

中 | 華 | 技 | 術 | 121

CECI ENGINEERING TECHNOLOGY

2019. 1. 31 出版

高港進化新風貌



國內
郵資已付

台北郵局許可證
台北字第3758號

專訪人物／

臺灣港務公司總經理郭添貴
高雄港務分公司港務長陳榮聰



國際港埠新樞紐—高雄港的蛻變與展望

物流輸運的重要角色—船舶大型化的發展與未來展望

全球供應鏈的中繼站—先進貨櫃中心的發展與規劃

港灣家園的守護者—外廓堤的友善設計新思維

港口禦浪的守門員—洲二離岸防波堤實務施工探討

 財團法人中華顧問工程司 發行

CECI  台灣世曦工程顧問股份有限公司 編製

高港進化新風貌



CONTENTS

中華技術 121

目錄

專輯前言

1 | 人物專訪

6. 訪臺灣港務公司總經理郭添貴談「臺灣港口之未來展望」

..... 整理：劉宏道 · 攝影：詹朝陽

26. 訪高雄港務分公司港務長陳榮聰談「洲際計畫帶動高雄港之發展與願景」

..... 整理：簡德深 · 攝影：詹朝陽

2 | 工程論著

38. 港灣新星的誕生—高雄港洲際貨櫃中心

..... 鄭智文、鍾英鳳、簡德深



發行人 吳盟分
主任委員 陳茂南
發行所 財團法人中華顧問工程司
地址 台北市辛亥路二段185號28樓
電話 (02) 8732-5567
網址 <http://www.ceci.org.tw>

編審工作小組
總召集人 周禮良
副總召集人 王昭烈
121期召集人 廖學瑞
121期審查委員 張欽森、彭國源
總編輯 吳淑惠
副總編輯 李志宏
執行編輯 袁雅玲
編輯 詹朝陽、劉彥男、季竺貞
設計 台灣世曦工程顧問股份有限公司
地址 台北市內湖區陽光街323號
電話 (02) 8797-3567
網址 <http://www.ceci.com.tw>

◎ 經刊登之文章，文責由作者自負 ◎



3 | 專題報導

56. 國際港埠新樞紐—高雄港的蛻變與展望..... 簡德深、張欽森、劉宏道

72. 物流輸運的重要角色—船舶大型化的發展與未來展望..... 劉宏道、張徐錫、陳亞嵐

86. 全球供應鏈的中繼站—先進貨櫃中心的發展與規劃..... 張徐錫、張欽森、劉宏道

104. 港灣家園的守護者—外廓堤的友善設計新思維..... 簡德深、陳建中、朱志誠



120. 港口禦浪的守門員—洲二離岸防波堤實務施工探討.....

..... 陳奕剴、蔡同宏、彭國源

136. 沉箱工法的大躍進—「浮沉台船」與「陸上軌道台車」製作沉箱之施工實務探討..... 李佳穎、謝政璋、蔡同宏

156. 大規模造地的挑戰—洲際貨櫃中心新生地填築工程實務探討.....

..... 李崑裕、葉錦璋、陳懿佐、簡德深



4 | 參訪報告

174. 新南向港口建設先驅—越南山陽港建港開發歷程.....

..... 曾彥智、陳建中、朱志誠

編後語



專輯前言

洲二開發契機，高港風華再現

高雄港建港始於明朝末年，在明朝後期為漁村，經過荷蘭、明鄭、清廷、日治時期的發展，至民國28年時，為高雄港貿易最盛時期，其吞吐貨物達320萬噸。至民國34年台灣光復後，於同年12月成立高雄港務局，開始整治高雄港並於民國47年辦理12年擴建工程，高雄港與海爭地，填築544公頃新生地，為後續的加工出口區、工業區、貨櫃中心奠定了基礎。然因後續貨物吞吐量遽增，高雄港則於民國52年至64年進行並完成中島新商港區開發，計完成深水碼頭17座，淺水碼頭3座，可同時供17艘2萬噸級巨輪靠泊使用，讓高雄港完成戰後的首次蛻變。

到民國56年後，高雄港因應台灣製造及貿易進出口的需求，再加上軸心地理位置之優越性，陸續完成第二港口之開闢工程、中島商港區(高雄加工出口區)、前鎮漁港、臨港工業區(即目前中國鋼鐵公司、台灣國際造船公司、台灣中油公司廠區所在地)等土地填築開發、及第一、二、三、四貨櫃中心、第二港口、高雄港過港隧道、第五貨櫃中心開發，高雄港於民國88年達到營運高峰期，榮獲世界貨櫃吞吐量第三大港的殊榮。

以往的歷史來看，高雄港每一次的建設開發，都帶領高雄港再一次的成長與蛻變，並帶來新的榮景。然近20年間因國內外經濟生產環境的變革，世界工廠-大陸及東協各國的興起也帶動了大陸沿海主要港口急速擴張與東協各國轉運港的發展之影響下，高雄港需配合時代演進再一次的調整與改變，方可因應國際快速變動的趨勢。洲際貨櫃中心計畫的推動可創造高雄港下一個的發展契機，藉由增加外海填地之機會，將港區櫃場重新調整分配、增加大型貨櫃碼頭靠泊席數、提供充裕的土地進行產業鏈整合、解決油品儲槽散落市區核心地帶問題，提供港市再造契機，讓高雄港再一次的茁壯與進化，成為國際之港埠新樞紐港。

短期艱鉅工程，金質獎特優

洲際計畫建設主要涵蓋外廓堤、岸線、填地等三大主體工程，規劃設計初期即可深刻體會與海爭地之艱鉅，除在規劃設計階段需兼顧傳統海事工程需求，基於大自然共生理念，亦需將創造親水景觀與營造生態空間。

本專輯針對外廓、國內商港首創離岸防波堤、沉箱工法、造地等施工技術與特色提供相關專題。其中「港灣家園的守護者—外廓堤的友善設計新思維」、「沉箱工法的大躍進—『浮沉台船』與『陸上軌道台車』製作沉箱之施工實務探討」、「大規模造地的挑戰—洲際貨櫃中心浚填工程實務探討」、「港口禦浪的守門員—離岸防波堤實務施工探討」等四大項工程分別獲得105年金安獎、105年金質獎特優、106年金質獎佳作及107年金質獎特優的肯定。在國內海事工程上屬極佳的肯定。

高港關鍵人物，前瞻性看法

洲際貨櫃中心肩負提升港埠競爭力及經濟發展之重要地位，對於高雄港地區產業及都市發展產生重大影響。洲際計畫屬「高雄海空經貿城整體發展綱要計畫」的一環，本設計計畫完成，可帶動高雄市整體產業與經濟的繁榮與成長。本期(121)專輯主題以「高港進化新風貌」為主題，各篇專輯內容涵蓋台灣世曦在洲際計畫中，由規劃、設計、監造建設過程中，所累積的經驗與創新工法，希望藉此專輯彙整洲際貨櫃中心由無至有之建港過程，以提供各位工程先進一份具有價值的參考資料。有關人物專訪部分，本公司很榮幸能在百忙之中邀請臺灣港務公司郭添貴總經理談「臺灣港口之未來展望」及高雄港務分公司陳榮聰港務長談「洲際計畫帶動高雄港之發展與願景」。兩位長官訪談中，對於臺灣港口發展與營運都提出精闢且具前瞻性看法，可讓讀者對於高雄港市發展更為瞭解。

本公司由民國95年紅毛港遷村開始全程參與洲際貨櫃中心的各項基礎建設，也見證了高雄港的蛻變，伴隨著時空情境的不同，高雄港的未來發展將朝「重新立足亞太樞紐港」、「促成港市再造、發展都會港灣」大步邁進。深信洲際貨櫃中心工程會是臺灣港灣工程的重要里程碑之一，謹藉本專輯分享本計畫工程建設之工作成果，期盼各位先進不吝指教。



台灣世曦工程顧問股份有限公司

副總經理

A handwritten signature in black ink, appearing to be '陳榮聰' (Chen Rongcong), written in a cursive style.



訪臺灣港務公司總經理

郭添貴

談

臺灣港口之未來展望

整理：劉宏道 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

臺灣港務股份有限公司總經理郭添貴係國立中山大學政治學研究所公共政策組碩士，歷任高雄市政府秘書處科長、高雄市政府文化局主任秘書、副局長、曾兼任高雄市輪船股份有限公司董事，目前亦為高雄港區土地開發公司董事長，學經驗俱優並具領導能力。

郭總經理在臺灣港口長期發展、港區產業活化、郵輪發展等多項專業上具有實務且詳實的見解。同時因曾於市府掌管高雄市文化資產活化及招商營運，績效卓越，目前高雄著名的觀光景點駁二特區及最新的棧貳庫都是由郭總經理一手策畫，打造誕生。

在擔任臺灣港務股份有限公司總經理期間，大力推動臺灣港口轉型活化，如高雄港舊港區再造、基隆港東客西貨轉型、臺中港綠能產業政策，均以積極創新及改革思維，帶領TIPC締造優質營運能量，提升港務公司之服務品質及國際競爭力。

本期刊很榮幸於民國107年11月22日專訪郭總經理，以下是訪談紀要：

貳、訪談紀要

問：高雄港配合洲際計畫陸續完成，原位於中島區之石化業者將陸續搬遷，透過新港區再造工程，舊港區土地得以再開發，除改善了港市間的界面環境外，更創造出港公司核心業務外的機會，請問總經理高雄港既有推動舊有土地開發活化的策略，另臺中、基隆、花蓮港有否相當進一步的規劃目標與作法。

答：

一、洲際計畫創造舊港區再造契機

我們先從高雄港談起。高雄港由開港至今已歷經百餘年，部分老舊碼頭如#1~#22碼頭已面臨碼頭的結構安全問題，加上緊鄰市區的中島區上佈設有199座油槽，這些都會影響都市計畫的發展。然由於高雄港洲際貨櫃中心的完成，為未來這些油槽創造出遷移至洲際貨櫃中心計畫區的機會，而遷移完成所留下的空地則可進行後續的活化再造。首先臺灣港務公司



(簡稱TIPC)已將#1至#22碼頭及其後線列為第1批活化的重點區域。

為何要將#1至#22碼頭及其後線進行活化改造，理由很簡單，因為該區位緊鄰都市精華地帶，較不適合讓大型貨車進出。就全世界港口的開發方向來看，緊鄰市區的碼頭以水岸開發模式較為適當，例如德國的漢堡、法國的馬賽、新加坡的克拉克碼頭等。

為進行高雄港舊港口的水岸開發，同時促進港市繁榮及強化港市關係，本公司與高雄市政府共同研商出具體構想，並稱之為「亞洲新灣區」，由本公司與高雄市政府合組「高雄港區土地開發公司」，由本人擔任這家公司的董事長。主要在借鏡新加坡克拉克碼頭、濱海灣再造的成功模式，將毗鄰高雄市區的舊港區進行改造。擬將舊港區依各區域之屬性進行不同的規劃，準備引進文創、百貨、商場、飯店等機能，擬將此區打造成超高大樓區，作為高雄的新地標。

現在的駁二藝術特區，原為高雄港舊碼頭後線，當時有部分是台糖土地及港務公司的倉庫，本人在高雄市政府擔任公職時，透過將老舊倉庫重新活化後，引進相當的觀光產值，這些都是老舊倉庫再活化的成功案例。



(左1)張欽森協理 (左2)劉宏道經理

二、舊港區活化再造的重點

(一) 蓬萊棧庫群活化(#2~#5)

首要標的為蓬萊商港區#2至#5碼頭，開發的重點則以既有建築物進行活化為目標，採此方式可為未來保留開發為新大樓之發展彈性。TIPC先利用日治時期所保留下來的老舊倉庫(warehouse)進行活化，透過引進廠商與結合在地人文歷史、觀光文創元素，配合策展和餐飲業一併亮相，讓這個棧庫群與先前開幕的棧貳庫商場形成群聚效果。



(右4)廖學瑞副總經理 (右3)郭添貴總經理 (右2)王錦榮總工程師 (右1)簡德深計畫副理

於蓬萊商港區目前所留下的倉棧中(位於港側稱為「棧」、於3號船渠側及碼頭後線稱為「倉」)，TIPC預計明(108)年底前，會把倉棧完成整建並活化。為吸引人潮並達到老舊倉庫活化的目標，本公司預定利用現有的老舊建築，藉引進世界各地具特色的活動項目，例如新加坡Art-zoo氣墊樂園、屬高雄在地上市公司之智慧科技i-Ride、屬虛擬實境如AR、VR和MR業者，為港區引進更多的人潮與創造更多的商機。

同時本公司也與高雄市政府海洋文化流行

音樂中心合作，引進流行音樂活動。例如於11月17、18日在三號船渠舉辦TAKAO ROCK(打狗搖滾音樂祭)，是一個很好的活化方式。

(二) 大港橋串連亞洲新灣區(#2~#9)

在#6~#8碼頭的棧庫區與駁二藝術特區，因受3號船渠水域所隔離，未來將在鄰近輕軌大義站附近，設置全國第一座水平旋轉橋，預定明(108)年3-4月間啟用，民眾可在下輕軌後，透過大港橋步行約2分鐘即可達蓬萊商業區，如此可串聯擴大亞洲新灣區的活動範



圍，且可節省30分鐘的步行時間，此項成就未來將成為高雄港埠親水遊憩發展的重要里程碑。

(三) 台糖港埠商業區

本區為由本公司、高雄市政府與高雄港區周邊所有的國營企業(如台糖、台酒、台電、台肥)合作共同發展的水岸核心標的，預計將建設一座70層樓高的高雄港埠新地標。

(四) 愛河灣及#14~#15碼頭後線土地開發

TIPC除全面性開發駁二、棧庫群外，目前也與高雄市政府共同攜手推動亞洲新灣區的遊艇碼頭業務，該遊艇碼頭區位於愛河灣附近，範圍包含高雄市政府經管之原高雄港#15碼頭後線土地及TIPC管理之#14~#15碼頭周邊水域。未來將打造成與遊艇相關的專屬海洋主題，提供民眾親近海洋活動，發展水岸遊憩新產業。藉由招商引資，以開闢國際級的遊艇碼頭專區，具有提升港埠功能及海洋觀光的新形象。

(五) 國際企業總部開發(#10、#16~#17)

高雄港#10碼頭及在其對岸之#16~#17碼頭後線土地開發，將於此打造高雄海洋門戶的

雙地標，預計110~115年完成開發，型塑海洋國門新意象。

(六) 高雄港埠旅運中心(#19~#20)

在#19~#20碼頭後線部分，目前TIPC全力趕高高雄港埠旅運中心工程，提供國際級的觀光郵輪停泊，並預留與捷運、輕軌共構空間，可望成為高雄市民鄰水岸觀景、餐飲、休憩及約會的新景點，帶動觀光產業發展。

(七) 濱灣複合商場(#21)

本公司與高雄市政府合作，於高雄港#21碼頭後線土地興建多目標複合濱灣商場，目前相關之招商前行政、準備作業已與高雄市政府、內政部共同推動中，預計今(107)年的12月可通過都市計畫。並希望在明(108)年的6月底可完成招商作業，目前已有相當多潛在廠商對此開發案表達興趣，若招商完成將可帶動周邊產業升級發展。

三、短期引進活動創造商機、長期建構海洋國門與國際企業總部

TIPC立場很簡單，短、中期計畫將以活化30公頃土地為主，並讓民眾有活動地方；預計15年以後再執行長期計畫。未來TIPC希望能在



郭添貴總經理



#10碼頭與跟對岸#16、#17碼頭等區位，構建出能吸引跨國企業設置總部的概念。

或許有些人會質疑，TIPC若採碼頭出租方式，其獲利是否會更快速些，自行辦理招商作業是否還有獲利空間？其實，與其讓老舊建築荒廢，不如重新找到獲利方向，讓TIPC更有獲利空間。例如原有的老舊倉庫如棧貳庫，前幾年因招商不順利並無用途且無法獲利，但今年經重新活化再造後，預估整個棧庫群每年可獲利2~3億元，兩者差異甚大。

問：亞洲地區郵輪旅遊市場的蓬勃發展，興盛的郵輪旅遊風潮，已引起國人搭乘郵輪的興趣，同時亦帶動國外旅客搭乘郵輪來台觀光，請問港務公司對於郵輪產業發展的看法。

答：

一、郵輪亞洲市場潛力十足

談到郵輪，需先瞭解一個名詞叫做滲透率，滲透率就是(搭乘郵輪人次/該區域總人口數)。在民國105年時，美洲的郵輪滲透率可達3.33%、到地中海可達16.1%，目前在亞洲僅有



高雄港亞洲新灣區之1~22號碼頭發展藍圖

0.12%，相對偏低，換句話說，亞洲的郵輪市場未來的潛力應該是非常大。

在亞洲的郵輪客源市場，因中國人口高達14億，所以中國大陸郵輪市場名列第一；然臺灣屬小眾市場，但卻是暫居亞洲第二名，日本、韓國、新加坡等客源市場都排在臺灣後面。而臺灣在郵輪市場可名列前茅的主因有兩大部分，第一部分為地理區位適中，北臺灣有基隆港、南臺灣則有高雄港；第二部分則為臺灣人喜歡搭乘郵輪，例如麗星郵輪已在臺灣經營22年，從此資料來看，臺灣人喜歡搭郵輪是存在已久事實。

因郵輪市場逐漸成熟情況下，有越來越



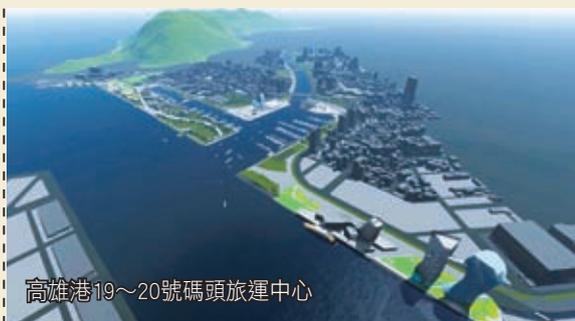
多的集團參與郵輪市場，如五年前世界第一大郵輪集團嘉年華集團的公主遊輪也開始加入臺灣的郵輪市場。到今年從較小7.7萬噸的太陽公主號、11.5萬噸的鑽石公主號、11.5萬噸藍寶石公主號、到14.3萬噸的盛世公主號均開始加入臺灣郵輪市場。尤其是今年剛下水的盛世公主號，在今(107)年3月底至7月21日營運期間，其每航次的載客率均高達9成，以每艘船可載客人數達3,560人計，其載客率相當驚人。

二、多母港操作迎合世界趨勢，創造多元客源

母港龐大產業商機為臺灣最大的優勢，但同時也有令人隱憂部分。雖臺灣搭郵輪人

口，就整個郵輪產業來講其比例相當大，但臺灣郵輪產業的主要收入來源是以outbound(離港)為主。郵輪產業所收到旅客的錢，均被郵輪公司、掛靠港所賺取。雖然基隆港在經營郵輪產業成效不錯，但都是以outbound(離港)、homeport(母港)為主；雖然母港操作成效不錯，但是TIPC希望掛靠港與多母港的比例應再加強。(註：母港：就是旅客出發與回程的港口；掛靠港：中途下船旅遊的目的港口，也就是郵輪航程中任一停靠港)

何謂多母港(partial turnaround)，也就是旅客在各國港口皆可以上下船；例如郵輪由基隆港出發，至那霸、神戶、橫濱等各港口均可上下郵輪，即每個旅遊地點是母港也是掛靠港。換句話說，基隆港可以outbound亦可inbound，這樣的操作模式不僅可以減少郵輪公司及旅行社單一客源的壓力，對於旅客規劃航程時將更加彈性。



TIPC目前正朝多母港方向推動，例如去(106)年就有從高雄港前往馬尼拉、香港的航線，今(107)年也有從基隆港出發前往馬尼拉



及日本的航線，這些航線均有操作多母港的策略，預計明(108)年還有基隆、神戶、橫濱等多母港航線，未來基隆港、高雄港都將朝多母港方向營運。

三、導入飛航郵輪與郵輪產業結盟，創造實質消費商機

在多母港操作上的最重要策略，為飛航郵輪(Fly-Cruise)。目前交通部觀光局宣布增訂郵輪空海聯營獎助，但初期業者並沒有非常投入，加上並無積極溝通，所以申請比例甚低。TIPC也建議交通部觀光局盡快修訂到位，讓無論是團客或散客均可申請獎助。原規定「在台停留滿48小時，300人次以上每人補助30美元、600人次每人補助50美元」，希望可降低門檻，如團體有100人即可申請。原獎助目的是希望fly in旅客，可在臺灣住宿二~三晚，讓真正來臺灣住宿的旅客人數提升，在臺灣的消費總額、讓inbound人數真正提升，不是只有人到臺灣，而是要有實質的消費，這才是Fly-Cruise的真諦。

藉由ACC(亞洲郵輪聯盟)，也就是觀光局與周邊重要亞洲郵輪港口目的地，如韓國、中國、香港、日本結盟合作，讓郵輪產業更好。因為若由單一港口辦理有其難度，一定需要所有港口結盟並作為多母港，讓參加聯盟的旅客



都可以上、下客，成果讓聯盟成員均可共享。

四、港公司、地方政府共同努力，強化掛靠港營收

就郵輪營運商機而言，母港產值是掛靠港的14倍，但是母港是outbound為主，掛靠港則是inbound。雖然掛靠港僅有1/14的產值，但是對臺灣而言，這屬實質的收入，所以提升掛靠港營收也是TIPC要努力目標。但是若要提升掛靠港營收，臺灣港務公司、地方政府則需個別扮演好重要角色。

1

人物專訪



基隆港東、西岸郵輪中心規劃圖

(一) 港務公司：建置完善港埠設施，實質增加旅客旅遊時間

港務公司扮演角色，是要做到港埠設施全面到位，讓旅客可以快速通關、快速下船、翻譯系統、護岸設施、停泊設施均面面俱到。

在通關設施部分，基隆港與高雄港，現階段正整建旅運中心，未來完工後，通關設施、行李儲存的空間、X光掃描、海關、移民署、檢疫部分均能到位。其中新建的高雄港旅運中心，未來作為母港時，其通關設施每小時可達

到2,500人，若作為掛靠港，則每小時可達到3,500人，均可達到國際級水準。而基隆港通關設施在未改善前每小時約可通關1,200人，近期通關設施提升至16道後，通關人次在母港作業時已提升至2,000人/小時，掛靠港則可提升達3,000人/小時。

另為降低人力負荷加速通關，目前也增加自動查驗通關系統(e-Gate)投資，未來希望港口出入境可跟機場一樣，利用e-Gate快速通關，讓旅客可更便捷出入關。



此外，考量一般郵輪旅客到港入境後可停留時間僅6~8小時，而真正可遊玩時間僅6小時，基此，為讓各國旅客來到臺灣時，可減少排隊兌幣時間，在亞洲郵輪港口中港務公司率先在基隆港設置自動兌幣系統，讓遊客減少排隊兌幣時間，增加實質旅遊時間。

(二) 地方政府：增加旅客駐留時間，創造實質商機

東客西貨—轉型躍進、風華再現 (基隆港)

如果僅多艘郵輪靠港，當地卻無令人流連忘返的世界級景點，是無法吸引遊客到台旅遊，所以地方政府需積極營造可令人駐留觀光的景點，增加旅客駐留時間。

目前TIPC與基隆市政府共同合作，辦理東櫃西遷計畫，準備重新打造基隆港，創造郵輪旅客駐留景點。因東8~東11號碼頭與高雄港亞洲新灣區的情況相同，且本區碼頭更緊鄰市區，每年貨櫃吞吐量僅66萬TEU；但是若將東#8~#11櫃場搬遷至西岸則貨櫃量每年可提升至100多萬TEU。

另外，為盤整基隆內港區土地使用，未來基隆港軍事範圍將遷建至西8、11、14及15碼頭後線成立軍事專區，留下來的碼頭及舊營舍

土地則規劃做為東岸客運中心的基地。未來東西岸共可規劃同時停泊5艘郵輪基地，包含東岸2中(14.3萬噸的盛世公主號)1小郵輪等3艘郵輪、西岸則以停靠2艘大郵輪(22萬總噸)為主。

目前郵輪僅能在既有港務大樓旁靠泊並辦理通關作業，然採點靠方式的港口只能作為掛靠港，若要當母港尚有不足。常因通關時間長，導致下船後巴士直接將旅客接駁離港，這也是目前基隆所面臨的問題，每艘郵輪到港後，70~80輛巴士立即將遊客接駁離港，往台北方向旅遊，並未真正駐留在基隆。

東櫃西遷—東岸歷史再生，空中走廊增加停車空間與旅客駐留

若要當母港的基本條件即需有完整性的通關系統，為解決這問題，未來在東3、東4跟既有的東1兩棟建築之間以空中廊道(skywalk)串連，skywalk除做自動步道外，並加寬主體廊道空間。未來無論要到新加坡、日本、上海的郵輪，每個terminal通關系統均可供郵輪靠泊使用。

因為基隆是百年老港，可將早期的清法戰爭、海門天險等歷史紀錄，再配合大基隆歷史場景，以虛擬實境或自動手扶步道或纜車來

予以呈現，達到吸引旅客駐足效果。所以除東3、東4採臨時性結構物設置外，剩下東8~東11碼頭也可採用較易拆除之鋼骨結構，未來15年後若有需要可以全部快速拆除，屆時有需建置大樓時再予以處理。

一樓部分則以挑高方式處理，供大型巴士、小客車可停靠使用，解決停車問題，增加TIPC收入；二樓則做自動走道，引進世界級商品，讓國外旅客駐足消費。頂層則為空中步道，讓旅客可以騎腳踏車、散步、賞海景。

基隆輕軌及西岸智慧旅運地標

西岸也採與上述東岸相同模式處理，未來輕軌將延伸到西4~西6碼頭，其中在西4至西6碼頭後線將以地上式軌道佈設，避免影響碼頭

後線建築結構。未來在西4~6碼頭及其後線規劃西岸旅運智慧大樓，引入旅運商業機能，並銜接輕軌交通運輸優勢，打造國家海上門戶新地標。

西岸櫃場再升級

配合東櫃西遷及軍用碼頭西遷，未來基隆港西岸碼頭櫃場重新整併後整體運量可再升級外，同時整個西岸碼頭，包含貨櫃、散雜貨碼頭之聯外道路系統均需再優化。雖貨櫃碼頭搬遷後面積略微縮小，然以TIPC的自營碼頭縮小為主，因自營碼頭主要是在貨櫃航商若土地或碼頭不足時，TIPC可提供作為調整使用，故並不會影響整體營運量。採此模式可讓碼頭效益提升，預估未來可由現有之140萬TEU/年貨櫃量提升至180萬TEU/年左右。



基隆港內港區發展規劃圖



因基隆港以近洋航線為主，而臺北港則為遠洋航線，在此定位條件下，臺北港貨櫃運量將持續提升。基隆港近洋航線貨櫃運量無法超越臺北港，在考量TIPC本業發展，同時在北臺灣提供可讓民眾臨港親水的好去處，這是TIPC的未來發展方向，同時也獲得基隆市政府的支持。

問：臺灣港口目前面臨國際海運市場快速變遷、鄰近國家沿岸港口激烈競爭與東南亞深水港口崛起等外在環境影響，正受到嚴峻的挑戰，請問總經理對港口向外投資的策略，尤其對東南亞投資有何看法及因應策略？

答：TIPC目前配合政府政策，積極辦理海外投資作業。但由大環境來看，其實往東北亞發展有其難度，所以只能先往東南亞發展。目前東南亞國家如越南，發展相當快速，但因兩岸關係影響，臺灣要實際參與東南亞的建設或投資都有相當難度。

但隨全球供應鏈重整，東協及南亞等新興市場國家迅速崛起，同為亞太地區的重要成員，臺灣經濟發展與區域內許多國家具有高度關聯性，TIPC也需積極參與海外投資的作業。



高雄港扮演亞洲貨櫃運輸樞紐角色

一、積極跨出海外，成立「臺印貨櫃倉儲物流公司」

TIPC自106年起就積極推動東南亞海外投資布局，在歷經事前多方資料蒐集分析及實地考察拜會，評估印尼具有約2.5億人口之廣大內需市場，近10年經濟成長約5.8%，在總體市場概況、投資效益與風險評估考量後，已於今(107)年5月與陽明海運及當地業者於印尼泗水成立「臺印貨櫃倉儲物流公司」，投資經營貨櫃堆場及倉儲設施等物流業務，成功開啟臺灣TIPC首宗國際化投資布局。

二、「台源國際控股公司」，加速航港產業的水平和垂直整合

1

人物專訪



鑒於東南亞地區經濟成長迅速，同時深具人口紅利，基礎建設及貨物運送都有高度需求與具體投資機會，且東協市場係臺灣主要的進出口市場與投資目的地，為我國長期以來主要貿易市場，非常適合我國航港產業進駐發展。為能更系統性來整合臺灣航港業者資源，與相關航港物流業者共同合作往外發展，本公司邀集陽明海運、德翔航運、臺灣航業及中華郵政等公民營企業合組國家隊，並於今(107)年10月10日正式在新加坡登記設立「台源國際控股公司」，希望透過控股公司更彈性、迅速的運作，及時掌握商機，並串聯合資夥伴豐富經驗、綿密航線等優勢與互補性，進行航港產業的水平和垂直整合。

三、積極推動拓展碼頭與地產業務，增加獲利空間

東南亞碼頭投資也是TIPC目前持續努力部分，像是泰國的蘭查邦或是馬來西亞的巴生港；但巴生港最大問題是，目前整個聯盟重組，CMA把OOCL併購後，整體移至新加坡發展，導致新加坡港口運量一直成長，但是巴生港就持續下降。所以TIPC現階段也不大可能到巴生港投資碼頭。但越南海防(Haiphong)就有投資可能性，目前積極尋求與在地台商合作機會，希望未來可與倉儲與物流互相結合，未來TIPC可能考量會朝向循環經濟與地產業務推展。

但現在都僅於研擬階段，對TIPC而言，地產投資部分屬於新業務，未來要如何處理，目前都尚無明確方向，只能說短期間我們會跟Haiphong洽談，並以後勤(logistic)為主。長期部分則將涉足碼頭、循環經濟與地產。

臺印公司比較像是試水溫，台源公司所負責目標為評估標的為主，即先行評估可投資標的並經財務試算可行後，TIPC才會進行投資作業。之後再交予台源公司與預定投資標的進行洽談。

未來將透過控股公司運作，優先評估東南



亞具開發潛力之新興市場(如泰國、越南、印尼、馬來西亞、菲律賓等)，並依投資風險、規模與複雜度，短期以貨櫃堆場、倉儲設施為主要投資業務，中長期則可評估投資碼頭、港口或周邊產業，並尋求異業結盟開發新創事業，以務實態度面對東南亞市場，同時為TIPC國際化發展開啟新的里程碑。

問：在面臨全球船舶大型化、國際海運航商朝聯盟化整併的影響，經港公司努力經營下，高雄港的貨櫃量仍維持一定成長率，截至今年為止已連續5年達到千萬TEU貨櫃大港；由於貨櫃業務為港務公司的核心業務之一，為滿足大型化船舶進港需求，請問總經理有否進一步的作法與看法。

答：訪談人的提問一口氣提到了三個近期航運市場最重要的趨勢：聯盟化、航商整併、船舶大型化，事實上三個元素均有交互影響，這兩年TIPC也針對這些趨勢，做了各方面的努力，以下從硬體建設、營運程序、及經營管理等三大方向來整體說明。

一、硬體建設面

(一) 港口碼頭條件升級—第七貨櫃中心興建計畫

目前高雄港進港的超大型貨櫃船主力為13,000~14,000TEU等級，去(106)年總共進港312艘次，今(107)年預估更上一層樓，至少有340艘次，但當今全球巨型貨櫃輪主力已到18,000TEU以上等級，這類超大型船對航道水深、迴船池迴轉半徑、碼頭長度、水深等條件要求都更嚴格。

而高雄港目前26座貨櫃碼頭中，僅有7座碼頭水深達16m以上，加上航道水深與迴船池條件不適合18,000TEU以上船型滿載進港，也間接導致進港船型限制在14,000TEU等級以下。

為提升高雄港競爭力，TIPC計畫在二港口南側興建第七貨櫃中心，規劃5座水深18m的深水貨櫃碼頭，岸線總長度達2,415m、總面積149公頃，未來可容納22,000TEU等級貨櫃輪到靠。目前已與潛在業者達成協議，將由該公司進駐營運，預計2022年與2023年分兩階段陸續交付營運。

(二) 完善聯外道路—聯外高架道路通車與國七催生

船舶大型化意味每艘前來裝卸的船舶裝卸櫃量會增加，也因此當船舶到靠前後港區聯外交通的疏運能力就很重要，高雄港聯外高架道

路已於11月9日全線通車，港區與相鄰市區的客貨車可因此分流，減輕貨車行駛平面道路所帶來之交通衝擊。

此外，前面提到的第七貨櫃中心，將透過規劃中的國道7號做為聯外主要幹道，這也是高雄港整體路網建設的最重要一塊拼圖，TIPC未來將積極協助未來國道7號高速公路之推動。

二、營運程序面—透過營運配套，即時順利供巨型船到靠

如同前面所說，第七貨櫃中心預計在2022年啟用營運，但現在市場上已有72艘18,000TEU以上的貨櫃輪投入東西向航線，TIPC自然不可能等到2022年。

TIPC經密集與各主力航商保持連繫，瞭解長榮海運有20艘22,000TEU等級貨櫃輪將陸續交船營運，TIPC經過評估，有信心在搭配適當的營運安全程序輔助情況下，整合引水人、港勤船、碼頭作業等各方面，讓長榮巨型貨櫃輪順利到靠高雄港現有碼頭，經過多方的溝通與爭取，長榮22,000TEU等級貨櫃輪將於107年12月9日首靠高雄港，之後將採固定航次彎靠高雄。

三、經營管理面

(一) 搭配七櫃營運，辦理一～五櫃碼頭重配置

除長榮海運外，港區現有碼頭其他航商例如現代商船、東方海外等，也都有14,000TEU以上巨型貨櫃船，但現代商船碼頭分散兩地且水深條件不足，東方海外碼頭更有航高及過港隧道的限制，因此，TIPC下一步就要進行現有碼頭航商區位重新調整，將根據各航商的需求與未來發展潛力做檢討與重新配置，這將會是一個很大的計畫，因為需要整合相關航商意見，也要兼顧高雄港的整體利益，但未來重新調整成功後，相信可有效提升高雄港貨量與競爭力。

(二) 提高航商對高雄港黏著度，提升投資高雄意願

高雄港能成功吸引巨型船前來的重要原因是一家航商在高雄都租有專用碼頭，他們各自向所屬聯盟爭取大船航線掛靠高雄，是高雄港的最佳助選員。因此，TIPC積極爭取各主力航商續租高雄港，例如近兩年順利完成達飛、現代商船及長榮租賃碼頭業務。

此外，為鼓勵航商永續經營高雄港，除了傳統的租賃碼頭模式外，TIPC也不排除採用



更多元的方式來與航商合作，例如與航商合資經營碼頭，是各國際港口營運的趨勢，TIPC也會審慎評估與有意願航商合資經營碼頭的可行性，透過合資經營，TIPC可負擔超大型船所需相關機具投資費用，也可強化航商永續經營高雄港意願。

(三) 推動行銷獎勵方案，提升航商巨型船到靠意願

TIPC每年均辦理行銷獎勵方案，近兩年觀察到船舶大型化趨勢，在獎勵方案中也加入了吸引超大型船到靠高雄港的相關措施，明(108)年的獎勵方案也將會持續推動，期望透過給予航商實際誘因，降低大型船到靠成本。

問：為邁向2025年非核家園目標，並兼顧國際減碳承諾，政府積極朝向使用潔淨能源，包含離岸風電與擴大天然氣使用，而港埠已承載這些計畫相關的運輸、維護、補給等需求；在此新能源政策推動下，總經理對於港務公司可扮演的角色看法為何？

答：

一、新能源及新事業開發，本公司不缺席



為順應全球氣候變遷與節能減碳趨勢，政府於民國100年時公布「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」的能源發展願景，全力推廣再生能源。另外，





台中港西13碼頭LNG卸收站

根據國際工程顧問公司的調查，臺灣海峽擁有設置離岸風力發電的極佳風場。因此，行政院於101年2月核定「千架海陸風機」計畫，並已修正規劃於2020年前完成1,200MW陸域風場以及520MW離岸示範風場，2025年完成3,000MW離岸風場，兩者合計共將設置1,000架以上風力機組，可望成為國內電力能源替代最主要的來源之一。

另外有鑑於燃煤電廠目前造成較嚴重的空污及大量碳排放，故以較潔淨之LNG天然氣取代亦成為未來趨勢，本公司也積極配合政府政策努力推動。

除此之外，本公司對既有設施的減碳創能政策十分重視，為促進港區綠色能源發展，近年來更全力推動太陽光電建置，善盡企業社會責任。

二、期許成為風電興建、維運、訓練重鎮

TIPC積極在臺中港及臺北港推動離岸風力發電產業的布局，大致上可以說明如下

(一) 在臺中港風電部分

短期而言，臺中港就地利之便，已扮演



著重要之推動角色。依行政院近期將擬定之離岸風電4年發展計畫中，除了針對風場開發進行討論外，有關風力機相關組裝、運維基地及其下部基礎設施基地也有明確的規劃。目前臺中港已將部分碼頭(如#5A、#5B碼頭)作為風力機上部構件及塔架組裝之重件碼頭，並規劃將填海造陸而成之工業專區II土地做為風力機組裝專區。展望未來階段，因風機生命週期長達20年至25年，尚需有營運及維護港口作為後續支援配合，此營運及維護(Operation & Maintenance, O&M, 簡稱運維)碼頭或港口，並需成立運維中心針對風機維修、水下支撐結構基礎、海底電纜、變電站進行巡檢與維修，另亦須就維護人員運送船舶(Crew Transfer Vessels, CTVs)規劃合適停泊區，故亦可就運維基地及運維碼頭規劃合適區位。

另外本公司也在107年5月與台電、臺英風電、中鋼、台船及上緯等5家公司合資在台中港成立「臺灣風能訓練公司」，未來能提供世界風能組織(GWO)規範的急救、人工操作、火災感知、高空作業、海中求生等5大基礎安全訓練及認證服務，同時也將提供直升機水中逃生訓練(HUET)、風機進階技術訓練與風機商客製化訓練服務，目標作為培育本土及國際風電人才的基地。

(二) 在臺北港風電部分

臺北港為配合風電產業發展，部分碼頭及後線已出租予業者作為短期水下基礎儲放場地，該承租區估計可儲放多套水下基礎，進出碼頭裝卸部分，可以東17號碼頭及東13號碼頭搭配使用。展望未來，臺北港南碼頭區部分土地也可作為風機基礎結構之組裝進出口場地；並將持續推動興建臺北港S09、S08重件碼頭，以滿足業者需求。

三、期許成為LNG產業裝卸基地

本公司積極在臺中港推動LNG產業，目前中油公司已有位於內港的W13 LNG卸收碼頭，但鑒於LNG作業之獨特性與LNG卸收之安全性，長期將以全面遷移至外港為原則，本公司未來將於北填方區搭配興建外廓防波堤成為LNG的獨立專區水域，以供廠商(如中油公司、台電公司等)之移設及進駐，藉由LNG專區的整併可利於管理，且位於外港區域避免干擾港內作業。

另外台電位於基隆港外之協和電廠擴建計畫(含LNG卸收碼頭及設施)，未來待政策及方案確定後，本公司亦將配合辦理。



(左1)劉宏道經理 (左2)張欽森協理 (左3)廖學瑞副總經理 (中)郭添貴總經理
(右3)王錦榮總工程司 (右2)簡德深計畫副理 (右1)李裕群計畫工程師

四、既有設施屋頂的綠能創造

本公司港區內有大量之倉棧及建物，近來積極推動將建築物屋頂及外牆空間，以租賃方式承租太陽能光電業者，承租業者每月將售電所得以契約百分比繳予本公司，除了增加本公司營收外，並收節能減碳並創造乾淨能源之效。目前本公司已建置約6.5MW屋頂型太陽光電發電設施，建置面積約5萬平方公尺；而目前也正針對尚未建置太陽能光電發電設施之屋頂及土地進行盤點及招商中。

後記

感謝郭總經理百忙之中撥冗接受本公司專訪，此次專訪中我們感受到郭總經理兼具創新與務實的領導風格，同時可以瞭解到因有郭總經理堅毅與睿智處理態度，帶領港務公司與在地縣市緊密合作，並透過整合港口資源與都市結合及多元業務開發，帶動TIPC整體產業經濟的發展，展現前所未有的競爭力。身為臺灣港務公司背後重要推手，郭總經理對於臺灣港口的未來發展的精闢見解與看法，值得工程與業務人員學習與效法。



訪高雄港務分公司港務長

陳榮聰

談

洲際計畫帶動高雄港
之發展與願景

整理：簡德深 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司港務長陳榮聰，交通大學交通運輸研究所，78年公務人員高等考試交通行政科及格，歷任基隆港務局組長、港務公司基隆分公司資深處長等職務。

陳榮聰港務長從基層開始歷練，是位資深港務人員，在港務體系內具有豐富的專業資歷與管理長才，且對港務推動、港區擘劃均有獨到見解。陳港務長於106年接任高雄港務分公司港務長，在高雄港洲際二期計畫逐步完成基礎工程的過程，積極推動與促成高雄港舊港區石化業者的搬遷、第七貨櫃中心的招商作業、逐步落實綠色港灣目標，以積極任事與創新思維，廣續推動交通部交付的各項政策，讓高雄港成為貨櫃樞紐及智慧物流運籌港。

本期刊很榮幸於民國107年12月06日專訪陳港務長，以下是訪談紀要：

貳、訪談紀要

問：洲二計畫原欲解決舊港區石化業者搬遷安置、吸引航商進駐及大型貨櫃船停靠之任務，而由規劃、設計至施工，該計畫正逐步興建完成，原位於前鎮河及其北側的石化業者亦配合逐步搬遷，該區未來將伴隨現有舊港區的改善，一併展現新的風貌，請問港務長對於後續推動有否進一步的具體作為與期許？

答：一個港口發展同時要兼顧到舊港區及新港區，新港區要符合產業需求及航運發展，舊港

區則要符合都市的規劃乃至於居民需求。以高雄港來說，因為有洲際二期計畫，所以才有機會對舊港區，也就是蓬萊商港區及苓雅商港區的二十幾座碼頭來作轉型，而這部分也要謝謝台灣世曦公司及所有航商在洲際二期計畫執行期間給我們的指導。

洲際二期約有422公頃新生地，其中石化專區部分已於去年完成交地，後續期盼中油及其他7家業者能夠逐步遷移過去，以符合市府對我們的期待。尤其在高雄氣爆後，中島區與



前鎮區的199座儲槽，港公司也希望這7家業者在110年能夠完工營運，而中油部分則預計在113年完工營運，以便解決石化用地的部分。

貨櫃的部分，洲際二期完成後將能提供除第六貨櫃中心以外其他五個貨櫃中心的調整空間。第七貨櫃中心五座水深-18m的深水碼頭，可滿足22,000TEU貨櫃船，甚至未來的25,000TEU貨櫃船靠泊所需。而且未來航道路線將直接進港，不會像目前二港口航道口太窄且須轉彎調整的問題，未來第七貨櫃中心將不會有這種問題，符合航運發展及船舶大型化的需求。

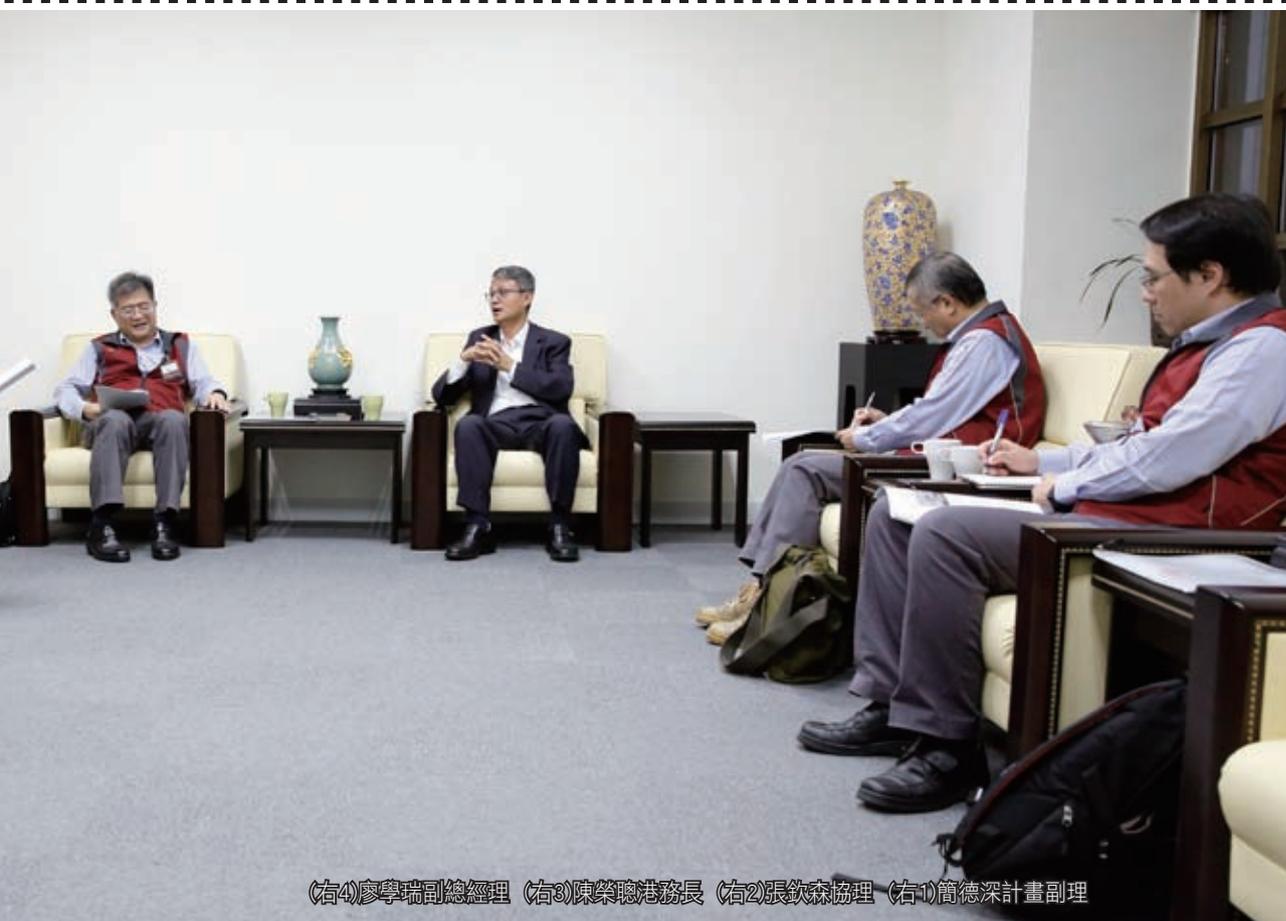
另外洲際二期還有4座散雜貨碼頭，雖然我們在中島區投資很多污染防治設施，但散貨裝卸只要不是密閉式倉儲就容易有污染問題，加上中島區現況沒有足夠後線空間，所以洲際二期的4座散雜貨碼頭，恰可解決上述問題。港務公司規劃未來幾個月將招商，供業者建置密閉式裝卸、儲存及發貨系統。待4座碼頭及設施完工後，我們會將中島區的散貨業者搬遷過來，那中島區船席使用空間上，就不會像現在這麼壅擠，同時可搭配從蓬萊商港區、苓雅商港區移過來的貨運進行營運。蓬萊商港區的10座碼頭於今(107)年12月15日崗哨解禁對外開放，實際上我們從今(107)年4月開始蓬萊商港區這10座碼頭就沒有做貨運，但因洲際二期



(左1)李裕群計畫工程師 (左2)劉宏道經理

那4座散雜貨碼頭還沒完工，所以短期內需透過專用碼頭退租後轉為公用及靈活的船席調度方式來降低衝擊。中島區部分散貨於110年前完成遷移至洲際二期港埠發展用地後，除了蓬萊商港區能夠轉型作為觀光商業遊憩使用外，中島區的散雜貨碼頭的調度就更有餘裕。

苓雅商港區#16~#21碼頭目前是做國內線貨運使用，等109年初新旅運大樓營運後，貨運也需提供可遷移區位，目前規劃等到110年中島區的散貨遷移及#27~#29化油碼頭遷移後，才可做為國內線使用。這部分我們也有



(右4)廖學瑞副總經理 (右3)陳榮聰港務長 (右2)張欽森協理 (右1)簡德深計畫副理

跟業界協調過，因為#27~#29與國際線在作業管制上可以分開，互相不會干擾，而且國內線也有自己的操作特性，需要在碼頭上面作集貨，那個區域剛好適合。所以到時候#16~#21的國內線在中島區的化油碼頭遷移後，就可以全部作轉移，而在旅運大樓周邊的碼頭區後線即可搭配做商業使用。

蓬萊商港區在107年12月15日崗哨解禁後會推出一連串的活動，從這些活動讓市民親近蓬萊商港區，有人流就能夠引入商流，因此，我們與市政府合作成立土地開發公司，目前在

#4~#8號倉庫都有找到投資業者，找的廠商不會跟棧貳庫同一種類型，蓬萊商港區10座碼頭及後線將與駁二特區形成觀光廊帶，作整體性轉型。

因為洲際二期計畫，才有機會針對貨櫃、散貨及國內線進行調整，在洲際二期散雜貨碼頭尚未完工前，我們將透過船席調度及部分專用碼頭退租後轉為公用來因應，舒緩提早開始轉型所產生之碼頭壅擠問題。



問：隨著貨櫃船舶大型化的發展趨勢，高雄港除對過港隧道以南水域進行後續改善與開發第六貨櫃中心深水貨櫃碼頭外，對於屬洲際二期計畫的第七貨櫃中心開發是否已有推動計畫，如有則初期發展目標與推動期程為何？

答：第七貨櫃中心的5座碼頭中，前面兩座半碼頭已快要完工，後線也已找到投資方，我們會根據投資者的未來營運需求佈置相關櫃場，而機具設備則由業者自行購置，期程的部分希望能在2022年上半年營運。要達成此營運期程，顯然必須加速辦理前面兩座半碼頭的相關工程作業，因此從後線的土地改良、軌道佈置、業者起重機訂製需求，僅剩3年半時間可以完成。對於另外兩座半碼頭則期許目標營運期程為2023年，現況尚有部分區域需採抽砂回填，以提供土地供業者承租使用；對投資方而言，能將碼頭及後線儘速全數完工才是當務之急。第七貨櫃中心的運量目標則期許應超過400萬TEU，當然希望未來進駐的業者的運量能越多越好，對業者而言的單位成本也會越低，運量越多，對於業者與港公司雙方均有正面收益。

問：107年高雄港1至10月貨櫃裝卸量達864.9萬TEU，較106年同期增加14萬

TEU，成長率為1.65%，其中進出口櫃474.3萬TEU，較去年(106)同期增加26萬TEU，成長率為5.8%，在高分總經理努力經營下，運量得以成長；未來洲際計畫完工後，相信高雄港於硬體建設上亦可大幅提升。請問在面對亞洲各港口的競爭上，高雄港除提升硬體能力外，有否強化軟實力的計畫？例如：運用新興智慧科技來優化港灣、棧埠作業環境，提升船舶進出港、港區陸運及人員現場等作業安全性和效率。

答：依今(107)年1月到11月的統計資料，高雄港目前已累積約956萬TEU貨櫃裝卸量，已比去(106)年同期成長了百分之二點多，若假設12月跟去年同期一樣約90萬TEU的話，今年大約會超過1,040萬TEU以上，然現況因川普政策、中美貿易戰之下，我們也很難去預測結果。

在硬體部分，除新建的第六貨櫃中心本為半自動化碼頭外，其他碼頭區，如長榮後線目前也使用ARMG系統，港務公司都鼓勵業者儘可能配置自動化、改善裝卸效率且兼顧環保的設施設備。此外，我們也持續在智慧港口軟體設施上努力，例如以往轉口櫃在兩櫃場間會有資訊傳遞的問題，目前我們是利用e港通的資訊系統來克服。舉例來說，以往在三、五櫃間



1

人物專訪

陳榮聰港務長



的貨櫃轉運過程，過去是在貨櫃車到Gate時，再輸入車輛資訊，因Key-in的作業時間導致產生queue length造成壅塞；目前我們利用e港通系統，可於出櫃場前先將相關資訊輸入，並傳送至欲前往之櫃場，可讓行政作業時間大幅降低。e港通系統已與關貿合作，目前已經在測試階段，希望明(108)年可以使用以優化轉口櫃交通效率。

指泊系統優化是我們另一個努力的目標。船舶從進港、派拖船、引水、進港繫泊的整個流程，如何優化流程並且資訊透明化與即時是船公司與各單位作業人員比較在意的部分。過去船席指泊系統是採用資訊搭配人工方式處理。未來希望除船舶調度外，也可以將拖船及引水一併納入整合系統中，目前正辦理系統優化之規劃作業中，希望能將整個進出港的流程標準化，以降低成本及提高時間上的效率。

除前述船與貨資料外，目前還規劃整合全港區CCTV及接收市區交通監控系統資料，未來透過監控中心的預告，使貨櫃車司機能夠選擇避開尖峰及壅塞的路段，並讓使用者透過APP或網頁即時取得資訊，這些都屬智慧港口的規劃範疇。

智慧港口推動尚包含很多項目，例如危險品管制，以往我們對於這部分掌握程度較差，

目前我們希望能透過IoT(物聯網)的技術，能夠充分掌握危險品從進港到裝船過程的訊息。

過去幾年不知是引水人還是船長輕忽，船舶大小碰撞事件不斷，因此，我們希望能在智慧港口建立一套系統，透過結合現有VTC系統進行大數據分析，瞭解特定種類船舶在特定天候、水流及船速下，提供靠泊特定碼頭之最佳航跡線。目標是在系統中設立航跡標準流程供參考，讓引水人藉由以往所統計的航跡線，可在第一時間透過資料庫瞭解操船的作業方式。畢竟依以往統計與研究成果，80%以上的原因都是人為，僅極少屬於機械問題，所以希望能透過這系統提供引水人或船長操船的作業遵循程序，減少碰撞事故的發生。

問：高雄港為亞太地區第一個獲得歐洲生態港認證的港埠，請問高雄港近年來對於綠色生態港之具體作為為何？後續又將如何落實綠色港灣及節能減碳政策？是否有訂定短、中長期預訂目標？

答：生態港認證方面，在歐洲系統基本上是自己跟自己比，而非跟其他港口比，認證方式是透過自我評估(SDM)及專家訪談(PERS)兩階段來進行。高雄港務分公司所管轄的港口包含高

雄港、安平、布袋及澎湖港，因布袋與澎湖屬於國內港，目前沒有進行生態港認定，但是安平和高雄等國際港則已完成認證。

在生態港的實質推動部分，以高雄而言，空污及水質是大家比較重視的部分，空污改善處理方式如下：

一、新增空污監測站

高雄港最近新增三座空污監測系統的接收站，因高雄港區為狹長型，原本已有十幾個測站，但是檢測項目並不完全，目前加入這三個監測系統後可以收集更完整的環境資料。

二、岸電、船舶減速、使用低硫油減輕空污問題

高雄港目前有11座岸電系統，其中1座是中鋼自己設置運作的系統，另外的10座則分布在高明及長榮，在使用上成效良好。但是市場上因岸電與船舶系統規格尚未統一，所以目前我們一直在做不同的船舶與岸電系統的測試，目前先從美國航線船舶先行運作，再就其他航線船舶特性來做擴充。

至於船舶減速與低硫油部分，今年港公司係採取獎勵的方式去推廣，提供總計約8,700

萬元的獎勵金，希望透過獎勵、補助、宣導的方式進行。實際上，國際間對低硫油執行期限是民國109年的1月，而我國則是訂在108年的1月，所以我們從明(108)年開始就要嚴格執行，到時候不僅沒有獎勵，若沒有符合標準將依法開罰。而在船舶減速的部分，其實船公司都很幫忙，但因我們有將近百分之五十幾屬於亞洲區間之短程航線，雖然進港有達到50、60%以上的合格率，但因出港需要配合船期，港務公司的補助並無法負荷船期趕不上的成本，所以出港合格率僅有20、30%，故這部份也是業界執行上的困難。但是環保是普世價值，希望航商繼續幫忙。

三、水污染防治

港口另一問題就是水污染，高雄港內並無所謂亂丟垃圾的問題，但可能會有亂排廢油的問題，今年發生好幾起夜間偷排廢油的事件。針對這個問題我們規劃架設具有夜視及分析功能的系統，但每套系統費用高達一、兩千萬元，因此，會先從幾個重點區位優先進行架設，目前此部分我們也跟中科院以及幾間研發公司進行聯繫，以處理此類型油污的污染管制課題。

問：東南亞地區原就是高雄港重要腹地之



一，然 貴公司於107/10/23宣布組成臺灣隊，與陽明、德翔、台航、中華郵政合資成立台源國際控股公司，並由陳總經理擔任董事長，請問港務公司是否擬藉此策略，更深化該腹地的經營，與達成新南向政策之目標。

答：我想這是必然的，我們公司與相關業者成立台源公司的目的本來就是要走出去國際化，成為世界頂尖一流的經營者。台源公司是國家隊，包括船公司、物流業者、再加上港口經營業者，希望藉由各自的專長多發掘值得我們投資的標的。

之前港公司有跟相關業者成立台印投資公司，那是僅做印尼案子，但是台源公司就不只如此。我們希望除本業如碼頭、倉庫、物流到運輸等等之外，還能跨足到不動產開發或是其他產業，這些都是台源公司可以去著墨的。目前我們也針對東南亞、印度等等在做投資標的的調查，既然要跨出去，台源又是國家級的團隊，我想我們也會努力去讓這個公司無論是在東南亞或是其他國家的發展上去生根。對我們來說，我們有很多條路線可以去思考，不會只侷限在自己的本業上，畢竟碼頭現在才要出去投資，能投資的部分都已被其他投資商佔據了，還沒被投資部分如碼頭、倉庫等，已經走到擴建評估階段，這時候就要對其環境資料有



高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫／海堤及防波堤工程

更深入的了解，包括這個國家、這個都市、這個港的競爭力，或是這個港跟它周圍港口彼此間的競合等等，都是需要去好好研究的。

問：洲二的成功帶動整個舊港區的開發再造，整體規劃裡面有個第三港區，雖然還很遙遠，但跟洲二的概念的很像，第三港區可能帶來更遠的契機，那這部分有沒有什麼想法？

答：歐洲有很多港口是屬於內河港，當它隨著都市、產業及航運的發展會慢慢的往河口退，這算是定律。以高雄港的發展，會發現從一港口至二港口是逐步往南發展，至於高雄港第三



港區有沒有可行性，如果以港口永續經營的概念去看，它一定不會只侷限於目前港區範圍。以新加坡港為例，它已經有那麼多碼頭區，遠期還規劃要到大士沿海組建大型現代化貨櫃碼頭，增加碼頭總運力為6,500萬TEU。新加坡都有如此遠大理想，高雄港第三港區當然有其可行性，只是開發的時機問題，我們該去思考這一點在什麼時候啟動最為適合。

從基隆、臺北、臺中、高雄整個貨櫃碼頭的作業能量來看，以基隆來說，#22、#23還沒改建前是235萬TEU的作業能量；臺北港因為本來要做7座碼頭，現在只做4座，今年可能達160萬TEU，但是實際上臺北港每座貨櫃碼頭作業能量可達60~70萬TEU，所以實際

上產能可更高；而臺中港因較侷限亞洲區間的航線，目前僅能做到160幾萬TEU左右；高雄港碼頭作業能量則可達1,400萬TEU。以貨櫃運輸來看，船公司在決定以哪個港當母港時，不同航線的選擇也會不同，更何況我們北中南在貨源組成也有差異。雖然北部港口因中科、南科，造成貨源都有往中南部移動的現象，但在船公司目前的經營困境下應該會盡量避免南北拖運行為，可能在南北區域各找一個母港，所以在評估港口運用的時候並不能只從其作業能量來考量。

而第三港區的發展當然也要跟產業及未來航運的發展去結合，未來需求尚有許多變數，第三港區未來變成自動控制船舶的靠泊區也是有可能的，當然還要結合都市的開發跟發展，整個港口的發展是與時俱進的，不可能僅停駐於現在，這樣就不是永續經營的概念。以前的前輩把第三港區整個畫出來當作一個願景，這個願景需要在適當的時機去啟動，並考量未來產業面、航運發展趨勢、個別都市發展需求等。

問：影響洲際計畫交通最關鍵的是國道七號，這大動脈若無法打通的話對高雄港有什麼影響？



答：港口運輸不僅需考量港口自身問題，它最重要的就是聯外運輸動脈。洲際二期幾百公頃的計畫，它所引進的交通車流是相當龐大。假設第六貨櫃中心現在已經可以做到200萬TEU，將來112年以後七櫃的5座全數營運時，一年至少可達400萬TEU，這樣第六、七櫃中心總共可達到600萬TEU/年的貨櫃作業量。此外，洲際二期尚有石化產業，除5條管線還有槽車進出，再加上4座散雜貨碼頭，煤炭估280~300萬噸，工業鹽一年約70萬噸、水泥熟料約100萬噸、中鋼以外的礦砂將近100萬噸、散裝土石幾十萬噸等等加總，一台卡車可能載25噸來計算再去除以汽車當量數，這還沒包括南星那邊的倉儲業，這些交通量如果同時出現，由南星路聯外再去接既有道路，未來將造成高雄市區嚴重的交通堵塞，所以政府務必要在最短時間內把國道七號蓋好，不然未來高雄市交通將受到嚴重影響。

問：高雄市現在新的市長上任後，朝向貨要出去人要進來政策推動，此政策對於高雄港的旅運碼頭是否產生更蓬勃的發展？

答：在政府政策裡希望南北各有一個郵輪母港，而我個人看法，母港是要像蛋一樣去慢慢孵的，需要時間去營造環境，今天基隆能做出

每年上百萬人次這麼好的業績也是近13年來努力的成果，而且基隆也有其利基在。由現場觀察，在基隆旅運大樓門前的計程車司機均有各種行程套餐可以選擇，像去101、故宮、九份、金瓜石等等，可以根據不同需求去包車，這些地點都在30分鐘內可以到達。郵輪母港操作是對要去消費的那一國有利的，除非地方政府夠有本事能吸引旅客提前到當地停駐消費，不然出港旅客一定都是要出發了才來，並沒有帶來消費只會帶來交通壅擠；而這些旅客入港下船後則被家人接走，團客被遊覽車載走，對地方經濟發展也沒有太大助益。

郵輪母港想要吸引旅客駐留需要靠地方政府努力，讓遊客提早來、晚點走，但實際對地方有助益的是掛靠港，即讓別人來我們這裡玩，來這裡消費。而就掛靠港而言，郵輪扣掉下船到目的地來回交通的時間，剩下的就是如何吸引這些國外來的貴賓盡量消費，這是母港操作辦不到的，母港操作對那些做船舶補給的就比較有效益。

而高雄旅運中心營運後，只要有船來靠，不論是否是母港都歡迎，新的旅運中心我們安排了20道的通關設施，一個小時可紓解2,500~3,000名旅客，我們希望有這個機會讓使用者感到便利。除了硬體建設，也需要加強宣傳把好吃、好喝、好玩的資訊傳達給國外的



(左1)李裕群計畫工程師 (左2)劉宏道經理 (左中)廖學瑞副總經理 (右中)陳榮聰港務長 (右2)張欽森協理 (右1)簡德深計畫經理

目標旅客，這部分港公司也都做了很多努力，去日本、韓國、香港、東南亞等各個國家促銷。希望市政府也能做同樣的努力，因為出了港區後就不是港公司能夠管理控制之範圍，特別要注意的是，來高雄做掛靠港的旅客，並不是因為這個碼頭的設施有多好才來，而是出了碼頭以後的岸上旅遊對其有足夠吸引力的。

後記

承蒙陳港務長在公務繁忙中撥冗接受本公司專訪，暢談高雄港的未來發展與目標，以及高雄港未來推動計畫的看法與願景。在採訪陳

港務長過程中，我們充分瞭解到高雄港洲際二期計畫建設的完成僅屬高雄港蛻變的第一步，後續石化產業搬遷、高雄港舊港區再造、第七貨櫃中心的招商、高雄港貨櫃場的整併、智慧港灣的推動才是後續高雄港所要推動的重大工作。

感謝陳港務長不吝指教同時分享他多年來許多寶貴見解與理念，也瞭解到陳港務長對於高雄港的熱情與高瞻遠矚的願景，期待在洲際二期的推動下，高雄港可再次蛻變展現新風貌。

港灣新星的誕生—— 高雄港洲際貨櫃中心

The New Harbor Star— Kaohsiung Intercontinental Container Center

關鍵字(Key Words)：高雄港(Kaohsiung port)、洲際一期計畫(Kaohsiung Intercontinental Container Center (Phase 1))、洲際二期計畫(Kaohsiung Intercontinental Container Center (Phase 2))、沉箱(Caisson)

臺灣港務股份有限公司／工程處／資深副處長／鄭智文 (Cheng Chih-Wen) ¹

臺灣港務股份有限公司臺中港務分公司／總經理／鍾英鳳 (Chung Ying-Feng) ²

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／計畫副理／簡德深 (Chien Te-Shen) ³

摘 要

「高雄港洲際貨櫃中心計畫」，目標將高雄港打造成为貨櫃轉運樞紐港，同時並啟動高雄港舊港區轉型再造之先期計畫。因洲際貨櫃中心計畫為國內近年最大規模之港灣開發案，其基礎工程涵蓋外廓防波堤、碼頭岸線、填海造地及相關附屬公共設施等大型港灣工程。本文將就高雄港演進、洲際計畫整體歷程、海事工程施工技術演進及未來的展望分別進行探討並做出結語。



Abstract

The "Kaohsiung Intercontinental Container Center Project" is to build the Kaohsiung Port into a container transshipment hub and an early project for the transformation and reconstruction of the Kaohsiung Port old harbor area. The Intercontinental Container Center is planned to be the largest port development project in Taiwan in recent years. Its basic projects cover large-scale harbor projects such as outer breakwaters, wharves, shorelines, reclamation and public facilities. This article will discuss and conclude the Kaohsiung Port evolution, the overall history of the intercontinental container project, the evolution of maritime engineering construction technology and future prospects.

壹、前言

高雄港在歷經明、清、日治時代與國民政府多年建設經營後，已成為全球貨櫃運輸的重要樞紐港之一，但隨時代演進，高雄港需再次重新蛻變方可因應大環境快速演變。基此，臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司(原交通部高雄港務局)在配合政府提出之亞太營運中心、多功能經貿園區、全球運籌中心…等政策下，推動「高雄港洲際貨櫃中心計畫」。藉由本計畫推動可解決高雄港舊港區石化油品儲運業者及中油高雄廠搬遷安置之需求，並建設現代化貨櫃中心吸引航商進駐及大型貨櫃船靠岸，確立亞太地區貨櫃運輸樞紐港地位，本計畫各期建設範圍如圖1所示。

因洲際貨櫃中心計畫為國內近年最大規模之港灣開發案，本文將就高雄港、洲際計畫的演進歷程、海事工程施工技術演進及未來的展望分別進行探討並做出結語。



圖1 高雄港洲際貨櫃中心整體發展計畫構想

貳、世界級的國際大港—高雄港的演進

高雄港建港於百年前之明清時期，當時打狗港(即高雄港)僅為安平港的附屬港，然後來安平港港口淤積嚴重，致使西洋大型船舶難以進入；而打狗港之潟湖水域遼闊，日據時期為將臺灣如糖、稻米、木材等物產輸往





2

工程論著

日本，遂開始以打狗港為臺灣南部地區的重要港口，開始逐步進行擴建。

當時高雄港碼頭主要集中在新濱碼頭及現今的1至3號碼頭，其後線及高雄市哈瑪星地區原為一片灘地，之後因高雄港經營範圍擴大，而陸續將潟湖泥沙浚深為航道並填築土地；西元1907年，以疏浚泥沙填築完成新生地做為鐵路、車站及倉庫用地。西元1908年，訂定年吞吐貨物453,500噸目標，開始進行第一期築港工程，並陸續往高雄港4至10號碼頭擴建填築。西元1914年，在新濱町岸壁興建現在棧二庫，當時臺灣所生產的稻米、砂糖、香蕉及中央山脈及阿里山山脈的木材，均經由高雄港棧二庫裝船輸往日本，顯示該倉庫地理位置之重要性。後續的鹽埕、苓雅及中島商港區之填築及擴建亦大致遵循此模式，由碼頭及航道疏浚之泥沙填築而成。西元1912年，為提供製糖產業迅速發展所需，第一期築港工程提前完工，包括拓寬港口(109m)，加深航道(-7至-9m)，填築哈瑪星哨船頭地區土地面積23公頃，完成高雄港蓬萊商港區第一及七號碼頭共7個泊位，完成填築倉庫及鐵路用地，並完成第三船渠開闢(長

1,236m、寬72.7m)及砌石護岸。

西元1904年，日人規劃的臺灣西部縱貫鐵路選定打狗港為終點站，以便於輸送貨物，縱貫鐵路於1908年全線開通時，其縱貫鐵路的終點即位於現今高雄港新濱碼頭及1號碼頭後線，並設有高雄港車站，在屏東線鐵路未開通時，高雄港車站即為高雄車站，為高雄市最重要的鐵路車站，在屏東線鐵路西行往屏東延伸之後，高雄車站才遷移至現今鐵路地下化高雄車站現址。港區貨物鐵路運輸一直到20世紀末期，貨物運輸轉型以貨櫃運輸裝卸方式為主，西元1990年，港區鐵路完成拆除。

隨科技發展，貨物裝卸及交通運輸工具轉變為更有效率的運輸方式，港區亦需隨著逐步轉型調整。西元1945年日本戰敗，國民政府接管臺灣後，於12月正式成立高雄港務局管理高雄港業務，同時打撈沉船以清理航道；西元1956年，高雄港務局(現為高雄港務分公司)規劃研擬港埠擴建計畫；西元1958年，獲得美援展開12年高雄港擴建工程；西元1975年為因應船舶大型化遂開通第二港口；西元1980年完成



(行啟展彩市埠高) 二天街市港高 (一七)

中島商港區，並增加深水碼頭27座，淺水碼頭2座，附設高雄加工出口區。後續港區逐步建設發展，高雄港為發展國際貨櫃化運輸，西元1980年底陸續完成第一、二、三貨櫃中心，並自西元1983年起開始興建第四貨櫃中心，共完成總長2,240m之7座深水貨櫃碼頭；西元1984年5月18日過港隧道通車，連接市區與旗津兩端貨櫃運輸往來；至西元1985年間，年貨櫃運輸量達190萬TEU，為全世界第5大貨櫃港；西元1989年開始興建第五貨櫃中心；至西元1999年位居世界貨櫃吞吐量第3大港，當年貨櫃進出口量約700萬TEU，僅次於香港與新加坡。後續隨著經濟發展及及優越的地理條件，港區貨物進出口持續成長，並自2014年起至今(2018)年，連續5年貨櫃裝卸量均超過1,000萬TEU。此外，因高雄港長久以來缺乏較完整聯外路網，進出港區貨物運輸皆須經由港區周邊之市區道路連接至國道或聯外主幹道，故於2005年開始推動高雄港聯外高架道路計畫，並於2018年完工。

由前述發展歷程可看出高雄港發展主要係因應都市發展、貨物運輸方式改變及肩負臺灣進出口貨物重要地位，港口逐步朝南方擴建；而為讓高雄港再次蛻變，政府於民國93年12月3日奉行政院核定高雄港洲際貨櫃中心第一期工程計畫，再於民國100年3月10日奉核定接續辦理高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫，並預定108年底完成所有基礎設施建設。

參、宏觀的視野與規劃－高雄港洲際貨櫃中心計畫

「高雄港洲際貨櫃中心計畫」為國內近10年來最大型之港灣工程計畫，係將高雄港打造為貨櫃轉運樞紐港，並啟動高雄港舊港區轉型再造之先期計畫。依開發區位與執行期程，概分為洲際第一、二期計畫等二部分。第一期工程已全數完工營運；第二期工程(以下簡稱洲際

二期計畫)亦已接近完成。藉由本計畫之推動，可將散佈於舊港區內具高危險性之石化儲槽，搬遷至外港區之倉儲物流區，同時協助中油高雄廠搬遷安置之需求，並建設現代化貨櫃中心吸引航商進駐及大型貨櫃船靠岸，確立亞太地區貨櫃運輸樞紐港地位，各期計畫之範圍如圖1所示。茲就洲際計畫演進歷程概述說明如下。

一、洲際一期計畫

(一) 一期計畫緣起

依民國90年行政院所核定之「高雄港整體規劃及未來發展計畫」內容，為期提高高雄港整體效能、發揮港埠機能最大綜效與滿足未來發展需求，其業已擬定多項具整合功能計畫，包括「高雄港第六貨櫃中心計畫」及「大林商港區開發計畫」等。其中「高雄港第六貨櫃中心計畫」係為因應未來高雄港貨櫃碼頭不足之壓力及貨櫃船大型化之發展趨勢，規劃興建新式深水貨櫃碼頭基地；「大林商港區開發計畫」則係為興建一能源及石化原料之儲轉運中心，俾使現有散佈於港區各地且毗鄰人口稠密市區的各石化碼頭遷移。

因此，交通部高雄港務局(現為臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司)乃於91年11月提出「高雄港洲際貨櫃中心計畫」並奉行政院納入「挑戰2008：國家發展重點計畫」及「新十大建設」計畫項目之一，期間歷經數次審議修訂調整後，於93年12月3日奉行政院院臺交字第0930091103號函核定，同意先辦理第一期工程，同時，第二期工程則視經濟發展、市場需要及貨櫃船演進，再滾動檢討辦理。

(二) 一期計畫工程政府投資事項

1. 完成紅毛港遷村計畫

由於第一期工程位於紅毛港遷村計畫範圍內，須俟紅毛港遷村完成後，才能取得土地以推動本工程，然當時紅毛港遷村工作已延宕數十年，具特殊社會性及政治性，非政府主辦無法成功；另本計畫內有部分需政府公權力介入事項，及不具有自償性的基礎設施，宜應列為政府應辦事項。

2. 公共水域浚挖工程：迴船池及船席外至現有航道間之公共操船水域浚挖工程，浚挖土方約211.7萬方。

3. 聯外道路改善工程：考量未來洲際貨櫃中心之發展需要，改善外海路之幾何線型，將其截彎取直後銜接鳳北路，並拓寬為25m，拓寬路段長2,430m，以利與鳳北路及高雄市政府計畫新闢道路路網相連接。

4. 大林外海填方區圍堤工程：配合港區水域浚深與現有內港區#107~#111碼頭前水域浚深之需求(約276萬方)，於大林煤場外海側構築2,240m海堤，供浚挖所得土方回填收容之用。

(三) 一期計畫民間投資興建項目

本工程規劃於原#111煤輪碼頭至大林電廠北側之紅毛港聚落，開發四席貨櫃碼頭及現代化貨櫃儲運中心，滿足民國100年前貨櫃碼頭不足情形。本計畫同時依據促參法之規定，引進民間參與投資及營運貨櫃碼頭與後線場地，一方面可減輕政府負擔，另一方面亦能藉由民間經營效率提高對貨櫃船舶及貨物之服務水準，並確保

高雄港貨櫃貨源穩定。第一期工程民間投資興建項目包括各營運碼頭及其後線營運設施，由其自行進行規劃、設計建造與經營。工程項目包含碼頭、櫃場及營運設備工程，摘述如下：

1. 碼頭工程

貨櫃碼頭總長度1,500m，其中1,236m為新建工程，另現有#111碼頭主體結構長264m改建為貨櫃碼頭，設計水深均為-17.6m。其中，碼頭船席浚挖土方60餘萬方。

2. 貨櫃場工程

貨櫃場工程包含貨櫃儲存區場地、櫃場建築、水電設施工程等三大部分。貨櫃儲存區場地工程，含重櫃儲存區、空櫃儲存區、冷凍貨櫃儲存區所需場地鋪面、機具基礎等設施；櫃場建築工程，包括貨櫃集散棧、辦公室、機具保養廠、碼頭作業室、管制站與出入口、加油站、汽機車停車場、阻絕設施等工程；水電設施工程，包括貨櫃場變電站、照明塔、燈具、貨櫃起重機供配電設備、軌道式跨載機供電設施、冷凍貨櫃供配電設備、給水、排水、電信、消防、污水處理等設備。貨櫃場配置為碼頭法線後方縱深約475m，扣除岸肩用地65m，貨櫃場可使用空間之縱深為410m，可提供年貨櫃裝卸量330萬TEU。

3. 貨櫃裝卸搬運營運設備

貨櫃儲運中心營運所需機具主要包括橋式起重機、軌道式門型機、以及堆櫃機、堆高機、曳引車、拖車、地磅等設備。

二、洲際二期計畫

(一) 二期計畫緣起

洲際一期計畫推動階段，高雄港舊港區內仍有約300餘座石化油品儲槽及營運設施散佈於中島商港區及其鄰近周邊，緊臨高雄市之核心精華地帶，不相容於高雄市市區發展及市容景觀。因此，結合中油公司提出設置儲槽設施之用地需求，將現有大林煉油廠內油槽遷建至洲際二期計畫內，並整合舊港區石化業者一併搬遷至本計畫新設之石化油品儲(轉)運中心，有利於高雄港港埠區位及碼頭功能整合調整，形成產業聚落，提昇高雄港整體營運效率。洲際二期計畫於行政院100年3月10日院臺交字第1000010038號函核定。

由於亞太地區經濟持續發展，貨櫃運送需求不斷增加，各國國際港埠間之競爭益形激烈，高雄港運量持續成長，貨櫃船舶逐年大型化趨勢確定等因素，高雄港為維持港埠競爭力，勢須延續第六貨櫃中心之興建。故本計畫之執行，將提供高雄港建設足夠新形式貨櫃碼頭基地之空間，以充份滿足未來高雄港發展所需。

加上長期以來高雄港內除中鋼、台電等企業所使用之專用碼頭外，缺乏可供大宗散雜貨作業之深水碼頭。而現有在中島商港區裝卸的散雜貨，受限於該區之港口航道及碼頭水深與腹地條件，無法提供較大型之散雜貨船靠泊，且碼頭緊鄰中島加工出口區與市區，影響營運及作業，故長期而言，仍須於本計畫內規劃深水散雜貨碼頭及後線作業所需用地。洲際二期計畫完成後，其中島區大宗散雜貨及石化業者可移至洲際二期計畫之港埠發展用地及倉儲物流區，而既有蓬萊商港區散雜貨碼頭可搭配移設至中島區，蓬萊商港區所保留之空地則轉型作為觀光遊憩及商業發展使用。

另有鑒於「高雄港整體規劃及未來發展計畫(96年~100年)」已將高雄港定位為「製造、加工再出口及物流中心」，國際上新式港口亦多結合物流中心以將貨物加值及創量，本計畫完成後，將可提供港內最欠缺之物流發展用地，吸引業者進駐投資及經營貨櫃及物流加值中心，有助於推動高雄港成為全方位之物流港，為高雄港奠立未來永續經營之根基。

(二) 二期工程內容簡介

洲際二期計畫預計辦理外廓堤、碼頭岸線、新生地填築等三大主體工程及其他附屬公共設施工程。其中外廓堤部分主要由台電溫排水導流堤延伸段末端往外海方向延伸，需構築南海堤2,329m(導流堤北堤833m，由台電公司出資及港務公司代建)、西海堤3,262m，防波堤1,019m、內堤200m，總計外廓堤長度為6,810m，其洲際二期計畫工程標案詳圖2。



圖2 高雄港洲際貨櫃中心第二期計畫工程開發區位示意圖

碼頭及岸線工程部分包含設置長2,415m之貨櫃碼頭，可供5席22,000TEU級巨型貨櫃輪泊靠，碼頭水深為-18.0m；於計畫區南側倉儲物流區，配置10席42,000~100,000DWT級石化油品碼頭，碼

頭總長度2,710m，以滿足中油公司及石化業者遷移的需求；其中6席由中油公司開發利用，碼頭水深-18.0m，另保留4席供其他舊港區石化業者使用，碼頭水深-16.0~-18.0m。此外，本計畫於港埠發展用地之岸線保留了4席散雜貨碼頭，碼頭岸線總長度1,150m，可滿足民國115年散雜貨碼頭不足之需求，碼頭水深-16.0m。

在新生地填築工程部分，因洲際二期計畫填區包含倉儲物流區、港埠發展用地、第七貨櫃中心等區域，扣除洲際一期計畫範圍後，洲際二期計畫實際填築面積約422.5公頃(不含溫排水渠道水域面積)，填地高程採+4.5~+4.7m規劃，可供填地之填築容積約6,843萬方。填築料源包含外海取沙、港池水域浚挖與其他外來土方。依環評規定，外海取沙區係由計畫區外海及高雄外海取得，其取得土方以回填於倉儲物流區(中油用地)與貨櫃中心為主。倉儲物流區(業者用地)、港埠發展用地與外廓堤及岸線背填區，則由洲際二期計畫港池浚挖至水深-22.0m回填。另為降低對外海區域影響，減少外海取沙量，本計畫開發期間配合收容適當之鄰近區域開發計畫所產生土方，如高雄市區鐵路地下化工程開挖土方、布袋港或高雄港其他附屬港疏浚土方等，以達到資源有效利用。

三、洲際計畫海事工程技術之突破

洲際二期計畫之推動，在工程技術上有許多項突破，如在海堤工程部分，設置兼具防漏與維護之樺間濾層、導入景觀之防越浪胸牆、胸牆內嵌有色文字混凝土對進港船舶宣傳、友善勞安施工環境與推動方式，使臺灣港務公司榮獲第10屆公共工程金安獎佳作肯定；在防波堤部分，國內首次於商港建置離岸式防波堤，榮獲第十八屆水利類金質獎特優肯定；在碼頭

工程部分，國內首次引進陸上工法製作沉箱，並榮獲第十六屆水利類金質獎特優肯定；在新生地填築部分，引進大型浚挖船機，於半開放水域進行浚挖填築施工，其浚挖回填與環保作為，使國內浚挖填築工程首次榮獲第十七屆水利類金質獎佳作肯定。前述相關細節內容詳前篇「港灣家園的守護者—外廓堤的友善設計新思維」、「港口禦浪的守門員—洲二離岸防波堤實務施工探討」、「沉箱工法的大躍進—『浮沉台船』與『陸上軌道台車』製作沉箱之施工實務探討」、「大規模造地的挑戰—洲際貨櫃中心浚填工程實務探討」等內容所述。

肆、守護港口的巨人—外海沉箱，與時俱進的沉箱工法

行政院產業自動化10年計畫及科技顧問組於82年11月15日核定營建自動化中程綱要計畫，迄今已逾25年，其中在橋梁、道路、隧道及建築工程中，在研發、引進專業機具及技術人才後，其施工技術自動化，已獲相當不錯成就，亦達成節省人力、縮短工期、提升施工品質及增進勞動安全等目標。

因洲際計畫最大宗之工程材料為沉箱製作，沉箱係位於外海以抵抗外海颱風波浪，故其單元尺度及重量均相當巨大，其結構體製作具時間長及成本高之特性，故施工自動化的發展起步較晚。惟填海造地最重要的工項為沉箱施工，由以往至今如臺中港、高雄港、國外之山陽港等之海事工程均係採沉箱圍堤造地，而其中沉箱製作方式已有逐步進化，至洲際計畫推動過程中，沉箱製作之自動化工法更是突破以往之界限，達到國內海事工程之尖峰。以下先就國內以往沉箱施工簡介、其他港口海事工程因地制宜所採用的自動化工法，最後就高雄港洲際貨櫃中心外海沉箱所採用的工法，做一個簡要的介紹。

一、國內以往外海沉箱施工方法

(一) 沉箱渠工法：臺中港

沉箱渠係依沉箱尺寸，於岸邊施作小型船渠，並考量沉箱之浮游水深設計船渠深度。沉箱渠由三面直立岸壁組成，相當於一座中型船塢，其中一面為防水閘門，臺中港建港時的防波堤即採沉箱渠工法。沉箱施作時，需將沉箱渠閘門關起，海水抽乾，沉箱即相當於在陸地無水環境施作，其施工品質及精度較高，但沉箱渠尺寸及深度限制沉箱大小，常需於附近碼頭進行海上二次加高。

因沉箱渠建置成本高，故適合用在尺寸適中，且需大量製造沉箱之工程，以攤提沉箱渠建造成本；沉箱渠位置、施工場地及材料堆置場地亦應妥慎考量，若距離沉箱儲存水域太遠，則拖放費用亦大增。

(二) 沙灘工法

本工法最傳統亦不需任何施工船機及場地，適合用在建港初期毫無任何資源區域，僅需一片供料動線便利之平坦沙灘即可。施工是在圍堤工址附近選擇一塊平整沙灘，整地後在沙灘上同時施作數個沉箱，完成至預定高度後，再將沙灘挖開，引入海水，將沉箱拖行或推移入海起浮，之後視需求再進行二次加高(圖3)。

洲際一期計畫初期即以此工法施作，然因施工廠商惡性倒閉，接續廠商即未再採用此沙灘工法，而改採較先進的浮沉平台船施工方法。沙灘工法施工品質易受天候影響，沉箱推移入海亦應等候混凝土強度完全發揮，需具有廣大沙灘同時施作數座沉箱，沉箱尺寸不可太大較易推移入海

起浮，多數需至鄰近水域進行沉箱二次加高，沙灘工法其成本及工期在後續引進自動化船舶及機具後，即不再具任何優勢。



圖3 沙灘沉箱之製作示意照片
(洲際一期照片)

二、國外其他港口沉箱製作工法

(一) 氣囊工法

氣囊工法起源於中國大陸，於西元1996年首次運用於搬運深滬港500噸沉箱，主要構想係自滾筒、滑輪或台車改良而成。主要將氣囊置放於欲搬運的結構物下方，藉由氣囊充氣即可將沉箱頂升，再配合捲揚機的拉力，將沉箱伴隨氣囊滾動方式滑移搬運。氣囊工法可搬運諸如沉箱、圍堰、預鑄橋墩、預鑄節塊、船舶及浮船塢等大型重物，較不受限於搬運物品尺寸。例如中國大陸曾搬運過重達12300噸之浮船塢(長218m、寬51.88m)；在2007年，搬運重達5,600噸的宋代古沉船「南海一號」(長度25m，寬度15m)，其滑移距離400m，滑移高度0.45m，共用12條氣囊，氣囊工作壓力0.36Mpa。

氣囊工法較不受場地限制，無需預築軌道，只要施工場地平整、承载力足夠，即可進行氣囊充氣頂升及推拉滾動滑移(詳圖4)。氣囊材料類似汽車高速胎，是以紗線

編織而成的輪胎用骨架織物，於外層包覆橡膠材料，整體纏繞而成。具有强度高、耐衝擊、耐疲勞性、溫度上升少且容易變形、彈性佳的特性。氣囊工法頂升重物前，需於重物下方挖設槽溝或佈放枕木或型鋼，俾先安排氣囊於沉箱下方，在確認混凝土強度達到，尺寸，場地，捲揚機固定及氣囊狀況無誤後，即可開始充氣。充氣時需同步控制每一個氣囊的充氣速度一致，避免高低差導致沉箱傾斜甚或側移。



圖4 大陸氣囊工法示意照片
(詳資料來源1)

氣囊工法係以捲揚機搭配鋼索拖拉沉箱，造成沉箱下方充氣氣囊滾動，而搬運重物前進滑移，其包括氣囊材料、施工場地、拖拉系統等，風險性較高。捲揚機拖拉沉箱時移動速度緩慢，場地需淨空，亦需準備足夠之備用氣囊。氣囊工法需有足夠之反力系統，方可使用捲揚機提供足夠反力，將沉箱拖拉滑移至施工碼頭及浮沉平台船，故施工碼頭及海陸接駁之浮沉平台船均需配合氣囊工法適度改建補強。

(二) 越南山陽港軌道工法

山陽港位於越南永安經濟區，為越南河靜鋼鐵廠原物料及成品輸出入的人工港口，台塑公司以興建台灣麥寮工業港成

功經驗，興建山陽港，搶攻東南亞傳統鋼鐵業及石化產業大餅。預計興建碼頭32座，總面積約3,300公頃，包含陸域面積約2,000公頃及海域面積約1,300公頃。其中第一期預定興建11座碼頭，水深最深為-21m，目標靠泊300,000噸貨輪。第一期計畫中S1~S3、W1~W5及N2~N3等10座碼頭及東防波堤、東南防波堤等設施興建，係委託韓國三星公司，以新式陸上工法製作256座沉箱，除可增加工作效率外，陸上施工更平穩安全，可提高施工品質。



圖5 越南三陽港陸上工法示意照片

三星陸上工法採用陸地上兩條生產線軌道平行方式施作，兩條生產線可同時施作最多6座沉箱，採生產線施作方式可因應不同施作步驟，分別建構最適合的施工場地。如沉箱底板施工因工作高度低，較無安全顧慮，場地採露天方式，搭配低摩擦力的鐵氟龍板軌道滑移系統，底板完成後即推移至下一階段半室內廠棚內，詳圖5。

沉箱牆身於半室內廠棚施作，雨天仍可施工，較不受天候影響，廠棚高度雖高，但剛性大，於海邊風大環境下作業安全性高。工作平台與廠棚結合，牆身滑動模板系統與升降油壓系統附掛於廠棚鋼架上，工作平台載重大，安全性高，工作環境佳。

三星陸工法工作平台分為上、中、下三層，上層平台寬廣，所有材料包括鋼筋及混凝土皆可由此層平台送至中層及下層工作平台。在中層平台綁紮鋼筋完成後，平台藉由油壓系統向上抬升，即進入下層工作平台滑動模板，混凝土經由預設之漏斗及輸送管，輸入下層滑動模板內澆置。

沉箱養護為沉箱在陸上最後階段，採露天方式，靠近碼頭區，搭配吊籃由人工深入沉箱內部進行養護作業，提高混凝土施工品質。完成養護後，以系統油壓側推至浮沉平台船，藉由浮沉平台船載運沉箱下沉，讓沉箱在水裡起浮，隨後進行沉箱拖航定位。

三星陸上工法採生產線方式製作，從沉箱底板、牆身、鋼筋綁紮、混凝土澆灌、配合滑動模板上升，至最後一個養護的步驟，一氣呵成，不需水域暫存沉箱，其以陸上工法施作沉箱，每月最多約可完成15座沉箱，惟前期須規劃大面積場地施作，並配合浮沉平台船、系統模板等，據三星公司分析，此作法至少須製作30座以上沉箱，工期一年以上之工程，才能符合成本效益。

(三) 摩洛哥丹吉爾港軌道工法

1. 丹吉爾港地理區位

摩洛哥丹吉爾港(Tanger Med Port)位於直布羅陀海峽南岸，地處地中海與大西洋交會，地中海沿海越大西洋航線的貨物大都集中於此再轉口出港。港口規模分為2個港區，分別由APM、EUROGATE TANGER、Marsa Morocco等航商經營，貨櫃碼頭岸線長度分別為1,600m及2,800m，碼頭水深分別為-18.0m及-16.0~-18.0m，年裝卸作業能量分別

達300萬TEU及600萬TEU，因優良港口條件，使得丹吉爾港成為大西洋及地中海最重要的轉口港。

2. 沉箱製作流程及設備

丹吉爾港在2010年開始興建第二港區貨櫃港，興建4.8公里長防波堤。其中沉箱堤施工方法為在陸上預先築造105座類似4葉幸運草形狀的4孔沉箱。防波堤係由VSL承造，每座沉箱尺寸為28m×28m×10m，重達3,400噸，混凝土沉箱在陸上施工場地築造，完成養護後滑移至天車下方，再由天車將沉箱吊掛入海起浮，並拖移至臨旁工區碼頭進行二次加高，二次加高的高度為13.5m。

沉箱以3條生產線製作，每條生產線可同時製作3座沉箱，每一條生產線包括3個製作工區，分別是沉箱製作及澆鑄、養護及轉換區，以供沉箱滑移吊掛入海。每條生產線設備，包含2條105m滑移軌道、4個1,000噸滑移靴及6個300噸滑移靴、6套60噸水平推拉單元(推拉行程為1m)、每條獨立生產線分別設置6個電子液壓幫浦系統EHPS，其液壓能量為8.4公升/分鐘。

同時配置兩套監控系統，由1位操作者負責控制沉箱頂升操作，其控制精度可讓液壓千斤頂控制在高差3mm及20個大氣壓力內。在2011年6月至2013年9月施工期間，2條生產線超過140次滑移操作，並無延誤及意外事故發生，且縮短預定工期。

3. 沉箱吊升、滑移、起浮作業

沉箱最後將滑移天車下方，進行吊移作業。由天車上16個連接器，將沉箱吊升並滑移至海面，之後再將沉箱移至海裡

起浮。天車吊重能力為4,000噸，可回收再利用，其跨距32.25m，總長度18m，並由4組4m深度桁架組裝而成，其兩條滑移軌道，每條軌道長度80m。在沉箱入海起浮後，其16組SMU-330自動鍊結連接器可自動脫離。

沉箱吊掛移動及入海起浮可於12小時內完成循環作業，包括將天車滑移至沉箱上方、連結沉箱、吊掛升起、滑移沉箱至海面上方、將沉箱下降、沉箱沉入水中起浮、自動連結裝置與沉箱脫離、天車及自動連結裝置滑移至沉箱上方。

丹吉爾港沉箱斷面採用4葉幸運草形狀，其圓弧外型承受波浪力量平均，並因此而減少內隔艙數量，可有效節省材料，亦可使波浪外力分散及減少反射波。隔艙數量減少亦使得施工模板數量減少，提升施工速率及品質，並利於混凝土完成澆鑄後之養護工作，詳圖6。



圖6 摩洛哥丹吉爾港軌道工法示意照片
(資料來源2、3)

三、洲際計畫沉箱海事施工

洲際貨櫃中心第一期外海圍堤、第二期外廓堤、岸線均係採用沉箱堤施作，然三工程標案沉箱施工方式不甚相同，初步概述如下：

(一) 洲際一期外海圍堤沉箱施作

洲際貨櫃中心第一期工程外海圍堤工程，其堤線所在區位較淺，水深僅-7.0m，故圍堤設計上所採用的沉箱尺寸亦較小，最大尺寸19.11m×25m×10m，重量2,700噸，原先採用傳統沙灘工法，於原施工廠商惡性倒閉，經重新發包後，後續廠商改用浮沉平台船工法施作，採用承載能力7,488噸的浮沉平台船，視沉箱尺寸大小，最多可同時施作3座沉箱。

(二) 洲際二期外廓堤沉箱施作

洲際貨櫃中心第二期工程外廓堤因距離岸邊較遠，達2km以上，最大水深達18.0m，故沉箱尺寸大增，最大尺寸達26.45m×25m×17m，重量6,000噸以上；在施工初期，經多方考量包括陸上的氣囊工法、軌道工法，或海上的浮沉平台船工法、沉箱渠或二次加高工法，最後仍採用浮沉平台船工法搭配自動化升降滑動模板施作，同時採用15,000噸及8,800噸的浮沉平台船，視沉箱尺寸大小，最多可同時施作4座沉箱，詳圖7。



圖7 洲際二期浮沉船台工法

(三) 洲際二期岸線工程沉箱施作

港灣工程單元構造物具有尺度大、施工時間長及成本高特性，然而國內過去在港灣工程大尺寸沉箱的製作上多採用於海上利用船機來製作沉箱結構物，惟該作業方式除了滑動模板之外，其自動化程度較

低，並需購置大型浮沉平台船，越大型的平台船，可同時施作的沉箱數量越多，可加速工程進度，但大型平台船需有足夠之工作碼頭岸線長度及後線腹地，且大型圍堤造地工程有限，平台船於工程完工後的處理及效益亦需評估。



圖8 洲際二期軌道工法

洲際貨櫃中心第二期工程碼頭及岸線工程，因碼頭設計水深達-18.0m，故採用可削減反射波浪有助港池靜穩度的大型消波沉箱，最大尺寸23.9m×19m×21.5m，重量7,000噸以上，施工及設計監造廠商經參考世界各國外海沉箱施工方式及實績，並經多方考量，最後決定引入交叉軌道台車滑移工法，並自行精進改良提升施工效率(圖8)，詳細施工方式詳前述「沉箱工法的大躍進」該篇內容。

四、施工工法技術心得與比較

(一)滑動模版：以往大型沉箱施工方法大多採沉箱渠、沙灘及浮沉台船工法等，其施工進度及品質管控較易受天候及波浪影響，其自動化程度低，其施工自動化主要為沉箱混凝土澆灌時之滑動模板上升作業。

(二)平移方式：然隨科技發展，且因應沉箱尺寸越來越大，沉箱數量較多時在陸上設置施工場地，亦可設置屋頂棚架，以

減少天候影響；陸上工法除了滑動模板外，其沉箱在陸上施工場地內的運送及入海起浮，亦因應各施工廠商之專業及現地狀況而有不同，常見運送方式為軌道台車(洲際二期計畫碼頭岸線工程採用)，鐵氟龍片配合油壓推動滑移(例如丹吉爾港VSL承造及越南山陽港三星營建承造)。

(三)場地配置：沉箱製作陸上工法的場地配置，需因應場地大小、沉箱製造數量規模、場地縱深、物料配送堆置等，演進而類似生產線方式雙縱線雙碼頭之場地配置(越南山陽港)，及動線交會而有交換區採單碼頭之配置(洲際二期及丹吉爾港)。

(四)入海起浮：至於陸上工法沉箱澆鑄及養護完成後之入海起浮方式，依不同施工廠商之專業及機具，洲際二期及越南山陽港是採用浮沉平台船運送及起浮，而丹吉爾港係採用天車吊掛及滑軌運送，其優點為天車吊掛安全性高，精度及速度容易控制，缺點為初期投資及天車維護費用較高，但工程完工之後，天車可以拆解回收或再利用於其它工程。

伍、技術經驗的學習、內化與提昇－未來工作與期許

自民國94年起，高雄港洲際貨櫃中心之整體開發案開始執行規劃、設計、施工作業，至今政府投資部分已完成洲際一期計畫圍堤、道路、附屬建築，民間投資部分亦已完成4席貨櫃碼頭與櫃場；而洲際二期計畫也陸續完成外廓堤、碼頭、造地作業，預定108年底完成道路、建築、公共設施。洲際計畫的推動，除可讓高雄港再一次蛻變外，亦已讓港灣工程技術更上

(一) 以洞道串連高雄港第三、四、五、六、七貨櫃中心

高雄港經過110年發展，並隨著運輸型態轉變、船舶大型化演進、及世界貨運版圖變遷，港口重心逐漸移至港區南端。目前除第一貨櫃中心在中島商港區、第二貨櫃中心在前鎮商港區，其餘第三～七貨櫃中心均已遠離市區，分別在小港、中興、大仁、及大林商港區(即洲際貨櫃中心)。這五座貨櫃中心空間位置雖極為靠近，直線距離皆在2公里內，然受限於過港隧道、高雄港第二港口及主航道分隔，若採陸運進行轉口或整併，需多耗30分鐘以上陸運時間，方可進入第六、七貨櫃中心，此為高雄港獨有特殊型態。

然隨施工技術演進，地下貨櫃運輸洞道可適切解決這問題，可解決國道七號開闢完成前影響業者投資營運窘境，避免第二過港隧道及跨越二港口的跨港橋總共超過400億元之投資興建。而僅需花費約1/5投資費用即可將空間距離很近，但陸運距

離長且對過港隧道及市區交通影響很大的第三、四、五、六、七貨櫃中心貨櫃輸送，以輸送帶的方式在地下串連，日夜不停24小時輸送貨櫃，而不影響地面交通及市民作息(圖9)。

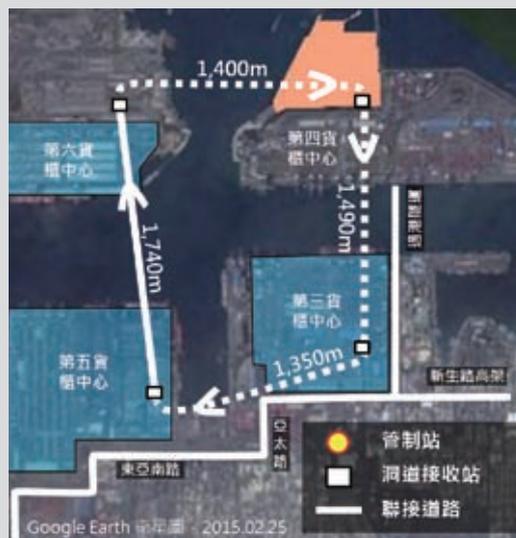


圖9 洞道貨櫃運輸方案

海下貨櫃運輸洞道可比照捷運隧道方式採潛盾隧道軌道運輸，僅需將捷運載人的車廂及動車組改為載貨櫃台車。台車採自動化控制，無人駕駛，僅需留設維修



用通道即可，載送貨櫃台車速度較捷運為慢，迴轉半徑小，潛盾隧道斷面亦較小。然因要通過海床，故需深入地表面下約30~40m，施工上可利用潛盾機的機坑做為貨櫃自地面輸送至地下洞道台車通道，若要加快貨櫃輸送效率，可擴大機坑一次輸送2~3個40呎貨櫃。潛盾隧道斷面直徑約6m(包含維修走道)，台車如輸送帶般緩慢連續前進不停留，連續台車單向順(逆)時針輸送帶方式的海下貨櫃運輸洞道，提供24小時的貨櫃運輸，將更有效率，且自動化程度高。

海下貨櫃運輸洞道因不需引道，可有效節省港區土地。相較過港隧道，具有工期短、經費低之優勢；且潛盾技術成熟，國內及多家廠商具專業及經驗可施作，可降低現有道路系統及過港隧道負荷，減低碳排放量，符合未來環保趨勢。

完成後除可將5座貨櫃中心的轉口及進出口貨櫃透過洞道予以整併串連，在國道7號完成之前，亦可提供洲際貨櫃中心內

第六、七貨櫃中心之貨櫃輸送至第三、第五貨櫃中心，再經由三國通道連接高速公路。在國道7號完成後，更可將國道1號及國道7號貨櫃運輸，藉由洞道串接，完成國道貨櫃運輸在高雄港區的串連，形同一條新的貨櫃專用國道，減少對市區的環境衝擊，分散國道車流。位在旗津的第四貨櫃中心更可藉由洞道串連其他貨櫃中心，銜接國道7號及國道1號，減低過港隧道貨櫃輸送量，改善旗津交通，更可透過過港隧道補強延長使用壽命，替代第二條過港隧道。

(二) 管線圖資模型建置

BIM(Building Information Modeling) 建築資訊建模已在建築工程廣泛運用，從規劃設計階段管線配置、減少管線衝突介面、管線效益最佳化，到施工階段管線位置實境模擬，現場施作位置明確，不需待施工階段再拆分管線；到完工後的管線位置資訊，及管線維護等建築全生命週期的管線設計施工維護更換。洲際貨櫃中心工程因無複雜工程介面，與一般建築工程不



一層，未來建議就港口規劃、工程技術、圖資管理的發展期許，概述如下：

3. 施工階段若發生局部誤差，即可利用3D視覺化模型模擬實際狀況，作為研擬後續補救修正方案之參考。
4. 有助於使用壽年內後續增建、擴建及管理維護。
5. 未來可輕易與其他港區整體管線資訊、建物資訊、碼頭及防波堤資訊、道路及場地資訊，及交通運輸動線等資訊系統結合。
6. 檢核設計階段之周延性、施工發生局部誤差時之後續修正及生命週期之使用維護等。

洲際貨櫃中心在設計監造施工階段導入BIM概念後，由於港口資訊需要建模，以利港口營運管理、建置初期整合規劃配置最佳化及後續生命週期使用與維護，後續包括石化、電力、電信、自來水、污水、排水等管線、碼頭、建築、防波堤、海堤、隧道、橋樑、場地、道路、軌道等設施，尚須包括港口、場地、動線、運輸等配置仍須建模，以構建完整之港灣構造物及管線資訊模型。

在過去，高雄港在Building Information Modeling (BIM)已落後，在未來，我們要成為Port Information Modeling (PIM)的先鋒。

(三) 爐石於海事工程應用

轉爐石為中鋼公司在煉鋼過程所產生之副產品，目前在經濟部登記為產品。據中鋼研究成果，經高溫燒結的轉爐石，其在水中不溶出有害廢棄物，且主要來源為鐵礦砂及碳酸鈣，惟泡水之後會生氫氧化

鈣，導致膨脹甚至進而裂解崩碎，故以往轉爐石不具工程上骨材替代應用。

惟若具中鋼所述轉爐石在浸泡海水後不溶出有害廢棄物，其在海事工程上，可考量應用在沉箱海堤或拋石海堤或防波堤的堤心石，其雖有膨脹，在上方沉箱重壓之下，應往下方海床擠壓或往外側膨脹發展，不致造成沉箱堤的不均勻隆起，且可有效替代石料，在港口越往海床深度擴建，拋石堤或沉箱堤下方石料用量大增，來源不易取得之狀況下，可有效避免石料過度開採，避免過度影響自然環境，保存國土資源。

此外，轉爐石經以蒸氣養生改質以後，其膨脹率可自3%降低至1%左右，消波塊內的骨材即可考慮以改質轉爐石替代，並可將改質轉爐石混拌以不具膨脹性之高爐石及飛灰，結合而成為具強度之人造塊石，其亦可考慮用在離岸堤、潛堤、護堤塊石及生態潛礁。轉爐石泡水後雖具鹼性，亦含有高含量的鈣質與鐵質成分，可持續釋出作為海藻的養分，藉此營造優良的海藻生存環境，提供小魚躲避及覓食空間，並進而達聚魚效果。

參考文獻

1. www.zhulong.com
2. VSL International Ltd., Switzerland
3. Tanger Med Port Authority, Morocco

4. 交通部高雄港務局，高雄港洲際貨櫃中心第一期工程計畫，93年12月。

5. 交通部高雄港務局，高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫，100年3月。

6. 王錦榮、羅勝方、彭國源、蔡同宏、葉錦璋，「港灣工程沉箱陸上軌道工法之施工實務」，中華技術No.104，2013年。

7. 羅勝方、張欽森、簡德深，「國際港埠新樞紐—高雄港洲際貨櫃中心建設計畫」，中華技術No.114，2017年。



國際港埠新樞紐 —高雄港的蛻變 與展望

關鍵詞(Key Words)：

高雄港(Kaohsiung Port)、洲際貨櫃中心(Intercontinental Container Terminal Project)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／計畫副理／簡德深 (Chien, Te-Shen) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／協理／張欽森 (Chang, Chin-Shen) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／經理／劉宏道 (Liu, Homg-Daw) ❸

摘要

高雄港曾為世界貨櫃吞吐量第三大港，貨櫃船舶大型化、全球產業鏈調整、都市發展方向調整、居民親水空間需求提高之各種因素下，高雄港已到需進行轉型的時刻。因此「洲際貨櫃中心計畫」應運而生，藉由該計畫的推動，可解決高雄港舊港區中油及石化業者油槽搬遷安置之需求，並建設現代化貨櫃中心吸引航商進駐及大型貨櫃船彎靠，確立亞太地區貨櫃運輸樞紐港地位，同時促成港市再造，讓高雄港再進化為兼具生產、生活與生態的三生港。



The New Hub of International Port – The Evolution and Prospect of Kaohsiung Port

Abstract

Kaohsiung Port was once the third largest container port in the world. In response to the large-scale container ships development, the adjustment of the global industrial chain, the adjustment of urban development, and the increasing demand for residents' hydrophilic space, Kaohsiung Port needs to be transformed. Therefore, the "Intercontinental Container Terminal Project" came into being. With the promotion of the project, the land will be provided to meet the relocation requirements of the oil tankers of the oil and petrochemical industry in the old port area of Kaohsiung Port, and a modern container terminal will be built to attract the shipping operators and large container ships. Bending, and thus establishing the status of container port in the Asia-Pacific region, and at the same time facilitating the re-engineering of the port, allowing Kaohsiung Port to evolve into a PLE Port with Production, Living and Ecology.

3

專題報導

壹、前言

高雄港原屬所謂的天然良港，並擁有完善的港埠設施及高效率的作業能力，而曾榮登世界貨櫃吞吐量第三大港的地位。然隨著外在全球經濟情勢演化、大陸與東協各國相關海運運輸系統軟硬體設施快速成長、船舶大型化等趨勢；內在現有高雄港區腹地受限，可供產業配置的條件已無法滿足日益嚴峻的國際競爭條件，加上人民對鄰港生活品質的要求逐漸增加，高雄港港區腹地空間的擴充，與部份鄰近居民的港區土地利用轉型再造已迫在眉睫。而「高雄港洲際貨櫃中心計畫」的推動，恰可為未來的高雄港創造出新的發展契機，該計畫完成後將為高雄港舊港區石化油品儲運業者及中油高雄廠的搬遷創造出調整空間，進而帶給高雄港舊港區轉型再造的機會，所留下的貨櫃中心發展區位，能為高雄港未來的核心營運根基創造出新契機。

本文將先就高雄港的發展歷程、現有優勢與挑戰、洲際計畫所帶來的蛻變契機及未來展望，分別進行探討並做出結語。

貳、高雄港的發展歷程

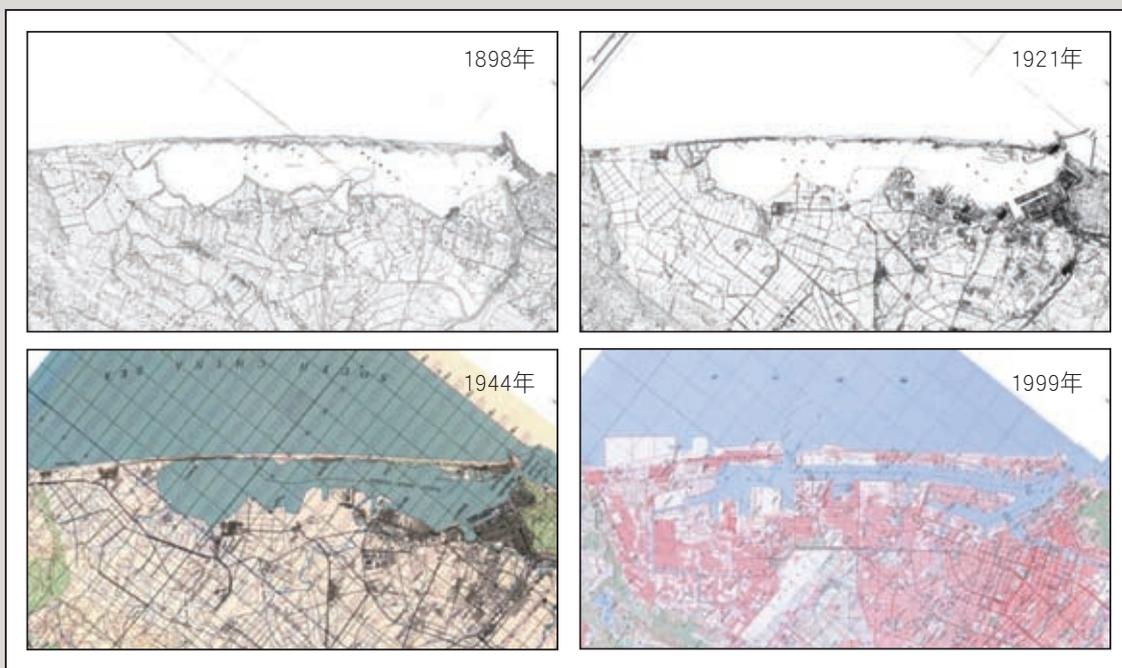
依據高雄港開拓歷史記載，高雄港建港始於明朝末年，歷經清朝、日據時代、民國始呈現目前之規模(詳圖1)。由於高雄港的發展係由北往南逐步建設，開發初期僅能通行吃水較淺之客貨船，迄至民國64年配合臨海工業區台灣糖業股份有限公司、唐榮鐵工廠股份有限公司、台灣中油煉製事業部大林煉油廠、中國鋼鐵公司、中鋼機械公司、台灣國際造船公司、中國石油化學工業開發公司設廠才完成第二港口的開拓，十萬噸級大宗散貨輪才得進入高雄港。到了70年代初期貨櫃興起，高雄港因應台灣製造及貿易進出口的需求，再加上軸心地

理位置之優越性，逐步擴展貨櫃中心的建設，成為全球及東亞的主要貨櫃港。除貨櫃運輸業外，工業發展為高雄港另一重要產業。高雄(縣)市為南台灣工業發展最早的區域，50至80年代，大量工業區(臨海、大發、仁大、永安、林園、鳳山、仁武)、加工出口區(楠梓、高雄、臨廣、軟體)及工商綜合區興起，讓高雄市成為南台灣工業重鎮。

然近年來國內外經濟生產環境的變革，世界工廠一大陸及東協各國的興起也帶動了大陸沿海主要港口急速擴張東協各國轉運港的發展；另外，貨櫃船持續地往大型化的發展，也引發航線與樞紐港的重新洗牌；而港埠民營化的經營趨勢，以及航商、貨櫃經營業者形成策略聯盟，使高雄港在貨櫃運輸業上的競爭趨勢更加險峻。

而在工業發展上，因應全球經濟發展，各企業集團考量生產製造的經濟性與自由貿易的競爭性，逐步集中上下游產業，成立產業鏈的佈局，在此趨勢下，港市除需要提供更佳的港埠運輸效率，更需提供充裕的土地供企業進行產業鏈整合暨自由貿易的加工、倉儲、整併。此外，高雄港區內現有約300餘座石化油品儲槽及營運設施散落於中島區及其鄰近區位，均緊臨高雄市之核心精華地帶，與高雄市都市發展不相容。加以港埠鄰近都市伴隨著港埠逐漸發展，居民生活水準不斷提升，都會生活區不斷擴張，開放親水空間需求日益增高，形成港埠與都市發展競爭用土地的現象。

在早期經濟成長起飛年代，高雄港曾為世界貨櫃吞吐量第三大港，然隨貨櫃船舶大型化、全球產業鏈調整、都市發展方向調整、居民親水空間需求提高等總總因素下，高雄港需配合時代演進作適度調整與改變。洲際貨櫃中心計畫的推動恰提供高雄港轉型契機，藉由增加海外填地之機會，將港區櫃場重新調整分



資料來源：高雄港史資料

圖1 1898、1921、1944、1999年高雄港海圖

配，增加大型貨櫃碼頭靠泊席數，使高雄港成為國際之港埠新樞紐港，讓高雄港風華再現。

參、高雄港現有優勢與面臨挑戰

一、現有優勢

(一) 天然良港，港埠設施完善

高雄港位於臺灣西南部沿海，共有兩個港口，依據100年10月21日院臺交字第1000054569號函核定港區範圍(詳圖2)總面積17,736公頃，其中水域面積15,865公

頃，陸域面積1,871公頃。

1. 最大計畫進港船型

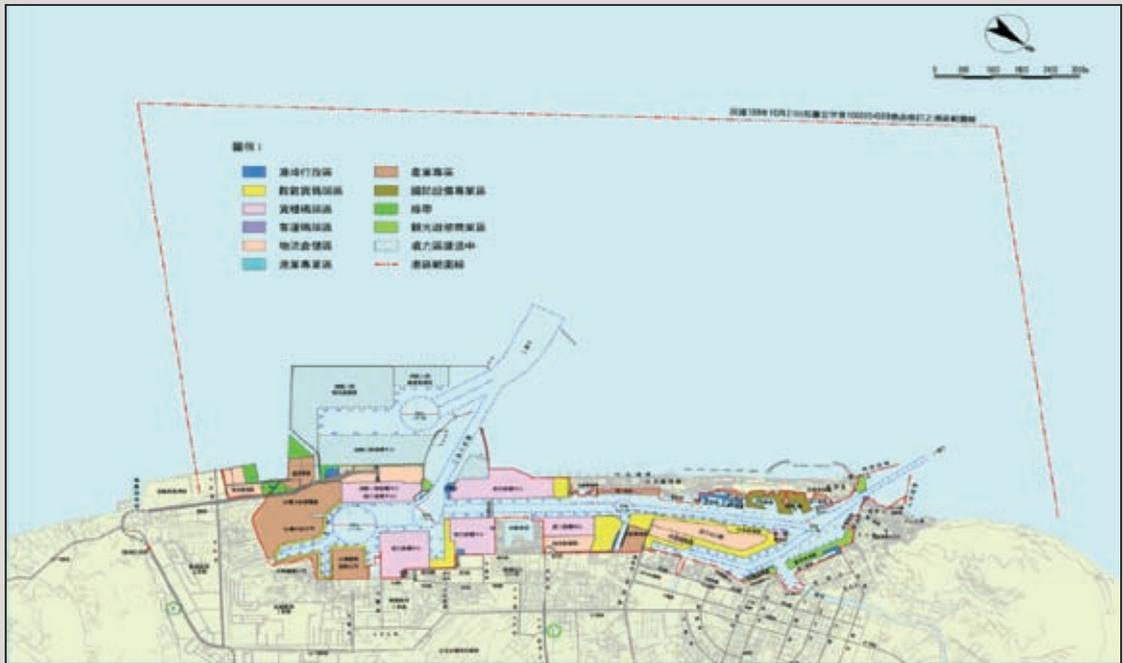
一港口最大計畫進港船型為30,000 DWT級船舶；二港口水域調整改善後，內港區之最大計畫船型為14,000 TEU貨櫃船，外港區則為22,000 TEU之貨櫃船。各港區最大計畫進港船型尺寸如表1所示。

2. 水域設施現況

一港口南、北防波堤共長1,876.8m，港口朝NW向，南、北防波堤間最短距離約343m、有效寬98m、港口水深約-13m；

表1 高雄港各港區最大計畫進港船型

港區	一港口	二港口	
		內港區	外港區
船種	散裝船	貨櫃船	貨櫃船
船舶大小	30,000 DWT	14,000 TEU	22,000 TEU
船長(m)	195.0	368.5	400.0
船寬(m)	27.0	51.0	59.0
滿載吃水(m)	11.0	15.8	16.0



資料來源：臺灣國際商港未來發展及建設計畫(106~110年)，臺灣港務公司，民國105年10月。

圖2 高雄港港區範圍及現況圖

二港口南、北防波堤共長3,511.6m，港口朝SW向，南、北防波堤間最短距離約417m、有效寬183m、港口水深約-17.5m。一港口航道長2,230m、有效寬98m、水深約-12.5m，迴船池直徑約400m、水深-12.5m；二港口航道長2,815m、有效寬183m、水深約-17m，迴船池直徑約600m、水深-17m。

3. 營運設施現況

高雄港現有碼頭119座(不含#10碼頭東側、#23、#24及#26碼頭)，碼頭總長度約27,600m，其中貨櫃碼頭28座(分別位在六個貨櫃中心)、雜貨碼頭27座、大宗貨碼頭12座、專用碼頭34座、穀類碼頭2座、客輪碼頭2座、親水遊憩碼頭8座、水泥圓倉碼頭2座及其他非作業貨碼頭4座，另有繫船浮筒19組。

(二) 貨櫃樞紐港，營運冠全國

高雄港為台灣最大的國際港口，民國

106年的進出港船舶艘次、貨物吞吐量、貨物裝卸量、貨櫃裝卸量與進出港旅客人數分別為37,546艘次、116.1百萬噸、450.0百萬噸、1027.1萬TEU、19.7萬人次，其中進出港船舶艘次、貨物吞吐量、貨物裝卸量、貨櫃裝卸量都高居全國第一，民國106年所占全國比率分別為49.2%、47.1%、62.0%、68.9%。在貨櫃裝卸量統計上，高雄港全球的排名近幾年都保持在13名，民國104年的總裝卸量維持在1,027萬TEU，佔全國1,449萬TEU的68.9%，更重要的是高雄港轉口櫃達476萬TEU，佔全國轉口貨櫃量的90%，其比率也遠高於大陸沿海港口，故高雄港是全球非常重要的貨櫃樞紐港。

二、面臨挑戰

高雄港建港至今已達百年歷史，隨時代潮流演進，港口功能性已有所調整，再加上面對全球經濟快速變動，港口若不採取必要調整措施，則發展上勢必受限，而目前高雄港主要面

臨的挑戰如下：

(一) 船舶大型化潮流所趨，深水碼頭闢建勢在必行

依據「台灣地區商港整體發展規劃」之運量預測及碼頭需求分析，未來高雄港運量將持續成長，後續仍有再增建碼頭的需求，主要包括貨櫃碼頭及散雜貨碼頭。特別是在船舶大型化之潮流趨勢下，建設各類型深水碼頭對港口營運之持續成長確實有其必要性。高雄港歷經多年的建設，港區內除旗津區北段(不含中興商港區)仍保留船渠、漁港及國防設備專業區外，南北向主航道水域兩側岸線均已興建碼頭設施，已無多餘岸線可再規劃利用，由於港區內岸線幾已開發殆盡，已無法於港區內再新建其他碼頭，勢需至外港另闢新港區，重新開發碼頭岸線。

(二) 碼頭配置缺乏整體性，影響港埠營運效率規模

高雄港內現有石化區、漁港區及貨櫃碼頭區在多年來配合產業發展需求之背景下，碼頭配置及使用缺乏整體考量，形成碼頭區相互阻隔、相同功能之碼頭岸線無法連貫配置、碼頭後線土地配置不能有效運用之情況。目前貨櫃碼頭出租方式，已造成同一家公司所屬貨櫃碼頭卻分散不同區域，同一聯盟碼頭亦不能相連等現象。此外，油品與化學品碼頭及一般散雜貨碼頭則分散在舊港區、中島區、第二～第四貨櫃中心旁…等，將港區土地不當切割，同質性作業碼頭分散，無法連貫集中。由於港區內土地均已開發利用，已無多餘空間可緩衝調節，惟有藉由新港區的開發，才有機會重新整合港區土地，獲得更有效率之利用。

(三) 港區內土地資源不足，物流園區產業發展受限

港埠原係以提供裝卸及運輸服務為主，惟近年來運輸系統與相關產業間之連結轉趨密切，部分產業在市場競爭中，基於成本考量，將配銷、分裝、加工等作業在港區或鄰近地區進行整合，並利用港埠設施形成完整之物流園區營運概念，此變化直接影響到產業對土地需求與規劃。然高雄港囿於港區既有土地多已開發完成，無多餘腹地來發展相關物流產業。

土地不足幾為百年大港發展過程必然面對的困境，高雄港經多年來開發建設與發展，港區內可供利用之土地均已完成開發，已再無多餘的閒置土地資源；故如何積極向外海擴大港區範圍，創造更多的新生土地，以滿足港埠發展所需用地，維繫港埠之永續發展，實為高雄港後續亟待解決的課題。

(四) 石化產業散落舊港區，港區都市發展方向不合

港區內現有約300餘座石化油品儲槽及營運設施散落於中島區及其鄰近區位，均緊臨高雄市之核心精華地帶，與高雄市都市發展不相容。加以港埠鄰近都市伴隨著港埠逐漸發展，居民生活水準不斷提升，開放親水空間需求日益增高，形成港埠與都市發展競用土地現象。尤以高雄港老舊港區最為嚴重，特別是石化油品碼頭散佈於港區各處，甚至瀕臨人口密集之都會地帶，確實對都市生活環境帶來嚴重的困擾。有關港市整合發展，以往已有多項研究計畫及政策，包括「高雄港舊港區再開發計畫規劃」、「高雄多功能經貿園區計畫」、「高雄港中島商港區細部規劃」、以及設置自由貿易港區…等，均是朝向港市資源整合利用及港埠多元化發展之目標進行規劃。因此現今散佈於港區心臟地帶且與都會區相鄰之石化碼頭、石化

油品儲槽及營運設施，若能配合藉由向外海擴大港區範圍機會進行搬遷，提供港埠進行區位調整之機會，將是促進港市再開發之契機。

肆、高雄港蛻變契機－洲際計畫

一、計畫目標

高雄港在面臨船舶大型化、碼頭配置缺乏整體性、港區內土地資源不足、石化產業散落舊港區等挑戰下，勢必藉由新生地填築方可整體結構性調整港區產業、碼頭配置，洲際貨櫃中心計畫完成正是讓高雄港蛻變的重大契機，藉本計畫的推動，可於洲際貨櫃中心基地及石化油品儲運中心之興建，並保留港埠發展用地需求，以因應高雄港短、中期及長期之營運需求。預期本計畫完成後將可達到下列目標：

(一) 目標一：建設現代化貨櫃及物流基地，確保樞紐港地位

目前國際現代化大型貨櫃基地之基本條件，碼頭水深至少須16m，後線縱深應達600m以上；然除第六貨櫃中心之4座碼頭水深可達16m外，其餘貨櫃碼頭水深皆小於16.0m，且後線腹地面積普遍較小。本計畫完成後將可提供5席水深18.0m、可供22,000TEU超大型貨櫃輪泊靠之現代化貨櫃碼頭，及162公頃之櫃場用地。同時，配合已完成之第六貨櫃中心，本計畫另規劃約51.5公頃之物流園區，可供發展貨櫃運輸、倉儲與物流加值產業，預期可發揮群聚效應，吸引兩岸三通直航後回流之台商投資進駐，提昇高雄港競爭力，確保高雄港作為亞太地區貨櫃樞紐港地位。

(二) 目標二：協助舊港區石化業者及中油順利遷建，遷移舊港區既有石化儲槽，將

石化碼頭集中至倉儲物流區，延續石化產業發展

本計畫將可提供256.8公頃之土地、10席42,000DWT~100,000DWT石化油品碼頭供中油及石化業者利用，除可解決高雄煉油廠遷廠問題、提供港區內既有石化業者搬遷所需用地，並有機會進一步整合各家業者，建立南部地區石化原料及油品儲運中心，延續我國石化產業競爭力；且因港埠區位遠離市區，不會與都市機能相互干擾，有助於改善都市生活環境，並藉由廠區遷建時一併將設備汰舊更新，可達到降低污染、改善環保之效果。

(三) 目標三：新闢碼頭岸線及港埠用地，容納未來運量成長

因高雄港運量呈現持續成長狀態、加上舊港區石化碼頭遷建所需，後續必需再增建碼頭設施；在港內已無多餘岸線可供開發的條件下，新闢碼頭岸線及後線用地，以容納未來運量成長。

(四) 目標四：整體結構性調整舊港區使用機能，重塑港市共榮生活圈

高雄港歷經多年來的發展，早期配合經濟成長需求不斷的擴建，致使部份港埠分區功能無法整合，同質性業務分散港區各地、難以擴大營運規模，碼頭前後線土地無法連貫，實有必要進行整體結構性的調整。透過本計畫外港區之開發，將可提供港區內石化油品儲運業者搬遷所需用地，港埠區位與功能可再重新調整，改善整體港埠環境，並配合市政府都市計畫，進一步帶動舊港區再開發的契機，以營造優質的港都生活空間，重新塑造港市共榮生活圈。

二、工程投資總額與辦理事項

本計畫主要投資項目包含港埠基礎設施(如：防波堤及海堤工程、航道水域浚挖及新生地回填等)與營運設施(如：營運碼頭、石化油品儲運中心及貨櫃中心等)兩大類，由於工程規模龐大，以現有航港建設基金規模恐無法完全支應本計畫所需龐大經費；故本計畫前置作業階段，高雄港務分公司除將營運設施之興建採由業者投資或合作興建方式辦理外，並積極向大型業者(如中油及貨櫃航商)爭取將部分基礎設施納入投資範圍內，以降低政府投資財務壓力。

經與相關單位多次協調後，政府辦理事項，包括外廓堤、岸線、新生地填築、S4-S5碼頭護岸等四大主體工程，與區內及環港道路、附屬建築等其他公共設施工程等，總計政府投資344.53億元。其政府投資項目及各標工程相關區位詳圖3所示；民間投資項目主要包括倉儲物流區之石化油品儲槽設備(含管線)、第七貨櫃中心櫃場興建、機具設備採購等相關項目，總計民間投資約1,161.47億元。

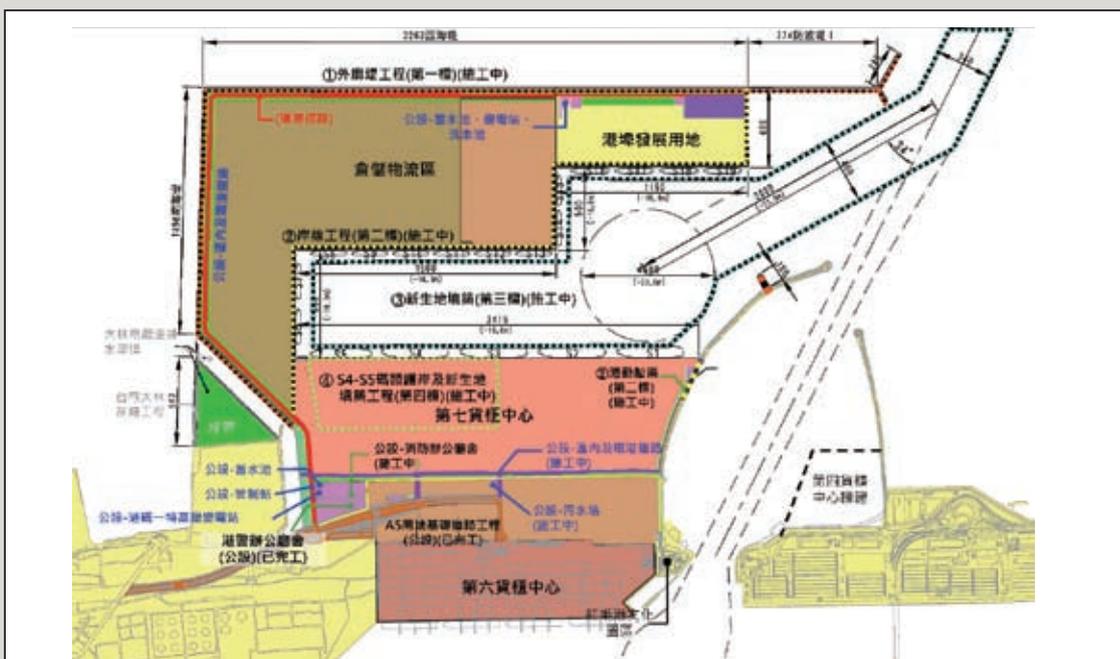
三、港埠基礎設施配置介紹

港埠設施係為船舶運行、交通運輸、土地開發之主要關鍵本節將介紹洲際二期計畫主要港埠設施供參，茲說明如下：

(一)水域設施配置

1. 港池配置

本計畫擬於高雄港二港口南側構築之6,810m外廓堤(海堤、防波堤、內堤及導流堤)，同時考量高雄港二港口內水域及洲際二期計畫外港區水域之靜穩度，經水工模型試驗後，擬於二港口西側設置475m離岸防波堤；另洲際二期與二港口舊南防波堤間圍成之水域，規劃5,249m之碼頭岸線，包含5席水深18.0m貨櫃碼頭，可供22,000TEU級巨型貨櫃輪靠泊；10席石化碼頭，可供40,000DWT~100,000DWT級以上石化油品輪靠泊；4席散雜貨碼頭，可供70,000DWT散雜貨輪靠泊，配置詳圖3所示。



資料來源：本文繪製

圖3 高雄港洲際貨櫃中心第二期計畫工程開發區位示意圖(政府投資項目)

2. 航道、迴船池及泊渠尺寸

洲際二期計畫將與二港口共用該防波堤及進港航路(詳圖3)，進港航道採340m寬單向航道規劃，轉折入洲際二期計畫外港區之航道寬度適度拓寬為400m。在由主航道轉入本計畫外港區進港航道後之航道長度為2,000m。而外港區之泊渠寬度採650m規劃、迴船池則採直徑800m規劃。

3. 航道及迴船池水深

洲際二期計畫外港區之航道、迴船池及港內泊渠之水深至少應採-18.0m以上，方能滿足22,000TEU貨櫃輪進港泊靠所需。惟考量浚填平衡情況及預留遠期發展彈性，擬將本計畫區內之航道、迴船池及港內泊渠水域適度超挖至-22.0m，除可取得更多港內挖方，減少外海抽砂土方，降低本計畫工程建造成本外，更可降低未來營運期間航道、迴船池及泊渠水域之定期維護浚挖作業；同時，亦能確保未來營運期間之發展彈性。

(二) 主體工程

1. 外廓防波堤

外廓堤部分主要由台電溫排水導流堤延伸段末端往外海方向延伸，構築南海堤

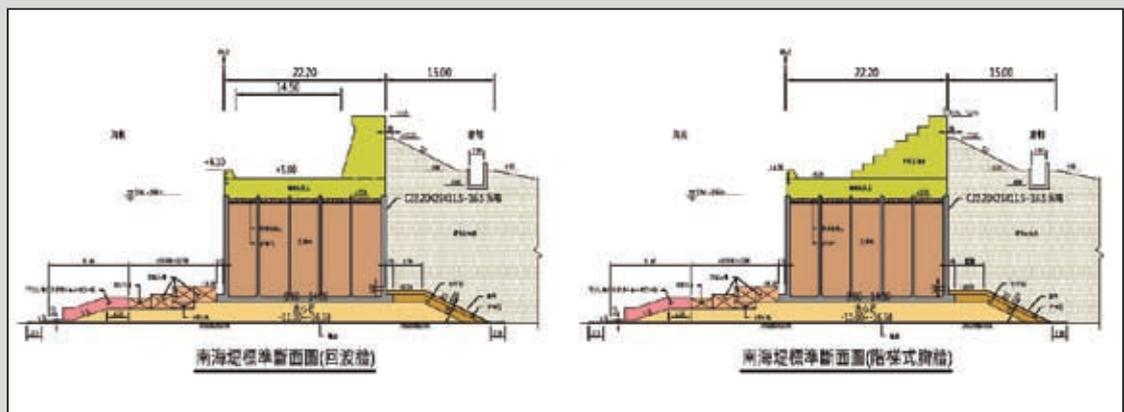
2,329m(其中導流堤北側海堤833m，由台電公司負責出資及興建)、西海堤3,262m，防波堤1,019m、內堤200m，總計外廓堤長度為6,810m。

外廓堤採沉箱堤設計，依現地水深南、西海堤沉箱高度分別為11.5m~16.5m、-16.5m~17.5m，沉箱寬度則為22.2m。配合堤面維修道路之設置，將胸牆改設置於內側，且每約一段距離設置景觀階梯式胸牆，可收防止波浪越波、降低衝擊波壓、減少沉箱堤斷面尺寸等功效且提升港區景觀效果，其海堤回波牆與階梯式胸牆標準斷面詳圖4所示。

2. 岸線配置(碼頭及護岸)

(1) 貨櫃碼頭(S1~S5)

洲際二期計畫港側計有2,415m長碼頭岸線可供開發為5席22,000TEU級巨型貨櫃輪泊靠之貨櫃碼頭，碼頭設計水深採-18.0m，碼頭面高程取+4.3m；碼頭採鋼管樁棧橋式結構，碼頭下方則採拋石護坡，防止浪潮沖刷。為擷節工程費用支出，本計畫擬回收洲際一期圍堤工程之沉箱及堤心石料，作為貨櫃碼頭之護岸，長度不足部份則以新建護岸補上，貨櫃碼頭建議標準斷面詳圖5所示。



資料來源：本文繪製

圖4 高雄港洲際貨櫃中心第二期計畫海堤斷面配置圖

(2)石化油品碼頭(S6~S15)

倉儲物流區配設於計畫區南側，接臨岸線規劃配置10席42,000DWT~100,000DWT級石化油品碼頭，碼頭岸線總長度2,710m，以滿足中油公司及港內石化業者遷移的需求；其中6席由中油開發利用，另保留4席則供其他舊港區石化業者使用。由於中油公司提出碼頭水深-18.0m之使用需求，故該公司投資碼頭計畫水深將設定為-18.0m，其餘4席石化碼頭水深設定為-16.0m~-18.0m。碼頭結構採沉箱型式設置，可兼作填地護岸使用，碼頭標準斷面詳圖6所示。

(3)散雜貨碼頭(S16~S19)

本計畫另於港埠發展用地之岸線保留了4席散雜貨碼頭，碼頭岸線總長度

1,150m，可滿足民國115年散雜貨碼頭不足之需求。碼頭水深設定為-16m，採沉箱堤設置，可兼作填地護岸使用，碼頭標準斷面詳圖7。

(4)護岸配置

洲際二期計畫規劃之護岸有兩處，一為位於港埠發展用地北端486m之西護岸，採沉箱式護岸結構，如圖8所示；另一為貨櫃中心南端與倉儲物流區交界處約444m之東側臨時護岸，預計採鋼板樁護岸結構。

3. 新生地填築工程

洲際二期計畫係接續洲際一期填地工程施作，主要填區包含倉儲物流區、港埠發展用地、第七貨櫃中心(洲際一期海側

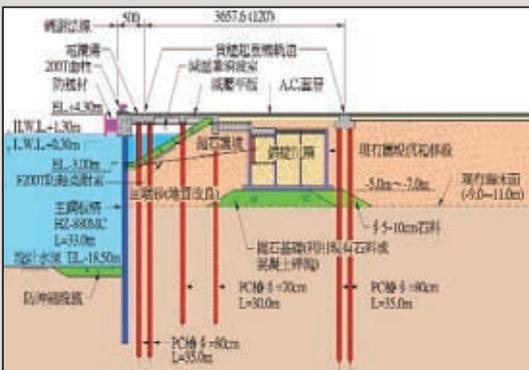


圖5 貨櫃碼頭標準斷面圖(S1~S5)

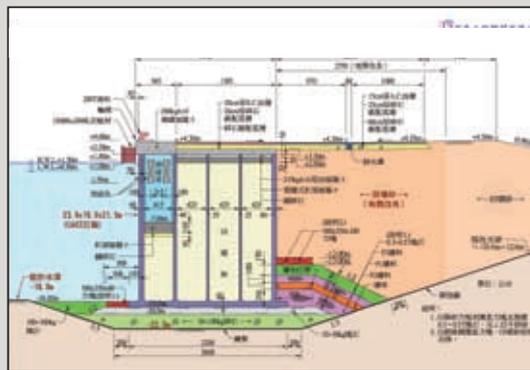


圖6 石化碼頭標準斷面圖(S6-S15)



圖7 散雜貨碼頭標準斷面圖(S16-S19)

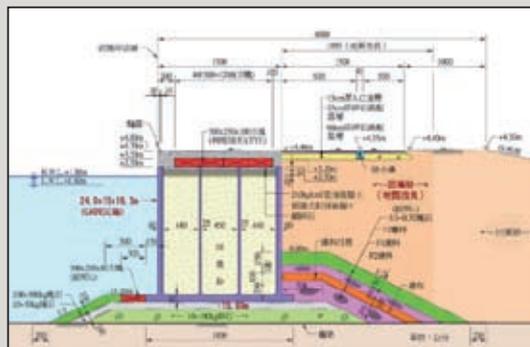


圖8 西護岸標準斷面圖

資料來源：高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫細部規劃報告書

區域)等區域；扣除洲際一期之開發範圍，本計畫實際填築面積約422.5公頃(不含溫排水渠道水域面積)，填地高程採+4.5m~+4.7m規劃，本計畫可供填地之填築容積約為6,843萬立方公尺。

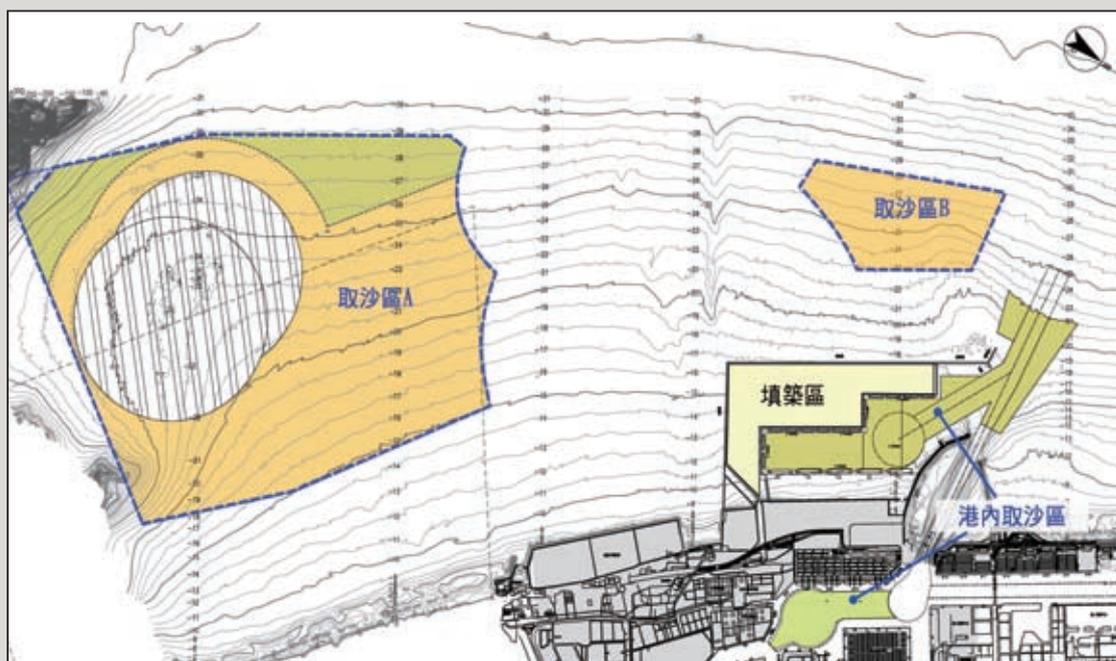
至於港池浚挖方面，本計畫預計將港池水域浚深至水深-22.0m，約可取得2,279.6萬立方公尺之挖方供回填作為外廓堤背填及倉儲物流區用地之用，推算石化中心及貨櫃中心填地不足填方量約3,805.2萬立方公尺，不足之土方需由外海借沙或其他土方來源。外海借土區依原通過之環境影響評估報告，係在計畫區外海及高雄市林園區外海，總面積約3,671.45公頃，抽砂範圍如圖9所示。

另為降低對外海區域之影響，減少外海取沙量，本計畫開發期間，鄰近區域之相關開發計畫所產生之土方，如台鐵之高雄市區鐵路地下化工程開挖土方、布袋港或

高雄港其他附屬港疏浚土方，以及河川疏浚土方等，如適合作為填土料源，本計畫回填區亦得收容該土方，以達到資源有效利用。

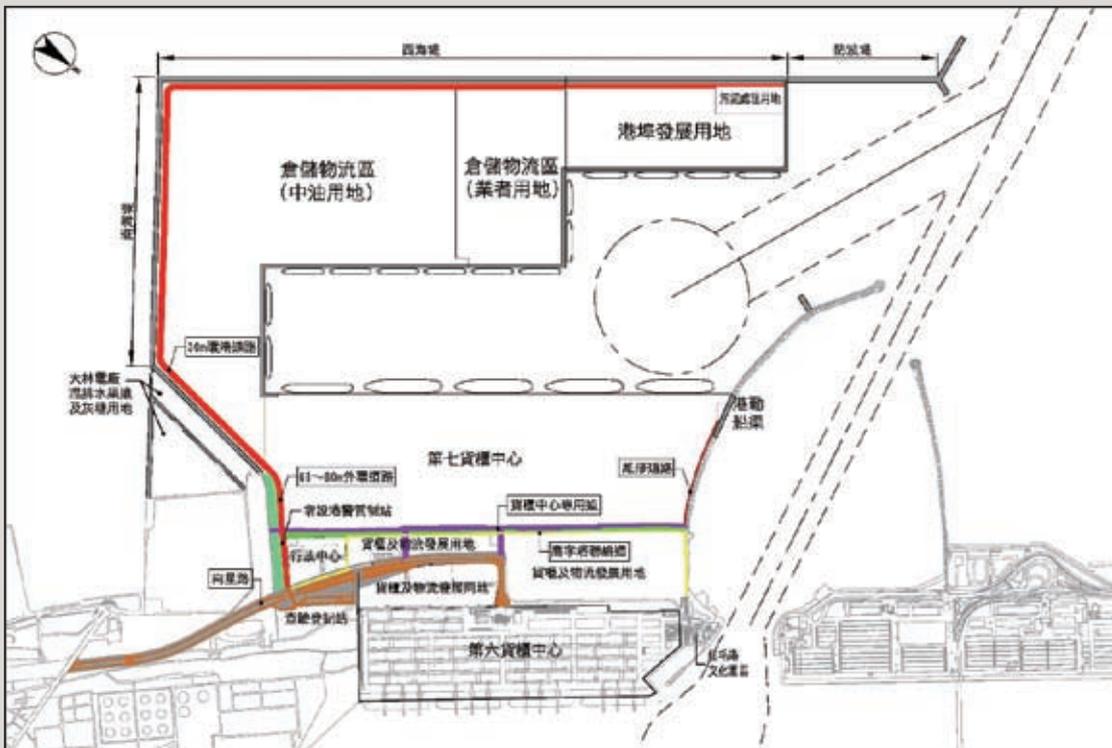
(三) 區內交通系統

洲際二期計畫規劃30m以上寬環港道路系統，沿外廓防波堤佈設，可銜接倉儲物流區各業者之區內道路及港埠發展用地。所有進出倉儲物流區及港埠發展用地之車流，將與由南端80m南星路北上之車流在大林電廠北導流渠附近匯集。為紓緩龐大之匯集車流，本計畫新設30m以上外環道路在往東進入大林電廠導流渠北側後，即適度加寬至60m。另貨櫃中心及物流發展用地車輛則由南端南星路並經過大林電廠溫排水導流渠續往前行銜接洲際一期計畫查驗登記站，左轉銜接貨櫃中心專用道後進入貨櫃中心，相關交通路網詳圖10所示。



資料來源：本文繪製

圖9 外海取沙區位置示意圖



資料來源：本文繪製

圖10 洲際二期計畫區內交通系統圖

四、預期效果與影響

依前述規劃結果，本計畫全面開發後會對高雄港產生深遠的影響，包括產業、經濟、都市發展、港埠型態等各種層面，為高雄港市帶來一番全新風貌，並奠定南部產業發展根基，茲分述如下：

(一) 提昇高雄港在國際港埠之競爭力

本計畫將新建現代化貨櫃基地，提供未來巨型貨櫃輪進港灣靠，增加高雄港貨櫃碼頭能量之供給，促進高雄港貨櫃運輸之便利性與競爭力。在面對鄰近國家港口激烈競爭的行列中，繼續鞏固高雄港在亞太地區貨櫃運輸樞紐港之地位。

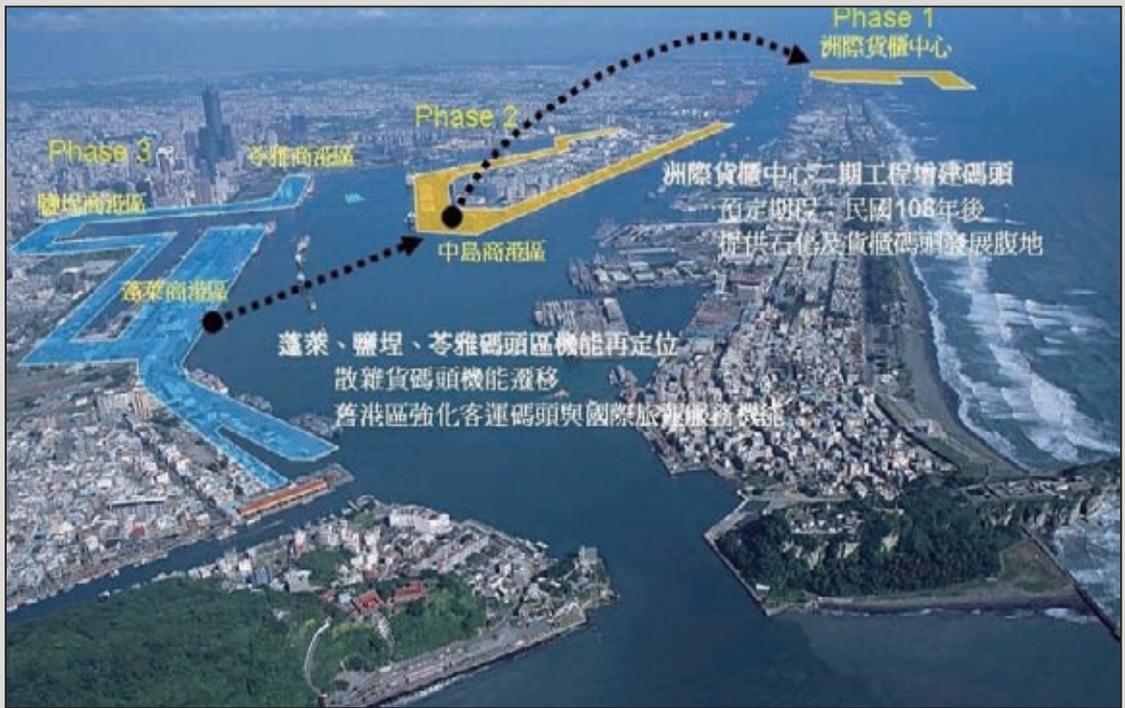
(二) 結合經濟部土地資源，促進高雄港轉型為全方位物流港

本計畫之開發可望帶動高雄港全面

性的調整，加以南部地區向來為我國加工製造業的重鎮，利用港區周邊之加工出口區、工業區、石化園區等強大之製造加值能力，有機會進一步與經濟部合作，結合經濟部釋出的土地資源(包括中油遷廠後土地、台糖土地…等)，透過跨部會共同研究發展物流加值產業的可能性，利用港埠運輸之便利性帶動產業發展，並藉由產業發展創造港埠更高的附加價值，營造互惠互利的雙贏局面，促使高雄港轉型為全方位物流港，再造南部地區整體經濟蓬勃發展的繁榮景象。

(三) 延續南部石化產業之發展，促成石化產業根留台灣

本計畫提供良好的土地區位條件，促使中油公司儲運設備及港區內石化油品儲運業者搬遷至本計畫區中，建立南部石化儲運中心，紓解原本可能中油廠關廠或



資料來源：臺灣港務公司提供

圖11 高雄港舊港區碼頭與港埠空間階段性調整構想示意圖

遷移至他地，造成南部石化產業斷鏈的危機，促成石化產業根留台灣，繼續為台灣經濟發展貢獻心力。

(四) 帶動高雄港整體結構性之改變

本計畫開發完成後，港區內石化油品儲運業者將可順利搬遷，既有岸線功能得以重新調整，同質性之碼頭將集中管理，以提昇管理效率。而原本中島區及中油公司前鎮儲運所之石化儲槽用地，未來將可進一步發展散雜貨、貨櫃之（加值）物流或倉儲等業務；舊港區散雜貨裝卸可改移至中島區作業，中島區可望作為高雄港之散雜貨作業中心，則舊港區之岸線及土地將有機會配合都市計畫重新開發，營造更適合市民及旅客活動之空間。因此，本計畫之推動除可擴大高雄港港區範圍外，對老舊港區發展將會產生一連串連鎖效應，達成老舊港區風貌再造、並帶動高雄港整體結構性轉變之目的，詳如圖11所示。

伍、高雄港未來展望

高雄港為甚具獨特性的天然良港，地理位置佳，腹地工商發達，擁有完善的港埠設施及高效率的作業能力。洲際計畫之完成，恰可提供高雄港整體性調整的啟動契機，除解決高雄港舊港區石化油品碼頭儲運業者搬遷安置需求、建置最新現代化貨櫃中心，以吸引航商進駐及大型貨櫃輪靠岸，奠立高雄港未來20年營運發展之根基。而就高雄港下一階段發展上，則須進行高雄港舊港區再開發，同時啟動第三港區的開發，讓市區內工業區逐步往外海移動，使港市再造進入下一階段的里程碑，說明如下：

(一) 高雄港舊港區再開發

1. 調整都市計畫、預留舊港區土地再開發彈性(圖12)



資料來源：臺灣港務公司提供

圖12 高雄港舊港區整體開發構想

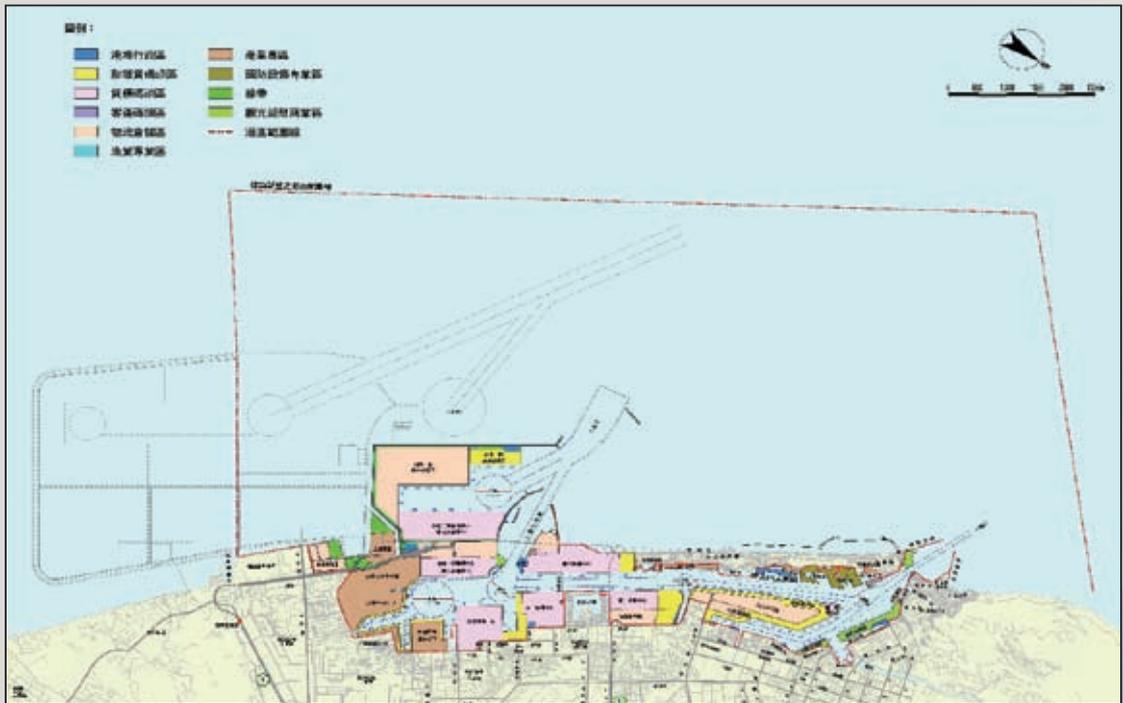
蓬萊、鹽埕及苓雅商港區為高雄港最早開發之老舊碼頭區，隨著船舶大型化及貨物貨櫃化之發展趨勢，由於本區已日漸老舊，各項早期優良條件漸無法持續適應未來之需，港埠活動較高雄港其他新興地區日漸遜色；加上港區周邊市區土地的高度開發及人口集中，導致市、港界面間產生不同型態的經濟活動、生活作業環境日形混雜，而無適度之緩衝空間。加上因人民生活日漸富裕，對於生活品質之要求提昇，在繁忙工商生活之間暇，逐漸重視親水休憩活動與生活空間之綠美化。基於前述原因，本區亟待謀思改變及功能上重新調整與創新，在循「港灣再開發」之理念下，配合高雄多功能經貿園區計畫之規劃及與高雄市都市計畫之相互整合，將蓬萊、鹽埕、苓雅商港區原以國家經濟發展需要而偏重港埠裝卸機能需要的規劃方式，調整為親水休閒遊憩功能，並將與鄰近之愛河、萬壽山、旗津等高雄市主要遊

憩區相互串聯，連結成完整的觀光帶區。

現況高雄港舊港區因船舶大型化及鄰近都會人口密集區等因素，貨運功能需逐漸南移，加上許多港口城市逐漸朝向多元化發展更具經濟效益的港灣策略，尤其以發展觀光遊憩產業最為興盛，故高雄港未來應逐步朝向「南貨運、北觀光」之發展策略推動。依據「國際商港未來發展及建設計畫(106~110年)」之高雄港近程發展計畫「高雄港舊港區再開發計畫(第一期)」，臨高雄市舊港區#1~#12碼頭暨其後線土地將進行觀光遊憩商業再開發，以增加民眾親水空間，創造土地價值。

2. 配合產業再生政策，導入遊艇休閒、海洋遊憩、文化創意產業

參酌行政院核定之「高雄海空經貿城整體發展綱要計畫」及「高雄地區產業再



資料來源：臺灣國際商港未來發展及建設計畫(106~110年)，臺灣港務公司，民國105年10月。

圖13 高雄港2040發展藍圖

生策略研究案」發展構想，高雄港舊港區未來擬結合毗鄰之多功能經貿園區、旗津、柴山等市區土地，發展經貿、金融、企業總部、生活生態等機能之航運輔助產業，並加值開發水岸環境，鼓勵遊艇休閒產業、海洋遊憩產業、海洋文化創意產業等新興產業之進駐發展。

(二) 第三港區開發(圖13)

高雄港是臺灣產業進出國際的重要門戶，亦是亞太航運之重要港口。高雄港為承載國內逐年成長之對外運輸需求，長期以來不斷地投入資源建設港埠，並擴展港埠經營範圍。隨著中島商港區、第二港口、第二、三、四、五貨櫃中心的開發，港埠經營重心已由最早期的第一港口逐漸地往南移動至以第二港口為主。而由於港區毗臨高雄市都會區，且港區周邊土地幾乎已開發完畢，幾無可供高雄港未來往陸

域擴展之空間。因此，近年來高雄港所推動之洲際貨櫃中心第一期及第二期工程計畫，即著眼於將港埠範圍向海側擴展，藉由填海造陸方式增加港埠發展腹地，以提供高雄港未來近、中程發展之基礎。然而為使高雄港永續發展，未來仍需對於高雄港長程發展腹地預作規劃。

有鑑於此，開發第三港區為高雄港未來發展願景與方向，在考量高雄港長程之港埠發展需求、南部地區及港區周邊產業未來發展等面向，「高雄港2040主計畫」已對高雄港未來30年所提出之發展願景及藍圖(詳圖13)。藉由第三港區的開發除可符合高雄港長程發展所需之碼頭及土地外，並可提供容納港埠相關產業進駐之空間，以擴大高雄港之經營規模。惟開發計畫係以土地供給為主要考量，相關產業確實有土地需求時，始進行該計畫之推動。

結語

從1980年代中期起，「永續發展(Sustainable Development)」已然成為人類二十一世紀最重要之發展原則，「綠色港口或生態港(Green Ports or Ecological Ports)」日益獲得世界各大港口的重視，其目的在期許港口營運能結合生產、生活、生態等面向，達到污染降低、環境生態化、港口營運效益提升和周邊社區利益共生的多目標境界。

為讓高雄港成為永續發展的三生港(生產—樞紐港、生活—樂活港、生態—生態港)，洲際貨櫃中心計畫便應運而生。該計畫的完工可大幅改善與調整高雄港整體性的體質，除將前鎮區、中島區的石化碼頭遷移至洲際二期，成立油品儲轉物流中心外，既有岸線得以重新調整，同質性碼頭亦可集中管理，提昇管理效率；第七貨櫃中心的加入營運將提供新一代貨櫃船靠泊的基地；而舊港區之岸線及土地可重新開發，營造更適合遊憩空間。企盼洲際計畫的完工讓高雄港蛻變再進化，使高雄港成為亞太轉運港新地標，並創造永續經營的綠色港灣。

參考文獻

1. 臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司網站(<http://kh.twport.com.tw/>)。
2. 臺灣國際商港未來發展及建設計畫(106~110年)，臺灣港務股份有限公司，105年10月。
3. 高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫-工程計畫書，交通部高雄港務局，民國100年3月。
4. 高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫-細部規劃報告書，臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司(原交通部高雄港務局)，台灣世曦工程顧問股份有限公司(原中華顧問工程司)，民國101年5月。



物流輸運的重要角色——船舶大型化的發展與未來展望

關鍵詞(Key Words)：定期航線(Shipping routes)、貨櫃船大型化(the Enlargement of World Containership)、遠洋航線(Ocean-Going Shipping Line)、近洋航線(Near-Sea Shipping Line)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／經理／劉宏道 (Liu, Hong-Daw) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／正工程師／張徐錫 (Chang, Hsu-Hsi) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／正工程師／陳亞嵐 (Chen, Ya-Lan) ❸

摘要

隨著貨櫃化運送方式之導入，促成貨櫃船定期航線發展，此後使用貨櫃船之需求漸演化成為市場主流，貨櫃船大型化趨勢隨之展開。貨櫃船朝大型化發展的過程，不僅受限於船舶建造能力提升與否，更因航運環境與條件的改善而得以向前推展。目前(2018年11月止)最大裝載TEU數貨櫃船已達21,143TEU (191,422DWT)，船長達399.89m、船寬58.8m、滿載吃水-16.0m。依Clarksons公司2018年11月之統計，未來至2022年全球約有5,690艘貨櫃船(包括現有及新訂)，總計運能約24.85百萬TEU。自2017年起，20,000TEU以上貨櫃船陸續投入海運市場，且未來5,000~9,999TEU貨櫃船訂單銳減，顯示未來海運市場發展可能將以萬TEU級以上貨櫃船為主，並以5,000TEU以下貨櫃船為近洋航線之發展主力。本文藉由概述各世代大型貨櫃船之產生與發展，初步彙整貨櫃船大型化過程所面臨之轉變因素，做為我國港口貨櫃碼頭規劃計畫船型之參考。



The key role of logistics transport – Development and future prospects of large-scale ships

Abstract

With the introduction of container shipping methods and the development of container ships towards regular routes, the use of container ships to transport goods has gradually become the mainstream of the market. In order to further save shipping costs, container ships are becoming larger and larger. At present, the largest container ship in the world has reached 21,143 TEU. Since 2017, container ships of 20,000 TEU or above have been put into the maritime market, and the orders for 5,000-99,999 TEU-class container ships have dropped sharply in the future, indicating that the future development of the maritime market may be based on 10,000 TEU-class or above container ships.

This paper analyzes the generation and development of large-scale container ships of various generations, and analyzes the transformation factors faced by the large-scale container ship process as a reference for the planning of ship container terminals in Taiwan.

3

專題報導

壹、前言

隨著貨櫃化運送方式之導入，促成貨櫃船定期航線發展獲得大幅改善，此後使用貨櫃船之需求漸演化成為市場主流。自1950年代中期海運貨櫃化發展以來，貨櫃船舶設計不斷變革創新，從1960年代初期第一代貨櫃船小於1,000TEU，截至目前(2018年11月止)最大裝載TEU數貨櫃船已達21,143TEU (191,422DWT)，船長達399.89m、船寬58.8m、滿載吃水-16.0m，貨櫃船大型化趨勢隨之展開。

因此，貨櫃船型各世代分類方式仍有多樣性之見解，此乃因實際貨櫃船朝大型化發展的過程，不僅受限於船舶建造能力之提升，期間更經歷航運環境與條件的改善而得以向前推展。本文擬依一般國際航運常用分類習性，以不同裝載量的貨櫃船為主軸，劃分各世代貨櫃船的產生與簡述其發展概要，藉以了解貨櫃船大型化過程所面臨之轉變，做為我國港口貨櫃碼頭規劃計畫船型之參考。

貳、各代貨櫃船之發展歷程

一、第一代貨櫃船

早期貨櫃船(Early Containerships)發展於1960年代初期，由於該時期尚未有ISO標準櫃型產生，故大多船舶設置有起重機，且航行速度相對較慢，約18~20節，貨櫃船裝載容量大約低於1,000TEU。1970年代，開始大規模採用ISO標準櫃後，並建造了第一批全貨櫃船(Fully Cellular Containership, FCC)，又稱為C7級。全貨櫃船具甲板下裝載貨櫃之優勢，且拆除起重機，航行速度較快，約20~24節。

二、第二代貨櫃船

第二代貨櫃船為巴拿馬極限型貨櫃船，於1980年代，因應經濟迅速起飛而建造更大的貨櫃船，並降低了每TEU的運輸成本。該船型因巴拿馬運河的限制，船舶設計狹窄且長，被稱為巴拿馬極限型貨櫃船(Panamax)，又為了滿足當時巴拿馬運河限制的最大極限，進而發展超大巴拿馬極限型貨櫃船(Panamax Max)，參考巴拿馬管理局資料，可通行船舶的最大尺寸限制為船長294.0m、船寬32.3m、吃水-12.0m。

三、第三代貨櫃船

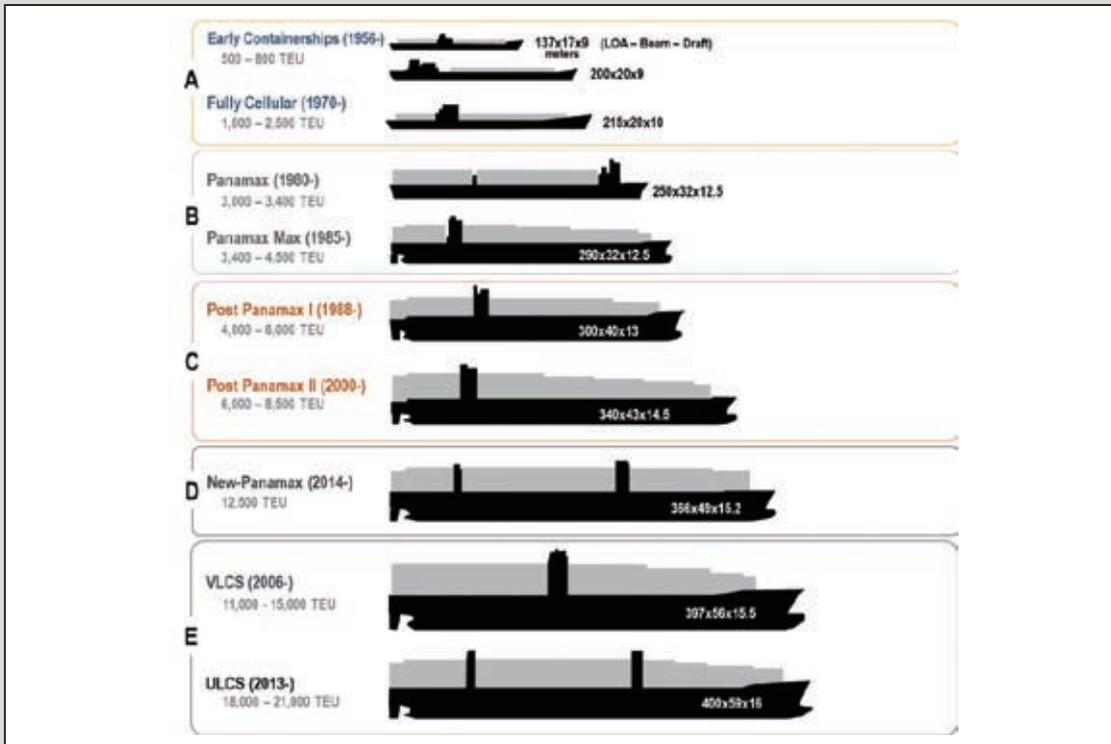
由於海運業者為了提供更快速的海運服務，改以鐘擺式航線配置，船舶設計遂打破巴拿馬運河寬度的限制，於1996年推出超巴拿馬極限型I貨櫃船(Post Panamax I)，運力達到6,600TEU，該船型船長與超大巴拿馬極限型貨櫃船(Panamax Max)相近，但船寬加大，使運力更有效率。爾後，船舶規模迅速增加，船舶設計發展至超巴拿馬極限型II貨櫃船(Post Panamax II)，運力達8,000TEU。

四、第四代貨櫃船

配合2016年6月巴拿馬運河擴建後，可通行之船舶最大尺寸限制為船長366.0m、船寬49.0m、吃水-15.2m，遂發展了新巴拿馬極限型貨櫃船(New-Panamax或Neo-Panamax，NPX)，這些船舶容量約為12,500TEU，主要被定義為服務於美洲、加勒比海的特定船級，該船型很可能是未來港口設計的參考標準。

五、第五代貨櫃船

透過船用引擎推力的部份改善，船舶設計已超越巴拿馬運河擴建後的可通行船舶極限，該船型設計最早為2006年8月加入營運之Emma



資料來源：The Geography of Transport Systems，<https://transportgeography.org>。

圖1 各代貨櫃船示意圖

Maersk 17,816TEU (156,907DWT)貨櫃船，其船長397.7m、船寬56.4m、滿載吃水達-15.5m，船寬達22排櫃寬，這些高裝載容量之貨櫃船又稱為大型貨櫃船(Very Large Containership，VLCS)。另外，更進一步於2013年推出超大型貨櫃船(Ultra Large Containership，ULCS)，船舶容量約18,000TEU以上，又稱“Triple E”，甚至於2017年開始交付超過20,000TEU之超大型貨櫃船，而這些超大型貨櫃船尺寸已接近蘇伊士運的船舶通航尺度限制。

貨櫃船發展主要受限於世界上主要三個航線瓶頸，包括巴拿馬運河、蘇伊士運河及馬六甲海峽。2006年後之大型貨櫃船(VLCS)及超大型貨櫃船(ULCS)，其船舶設計已接近蘇伊士運河的船舶限制，而未來更大的設計船圖，例如以船舶容量27,000~30,000TEU為目標的馬六甲極限型(Malacca Max等級)，該船型吃水約為-21.0m，然目前尚未發展出對應之起重設

備及港口規模，而且未來可能受限於航線運量之服務需求，此等級貨櫃船是否建造仍為未知數，有待持續觀察。

彙整前述相關資料，可得各年代貨櫃船型變化關係，如圖1及表1所示。由該表可知，貨櫃船大型化發展過程中，船長部份由原先早期貨櫃船之船長與船寬(L/B)比約8.1~10.8，隨船舶大型化過程有所變動，大型貨櫃船及超大型貨櫃船之船長與船寬比約降至6.8~7.1，而12,500TEU之新巴拿馬極限型部份則降為7.5，顯示較低之船長寬比(6.8~7.5)大致成為目前貨櫃船大型化的發展趨向。

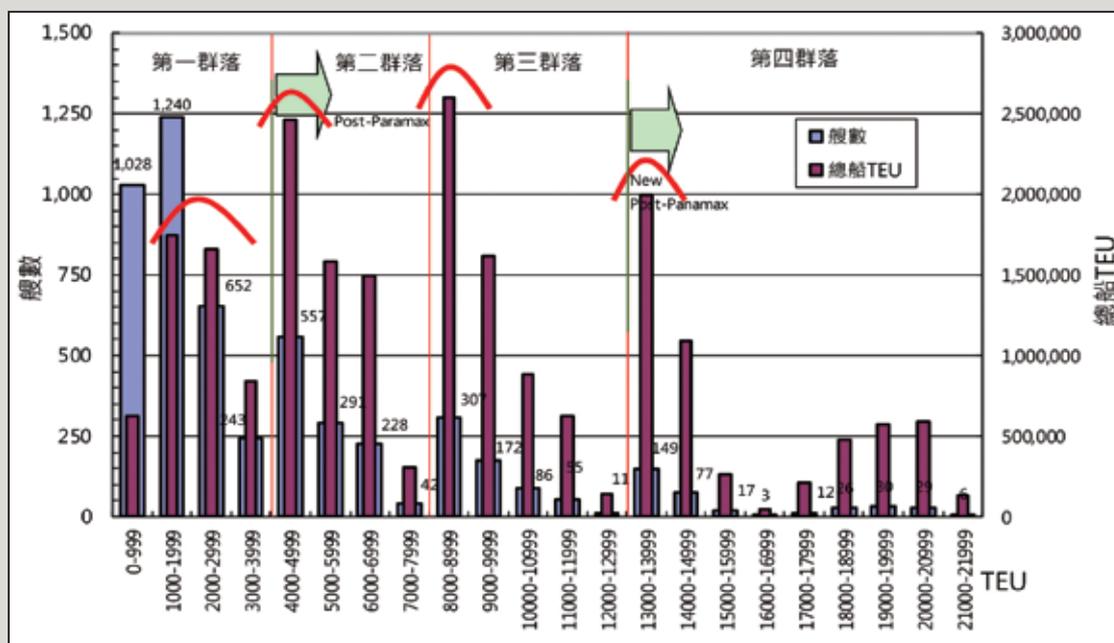
參、現有全球貨櫃船之船型分佈

一、現有船數與運力分佈

表1 各代貨櫃船基本尺寸列表

出現年代	船型	裝載量(TEU)	船長(m)	船寬(m)	吃水(m)	甲板上貨櫃排數
1956	早期貨櫃船 Early Containerships	500-800	137-200	17-20	9.0	6-8
1970	全貨櫃船 Fully Cellular	1,000-2,500	215	20	10.0	10
1980	巴拿馬極限型 Panamax	3,000-3,400	250	32	12.5	13
1985	大型巴拿馬極限型 Panamax Max	3,400-4,500	290	32	12.5	13
1988	超巴拿馬極限型 I Post Panamax I	4,000-6,000	300	40	13.0	15
2000	超大型巴拿馬極限型 II Post Panamax II	6,000-8,500	340	43	14.5	17
2014	新巴拿馬極限型 New-Panamax	12,500	366	49	15.2	19-20
2006	大型貨櫃船 VLCS	11,000-15,000	397	56	15.5	22
2013	超大型貨櫃船 ULCS	18,000-21,000	400	59	16.0	23

資料來源：The Geography of Transport Systems，<https://transportgeography.org>，CECI整理。



資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。

圖2 全球現有貨櫃船之船型分佈

根據Clarksons公司統計，至2018年11月全球貨櫃船共有5,261艘，總運能達2,195.5萬TEU，如表2與圖2所示。由該圖、表得知，現

有(2018年11月)貨櫃船之船型分佈，就運力(總船TEU數表現)而言，主要在1,000~3,000TEU、4,000~7,000TEU、8,000~10,000TEU及

表2 全球現有貨櫃船統計表

類別	TEU	艘數	%	總船TEU	%
Feeder	0-999	1,028	19.54%	620,584	2.83%
Handy	1,000-1,999	1,240	23.57%	1,747,954	7.96%
Sub-Panamax	2,000-2,999	652	12.39%	1,656,876	7.55%
Panamax	3,000-3,999	243	4.62%	840,690	3.83%
	4,000-4,999	557	10.59%	2,459,234	11.20%
Post-Panamax	5,000-5,999	291	5.53%	1,578,216	7.19%
	6,000-6,999	228	4.33%	1,494,709	6.81%
	7,000-7,999	42	0.80%	306,936	1.40%
	8,000-8,999	307	5.84%	2,600,764	11.85%
	9,000-9,999	172	3.27%	1,618,455	7.37%
	10,000-10,999	86	1.63%	879,169	4.00%
	11,000-11,999	55	1.05%	624,031	2.84%
	12,000-12,999	11	0.21%	137,312	0.63%
	13,000-13,999	149	2.83%	1,997,078	9.10%
	14,000-14,999	77	1.46%	1,094,638	4.99%
	15,000-15,999	17	0.32%	263,906	1.20%
	16,000-16,999	3	0.06%	48,060	0.22%
	17,000-17,999	12	0.23%	213,115	0.97%
	18,000-18,999	26	0.49%	478,200	2.18%
19,000-19,999	30	0.57%	575,742	2.62%	
20,000-20,999	29	0.55%	590,388	2.69%	
21,000-21,999	6	0.11%	128,478	0.59%	
合計		5,261	100.00%	21,954,535	100.00%

資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。

13,000~15,000TEU等四種船型區間；就船數而言，除2,000TEU以下之較小型貨櫃船船數較多外，其餘與前述運力分佈狀況大致相當。

由於1996年出現6,400TEU貨櫃母船後，這種貨櫃船船型因具設備優良、所需船員少、船速快、省油及每艙櫃(SLOT)營運成本低等優勢，因此，發展迅速且船型有越來越大之趨勢。目前8,000TEU以上貨櫃船在艘數分佈僅佔18.6%，但其所提供運力與8,000TEU以下貨櫃船相當，運力約51.2%，相當目前全球貨櫃船運力之半數。另外，10,000TEU以上營運之貨櫃船為501艘、運力佔全球之32%；13,000TEU以上之貨櫃船艘數為349艘、運力佔全球之24.6%；

而15,000TEU以上之貨櫃船艘數為123艘、運力佔全球之10.5%。由圖2可知，目前8,000TEU以上貨櫃船以8,000~9,000TEU、13,000~14,000TEU貨櫃船為大型貨櫃船之主力船型。

二、現況船舶特性分析

(一) 現有船舶尺寸分析

港埠水域需求與進港船型尺寸具有密切關係，如參考一般港埠規範可得，影響水域配置之各項船型尺寸中，又以船長與滿載吃水二項的影響較多，故彙整各級貨櫃船之相關特性，如表3所示。關於滿載吃水部份，另彙集各貨櫃船大小(TEU數)與其

表3 全球現有貨櫃船之特性資料統計

船舶大小 (TEU)	平均船長 (公尺)	平均船寬 (公尺)	平均吃水 (公尺)	最大吃水 (公尺)	平均船噸 (DWT)	噸/TEU	平均船速 (節)	平均船齡 (年)
0-999	121.65	19.61	6.95	10.10	8,097.79	13.99	16.01	17.30
1,000-1,999	165.61	25.59	9.27	16.50	18,994.48	13.45	19.17	13.20
2,000-2,999	206.29	30.68	11.29	14.00	34,879.96	13.73	21.45	12.60
3,000-3,999	232.87	33.26	11.81	13.20	44,839.32	12.97	22.20	11.31
4,000-4,999	267.69	33.21	12.78	14.00	55,615.01	12.59	23.68	11.05
5,000-5,999	281.33	37.42	13.50	14.50	67,693.64	12.50	24.70	12.87
6,000-6,999	297.93	40.54	14.06	14.57	80,912.43	12.34	24.88	11.52
7,000-7,999	305.38	42.82	14.15	14.52	90,638.55	12.40	24.53	13.07
8,000-8,999	325.49	44.45	14.34	15.00	103,039.27	12.17	24.37	8.83
9,000-9,999	321.87	46.28	14.46	15.50	110,692.05	11.77	23.62	7.28
10,000-10,999	335.33	47.34	14.47	15.52	119,149.76	11.65	24.10	4.85
11,000-11,999	346.71	46.18	15.02	16.00	126,533.65	11.16	23.94	6.00
12,000-12,999	365.95	48.36	14.82	15.50	141,728.27	11.35	25.23	7.46
13,000-13,999	366.36	49.41	15.14	16.00	147,521.25	11.01	23.91	5.72
14,000-14,999	366.65	50.64	15.71	16.02	150,065.52	10.56	23.41	3.26
15,000-15,999	377.13	54.19	15.83	16.00	169,816.35	10.93	23.67	3.68
16,000-16,999	395.00	53.60	16.00	16.00	186,470.00	11.64	24.10	5.64
17,000-17,999	398.14	54.75	15.17	16.00	177,410.75	9.99	23.97	6.79
18,000-18,999	399.73	58.91	15.65	16.00	196,172.19	10.67	23.00	3.92
19,000-19,999	398.58	58.75	15.70	16.50	195,932.57	10.21	22.39	2.31
20,000-20,999	399.65	58.70	16.02	16.50	198,180.93	9.74	21.25	0.68
21,000-21,999	399.87	58.80	16.00	16.00	191,506.17	8.94	23.00	1.07
合計	222.77	31.84	11.07	16.50	50,345.87	13.00	20.92	12.25

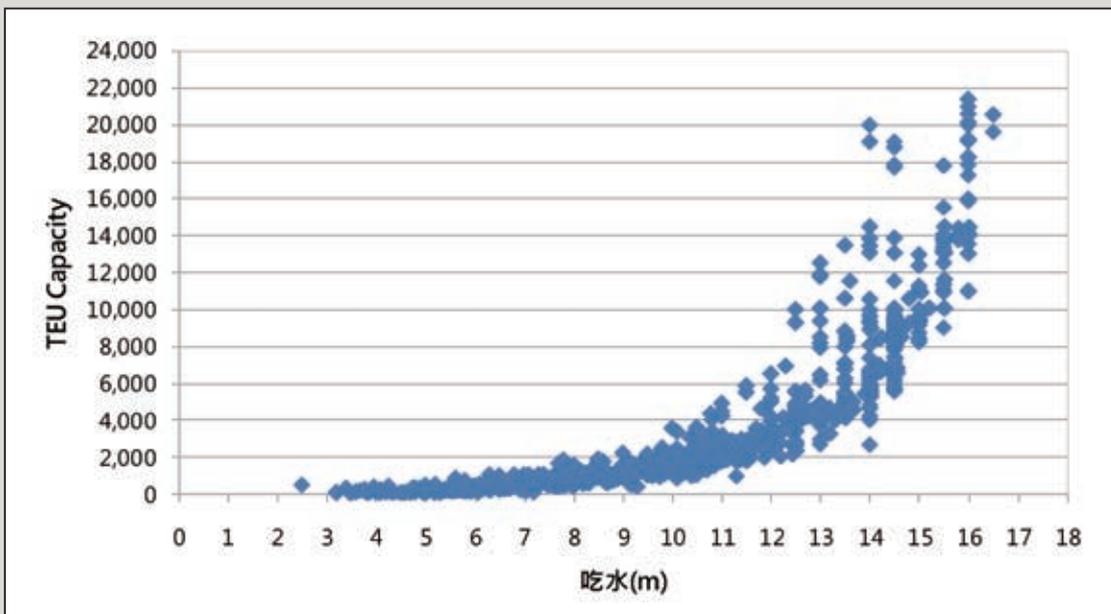
資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。

滿載吃水資料繪製其關係圖，如圖3所示。由該圖、表得知，貨櫃船大小與滿載吃水維持有某種曲線關係，由該曲線發展得知，貨櫃船目前最大滿載吃水約-16.5m，與萬TEU級貨櫃船(9,000~9,999TEU)之最大吃水-15.5m相比較，約增加1m，惟滿載吃水深增加幅度有限，顯示於貨櫃船大型化過程，貨櫃船裝載能力之提升，主要源自船型之加寬與加長。

(二) 現有最大型貨櫃船之發展

由表3“噸/TEU”欄數據得知，當貨櫃船越大“噸/TEU”值反而減小，此與大型貨櫃船設計時就預留較高空櫃比例有

關，故比較貨櫃船大小時，不應只注重裝載TEU數關係，亦應留意船舶載重噸(DWT)的表現。目前(2018年11月止)貨櫃船尺寸裝載TEU數最大者屬21,143TEU之OOCL Hong Kong等級船型，船長達399.89m、船寬58.8m與滿載吃水-16.0m；而Maersk Line所擁有20,568TEU之Madrid Maersk等級船型，其船長達399.0m、船寬58.6m與滿載吃水-16.5m。Madrid Maersk滿載吃水尺寸雖較OOCL Hong Kong為大，然在裝載TEU數與載重噸(DWT)表現上，以OOCL Hong Kong的21,143TEU(191,422DWT)較Madrid Maersk的20,568TEU(190,206DWT)為略佳。由於二者之船長寬比均約6.8，符合目前貨



資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。

圖3 貨櫃船裝載TEU數與滿載吃水深分布圖

櫃船大型化之船長寬比趨勢，而OOCL Hong Kong之滿載吃水較低，顯示大型貨櫃船係調整船艙及動力設備的空間配置，以利增加載重。惟後續大型貨櫃船未來主流船型為何，仍待後續進一步觀察。

(三) 現有貨櫃船之船齡特性

由表3“平均船齡”欄得知，8,000TEU以下船型之平均船齡均在10年以上，其中又以1,000TEU以下的船齡最老；而大型貨櫃船部份則多屬新造之船型，其中19,000TEU以上平均船齡更在3年以內，故就現有船齡之分佈狀況，勢必影響未來船舶汰舊換新或供需不平衡之船噸拆解的選擇方式。

三、全球運能統計分析

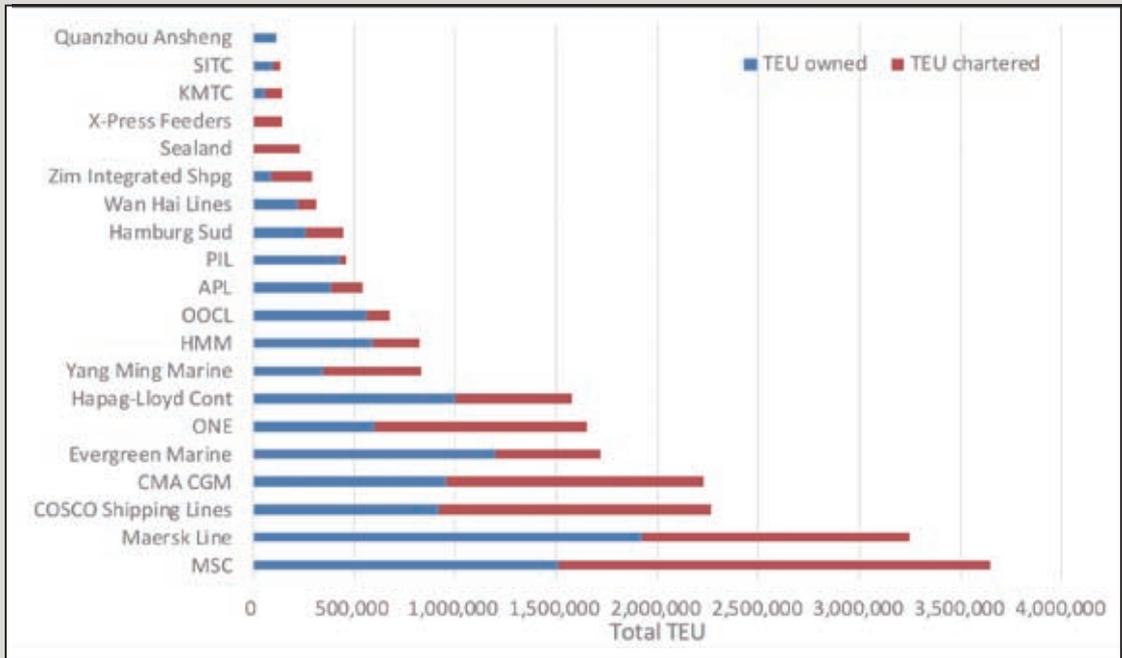
(一) 現有航商貨櫃運力分布

圖4為現況全球航商貨櫃運力分佈圖，由圖可知，目前全球前十大航商運力約佔總運力85.0%以上，其中MSC雖為全球最

大貨櫃運力之公司，但其大部分運力為租賃，約佔58.5%；其次的Maersk、COSCO及CMA CGM貨櫃航商，其租賃運力分別佔40.8%、59.3及57.0%，顯示大型航商通常採用租船型式來降低營運成本，以利因應市場波動。

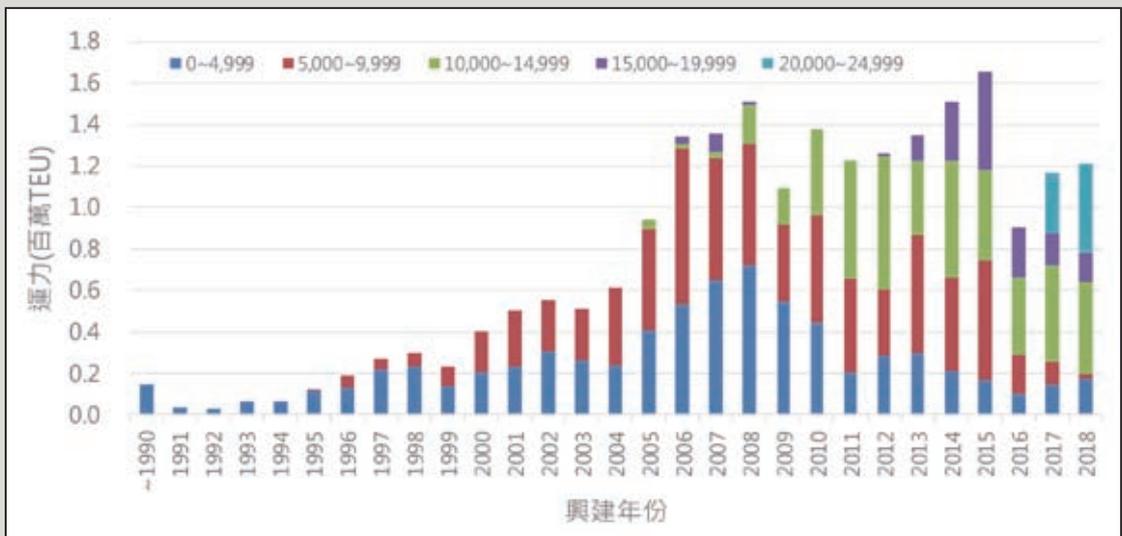
(二) 現有運力成長分布

至2018年11月全球約有5,261艘貨櫃船，總計運能約2,195.4萬TEU。圖5為全球貨櫃船運能成長分布圖，由圖可知，2008~2009年恰逢世界金融風暴，造成全球貨櫃船運能成長停滯，2009年後逐漸恢復景氣，使10,000TEU以上貨櫃船的運力成長迅速，但總運能於2016年又呈現萎縮，其原因可能與2016年全球經濟成長表現不如預期有關，主要原因包含全球貿易停滯及全球政治不確定性等(如英國脫歐公投獲得通過、美國總統大選)，故造成經濟成長創金融海嘯後的新低。2017年後，全球投資景氣復甦及貿易活動回升，相對帶動貨櫃船運能之成長。



資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。

圖4 全球航商貨櫃運力分佈圖



資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。

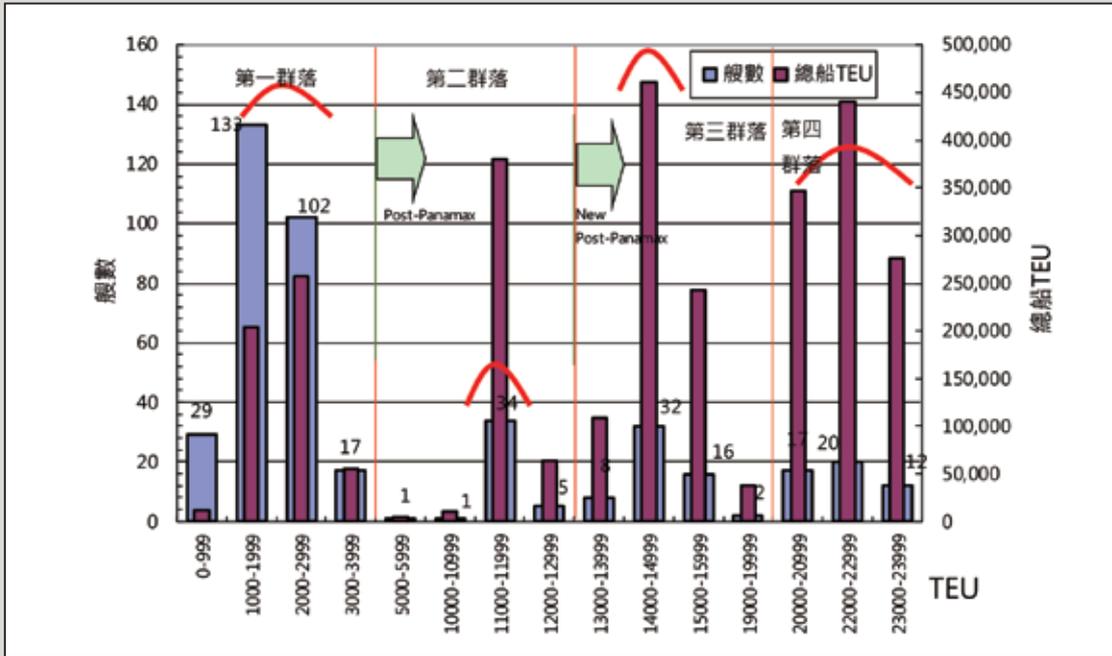
圖5 全球貨櫃船運力成長分佈圖

肆、未來全球貨櫃船船型分佈之發展

一、船數與運力分佈

根據Clarksons公司統計(2018年11月)，全

球至2022年前交船之新訂貨櫃船分佈，如表4與圖6所示。由該圖、表得知，新訂貨櫃船之船型分佈，就運力(以總船TEU數表現)而言，主要分佈在1,000~3,000TEU、11,000~12,000TEU、14,000~15,000TEU與20,000~23,999TEU四大船型區間，顯示新訂貨櫃船朝該四大群組



資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。

圖6 全球新訂貨櫃船之船型分佈

表4 全球新訂貨櫃船統計表

類別	船舶大小 (TEU)	艘數	%	總船TEU	%
Feeder	0-999	29	6.76%	11,600	0.40%
Handy	1,000-1,999	133	31.00%	204,503	7.05%
Sub-Panamax	2,000-2,999	102	23.78%	256,524	8.85%
Panamax	3,000-3,999	17	3.96%	54,480	1.88%
Post-Panamax	5,000-5,999	1	0.23%	5,300	0.18%
	10,000-10,999	1	0.23%	10,800	0.37%
	11,000-11,999	34	7.93%	379,808	13.10%
	12,000-12,999	5	1.17%	63,450	2.19%
	13,000-13,999	8	1.86%	109,110	3.76%
	14,000-14,999	32	7.46%	460,050	15.87%
	15,000-15,999	16	3.73%	243,338	8.39%
	19,000-19,999	2	0.47%	38,300	1.32%
	20,000-20,999	17	3.96%	346,320	11.94%
	22,000-22,999	20	4.66%	440,000	15.17%
23,000-23,999	12	2.80%	276,000	9.52%	
合計		429	100.00%	2,899,583	100.00%

資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。

發展且以大型船舶為主，其中又以14,000~15,000TEU船型增加狀況最為顯著；如就船數而言，主要分佈在1,000~3,000TEU區間，相對前述運力而言，係屬較小型之貨櫃船。整體而言，小型貨櫃船現況原以0~2,000TEU船型為主，新訂船型則有漸推向以1,000~3,000TEU船型為主的現象；而4,000~10,000TEU等級之貨櫃船於未來4年內無訂單，新訂之大型貨櫃船部份，則以14,000~15,000TEU及21,000~23,000TEU船型為主，顯示未來大型貨櫃船朝向更大運力船型之發展趨勢。

由表4得知，全球新訂貨櫃船計有429艘，總運能為290.0萬TEU，顯示於2022年前新增運力達現有運力之13%以上，近年內之船TEU仍有增加之趨勢。該表顯示，超過8,000TEU以上新訂貨櫃船達147艘(現為980艘，增加幅度15%)，其中10,000TEU以上貨櫃船新增達147艘(現為501艘，佔前述新訂貨櫃船147艘的100%)；

超過15,000TEU以上貨櫃船新增達67艘(現為123艘，佔前述新訂貨櫃船147艘的45.6%)。顯示未來大型船之增量將非常快速，且集中在10,000TEU以上貨櫃船，其對港埠配置之影響仍將不容輕忽。

二、船舶尺寸特性分析

依船型分類統計船舶資料，如表5所示。由該表得知，新訂最大型貨櫃船已增至23,000TEU，其船型尺寸未知；次之新訂最大型貨櫃船(22,000TEU)之船型約400.0m、船寬61.3m、吃水未知，顯示新訂最大型貨櫃船仍尋求船舶設計上的改變，以期在增加裝載量時，能兼顧船型尺寸之掌控，減輕船舶大型化過程對現有港埠水域的壓力。另由該表“噸/TEU”欄得知，新訂大型貨櫃船所預留之空櫃比例又有增加，可預期於貨櫃船大型化同時，未來空櫃裝載需求亦必隨之成長。

表5 全球新訂貨櫃船之特性資料統計

船舶大小 (Teu)	平均船長 (公尺)	平均船寬 (公尺)	平均吃水 (公尺)	最大吃水 (公尺)	平均船噸 (DWT)	噸/TEU	平均船速 (節)
0-999	111.70	20.40	5.40	7.20	4,993.10	15.42	
1,000-1,999	161.95	26.48	8.27	9.50	19,839.70	12.90	18.22
2,000-2,999	187.31	32.73	10.65	11.03	34,131.99	13.53	17.83
3,000-3,999	219.69	35.13	10.00	10.00	41,352.94	12.91	20.33
5,000-5,999	238.00	38.80	12.00	12.00	48,000.00	9.06	21.00
10,000-10,999	314.00	48.20	13.60	13.60	125,000.00	11.57	-
11,000-11,999	333.48	48.37	13.00	13.00	121,058.82	10.84	22.57
12,000-12,999	-	-	-	-	130,000.00	10.24	-
13,000-13,999	366.00	49.33	14.25	15.50	146,930.00	10.77	24.31
14,000-14,999	365.38	50.44	15.52	16.00	143,884.22	10.01	22.60
15,000-15,999	361.13	51.94	14.50	14.50	154,578.31	10.16	-
19,000-19,999	400.00	58.60	16.00	16.00	197,500.00	10.31	19.00
20,000-20,999	399.91	58.82	16.03	16.50	198,857.06	9.77	20.83
22,000-22,999	400.00	61.30	-	-	204,500.00	9.30	-
23,000-23,999	-	-	-	-	210,000.00	9.13	-
合計	231.81	36.32	10.53	11.26	71201.63	12.25	17.83

資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。

三、未來至2022年運力成長分布

依Clarksons公司2018年11月之統計，未來至2022年全球約有5,690艘貨櫃船，總計運能約2,485.4萬TEU(詳表6)。圖7為未來全球貨櫃船運能成長分布圖，由圖可知，自2017年起，20,000TEU以上貨櫃船陸續投入海運市場，然未來5,000~9,999TEU貨櫃船訂單銳減，顯示未來海運市場發展可能將以萬TEU級以上貨櫃船為主，並以5,000TEU以下貨櫃船為近洋航線之發展主力，而5,000~9,999TEU貨櫃船發展則有待持續觀察。

結語

一、隨著貨櫃化運送方式之導入，促成貨櫃船定期航線發展，此後使用貨櫃船之需求漸演化為市場主流，貨櫃船大型化趨勢隨之展開。貨櫃船大型化之發展過程，不僅限於船舶建造能力之提升與否，更因航運環境與港口條件改善而得以推展。目前最大裝載TEU數為21,143TEU之OOCL Hong Kong等級船型，滿載吃水-16.0m；而最大滿載吃水之貨櫃船則為20,568TEU之Madrid Maersk等級船型，其船長達399.0m、船寬58.6m與滿載吃水-16.5m。該等船型已成為現階段於技術面與市場面限制下之代

表6 未來至2022年全球貨櫃船統計表

TEU	現有艘數	現有總船TEU	新訂船數	新訂總船TEU	船數合計	總船TEU合計
0-999	1,028	620,584	29	11,600	1,057	632,184
1,000-1,999	1,240	1,747,954	133	204,503	1,373	1,952,457
2,000-2,999	652	1,656,876	102	256,524	754	1,913,400
3,000-3,999	243	840,690	17	54,480	260	895,170
4,000-4,999	557	2,459,234	0	-	557	2,459,234
5,000-5,999	291	1,578,216	1	5,300	292	1,583,516
6,000-6,999	228	1,494,709	0	-	228	1,494,709
7,000-7,999	42	306,936	0	-	42	306,936
8,000-8,999	307	2,600,764	0	-	307	2,600,764
9,000-9,999	172	1,618,455	0	-	172	1,618,455
10,000-10,999	86	879,169	1	10,800	87	889,969
11,000-11,999	55	624,031	34	379,808	89	1,003,839
12,000-12,999	11	137,312	5	63,450	16	200,762
13,000-13,999	149	1,997,078	8	109,110	157	2,106,188
14,000-14,999	77	1,094,638	32	460,050	109	1,554,688
15,000-15,999	17	263,906	16	243,338	33	507,244
16,000-16,999	3	48,060	0	-	3	48,060
17,000-17,999	12	213,115	0	-	12	213,115
18,000-18,999	26	478,200	0	-	26	478,200
19,000-19,999	30	575,742	2	38,300	32	614,042
20,000-20,999	29	590,388	17	346,320	46	936,708
21,000-21,999	6	128,478	0	-	6	128,478
22,000-22,999	0	-	20	440,000	20	440,000
23,000-23,999	0	-	12	276,000	12	276,000
合計	5,261	21,954,535	429	2,899,583	5,690	24,854,118

資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。



資料來源：Clarksons Ship Register (2018.11)，CECI整理。

圖7 未來至2022年全球貨櫃船運力分佈圖

表性產物，未來如欲進一步發展，在船用引擎推力提升、船型設計技術改變與港口設施改善等仍需有更多方面之投入。

二、由於2016年全球政局不確定性及諸多貿易限制，造成新訂貨櫃船量可能因撤單或延遲交船而成長衰減，惟隨著巴拿馬運河擴建之開放，除新巴拿馬極限型貨櫃船之11,000~11,999TEU新訂單有增加趨勢外，14,000TEU以上之大型貨櫃船新訂單亦有增加趨勢，但鮮少有5,000~9,999TEU新訂船量，考量現有5,000~9,999TEU貨櫃船平均船齡約7~13年，未來是否造成支線航線的船舶供需不平衡，將有待持續觀察。

三、依Clarksons公司2018年11月之統計，未來至2022年全球約有5,690艘貨櫃船(包括現有及新訂)，總計運能約2,485.4萬TEU。自2017年起，20,000TEU以上貨櫃船陸續投入海運市場，且未來5,000~9,999TEU貨櫃船訂單銳減，顯示未來海運市場發展可能將以萬TEU級以上貨櫃船為主力，並以5,000TEU以下貨櫃船為近洋航線

之發展主力，而5,000~9,999TEU貨櫃船發展則有待持續觀察。

參考文獻

1. 近代貨櫃船發展與未來，財團法人中華顧問工程司/台灣世曦工程顧問股份有限公司，中華技術85期，民國98年07月。
2. Clarksons Ship Register, Nov. 2018，Clarksons Research Services Ltd., London。
3. The Geography of Transport Systems，<https://transportgeography.org>。



3

專題報導

全球供應鏈的中繼站——先進貨櫃中心的發展與規劃

關鍵詞(Key Words)：自動化貨櫃碼頭(Automated Container Terminal)、洲際貨櫃中心計畫(International Container Terminal Project)、樞紐港(Hub Port)、第六貨櫃中心(Container Terminal No.6)、第七貨櫃中心(Container Terminal No.7)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／正工程師／張徐錫 (Chang, Hsu-Hsi) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／協理／張欽森 (Chang, Chin-Shen) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／經理／劉宏道 (Liu, Hong-Daw) ❸

摘要

半自動或全自動化方式的貨櫃碼頭作業模式，近年逐漸被各貨櫃港口所採用，自動化貨櫃碼頭發展初期，是藉由自動化堆垛起重機(ASC)在貨櫃堆場來實現半自動化作業，但隨著自動化技術提升，自動化範圍擴充到水平運輸系統及碼頭裝卸系統，朝向全自動化作業。高雄港洲際貨櫃中心計畫是基於高雄港整體貨櫃發展需要，為提升高雄港樞紐港競爭力，政府核定辦理該計畫，並引進先進的自動化貨櫃碼頭作業模式。目前高雄港第六貨櫃中心已導入半自動化作業模式及綠色貨櫃場，在裝卸效率提升及環保上都非常顯著。建造中的第七貨櫃中心在兼顧碼頭作業效率考量，暫先規劃半自動化作業模式，未來將由合作投資經營的貨櫃碼頭經營公司評估決定是否調整為全自動化作業模式。



Guardian of the harbor – Global supply chain relay station

Abstract

The semi-automatic or fully automated mode of container terminal operation has gradually been adopted by various container ports in recent years. In the early days of the development of automated container terminals, semi-automatic operations were carried out in the container storage yards by automated stacking cranes (ASC); however, with the advancement of automation technology, the scope of automation has been extended to horizontal transportation systems and terminal handling systems, towards full automation operation. The "Kaohsiung Intercontinental Container Center Project" is based on the overall container development needs of Kaohsiung Port and will introduce advanced automated container terminal operation modes to enhance the competitiveness of the Kaohsiung Port Hub Port. At present, the sixth container center of Kaohsiung Port has introduced a semi-automatic operation mode and developed a green container yard. The efficiency of loading and unloading efficiency and environmental protection are very significant. In the seventh container center—under construction, in order to take into account the efficiency of the terminal operation, the semi-automatic operation mode will be planned temporarily. In the future, the container terminal management company will decide whether to adjust to the fully automated operation mode.

3

專題報導

壹、前言

高雄港是台灣最大國際商港及世界第15大貨櫃港(2017年)，地理區位及港埠條件優越，貨櫃運量持續穩定成長，至2017年貨櫃運量達1,027萬TEU，其中貨櫃轉運量比例高達五成，顯見高雄港是亞太地區重要之海運轉運港。

近年來亞太地區經濟持續蓬勃發展及海運裝卸型態之改變，使貨櫃碼頭及場地需求不斷增加，且隨著貨櫃船大型化、物流產業發展、貨櫃航運業者聯營重整等趨勢，使高雄港面臨深水碼頭及貨櫃場地不足，航商貨櫃基地分散等不利經營之情形。因此，基於整體港埠貨櫃發展需要，以及因應船舶大型化趨勢，為提供完善之貨櫃基地，以提升高雄港國際樞紐港之競爭力，政府核定辦理高雄港洲際貨櫃中心計畫。

高雄港洲際貨櫃中心依開發區位與執行期程之不同，區分為洲際第一期計畫、洲際第二期計畫等二大部分。其中在貨櫃碼頭興建計畫方面，包括：洲際第一期計畫的第六貨櫃中心4席貨櫃碼頭，合計1,500m，洲際第二期計畫的第七貨櫃中心5席貨櫃碼頭，合計2,415m。第六貨櫃中心已於2014年全數完成加入營運，主要採用先進的半自動化櫃場作業模式，而第七貨櫃中心正設計中，預定2022年陸續完成加入營運，目前暫先採用半自動化作業模式進行規劃，未來將由合作投資經營之貨櫃碼頭公司評估決定。如果合作投資經營公司偏好全自動化作業模式時，第七貨櫃中心再配合需求，進行必要之規劃調整。

本文先探討世界先進貨櫃中心作業模式的發展及相關案例，接著比較半自動化與全自動化作業模式的差異，接著介紹第六貨櫃中心的開發及第七貨櫃中心的規劃，最後提出結語。

貳、先進貨櫃中心作業模式發展

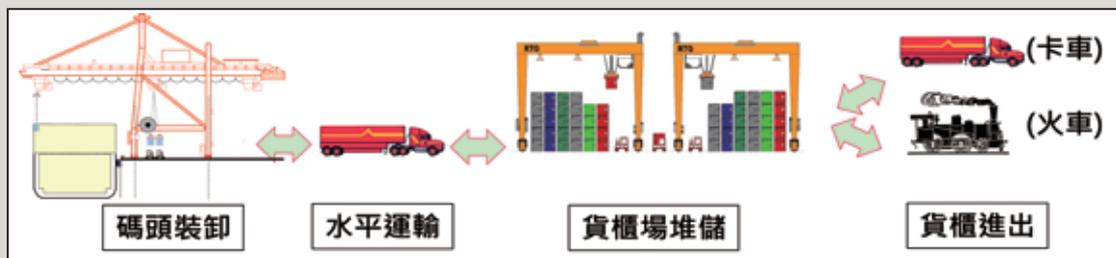
自1993年荷蘭鹿特丹港ECT(歐洲貨櫃碼頭公司)碼頭投入營運以來，自動化貨櫃碼頭長足發展。特別是在2008年全球金融危機爆發後，世界新建貨櫃碼頭作業系統基本以半自動或全自動化方式為主。

依貨櫃中心作業模式大致可區分為三大作業系統：碼頭裝卸作業系統、水平運輸系統、貨櫃堆場作業系統，詳圖1所示。其各系統自動化程度難易不同，其中水平運輸作業系統對碼頭總平面佈局及碼頭自動化程度和作業效率產生重要影響。半自動方式在水平運輸作業系統仍使用人工貨櫃車搬運，全自動化方式則會藉由自動導引車(Automated Guided Vehicle, AGV)或自動跨運車(Automated Shuttle Transporter, AST)進行水平之運輸。以下就這三大作業系統在自動化的發展說明如下：

一、貨櫃碼頭自動化發展現況

(一) 碼頭裝卸作業系統自動化

在碼頭裝卸作業系統自動化的橋式起重機(GC)，主要有單小車和雙小車(Double



註：本文繪製。

圖1 貨櫃中心作業系統概念圖



資料來源：本文整理自各港資料。

圖2 碼頭裝卸作業機具

Trolley)的自動化橋式起重機，在吊櫃量方面有分單吊式和雙吊式(Tandem)40呎貨櫃的自動化橋式起重機，詳圖2所示。

目前自動化橋式起重機除吊具進出艙口、大車行走及吊具起吊櫃動作需要人工遠端操作外，其他作業環節全部實現自動化，包括自動櫃號識別、自動艙口定位及車道定位、小車自動經濟軌跡運行、吊具自動安全運行等。雙小車自動化橋式起重機的副小車(門架小車)實現全自動化操作，即在平台上取放貨櫃以及對自動導引車

(AGV)取放貨櫃作業均實現自動化。

(二) 水平運輸系統自動化

自動化水準運輸系統由於涉及大量隨機的路由決策和交通規劃等智慧化問題，需要高度可靠的自動定位、大容量資訊處理和無線通訊技術支撐。目前世界自動化貨櫃碼頭水準運輸作業系統主要採用自動導引車(AGV)、自升降功能的自動導引車(Automated Lift Vehicle, ALV)和自動跨運車(AST)，詳圖3所示。



資料來源：本文整理自各港資料。

圖3 水平運輸自動化機具

與自動化貨櫃堆場作業系統相比，自動化水平運輸系統的技術難度較大，是自動化碼頭作業效率、總投資、營運成本、環境安全及貨櫃吞吐能力的主要影響因素之一，是目前自動化碼頭作業系統比選的重點和難點。

(三) 貨櫃堆場作業系統自動化

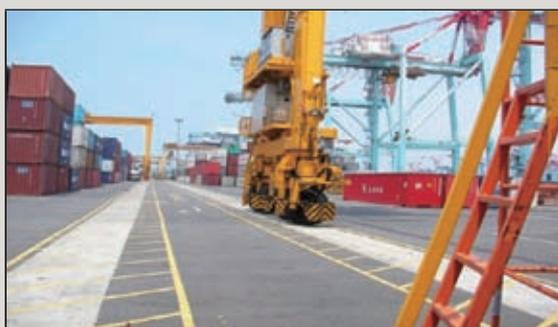
目前自動化貨櫃碼頭在貨櫃堆場採用的自動化堆垛起重機(Automatic Stock Crane, ASC)，主要有自動化軌道門式機(Automatic Rail Mounted Gantry, ARMG)和自動化輪胎門式機(Automatic Rubber Tyred Gantry, ARTG)，詳圖4所示。

自動化貨櫃碼頭在發展初期基本通過ASC來實現碼頭半自動化作業，即貨櫃堆場區內部取櫃、翻櫃、放櫃均依靠設備自動完成，但與貨櫃車間的貨櫃交接作業仍須由人工通過遠端控制系統完成。目前這種堆場ASC作業系統在全球自動化貨櫃碼頭得

到廣泛應用，並形成較為成熟的技術、設備、作業及控制系統。

二、自動化貨櫃碼頭作業系統組合

依貨櫃中心作業模式大致可區分為三大作業系統：碼頭裝卸作業系統、水平運輸系統、貨櫃堆場作業系統，其各系統自動化程度難易不同。從目前世界上已營運或在建造中自動化貨櫃碼頭來看，自動化貨櫃碼頭在發展初期基本通過ASC來實現碼頭半自動化作業，詳圖5所示。即貨櫃堆場區內部取櫃、翻櫃、放櫃均依靠設備自動完成，但與貨櫃車間的貨櫃交接作業仍須由人工通過遠端控制系統完成。目前這種堆場ASC作業系統在全球自動化貨櫃碼頭得到廣泛應用，並形成較為成熟的技術、設備、作業及控制系統。隨著自動化技術的提升，自動化的範圍擴充到水平運輸系統及碼頭裝卸作業系統，詳圖6及圖7所示。



(a) 電動輪胎式門式機



(b) 自動化軌道式門式機(ARMG)



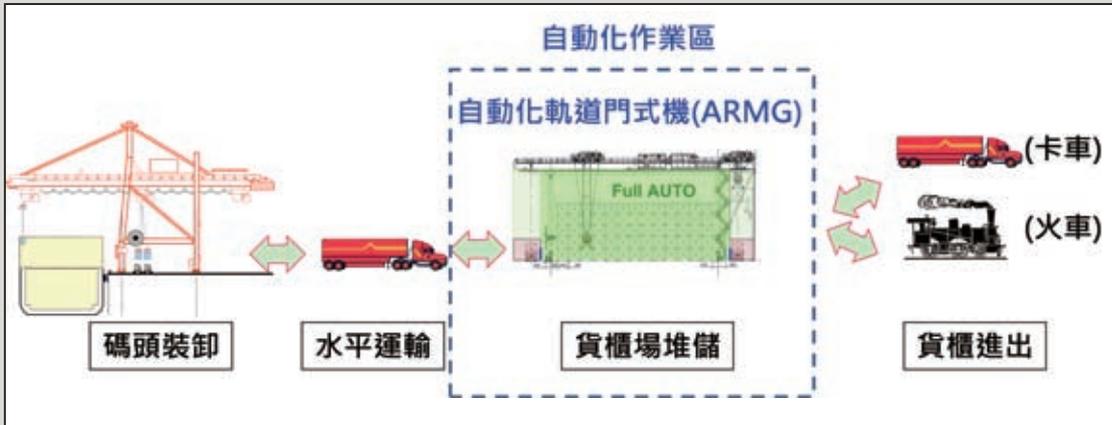
(c) 自動化堆垛起重機(ASC)



(d) 自動化高架天車起重機

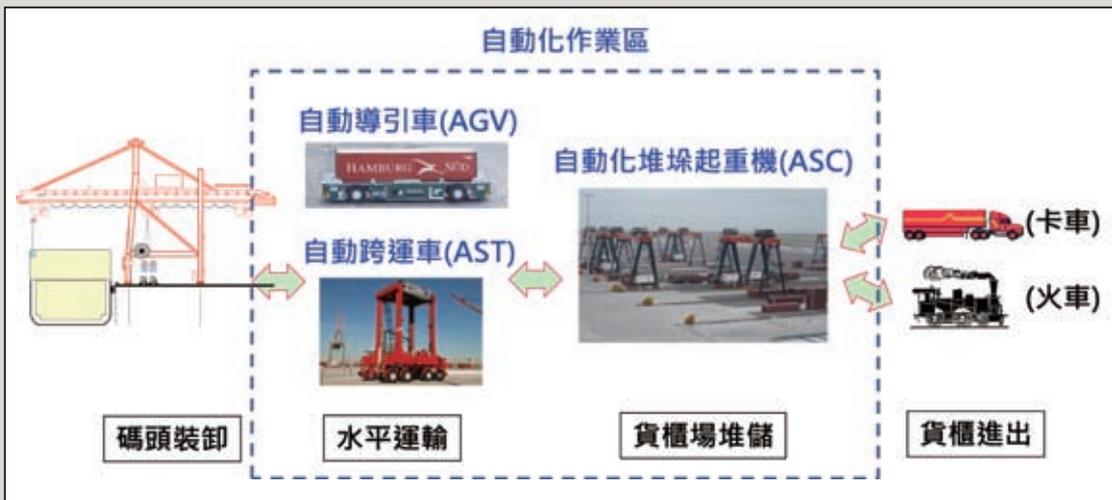
資料來源：本文整理自各港資料。

圖4 貨櫃堆場作業自動化機具



註：本文繪製。

圖5 半自動化貨櫃中心作業



註：本文繪製。

圖6 全自動化貨櫃中心作業(1)



註：本文繪製。

圖7 全自動化貨櫃中心作業(2)

目前半自動化貨櫃碼頭的裝卸作業系統大致有下列組合有：

- (一) “橋式起重機(GC)+貨櫃車+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。
- (二) “橋式起重機(GC)+貨櫃車+自動化輪胎門式機(ARTG)”作業系統。
- (三) “橋式起重機(GC)+人工自動跨運車(AST)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。

目前全自動化貨櫃碼頭的裝卸作業系統大致有下列組合有：

- (一) “橋式起重機(GC)+自動導引車(AGV)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。
- (二) “橋式起重機(GC)+自升降功能的自動導引車(ALV)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。

(三) “橋式起重機(GC)+自動跨運車(AST)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。

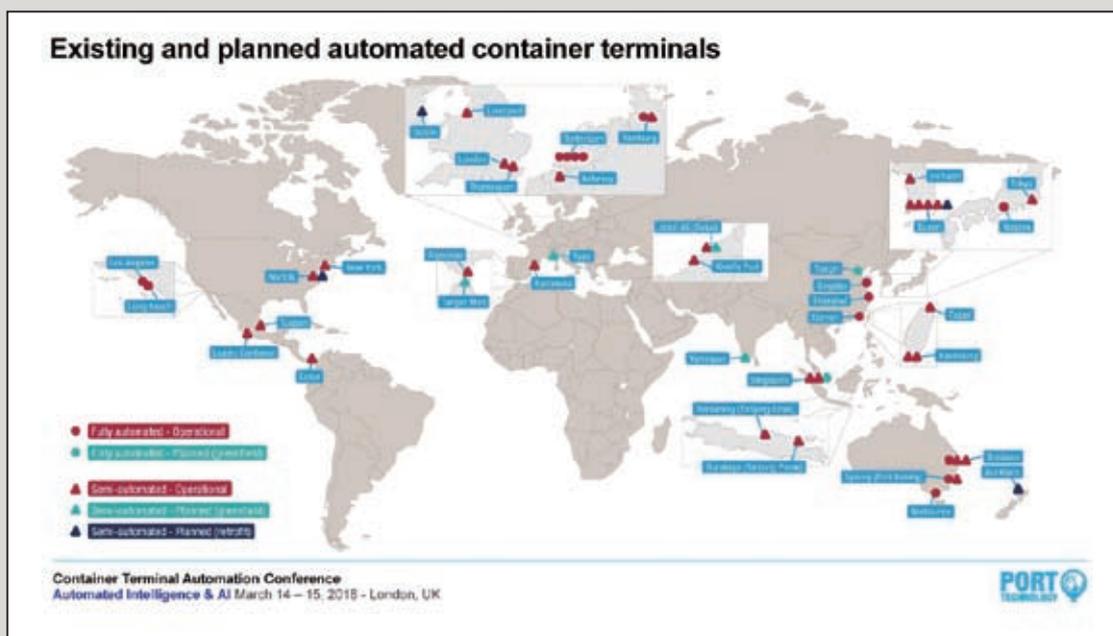
(四) “自動化橋式起重機(GC)+自升降功能的自動導引車(ALV)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。

(五) “自動化橋式起重機(GC)+自動跨運車(AST)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。

參、自動化貨櫃中心案例

依據Drewry公司統計，截止2017年世界已營運全自動化貨櫃中心約有14處，興建中有2處；已營運半全自動化貨櫃中心約有30處，興建中有7處，詳圖8所示。

蒐集世界主要自動化碼頭採用作業方式，詳表1所示。總體來看，碼頭裝卸作業系統、水平運輸系統、貨櫃堆場作業系統等三大作業系



資料來源：Drewry，2018。

圖8 世界現有和規劃中的自動化貨櫃碼頭

表1 世界主要自動化貨櫃中心作業模式

港口	建成	櫃場布置	碼頭作業	水平運輸作業	櫃場作業	自動化程度
鹿特丹港ECT Delta	1993	垂直	單吊GC	AGV	ARMG	水平運輸、櫃場
鹿特丹港Euromax	2010	垂直	雙小車GC	AGV	ARMG	水平運輸、櫃場
漢堡港CTA	2004	垂直	雙小車GC	AGV	高低ARMG	水平運輸、櫃場
名古屋港Tobishima	2005	平行	單吊GC	貨櫃車	ARTG	櫃場
雪梨港Botany	2014	垂直	單吊GC	AST	AST	水平運輸、櫃場
香港HIT	1999	平行	單吊GC	貨櫃車	ARTG	櫃場
新加坡港	1998	平行	單吊GC	AGV	自動高架天車起重機	水平運輸、櫃場
釜山新港HJNC	2009	平行	單吊GC	貨櫃車	ARMG	櫃場
釜山新港BNCT	2012	垂直	單吊GC	人工AST	ARMG	櫃場
上海港外高橋二期	2006	垂直	單吊GC	貨櫃車	高低ARMG	櫃場
臺北港TPCT	2009	平行	單吊GC	貨櫃車	ARMG	櫃場
高雄港KMCT	2010	平行	雙吊GC	貨櫃車	ARMG	櫃場
廈門港遠海	2014	平行	單吊雙小車GC	AGV	ARMG	水平運輸、櫃場
上海港洋山四期	2017	垂直	自動雙吊雙小車GC	ALV	ARMG	碼頭、水平運輸、櫃場
青島港前灣四期	2017	垂直	自動單吊雙小車GC	AGV	ARMG	碼頭、水平運輸、櫃場

資料來源：本文整理自各港資料。

AGV：自動導引車。ALV：自升降功能自動導引車。AST：自動跨運車

ARMG：自動化軌道門式機。ARTG：自動化輪胎門式機。

統，各有其特點：

一、碼頭作業系統特點

橋式起重機(GC)採用單小車和雙小車(Double Trolley)，吊櫃量採用單吊式和雙吊式(Tandem lifting)40呎貨櫃，依據設計效率要求及水平運輸方式進行選擇。目前，水平運輸採用自動導引車(AGV)的自動化碼頭大多採用雙小車橋式起重機，而水平運輸採用自動跨運車(AST)的自動化碼頭大多選用單小車橋式起重機。

二、水平運輸作業系統特點

(一)目前自動化貨櫃碼頭水平運輸設備基本以自動導引車(AGV)、自升降功能的自動導引車(ALV)和自動跨運車(AST)為主。

(二)自動跨運車(AST)除可自動駕駛外，部分依然通過人工作業操作的方式完成，這些碼頭屬於半自動化碼頭，其僅實現貨櫃堆場自動化作業，未實現水平運輸環節的自動化。

(三)從地域來看，歐洲港口自動化貨櫃碼頭的發展較早，且發展速度也較快，投入運行的自動化碼頭項目較多，而亞洲港口自動化貨櫃碼頭主要以貨櫃堆場自動化為主。

(四)在水平運輸自動化設備方面，採用自動導引車(AGV)的碼頭比採用自動跨運車(AST)的碼頭多，自動導引車(AGV)作業系統是目前自動化碼頭水平運輸的主流作業系統。

三、貨櫃堆場作業系統特點

自動化貨櫃堆場一般採用自動化軌道門式機(ARMG)方案，因為其具有技術成熟、安全可靠、低碳環保、效率較高等優點。

肆、半自動化與全自動化貨櫃中心作業比較

從目前世界上已營運或在建造中自動化貨櫃碼頭來看，自動化貨櫃碼頭在發展初期基本

通過ASC來實現碼頭半自動化作業。即在貨櫃堆場區內部取櫃、翻櫃、放櫃均依靠設備自動完成，但與貨櫃車間的貨櫃交接作業仍須由人工通過遠端控制系統完成。目前這種貨櫃堆場ASC作業系統在全球自動化貨櫃碼頭得到廣泛應用，並形成較為成熟的技術、設備、作業及控制系統。隨著自動化技術的提升，自動化的範圍擴充到水平運輸系統及碼頭裝卸作業系統，走向全自動化的作業。

採用半自動化或全自動化的作業模式各有其不同的考量，茲分析說明如下及詳表2所示：

表2 半自動化與全自動化貨櫃中心比較表

特色	半自動化	全自動化
設備組合	<ol style="list-style-type: none"> “橋式起重機(GC)+貨櫃車+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。 “橋式起重機(GC)+貨櫃車+自動化輪胎門式機(ARTG)”作業系統。 “橋式起重機(GC)+人工自動跨運車(AST)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。 	<ol style="list-style-type: none"> “橋式起重機(GC)+自動導引車(AGV)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。 “橋式起重機(GC)+自升降功能的自動導引車(ALV)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。 “橋式起重機(GC)+自動跨運車(AST)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。 “自動化橋式起重機(GC)+自升降功能的自動導引車(ALV)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。 “自動化橋式起重機(GC)+自動跨運車(AST)+自動化軌道門式機(ARMG)”作業系統。
櫃場配置	大部分是平行碼頭	大部分是垂直碼頭
技術、設備、控制系統要求	中等	較高
故障應變能力	較高	相對低
投資經費	相對低	較高
人力成本	中等	相對低
碼頭裝卸效率	每GC每小時38~46個動作數	每GC每小時25~30個動作數
典型碼頭	釜山新港HJNC、 釜山新港BNCT、 臺北港TPCT、 高雄港KMCT	鹿特丹港ECT Delta、 鹿特丹港Euromax、 漢堡港CTA、 上海洋山四期、 青島港前灣四期

一、半自動化作業

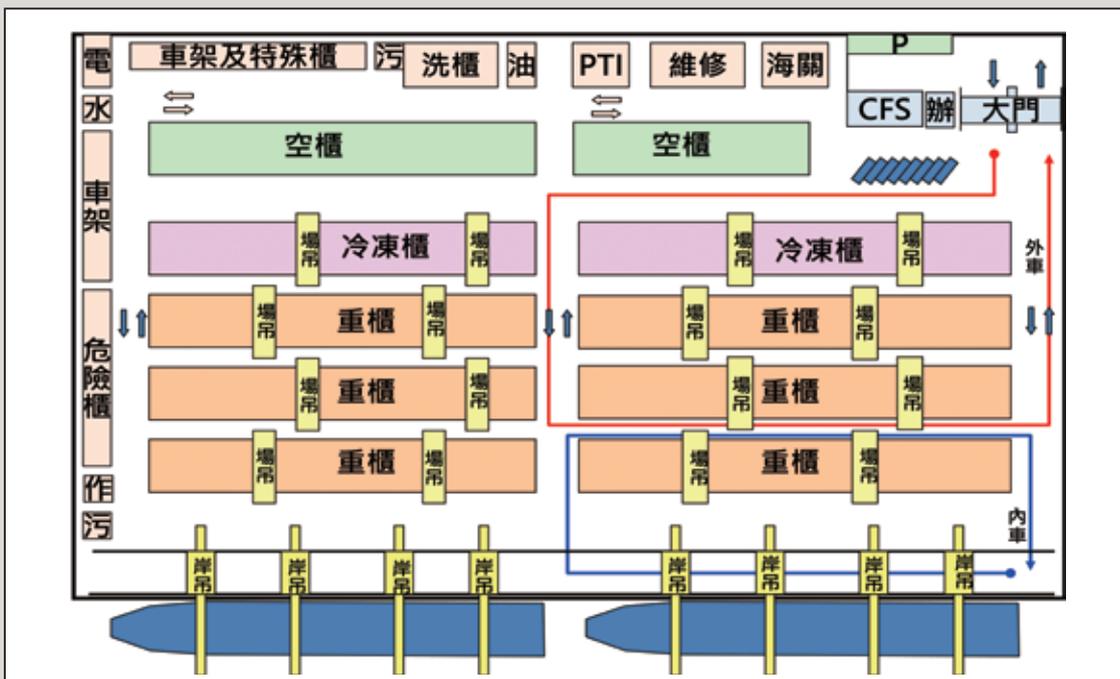
半自動化作業在前線碼頭採人工操作橋式起重機(GC)作業，後線櫃場則採自動化軌道式門式機(ARMG)導入自動化作業系統，透過TOS進行貨櫃中心場內資源整體調派與監控作業。惟屬碼頭區及櫃場區間的水平運輸系統仍採場內拖車搭配車架方式運送貨櫃，另利用遠端操作及無線射頻感應技術(RFID)來增進作業效率。

整體而言，因水平運輸系統尚未自動化，整體系統被歸屬為半自動化作業系統，另為避免場內車機於前線作業區或鄰近前線環場道路間形成大量交會而產生系統瓶頸，半自動化作業系統之貨櫃儲存區絕大部分平行碼頭方向配置，詳圖9所示。雖然前線碼頭與後線櫃場連接的水平運輸系統所投入之人力仍多，然因整體系統常受許多不確定性因素所衝擊，而部分人工操作所具有之彈性，恰為整體系統帶來應變能力，甚或創造出更高的作業效率，因此，半自動化作業模式多為人力成本較低之亞洲地區所採用。

二、全自動化作業

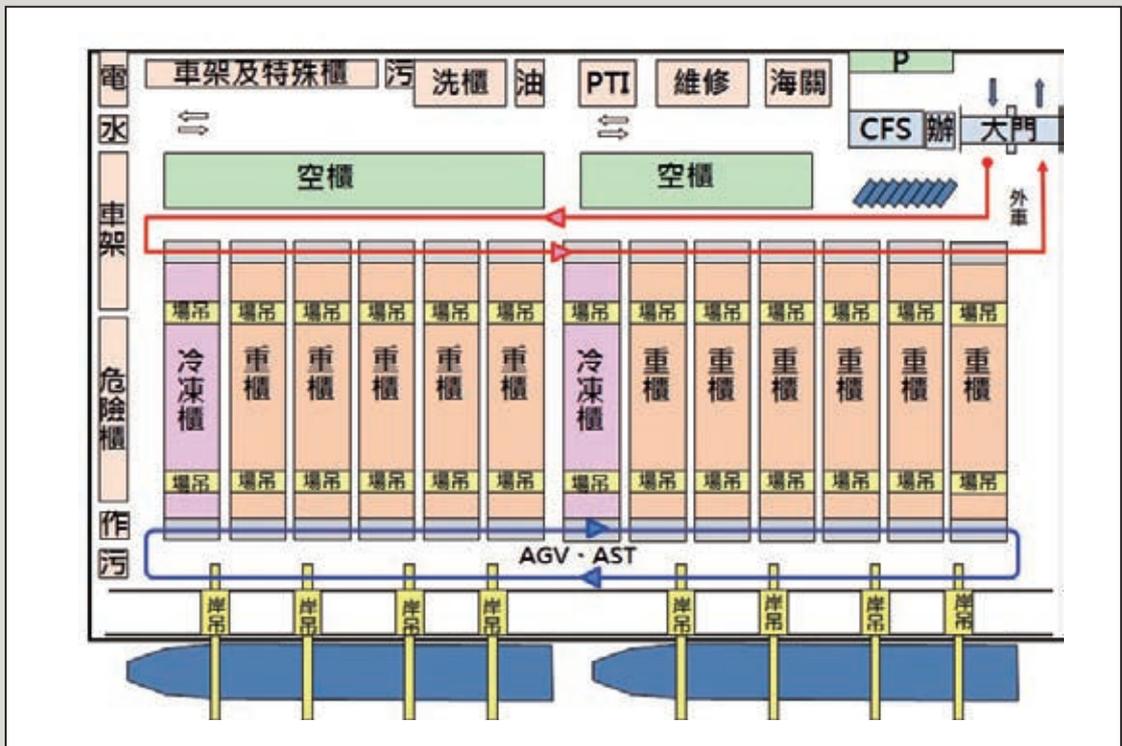
前線碼頭有採人工操作及自動橋式起重機作業，後線櫃場則採自動存取機(ASC)；碼頭區及櫃場間的搬運改採自動導引車(AGV)或自動跨運車(AST)，整體系統需透過TOS進行貨櫃中心場內整體資源調派與監控作業。

整體而言，因櫃場及水平運輸系統均採自動化作業，為減少海側AGV或AST運載移動的距離，貨櫃堆場區均採垂直碼頭方向配置，詳圖10所示。由於水平運輸系統自動化後已降低櫃場內最大宗的人力需求，除大量降低人事成本與罷工風險外，所有動作經程式化後可提升整體系統的穩定性，但也代表整體系統所具之彈性將變少，不易於應付櫃場內突發性的狀況。全自動化系統多用於人力成本與罷工風險較高之歐美地區，但近年廈門港遠海、上海港洋山四期、青島港前灣四期亦陸續投入全自動化貨櫃碼頭的興建。



註：本文繪製。

圖9 半自動化作業貨櫃中心配置示意圖



註：本文繪製。

圖10 全自動化貨櫃中心配置示意圖

伍、高雄港第六貨櫃中心的開發

高雄港第六貨櫃中心是洲際貨櫃中心第一期計畫中重要的開發工程之一，由陽明海運公司的子公司高明貨櫃碼頭公司，於2007年9月與高雄港務局(高雄港務分公司之前身)簽訂BOT興建及營運契約，負責第六貨櫃中心未來50年之興建與營運。

一、半自動化貨櫃碼頭

第六貨櫃中心面積74.8公頃，縱深475m，碼頭長1,500m，共有4席碼頭，水深-16.5~-17.6m，可供18,000TEU貨櫃船靠泊。分二期開發，第一期二席碼頭(#108、#109)於2011年1月正式營運，第二期二席碼頭(#110、#111)則於2014年9月對外開放營運，合計4席碼頭設計容量達280萬TEU。第六貨櫃中心之平面圖及斷面圖，如圖11及圖12所示。

第六貨櫃中心是半自動化貨櫃碼頭，後線櫃場採平行碼頭配置，前線碼頭裝卸採用人工操作的雙起升(Tandem lifting)貨櫃橋式起重機，水平運輸採用人工駕駛的場內貨櫃車，後線貨櫃堆儲區採用π型自動化軌道門式機(ARMG)，大門採用自動化大門。

二、主要設施

(一) 貨櫃橋式起重機

本貨櫃中心是台灣第一次採用之雙起升(Tandem lifting)貨櫃橋式起重機，前伸距23~24排，軌距35m，雙吊模式之荷重(with twin 40'/45' spreader)最高達80噸，可同時操作2只40呎貨櫃或4只20呎貨櫃，詳圖13所示。依高明公司裝卸效率統計，每GC每小時44~46個動作數。

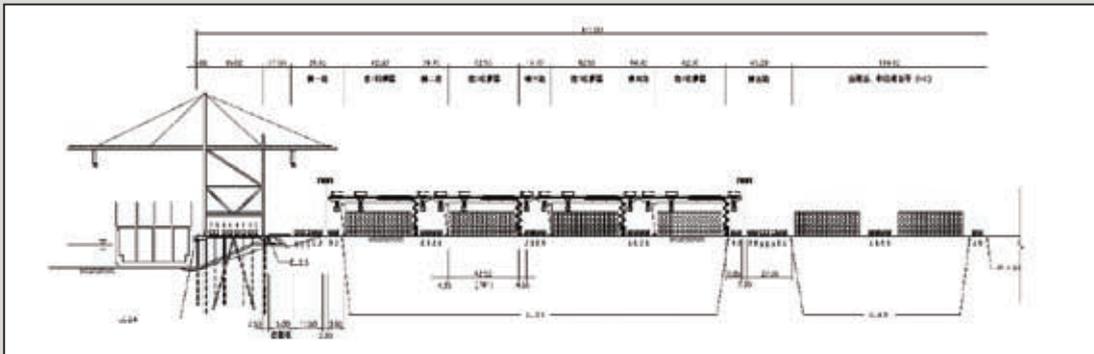
(二) 自動化軌道門式機(ARMG)

後線貨櫃堆儲區採用π型自動化軌道



資料來源：高雄港洲際貨櫃中心計畫第一期工程櫃場規劃與設計，台灣世曦工程顧問股份有限公司，2008。

圖 11 高雄港第六貨櫃中心平面圖



資料來源：高雄港洲際貨櫃中心計畫第一期工程櫃場規劃與設計，台灣世曦工程顧問股份有限公司，2008。

圖 12 高雄港第六貨櫃中心斷面圖



橋式起重機 (雙吊雙起升)	
Gauge	35M (8 車道)
吊臂長度	68m (23+1 rows)、 71m (24+1 rows)
車機高度	44m - 52m
後吊臂長度	18m - 20m
裝卸荷重	雙起升模式 Twin 40'/45' spreader : 80T Twin cargo beam : 100T
	單起升模式 With Spreader : 61T Without Spreader : 70T

資料來源：高明貨櫃碼頭股份有限公司。

圖 13 高雄港第六貨櫃中心橋式起重機

門式機(ARMG)，並導入自動化作業系統以提升作業效率，利用遠端操作及無線射頻感應技術(RFID)達到櫃場無人化要求。ARMG車機腳座配置CCTV監控，每一個操作員可同步操作4~6台ARMG，離峰時間可自動執行翻櫃理櫃動作。派發給拖車的RFID驅動ARMG，工作指令由ARMG車機底座的LED螢幕顯示。人力節省及作業安全，先進電氣化機具將帶來省電之效益，詳圖14所示。

(三) 自動化大門

大門設置7進5出及大門旁預留15M寬超高超寬車道共13個車道，大門設置OCR(字元辨識系統)及攝錄鏡頭，自動判讀車號、貨櫃櫃號；設置紅外線裝置，確認貨櫃數量、大小及位置；設置地底式感應線圈辨識20' /40' 車架大小。設置KIOSK(自動服務機)，拖車司機不需離開駕駛座依照語音指示輸入資訊，自動列印儲區位置及派發RFID快速進出站通關，詳圖15所示。

>CY 作業模式



ARMG (自動化軌道門式機)	
車機寬度	42.5M (14 rows)
堆疊高度	5+1層
裝卸荷重	40T
Others	— 遠端遙控 (控制中心→無線射頻感應)
	— 由RFID驅動

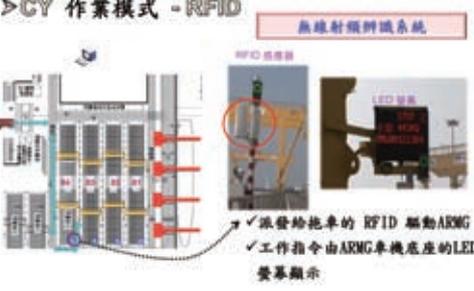
- ✓人力節省
- ✓作業安全
- ✓先進電氣化機具將帶來省電之效益
- ✓減少碳排放量每年 4,487,190 kg

>CY 作業模式 - RCS 遠端控制中心



- ✓ARMG車機腳座配置CCTV 監控
- ✓每一個操作員可同步操作4-6台ARMGs
- ✓離峰時間可自動執行翻櫃理櫃動作

>CY 作業模式 - RFID



- ✓派發給拖車的 RFID 驅動ARMG
- ✓工作指令由ARMG車機底座的LED 螢幕顯示



控制中心

現場作業

資料來源：高明貨櫃碼頭股份有限公司。

圖14 高雄港第六貨櫃中心自動化軌道門式機(ARMG)

>Gate 作業模式 - OCR 字元辨識系統



- OCR, 攝錄鏡頭, 紅外線及感應線圈
- OCR (字元辨識系統) + 攝錄鏡頭
 - ✓車號自動判讀
 - ✓貨櫃櫃號自動判讀
- 紅外線裝置
 - ✓確認貨櫃數量、大小及位置
- 感應線圈
 - ✓地底式
 - ✓辨識20'/40'車架大小

>Gate 作業模式 - KIOSK



- ✓拖車司機不需離開駕駛座
- ✓依照語音指示輸入資訊
- ✓自動列印儲區位置+派發RFID
- ✓快速進出站通關

資料來源：高明貨櫃碼頭股份有限公司。

圖15 高雄港第六貨櫃中心自動化大門

三、綠色櫃場

碼頭前線設有全台第一座貨櫃碼頭高壓岸電系統(AMP)，櫃場內機具亦配置電力回收裝置，以降低二氧化碳排放；而在綠色能源及資源再利用方面，行政大樓及管制站屋頂配備太陽能光電板、行政區設置太陽能及風力複合照明燈、櫃場與行政區設置廢水廢油回收及處理設施，再配合植栽與碼頭綠化，碼頭行政區主建築符合綠化指標、水資源指標等六項綠建

築規範，為國內取得綠建築標章之貨櫃中心典範，詳圖16所示。

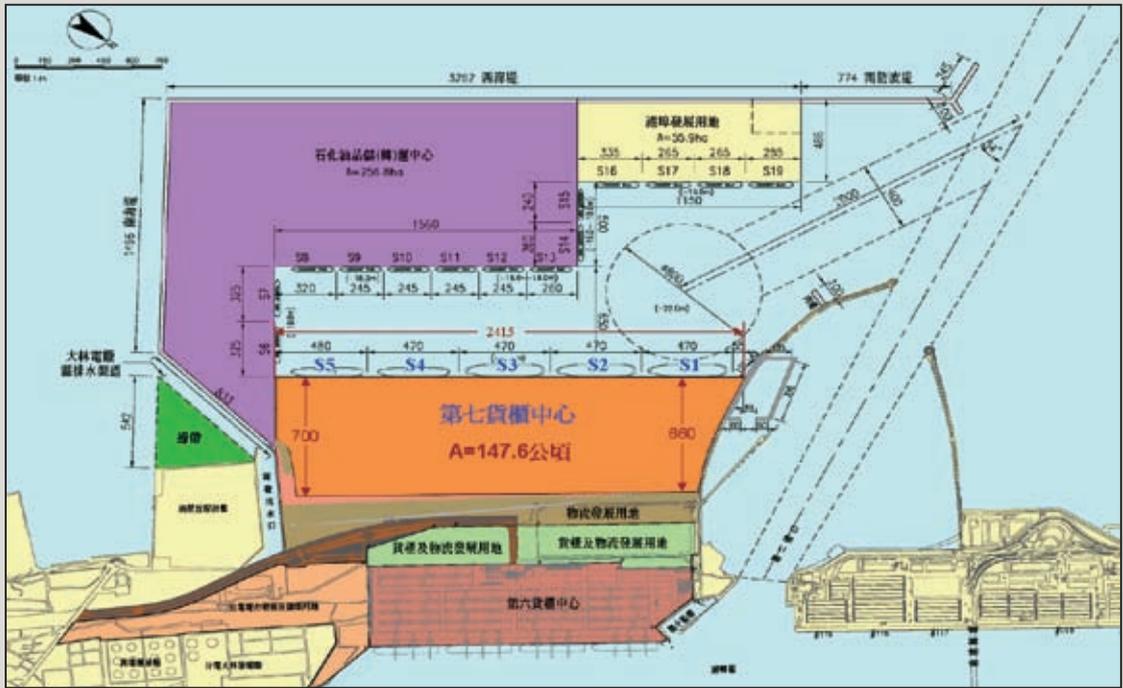
陸、高雄港第七貨櫃中心的規劃

高雄港第七貨櫃中心是洲際貨櫃中心第二期計畫中重要的開發工程之一，第七貨櫃中心面積147.6公頃，縱深660~700m，碼頭長2,415m，共規劃有5席碼頭，設計水深-18.5m，可供22,000TEU貨櫃船靠泊，詳圖17所示。



資料來源：高明貨櫃碼頭股份有限公司。

圖16 高雄港第六貨櫃中心綠色櫃場設施



資料來源：高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫－貨櫃碼頭及後線場地新建工程細部規劃報告書，高雄港務分公司。

圖 17 高雄港第七貨櫃中心位置圖

目前正進行S4及S5碼頭興建及新生地填築工程，後續將進行S1～S3碼頭護岸工程、S1～S3新生地填築工程、S1～S5後線土地地質改良工程、營運管理大樓工程、S1～S5櫃場設施工程、S1～S5櫃場附屬建築物工程等。有關櫃場之整體規劃配置與營運機具採購等將由合作投資經營公司決定。

一、計畫船型

依「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫－貨櫃碼頭及後線場地新建工程」細部規劃報告書，高雄港第七貨櫃中心計畫船型為18,000TEU，船舶尺寸詳表3所示。由目前已下水之22,000TEU貨櫃船，船舶尺寸仍維持與18,000TEU貨櫃船相同，故未來第七貨櫃中心可共22,000TEU貨櫃船靠泊。

二、整體平面佈置方案

依「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計

畫－貨櫃碼頭及後線場地新建工程」細部規劃報告書，將採用軌道式門式機作為貨櫃場主要營運機具，並以平行碼頭、垂直碼頭等兩種櫃場配置架構，針對S1～S5碼頭及後線櫃場全數由1個營運單位統籌經營之方式，進行七櫃中心整體配置方案之規劃，各方案說明如下：

(一) 平行碼頭方案A-1：12排軌道式門式機儲櫃區

方案A-1整體平面配置如圖18所示，各席碼頭長470～480m，橋式機沿碼頭每間隔90～100m裝設1台，全區約需24台。碼頭岸肩寬度假保留75m空間，供設置軌距120呎橋式機、艙蓋板區及通行車道等設施。

碼頭後側貨櫃場採用較普遍之1+12+1軌道式門式機(兩側外翼各設一裝卸車道，軌道內堆放12排貨櫃)，全區配置7列平行於碼頭之儲櫃區，各列儲櫃區配合碼頭船席劃分8～10個小區，各小區標準長度以210m規劃，其中第1～4列儲櫃區緊鄰碼

頭，為提高裝卸船效率，每2小區配置3台門式機，第5~7列儲櫃區各小區配置1台門式機，合計需84台。

(二) 平行碼頭方案A-2：14排軌道式門式機儲櫃區

方案A-2為採用堆儲14排門式機，所擬平面佈置構想詳圖18所示。碼頭後線配置6列儲櫃區，各小區長度以260m為基本單元，全區共劃分成48個儲櫃小區，其中第1~3列儲櫃區每小區配置2部門式機，第4~6列儲櫃區每小區配置1部門式機，全區共需72台門式機。

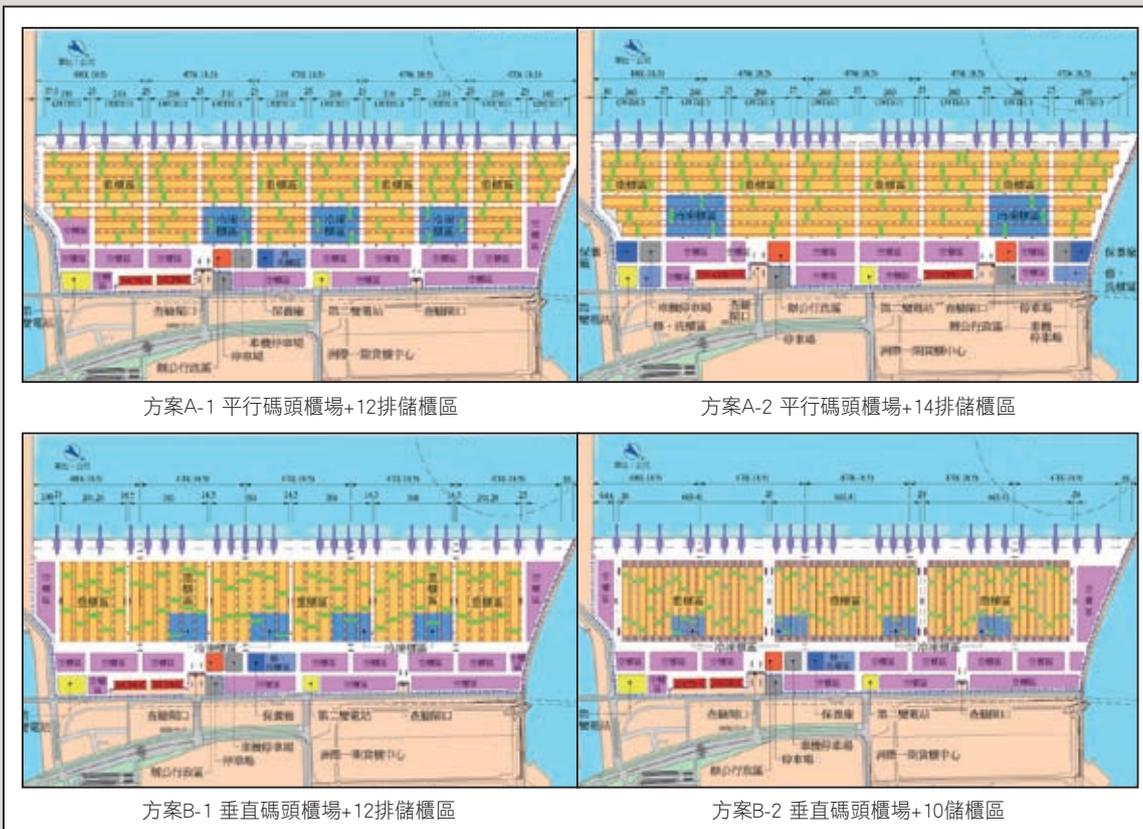
(三) 垂直碼頭方案B-1：12排軌道式門式機儲櫃區

方案B-1擬採與方案A-1相同門式機，僅將儲櫃區改垂直碼頭法線方向佈置，提高

拖車在場區行駛順暢性，故碼頭岸肩寬度保留100m，提供較大拖車轉向空間，平面佈置構想詳圖18所示。方案B-1櫃場可利用空間，如採用跨距12排門式機，約可規劃34條儲櫃區，每儲櫃區標準長度以360m計，各區設置二部門式機，合計需68部。

(四) 垂直碼頭方案B-2：10排軌道式門式機儲櫃區

方案B-2整體平面配置如圖18所示，主要參考近年APM及CTA自動化貨櫃場之全自動化設計概念，將儲櫃區做垂直碼頭佈置，貨櫃連接作業僅限於儲櫃區頭尾兩側，海側供AGV解櫃裝卸，陸側供場外車裝卸，岸肩寬度仍保留100m。儲櫃區貨櫃需搬運至頭尾兩側裝卸區，需起動門式機大車吊掛貨櫃作長距離搬運。



資料來源：高雄港國際貨櫃中心第二期工程計畫-貨櫃碼頭及後線場地新建工程細部規劃報告書，高雄港務分公司。

圖18 高雄港第七貨櫃中心可能櫃場配置方案

參考APM作業模式，方案B-2如採用跨距10排門式機，門式機兩側不設裝卸車道，則碼頭後側將規劃三個大儲區，共設置51條長約360m儲櫃小區。場外拖車僅在儲櫃區港側端交提櫃，船邊則由自動跨載車(AST)或自動導引車(AGV)執行碼頭至儲櫃區間貨櫃搬運作業，估計本方案須配置AST約60輛或AGV約192輛。

三、方案比較與研選建議

各方案之橋式機數量均相等，故僅比較櫃場之門式機、AST、AGV等相關機具之採購費用。雖然方案B-2採全自動化貨櫃裝卸系統最為昂貴，惟可節省大量之操作人力成本。

歐美地區採用方案B-2之全自動化櫃場，係因櫃場營運必須全年無休，為保障勞工權益及支付相當亞洲地區至少8倍(白天班月薪約30萬台/人、夜間班再乘3倍計)之人力薪資，方可彰顯無人作業機具之投資效益，反觀勞工薪資相對低廉之我國，方案B-2之相對成本明顯偏高，欠缺投資效益。

根據各評選因子評分各配置方案之權分，評選結果以方案A-2之評分最高，其次方案A-1、方案B-2、方案B-1。

由於方案A-2之平行碼頭14排軌道式門式機儲櫃區佈置，具備營運空間足夠且適中、兼具物流作業彈性空間、營運便利性佳、投資經濟性高、較能符合亞洲勞動市場特性及投資營運模式等優點，故第七貨櫃中心計畫暫先採用方案A-2，進行後續相關細部規劃。

由於未來第七貨櫃中心在高雄港務分公司先行完成碼頭、櫃場新生地、周邊公共配套設施之後，櫃場之整體規劃配置與營運機具採購等，將由合作投資經營之貨櫃碼頭公司評估決

定。如果合作投資經營公司偏好全自動化作業模式時，第七貨櫃中心再配合需求，進行必要之規劃調整。

結語

高雄港洲際貨櫃中心計畫是基於高雄港整體貨櫃發展需要，以及因應船舶大型化趨勢，為提供完善之貨櫃基地，以提升高雄港國際樞紐港之競爭力，政府核定辦理洲際貨櫃中心計畫，並引進先進的自動化貨櫃碼頭的作業模式。

自1993年荷蘭鹿特丹港ECT(歐洲貨櫃碼頭公司)投入運營以來，自動化貨櫃碼頭長足發展，世界新建貨櫃碼頭作業系統基本以半自動或全自動化方式為主。從目前世界上已營運或在建造中自動化貨櫃碼頭來看，半自動化貨櫃碼頭的優勢：投資成本較低、裝卸效率較高、機動性較高等優點。全自動化貨櫃碼頭的優點：節省人力成本、較不受罷工的影響等優點。因此，全自動化貨櫃碼頭現階段多由人力成本較高或具罷工風險的歐美市場採用。相對於人力成本低、要求高作業效率的亞洲市場，碼頭經營者仍較青睞半自動化貨櫃碼頭，在水平運輸仍較青睞穩定度佳與機動性高成本低的場內貨櫃車，搭配後線櫃場自動化的ARMG作業。

高雄港第六貨櫃中心已導入半自動化作業模式及綠色貨櫃場，在裝卸效率提升及環保上都非常顯著。第七貨櫃中心正設計中，目前暫先採用半自動化作業模式進行規劃，未來將由合作投資經營之貨櫃碼頭公司評估決定。由於全自動化投入的成本較高，如要導入全自動化作業設備，則需仰賴航商貨源支持或政府的獎勵，方具經濟規模。故考量在兼顧碼頭作業效率，爰建議初期可優先導入遠端遙控橋式起重機及後線櫃場自動化作業，至於水平運輸先採人工作業，保留AGV或AST升級的空間，再視未

來自動化技術的成熟發展，逐步擴充自動化的範圍。

參考文獻

1. 參與交通部高雄港務局徵求民間參與興建及營運高雄港洲際貨櫃中心第一期計畫投資執行計畫書，高明貨櫃碼頭股份有限公司，2008年。
2. 高雄港洲際貨櫃中心計畫第一期工程櫃場規劃與設計，台灣世曦工程顧問股份有限公司，2008年。
3. 高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫－貨櫃碼頭及後線場地新建工程細部規劃報告書，高雄港務分公司，2014年。
4. 廈門、上海及青島港貨櫃碼頭自動化作業考察報告書，臺灣港務股份有限公司，2017年。
5. 2018-2025年中國全自動化集裝箱碼頭堆場作業區規劃發展研究報告，北京環宇新華經濟資訊技術研究中心，2017年。
6. 廈門遠海集裝箱碼頭有限公司，<http://www.coscoyh.com.cn/>。
7. 上海國際港務(集團)股份有限公司，<http://www.portshanghai.com.cn/jtwbs/webpages/index.jsp>。
8. 上海振華重工集團，<https://www.zpmc.com/>。
9. 青島港國際股份有限公司，<http://www.qingdao-port.com/ch/index.jsp>。
10. Container Terminal Automation Conference，Drewry，2018。
11. kalmar，<https://www.kalmarglobal.com/>。
12. HHLA，<https://hlla.de/en/home.html>。
13. ECT，<https://www.ect.nl/en>。
14. 高明貨櫃碼頭股份有限公司，<http://www.kmct.com.tw/index.php>。

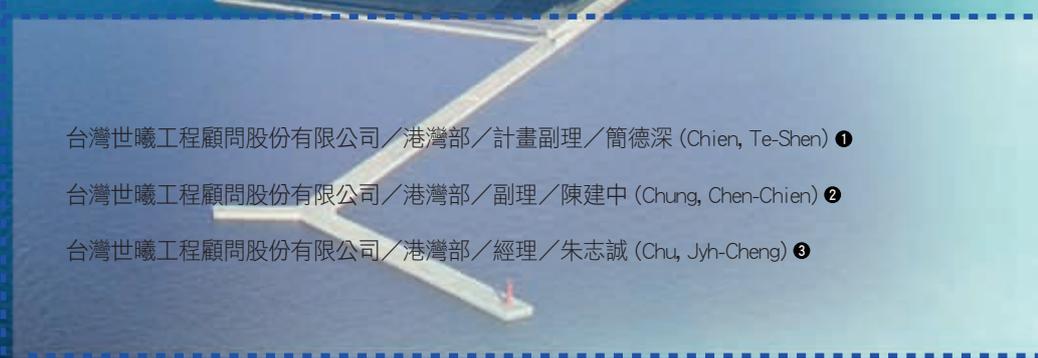
港灣家園的守護者 —外廓堤的友善設計新思維

關鍵詞(Key Words)：外廓防波堤(Seawall and Breakwater)、離岸式防波堤(Offshore Breakwater)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／計畫副理／簡德深 (Chien, Te-Shen) ①

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／副理／陳建中 (Chung, Chen-Chien) ②

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／經理／朱志誠 (Chu, Jyh-Cheng) ③



摘要

「洲際貨櫃中心計畫」之外廓防波堤與離岸防波堤工程屬於國內近年來最大型的港灣工程，工程總金額近百億元。其中洲際計畫的外廓堤部分屬於圍堤造地之前鋒部隊，亦為港口開發的重要守護者；而離岸式防波堤之建置，更在確保港口營運時，船舶可得到最佳的靜穩水域，其重要性不可言喻。本文就外廓防波堤與離岸式防波堤分別說明其原規劃、設計與施工重要理念與思維，冀能提供未來類似工程的設計、規劃及施工期間之參考。



Guardian of the Harbor – Friendly Design and New Concept of Offshore Breakwater

Abstract

The "Kaohsiung Intercontinental Container Terminal Project" outer breakwater and offshore breakwater project is the largest port project in Taiwan in recent years, with a total amount of nearly 10 billion yuan. Among them, the outer breakwater project is just like the front-end force of the temporary revetment construction project and is also an important guardian of port development. The construction of offshore breakwaters ensures that the waterway can achieve the best stability when the port is in operation, and its importance is inexplicable. In this paper, the important concepts and thinking of the original planning, design and construction of the outer breakwater and the offshore breakwater were discussed. We believe it can provide reference for the design, planning and construction of similar breakwater projects in the future.

3

專題報導

壹、前言

為因應未來港埠發展需求、船舶大型化趨勢及推動港埠的永續經營，並改善與整合航商的營運基地，降低營運成本，提升國際競爭力，因此，高雄港積極推動「高雄港洲際貨櫃中心工程計畫」。該案肩負解決高雄港舊港區石化油品碼頭儲運業者搬遷安置，及吸引航商進駐與大型貨櫃船彎靠，確立亞太地區貨櫃運輸樞紐港地位等重要任務。其中外廓防波堤工程係屬洲際二期計畫之一環，藉由興建6,810m海堤及防波堤，可提供後續岸線工程與新生地填築工程安全穩定之造地空間，並將所完成的土地提供予中油及高雄港舊港區石化油品碼頭儲運業者，先行進駐辦理施工作業，以滿足前述石化業者搬遷與妥善安置的目標，其洲際計畫區位詳圖1、外廓防波堤工程區位詳圖2。

由於高雄港洲際貨櫃中心計畫位於高雄港二港口南方水域之深水港區，該港口的配置直接面對外海波浪的侵襲，因此於港口外側需配置可供遮蔽的防波堤設施，以增加水域的遮蔽效益及提高靜穩度，提供船舶安全作業之水域環境。為確保洲際二期港域有較佳之靠泊靜穩度及碼頭設施不致受損，因而構建長度475m之離岸防波堤，以改善特定波向颱風波浪侵襲時港域之靜穩度，及大幅降低洲際二期碼頭設施

遭越波浪破壞的風險性，其離岸式防波堤區位詳圖2。

貳、開發內容

一、洲際二期外廓防波堤

該案係屬洲際二期計畫之一環，主要工程內容為1.興建海堤及防波堤工程：南海堤1,496m、西海堤3,262m，防波堤全長1,019m(防波堤I、II分別長774m及245m)及內堤200m(內堤I、II各100m)，總計海堤及防波堤全長為5,977m，沉箱施作238座；2.興建導流堤北堤工程：新建北堤堤長約833m(103m為拋石堤及29座沉箱)、舊導流堤南堤(含舊有出水口南側方塊堤)拆除工程約85m，屬國內近年最大型之外廓防波堤工程。

外廓堤採沉箱堤設計，依現地水深南、西海堤沉箱高度分別為11.5~16.5m、-16.5~17.5m，沉箱寬度則為22.2m。配合堤面維修道路之設置，將胸牆改設置於內側，且每約一段距離設置景觀階梯式胸牆，可收防止波浪越波、降低衝擊波壓、減少沉箱堤斷面尺寸等功效且提升港區景觀效果，其海堤回波牆與階梯式胸牆標準斷面如圖3所示。

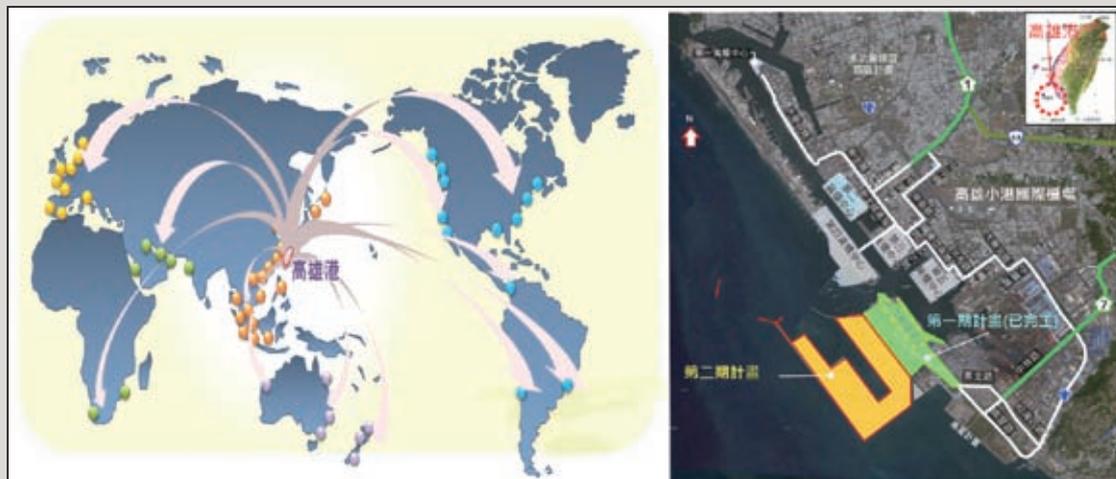


圖1 洲際計畫基地位置圖



圖2 洲際貨櫃中心計畫外廓防波堤工程及離岸式防波堤工程區位示意圖

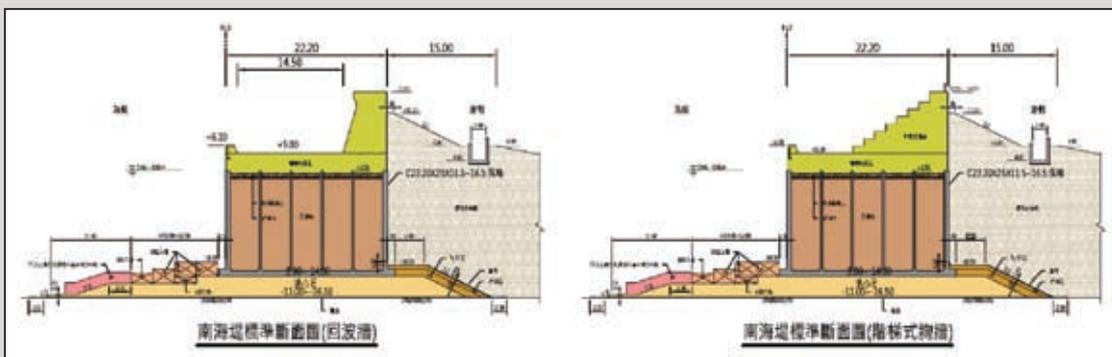


圖3 高雄港洲際貨櫃中心第二期計畫海堤斷面配置圖

二、洲際二期離岸防波堤

為確保洲際二期港域有較佳之船舶靠泊水域靜穩度及碼頭裝卸設施不致因而受損，需構建長度475m之離岸防波堤，可改善特定波向颱風波浪侵襲時港域之靜穩度，及大幅降低洲際二期碼頭設施遭越波浪破壞風險性。本工程如採傳統連續堤施工方式由岸側向外海延伸並設置擋浪設施，將所費不貲且對鄰近海岸生態及環境恐造成莫大的影響。本計畫為國內商港首次以構建離岸防波堤方式，改善特定波向颱風

波浪侵襲時港域之靜穩度，及大幅降低洲際二期碼頭遭越波浪破壞的風險性，相關防波堤斷面詳圖4所示。

參、洲際二期外廓堤設計新思維

該計畫外廓防波堤設計突破以往的思維與架構，堤體設計如沉箱樁槽、排水沉箱、胸牆、方塊、混凝土堤面等，在設計上導入友善環境景觀之工法；此外，設計階段之細節均有

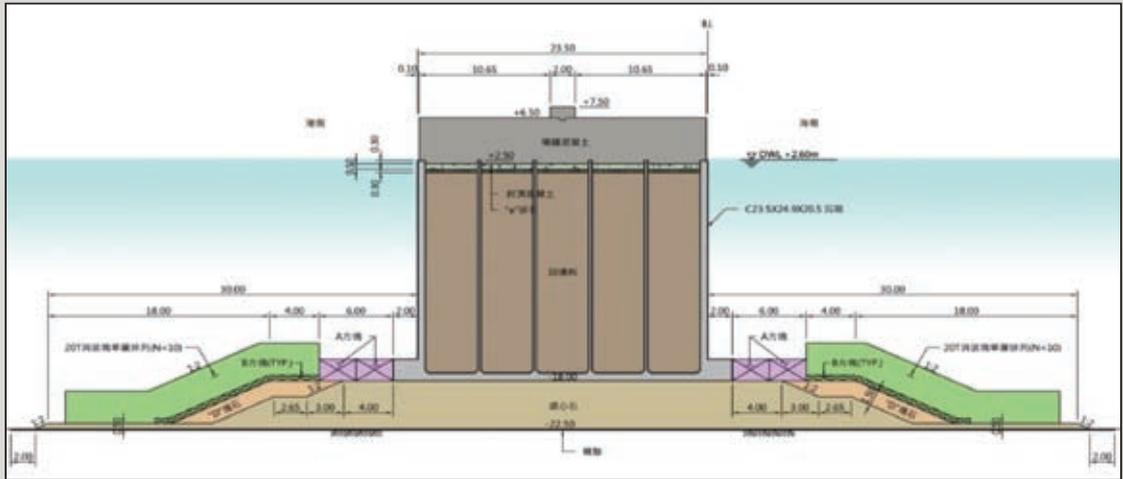


圖4 離岸式防波堤斷面配置圖

完整且周延之考量，如水工試驗、材料回收、空拍、工地監控、動態影音；現場施工亦落實原設計理念，克服海上施工等惡劣天氣的挑戰，本節擬就外廓堤設計的新思維說明如下：

一、友善設計新思維

(一) 經濟堤面－完善數值評估，最佳堤體斷面

本工程外廓堤為保護堤後土地之重要屏障，設計上需考量堤體結構因應每年颱風波浪之侵襲、藉助堤後背填適度降低堤寬以節省工程經費、堤後胸牆高度藉水工模型試驗確認可達防越浪保護堤後土地安全等三大重點。為確保颱風期間海堤結構不受颱風波浪影響而造成堤體結構安全，本工程特以丹麥DHI之Mike21之SW數值模式評估，在不同波向之颱風波浪作用下，堤體所受之外力條件，以確保颱風期間外廓堤體的結構安全(詳圖5)。

為使堤體可達最佳經濟斷面，設計上搭配施工程序，藉助背填土(被動土壓力)，降低沉箱堤寬，以節省工程經費。設計上依堤體穩定及容許越波量等兩大條件，分別以施工期(未背填)：堤體直接承受短期外

力(10年迴歸期颱風波浪)，以此條件決定沉箱堤寬；完工期(已背填)：則考量堤體能滿足最大外力(50年迴歸期颱風波浪)需求，兩階段設計條件的研擬斷面(詳圖6)。

該工程後線場地未來將做為石化業者、散雜貨業者使用，因南部地區汛期主要在面臨西南氣流及颱風的侵襲，而該等因素均為決定堤體胸牆高度之重要決定因素，以確保後線場地之使用安全。基此，於規劃設計階段，除以規範研擬胸牆高外，並再請國內最具專業性之成功大學水工試驗所，進行水工模型試驗，以達到確認胸牆設計高程，與確保颱風期間後線場地安全之目的(如圖7)。

(二) 樁間濾層－兼具防漏與維護機能柔性工法

國內早期採沉箱堤進行圍堤造地的案例中，沉箱間隙防漏設計多採石籠進行直立式拋石(如臺中港南填方區)、或以橡皮封板搭配鋼管混凝土進行封閉固定，惟二者皆曾發生背填料流失的現象。經檢討失敗原因，即未考量該沉箱縫隙仍長時間處於變動與受力狀態(波浪、海流)，因此直立式防漏設施在施工中尚無法穩定，於背填沙

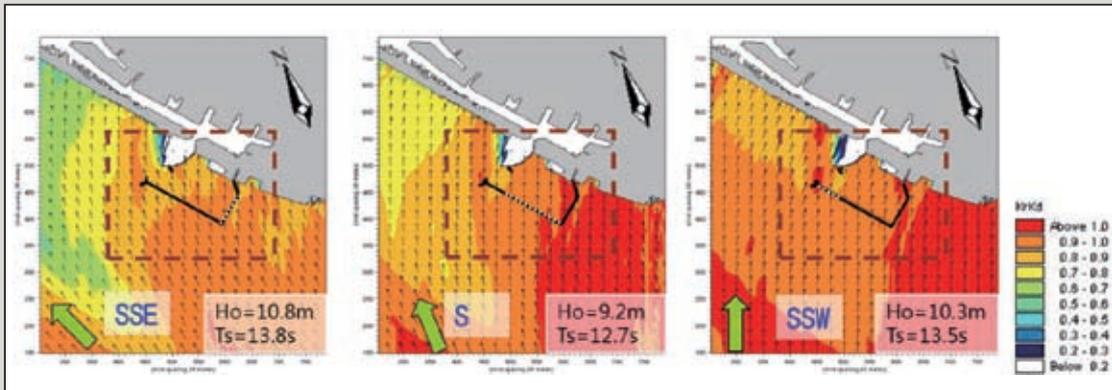


圖5 最大颱風外力對外廓堤影響評估(50年迴歸期)

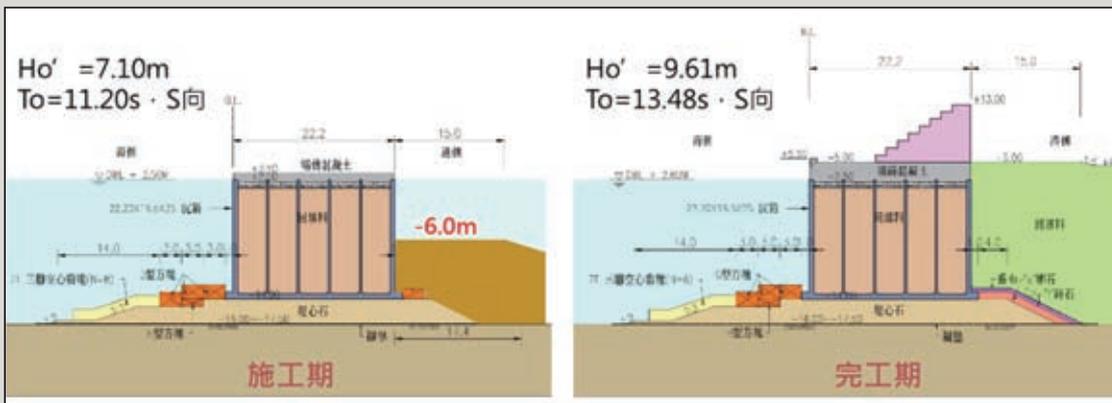


圖6 外廓堤最佳斷面評估斷面圖

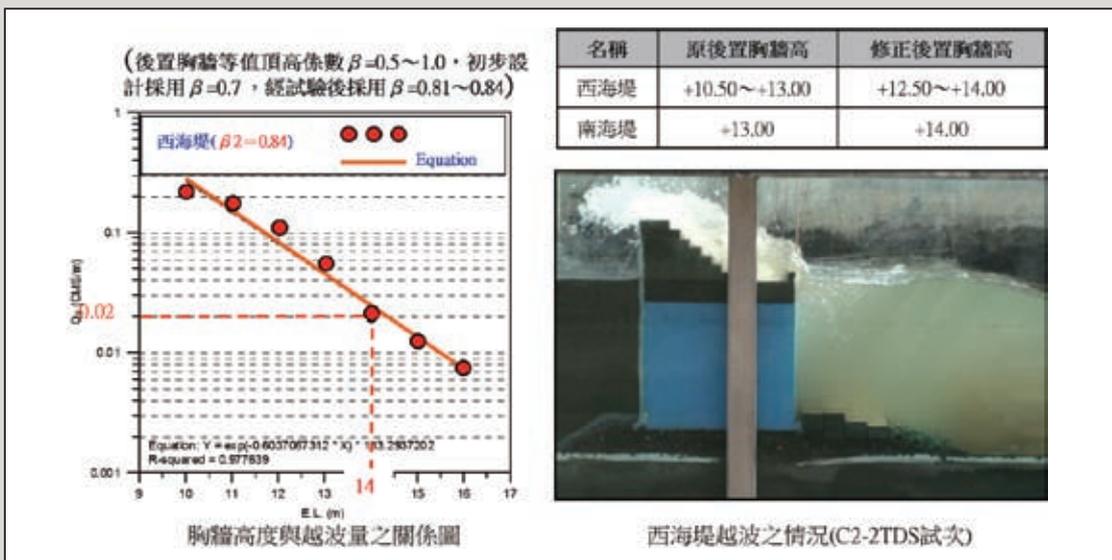


圖7 水工模型試驗成果修正胸牆高程

回填時沉箱縫隙仍無法密合，致常無法發揮防漏功能。

承上，圍堤工程能否有效防止漏沙現象發生，實賴濾層施作成功與否而定，經參考以往防漏失敗案例後，本工程乃將

沉箱堤防漏設施改採柔性方式設計，即於施工中及完工後防漏設施雖隨外力變動，但仍能維持防漏的功能。設計理念乃在於沉箱交界處以濾石層方式，保護堤後回填土，並保留足夠的透氣空間，確保波壓可以宣洩，以避免濾石層直接受到衝擊影響而破壞。

此外，設計階段即考量就算防漏濾層設計良善，仍可能因施工細緻度不如預期，造成異常天候條件下，發生濾層石料流失之情況；故設計上另於沉箱堤面上設置可吊移之方塊，可於颱風季過後進行例行性之檢查，確保防漏設施可維持其成效；以此柔性設計方式，除有利於施工外，亦可保留後續維護濾層之機能，有效達到改善填海造地之防漏效果(如圖8)。

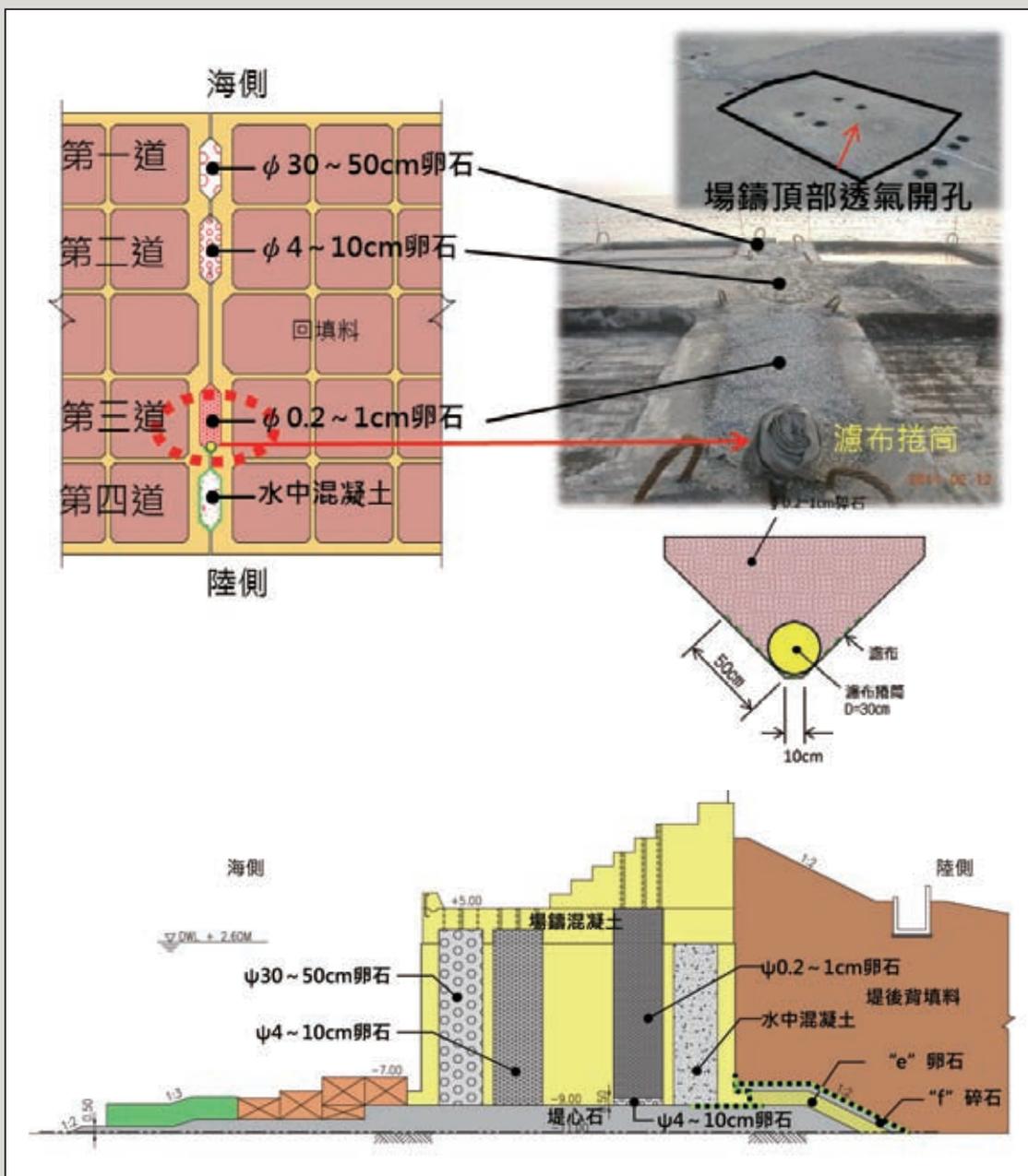


圖8 外廓堤沉箱樺槽施工示意圖

(三) 排水沉箱－水下開孔排水免越浪衝擊影響

為因應外廓堤需承受颱風、汛期波浪侵襲，並防範可能發生越堤波浪危害後線場地之風險，本工程特設置6座排水沉箱(沉箱內藏排水箱涵，如圖9)，並藉由堤後排水溝及陰井設計，有效收集並排除越堤之海水，以確保後線場地的安全，且排水沉箱設計係採水下開孔排水，可確保排水順暢及降低越浪衝擊與影響。

(四) 特色胸牆－越浪防護與親水景觀取得平衡

海堤胸牆設置係為保護堤後土地，

不致因颱風大量越浪而造成設施損害等情況；一般傳統港灣海堤設置，因其所形成的後側土地多屬管制區域，一般民眾不得進入，故胸牆均以直立式設置，此方式僅達成越浪防護單一效果；然港口開發除需將安全納入考量外，景觀概念亦為未來的潮流趨勢，故本計畫海堤工程乃參考國外案例(如日本雅內港)，將部分海堤胸牆改採階梯式胸牆設置，並於堤後設置防風林，增加景觀特色。此外，階梯式胸牆於洲際二期計畫完成後，可形成另一個置高點，可綜觀洲際二期計畫的整體港區，欣賞港區特色，未來可形成相關學術機關或政府單位至港區參訪時之特色景點(如圖10)。

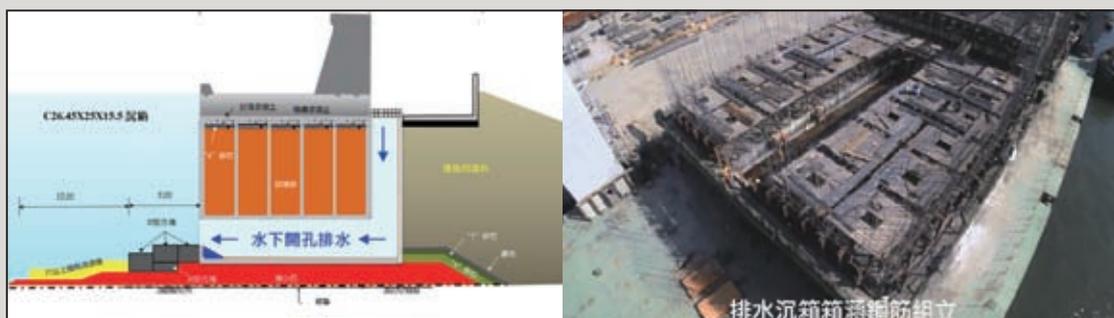


圖9 外廓防波堤排水沉箱



圖10 階梯式景觀胸牆

(五) 開孔型塊－兼顧堤址保護與生態環境型塊

海岸地區從海、陸地至水深-20~-30m 水域，乃為水底植物可進行光合作用的範圍，因此，好光性植物與植物性浮游生物豐富，常為魚群等水產資源豐富之區域，故於堤體納入生態營造的元素，以創造富有生態性環境為另一目標，俾利水中動植物之成長繁衍。本計畫區預計於海岸地區以圍堤造地方式產生新生地，此舉將影響海域棲息地，基於大自然共生之理念，在圍堤設計時除考量堤體安全外，亦納入考量生態環境之營造。

一般傳統沉箱堤設計上，為確保沉箱堤體穩定性，係於沉箱堤護基設置大型且高重量(40T~50T)之方塊，然於兼顧結構安全與降低環境衝擊考量下，於沉箱堤腳保護改採開孔式方塊設置並搭配多孔消波塊，除可降低堤腳沖刷並確保沉箱堤

體穩定外，開孔方塊與消波塊之多孔隙空間，可增加生物與活動及躲避空間，可達生態保育效果。

(六) 胸牆堤面－內嵌有色混凝土文字減少維護

本工程於西海堤回波牆海側及防波堤堤面混凝土上，以內嵌30cm並澆置紅色混凝土方式嵌入「歡迎蒞臨高雄港」、「WELCOME TO PORT OF KAOHSIUNG」等文字(如圖12、13)，取代傳統表面油漆或以附掛金屬文字方式施作，更能抵抗海外波浪侵襲，亦有效減少維護的頻率，讓未來無論從海上或空中到達高雄的旅客，均能感受到高雄溫暖的人情味。

二、周延考量不遺漏

(一) 材料回收－利用工區既有型塊，降低工程碳排放量



圖11 開孔式方塊



圖12 堤面及胸牆內嵌文字施工

為使材料永續再利用，以減少碳排放量，設計階段係以規劃回收鄰近洲際一期、台電大林電廠、南星計畫區既有之消波塊與方塊(約3,600餘塊)，並再利用於本工程水下護基及颱風季節間之堤面保護使用，有效減少水泥用量，降低整體工程碳排放量(如圖14)。

(二) 定期空拍—港灣首次導入空拍，掌控圍堤造地變化

國內海事工程首次規定於工區定期航拍，除掌控圍堤造地變化進度，並可克服人力於海象惡劣無法靠近拍攝之困難，以取得充足與所需的影像紀錄(如圖15)。

(三) 即時監控—導入即時監控系統，及時瞭解災區變化

傳統港灣工程對於施工廠商係以監造人員現場督導承商方式推動工程，然港灣工程需面對海外惡劣天候，且工區幅員遼

闊，若以人對人方式監造顯不具效益；加上目前科技日新月異，網路與無線系統亦正趨於成熟；基此，為有效管控工區與精簡人力，同時讓監造設計單位及業主、可於颱風期間第一時間掌控現況，海事工程首次將工區架設CCTV工地即時監控系統之要求納入設計(如圖16)，在實際作業後，除滿足有效管控人員進出基本要求外，更可掌握颱風前後海堤變化及受災狀況。加上CCTV系統所取得之影像已可供相關人員於雲端直接觀看，各級長官無需詢問現場人員即可得知現場狀況，系統亦保留開放給民眾觀看之權限，達到全民監工成效。

(四) 動態影音—工區施工動態記錄，填海造陸歷程記錄

海事工程首次要求施工前、中、後製作施工動態影音資料，並透過彙整相關影音資料可了解洲際二期施工開發過程，亦可作為後續辦理填海造陸工程之參考依據(圖17)。



圖13 堤面及胸牆內嵌文字空拍實景



圖14 既有型塊回收再利用



(a)102.11



(b)103.12



(c)104.06



(d)105.06



(e)106.06



(e)107.02

圖15 洲際計畫定期航拍影像

三、天候挑戰均克服

(一) 縮短施工—大型施工船隊進駐，縮短沉箱製作工期

洲際二期計畫第一標外廓堤工程係屬本計畫成功關鍵之前導工程，本工程若可順利施工，則可提供港域穩靜環境，讓後續岸線與造地工程能順利推動。因外廓堤結構係採沉箱施作，而其沉箱施作成功與否關鍵在於製作工法之選擇，一般國內沉

箱製作可在浮沉台船或陸上等方式製作，洲際一期計畫外海圍堤工程經歷兩次發包施工，兩次得標承包商分別採浮沉台船與陸上方式製作沉箱，故國內上述工法均已有施工案例。

然考量陸上製作沉箱，其施工穩定性與國內廠商施工經驗相對不足，再加上外廓堤工程若施工進度不如預期時，將導致後續工程無法推動之窘境，則無法如期於

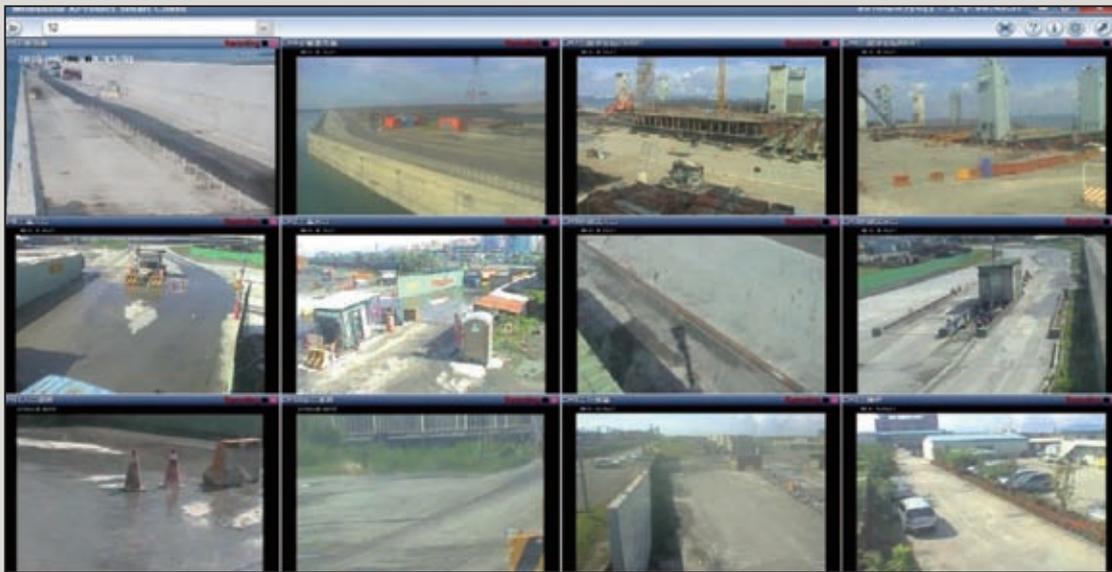


圖16 工地即時監控系統



圖17 沉箱製作縮時攝影示意照片

民國108年完成洲際二期計畫整體工程。基於此，在施工階段承商係採用國內廠商經驗豐富、施工穩定及成功率幾乎100%之浮沉台船工法進行沉箱製作。除可縮短動復原期外，加速沉箱製作，並可儘速提供外廓遮蔽空間，提供後續工程一個穩靜之工作環境。

為因應267座沉箱製作數量，承包商乃引進當時國內最大之浮沉台船隊(中工1號：105m×36m×6.4m，承載力15,000t、中工3號：88m×36m×4.8m，承載力8,800t)，以每循環約16~18天進度，同時製作3~4座沉箱，並於102年1月~105年10月短短46個月時間完成全部沉箱製作，平均達5.8座/月之製作功率，並可有效確保沉箱存量符合沉箱拖放進度需求，

其浮沉台船照片詳圖18所示。

(二) 縝密計畫－完善施工計畫安排，克服海上惡劣天候

因本工程沉箱製作數量達267座，置放完沉箱長達6,810m，且海堤、防波堤工程係於開放水域進行沉箱拖放作業，施工期長達六年；工區每年需歷經數次颱風侵襲之風險，加上拖放沉箱時需預測有連續2~3天波高在0.5m以下才可施作，故實際每年僅約一半時間可拖放沉箱。就以往洲際一期外海圍堤經驗，計畫區每年最多僅能拖放35座沉箱(含基礎整平)。

惟洲際二期計畫外廓堤工程為滿足於民國108年底完成洲際二期計畫之目標，採多組船機進行拋石基礎整平與沉箱拖放作業(如圖19)，致每年沉箱拖放數量最高可達92座，平均每年可達60座，有效提升外廓堤施工進度，並提供足夠遮蔽空間，使後續標案可順利推展。

(三) 金安肯定－友善職安工作環境，港灣首次金安肯定

因本工程沉箱最高達21m，約7-8層樓高，加上需於浮沉台船上作業，故施工人員除需克服懼高心理因素外，仍需受海風

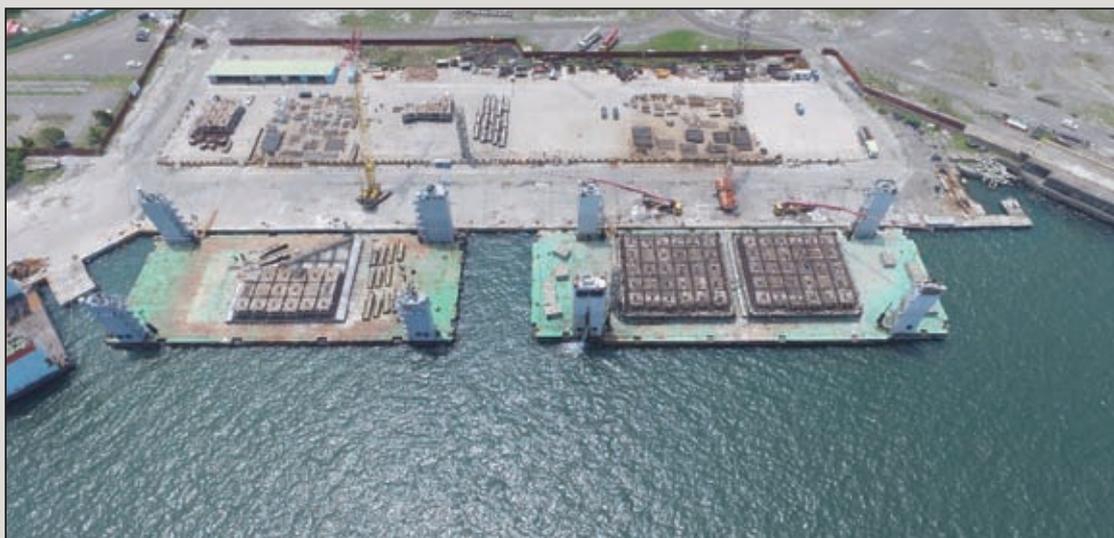


圖18 中工1號及中工3號浮沉台船



圖19 三組整平船機同時施作以提昇整平效率

吹襲、高雄烈日之曝曬及船身之自然晃動等問題，工程施作難度倍增，備極艱辛，惟本工程在妥善安排安全無虞之作業環境下，使高風險之沉箱製作並未發生工安事件；並使台灣港務公司首度榮獲第10屆公共工程金安獎佳作之肯定，其勞工安全衛生管理之推動方式，值得做為未來國內各港海事工程推動時之參考。

肆、離岸式防波堤規劃設計施工

位於洲際計畫圍堤造地區北側之離岸式防波堤，屬保護洲際計畫港內碼頭之重要結構物，而因該構造物屬離岸式防波堤，且位於航道進出口處，規劃尚須有完善的考量，方可兼顧操船、港內靜穩度之要求；而設計上因屬港灣工程首次之離岸施工，其作業挑戰性上更高於一般海事工程，在施工上更須完善規劃後方可予以執行，本節擬就離岸防波堤與規劃設計考量及施工上之挑戰說明如下：

一、規設周延降風險

(一) 最小量體離岸防波堤，保護海岸與港口安全

傳統擋浪設施係由岸邊向外海延伸施作連續堤，由於工址為距高雄港二港口南防波堤頭3公里之外海，如由岸側向外海施作連續堤將耗費巨大且對鄰近海岸造成影



響，故經以數值模擬、水工模型試驗及真時操船模擬評估後採475m離岸式防波堤將能以最小量體發揮最大之遮蔽效應，且不致對鄰近海岸地形變化造成影響，同時能節省大量之工程經費，符合環保及生態與景觀要求(圖20、21)。

(二) 堤腳保護工完整佈設，防止巨浪沖刷致倒塌

設計時於防波堤兩側之堤腳均設置保護工以保護堤體安全，可防止外海波浪對堤腳之沖刷；另由於外海流速較大亦於堤頭加長設置保護工(約48m)保護堤頭之安全。

(三) 堤體經濟性完整評估，有效擷節政府工程費

本工程細部設計階段已針對防波堤(475m，19座沉箱)研擬最經濟之堤體斷面，以最小之量體設計達到符合使用需求及穩定性。如採傳統連續堤方式由岸邊向外海延伸設置防波堤，其長度將逾3,000m

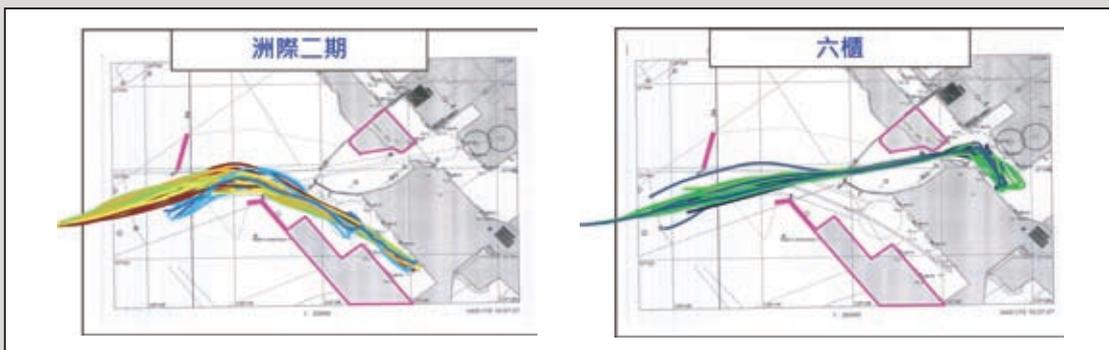


圖20 真時操船模擬試驗軌跡圖

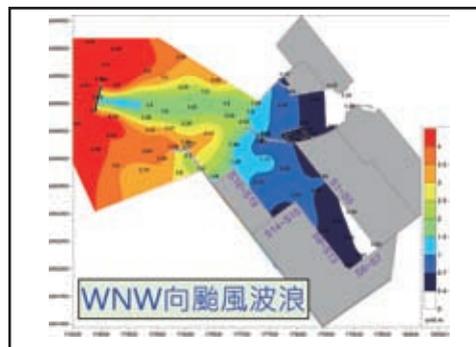
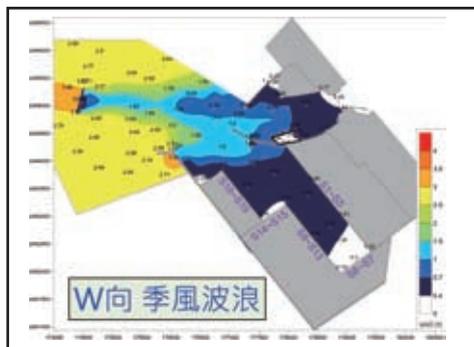


圖21 平面靜穩度水工模型試驗

且所需經費逾60億元，本工程預算僅為12.84億元。

二、離岸施工高挑戰

(一) 挑戰惡劣天候施工，克服開放水域定位

工址距高雄港二港口南防波堤頭3公里之外海，為水深逾20m之開放水域，施工期間深受外海波浪、海流急速變化及颱風豪雨侵襲等海氣象環境因素影響，且須維持高雄港二港口船舶航行及營運，故須在有限時間內快速、正確及精準完成基礎水下襯墊鋪設、拋石整平、沉箱拖放定位、填充封頂、場鑄堤面與燈塔建置等施工工作。

(二) 港灣首次離岸施工，第十八屆金質肯定
本工程屬離岸堤設計，堤面場鑄混凝土

土須完全依賴船機進行海上往來運補及有效控制在規定時限內澆置完成確保施工品質，然因須配合高雄港二港口船隻進出場管制避讓，實際可施作時間相對減少。主辦機關會同設計、監造及施工廠商研議採「半預鑄工法」取代部分堤面場鑄混凝土澆置量，採用平台船盛裝預拌混凝土，進行後續堤面混凝土澆置工作，除有效控制每船次可於規定時限內完成澆置作業，並可維持堤面巨積混凝土結構抗浪衝擊強度外，更能減少工作船機及人員於海面長時間工作導致安全風險疑慮，相對提升作業安全。

本案因導入創新思維之做法，讓其成果榮獲第十八屆公共工程金質獎特優(水利類一級)獎勵，成績斐然。



圖22 離岸堤施工1



圖23 離岸堤施工2

結語

洲際貨櫃中心計畫為近年最大規模之港灣工程開發案，其中外廓防波堤屬本計畫的先鋒部隊，在有完善的外廓堤保護下，方能讓碼頭、造地、道路、建築及公共設施順利推動與施工，故規劃設計上更須完整性考量，方可達到最佳的成效。而洲際計畫北側離岸防波堤之完成，更讓國內商港外廓堤之施工訂定新的里程碑。

無論是洲際貨櫃中心外廓防波堤或離岸式防波堤，在施工階段除落實規劃設計理念外，並在安全第一、工進如期、品質符規、航安落實等各方面高度要求下，設計、監造與施工團隊共同合作，循序完成此工程。

本文僅就洲際貨櫃中心計畫之外廓防波堤與離岸防波堤之規劃、設計與施工扼要介紹，外廓堤之設計雖以盡可能完整介紹，然對於細節之交代仍不免有所遺漏。冀由本文介紹，可作為日後防波堤工程規劃、設計、施工之參考。

參考文獻

1. 羅勝方、張欽森、簡德深，「國際港埠新樞紐—高雄港洲際貨櫃中心建設計畫」，中華技術No.114，2017年。
2. 高雄港洲際貨櫃中心第一期基礎設施興建工程-細部規劃報告書，交通部高雄港務局，台灣世曦工程顧問股份有限公司(原中華顧問工程司)，民國95年2月。
3. 高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫-細部規劃報告書，臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司(原交通部高雄港務局)，台灣世曦工程顧問股份有限公司(原中華顧問工程司)，民國101年5月。
4. 高雄港第二港口北側防波堤新建工程-細部規劃期末報告書，臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司，台灣世曦工程顧問股份有限公司，民國104年12月。

港口禦浪的守門員 — 洲二離岸防波堤 實務施工探討

關鍵詞(Key Words)：防波堤(Breakwater)、離岸堤(Offshore Breakwater)、浮沉台船(Floating Dolphin Dock)、陸上軌道工法(On-Land-Track Construction Method)、沉箱(Caisson)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／工務所主任／陳奕剴(Che, Yi-Kai) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／副理／蔡同宏(Tsai, Tung-Hung) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／資深協理／彭國源(Peng, Kou-Yuan) ❸

摘要

為配合政府正推動發展高雄港為亞太海運轉運中心及全球運籌中心，臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司持續推動之高雄港洲際貨櫃中心計畫，其中為確保洲際二期港域有較佳之船舶靠泊水域靜穩度，藉以保護碼頭裝卸設施及船舶安全，經研究後辦理興建475公尺之離岸防波堤，以發揮對洲際二期計畫港內水域遮蔽效益，及提供靜穩之碼頭裝卸作業環境。

「高雄港第二港口北側防波堤新建工程」為首次應用於國內國際商港之離岸防波堤，本文旨在闡述本案主要工項施工實務重點，以為未來相關工程建設設計及施工規劃之參考。



Goalkeeper of the Port – Discussion on the Offshore Breakwater for Kaohsiung Intercontinental Container Terminal(Phase 2)

Abstract

In line with the Government's intention to build Kaohsiung Port as the Asia-Pacific Ocean Shipping Center and the Global Operations Center, TIPC promotes the "Kaohsiung Port Intercontinental Container Terminal Project" to ensure the stability of the maneuvering area to protect the terminal loading and unloading facilities and ships. Therefore, a 475-meter offshore breakwater will be built.

The offshore breakwater constructed by the "Construction Work of the North Side Breakwater of the No. 2 Port of Kaohsiung Port" was first used in international commercial ports in Taiwan, and gained good practical experience and feedback during the construction process. This paper will introduce the construction practices of the major projects of the project. This experience can provide reference for future related engineering design and construction planning.

壹、前言

「高雄港洲際貨櫃中心計畫第二期工程計畫」即將於民國108年完成，本計畫位於高雄港二港口南方水域為採填海造陸方式新建之深水港區，由於港口直接面對外海波浪侵襲，因此港口外側需有可供遮蔽之防波堤設施(如圖1所示)，以增加水域遮蔽效益及提高靜穩度，提供船舶安全作業之碼頭環境。然如採用傳統連續堤施工方式由岸邊向外海延伸設置擋浪設施，將所費不貲，且對鄰近海岸生態及環境造成甚大影響，嗣經水工試驗、數值及操船模擬等周全評估後，採用475公尺離岸防波堤方式設置並首次應用於國內國際商港，除可充分發揮最大之遮蔽效益，亦可有效縮減量體節省材料，擷節工程經費，兼顧經濟、生態及環保等面向。

貳、工程效益

本工程以位於外海的離岸防波堤阻隔特定波向的波浪，以確保港池靜穩，讓波浪不致侵襲陸域場地，以降低碼頭設施遭越浪淹水損壞之風險，提升設施壽年與降低維護成本。同時可讓颱風汛期期間仍可維持洲際二期港域靜穩，增加全年碼頭可作業天數，提昇洲際二期碼頭使用效率。該堤體的設置，可提供洲際二期港埠(石化油品儲運中心、貨櫃中心等)優良之碼頭作業環境，確保大型船舶(如：油輪、貨櫃輪等)作業安全，提供國內外大型航商優質服務，進而提昇高雄港之國際形象。

本文謹就「高雄港第二港口北側防波堤新建工程」之離岸防波堤主要工項施工過程及實務逐一探討說明。

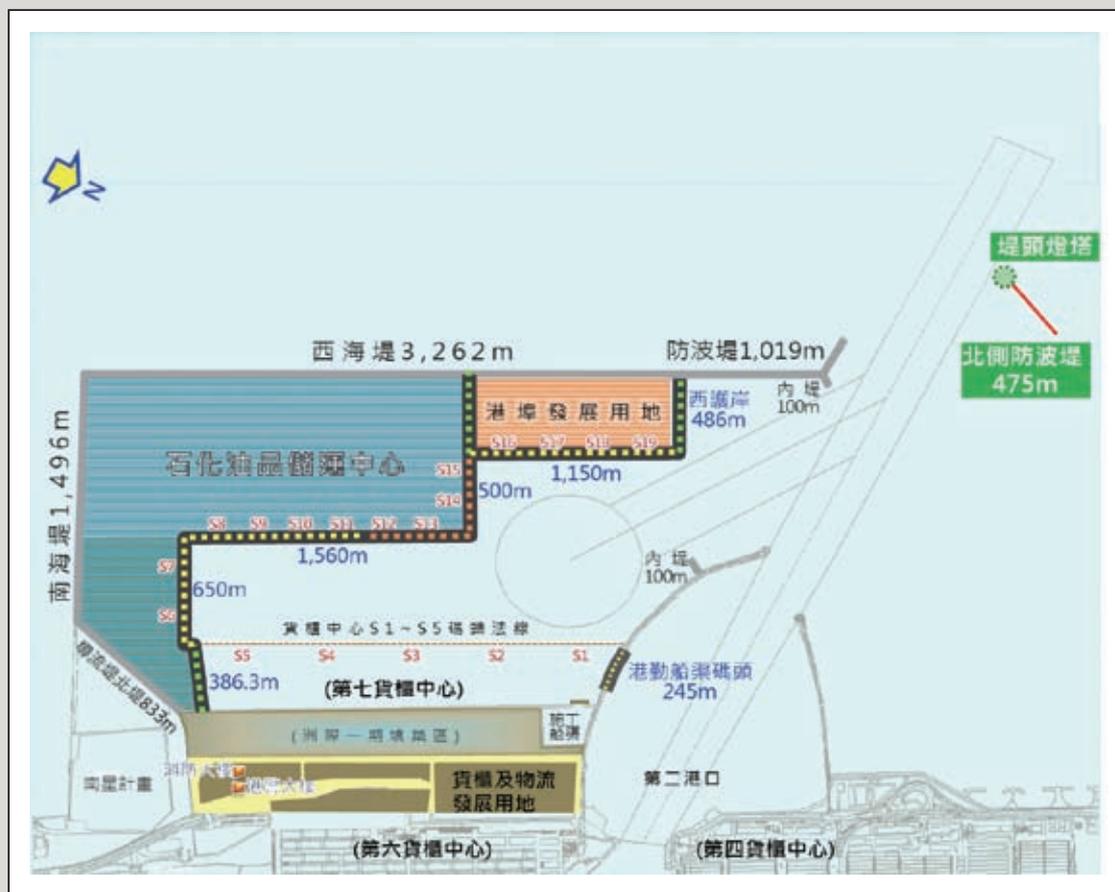


圖1 高雄港洲際貨櫃中心計畫(含北側防波堤)區域示意圖

參、離岸防波堤施工

本工程工址位於距高雄港二港口南防波堤頭3公里之外海，為水深逾20公尺之開放水域，其中475m離岸防波堤主要結構，同「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫」案內如6,810m外廓堤及導流堤北堤、10座石化油品(倉儲)碼頭、4座散雜貨碼頭等，均由一座座沉箱體連結而成，沉箱構造係由RC板牆構築成巨型隔艙浮箱，內部填充沙石料，形成一重力式結構(如圖2所示)。沉箱堤底部外側外側拋放之消波塊及型塊，除可加強護基防淘刷效果，並可利用其多孔隙之特性，提供海生物附著、吸引魚類棲息、增加生物活動及躲避空間以促進該海域生態多樣化。(如圖3所示)

採用沉箱堤結構經評估為本計畫抗浪、耐

震之最佳構造，可滿足50年迴歸期颱風波浪、475年地震作用之安全性。該工法工序大致為於場區進行沉箱基礎底部襯墊鋪設、堤心石拋放整平、沉箱拖放定位、沉箱內艙回填砂石，其後構築堤面結構及導航設施，完成施工作業(如圖4所示)，以下謹就主要施工項目探討說明。

一、沉箱製作

本工程沉箱共計19座，長24.9m、寬23.5m、高20.5m及21.5m，單座沉箱約重達7,000餘噸，係以滑模系統製造，且不同於國內常見之浮船塢工法海上製作沉箱，本工程採用國內較創新之陸上軌道工法(如圖5所示)，沉箱於陸上製作，施工較不易受海氣象影響且產能穩定，如同工廠生產線般採一貫作業流程，其施工循環流程為：底板組模繫筋、底板混凝土

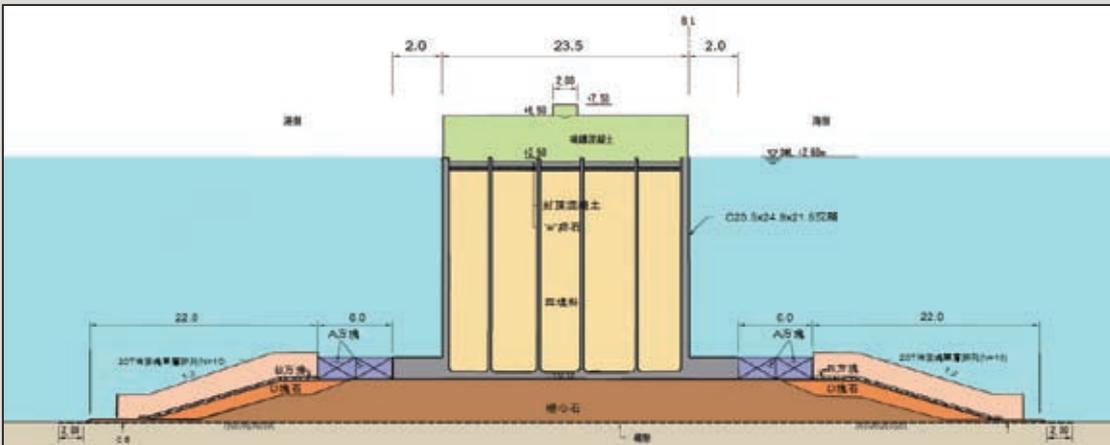


圖2 高雄港洲際貨櫃中心計畫區域示意圖

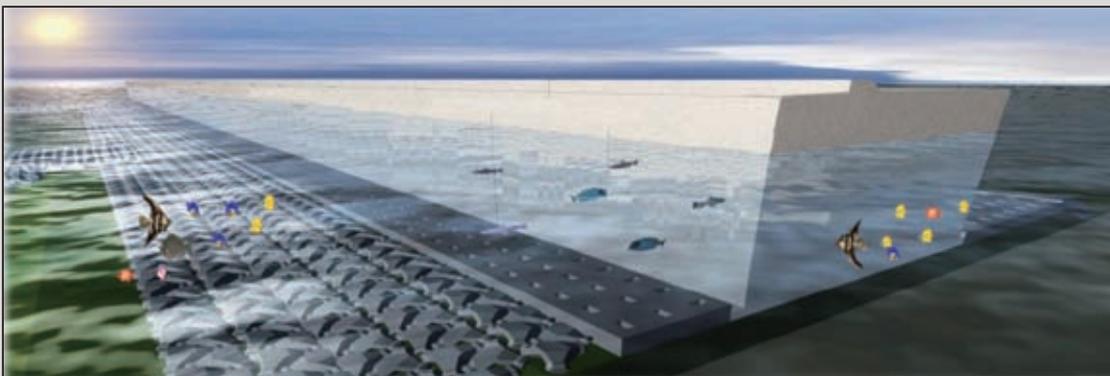


圖3 沉箱堤底部護基型塊示意圖



圖4 沉箱堤施工流程



圖5 陸上軌道工法沉箱製作場

澆置、沉箱艙模吊裝、沉箱滑模(含紮筋)、養護及拆模、台車縱橫向沉箱移駁、沉箱出塢暫存等。沉箱製造每一作業流程均需確實掌握，方能確保沉箱製造品質，如滑模系統之選用需考量載重、沉箱結構、預留筋、預留孔等因素而配置，及整體規劃施工人員作業空間及動線，滑模過程中速度一般控制在20~30cm/hr，不適當之滑模速度易產生混凝土脫落及拉裂現象，甚至發生夾模，甚而導致滑模中斷，影響沉箱品質。

因沉箱滑模為24小時連續不間斷施工，單一座沉箱滑模時間歷經四天三夜，故施工及監造人員均採用輪班方式作業，人力規劃需事前協調安排妥當，避免人員不足影響作業進行或人員超時工作，影響健康及施工效率品質。另滑模屬於高空作業，不論鋼筋吊放、內外艙模組拆等，相關起重設備及機具檢查、作業空間圍管管制，與滑模頂升設備及人員工作架之定期檢視，為安衛檢查重點。有關沉箱製造流程中監造及安衛檢驗停留點如圖6所示。



圖6 沉箱製作流程(含監造及安衛查驗停留點)

二、襯墊加工及鋪設

沉箱底部鋪設織布襯墊目的在於減少防波堤基礎石料之不均勻沉陷及沖蝕，本工程採用抗拉強度70kn/m之織布(材料性質詳圖7)，鋪設前先於工廠製造後再運至工地加工裁接，加工前先進鋪設規劃(如圖8)，裁製尺寸依設計圖及鋪設規劃位置而定，單一捲襯墊搭接方式採縫接，以手提電動縫紉機在平坦處縫接，其接疊寬度應在10cm以上，且於襯墊上便於捲起處方向，每隔2至2.5m間距，縫紉#3號鋼筋1支，作為壓重及固定，襯墊縫製後，經檢查合格後捲收儲存備用(如圖9)。

海上鋪設前，依規劃進行海上佈標，將該次鋪設位置範圍四周準確標示，後經潛水人員襯墊循堤之橫向緩緩展鋪，同時以卵石壓置固定，以至另一側為止。每捲之間採自然疊接方式搭接，搭接寬度為50至100cm，鋪設過程中可利用H型鐵絲或鋼筋加以固定，鋪設完成經查驗合格及水下攝影留存紀錄後，宜隨即拋放堤心石壓重固定，避免海流沖襲移位，相關施工流程如圖10所示。

三、堤心石拋放整平

本工程所採用之石料以卵、塊石為主，需確實掌握料源及早購儲以供拋放，故於施工前須妥善擬定供料計畫及整理出足夠之場地，以供石料堆放，石料須大小等級分區儲放，並經採樣送驗合格後始得拋放。石料拋放前須確認該區前置作業之襯墊鋪設是否完成，並以船隻定位系統確認拋放位置，各層石料之厚度應依設計圖說拋放，同時應考量沉陷量予以適當預高，每一層次石料之拋放，於未經檢查或高程測量前，不得拋放上層之石料，施工順序如圖11。

本工程作業水域原始海床深度為-23~-25公尺，而離岸堤設計基礎水深達-23公尺，已非國內一般海上作業船機規格能量所能負荷，且若依既往海事工程作業模式，水下作業人員需求數量多，相對作業安全風險度高，因此本案石料載運係採用自航自載底開式拋石船(如圖12)，並搭配全台能量最大且作業臂長度足夠之反鏟式挖泥船，不僅提升作業效率與測量精度且減少人員從事深水作業風險。

項目	單位	結果	試驗方法
拉力強度	kn/m	>70	CNS 13300 A3339；ASTM D4595
破損前延伸率	%	<30	CNS 13300 A3339；ASTM D4595
有效開孔徑(AOS)	µm	<[300]	ASTM D4751
透水係數	cm/sec	$>1 \times 10^{-2}$	CNS13298 A3337 或定水頭高 10 公分 CNS 10460 L3201
耐紫外線性			紫外線碳弧燈連續照射 200 小時外觀無變化，拉抗強力不得低於原規定之 90% CNS 9024 L2053

圖7 工程用織布物理性質

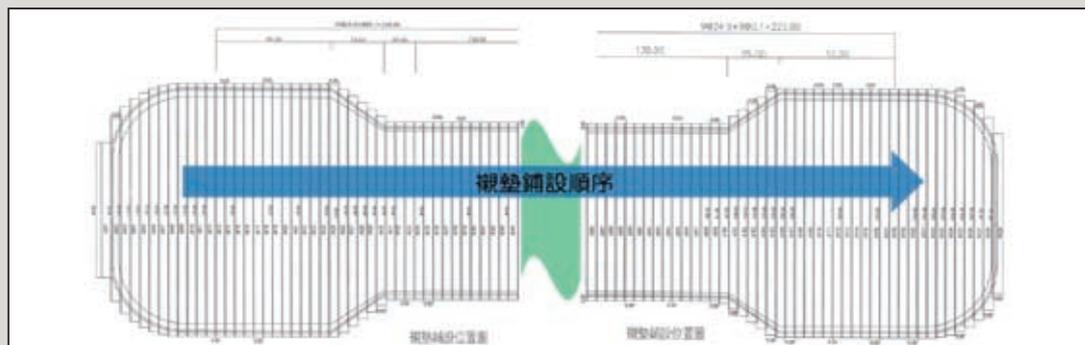


圖8 襯墊鋪設規劃

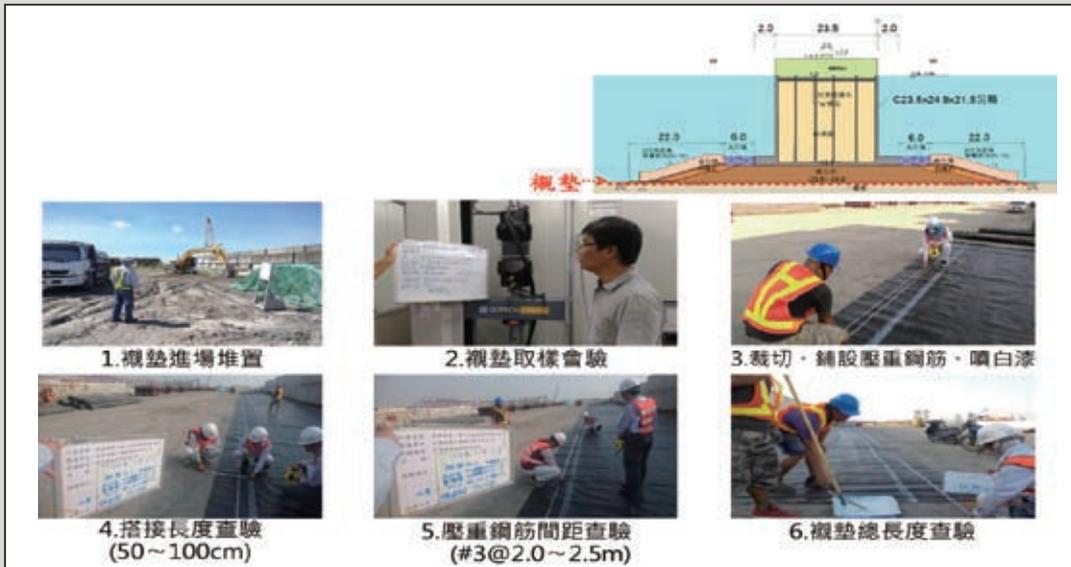


圖9 襯墊陸上加工流程

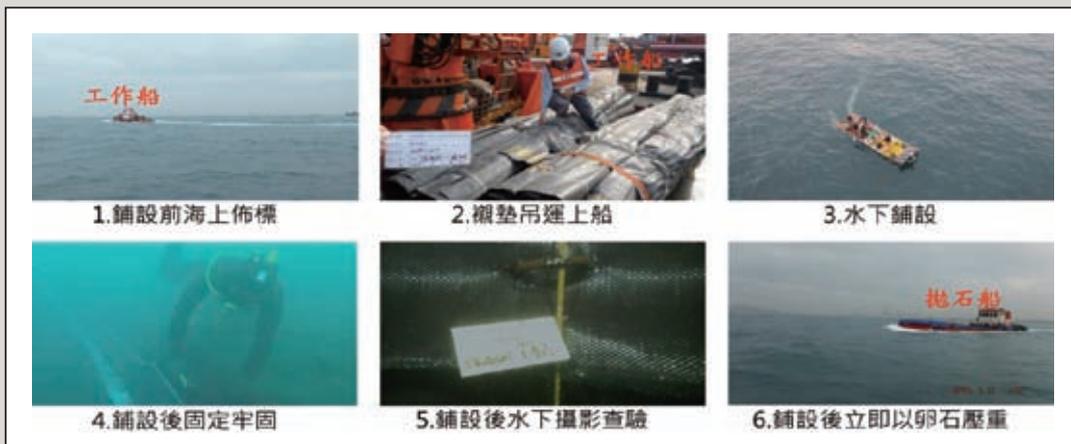


圖10 襯墊海上鋪設流程

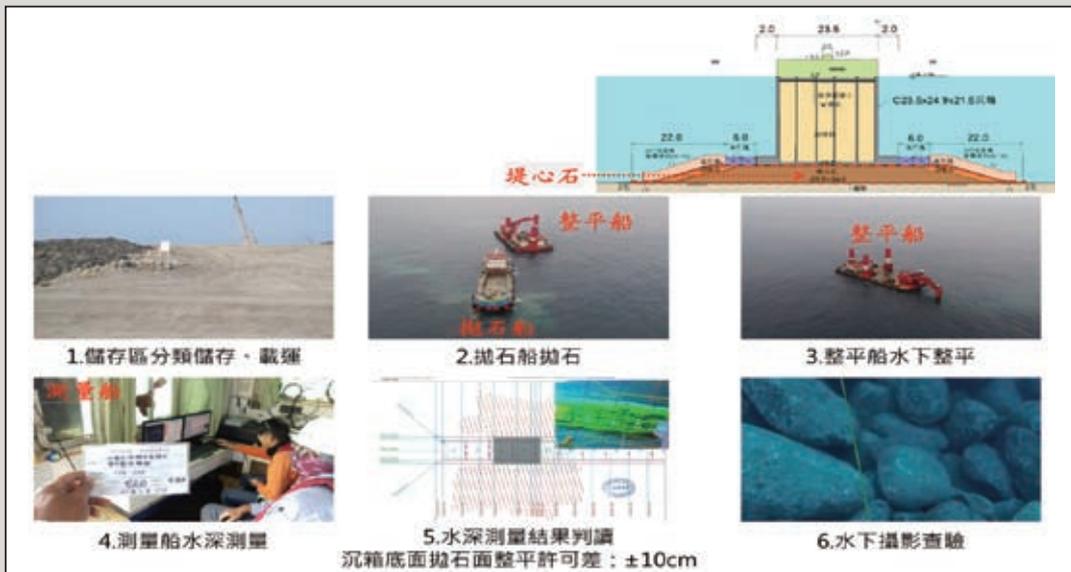


圖11 拋石整平流程

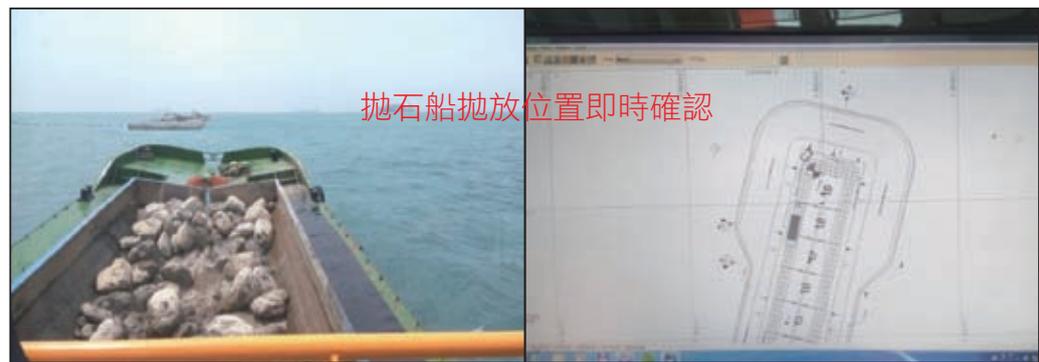
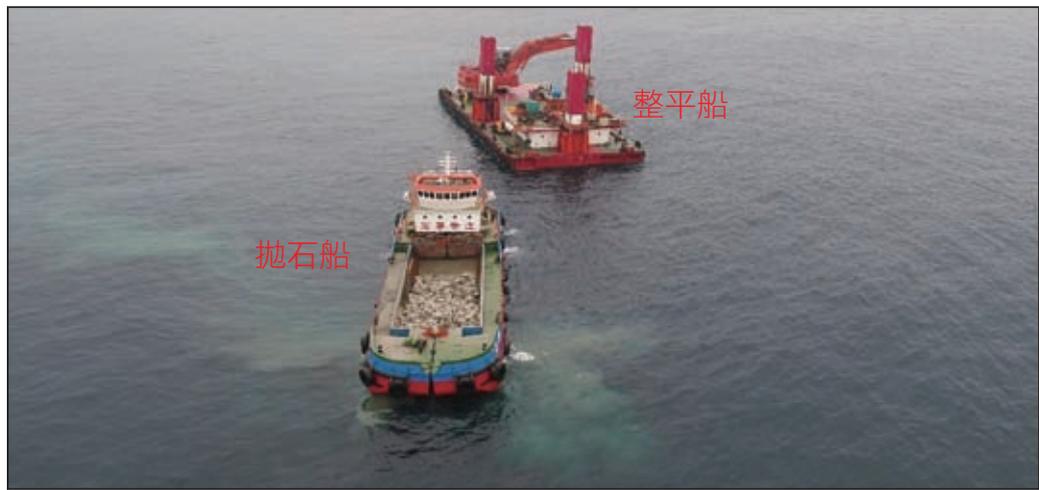


圖12 自航自載底開式拋石船

水下石料整平船機除更換原廠加長工作臂，作業深度可達25公尺，完全符合本工程需求，另設置有船隻動態定位系統(如圖13)，結合動態定位與深度驗算等運算軟體，以精準進行船隻定位及水下深度即時測量，並可即時查看船機作業位置與工作深度，提供作業人員即時且正確資訊，避免重覆耗時作業循環發生，大幅縮短整體作業工時，降低物料使用損耗，更因此大幅提升施工品質準確度，也大幅降低水下作業人員需求數量，減少水下作業風險程度。

四、沉箱拖放定位

當沉放基礎堤心石料整理查驗完成，應盡速安放沉箱，避免堤心石整平後閒置過久而因海流沖刷導致堤心石料流失，影響沉箱定位精

度，相關沉箱定位流程如圖14所示。

何時拖航及安放，必須審慎決定，拖放前需先確定航道水深、拖航時之潮位、波浪、風速、海流，且須顧及有充裕之填充時間。波高與潮位關係拖放成敗，拖放前需邀集相關人員，研商最佳之拖航與安放時刻及航道管制計畫。拖航及安放時均需風平浪靜，原則有連續2-3天波高在0.5m以下，且潮位能在高潮之前。

沉箱拖放前應先裝妥絞車、定位桿、頂箱工作台、梯子、碰墊、各式繩索及進水閥轉動桿、把手槓桿和抽水機、測量儀器、安全網及跳板，無線電對講機等，且裝備必須完全在可用狀態。



圖 13 拋石整平船設置船隻動態定位系統

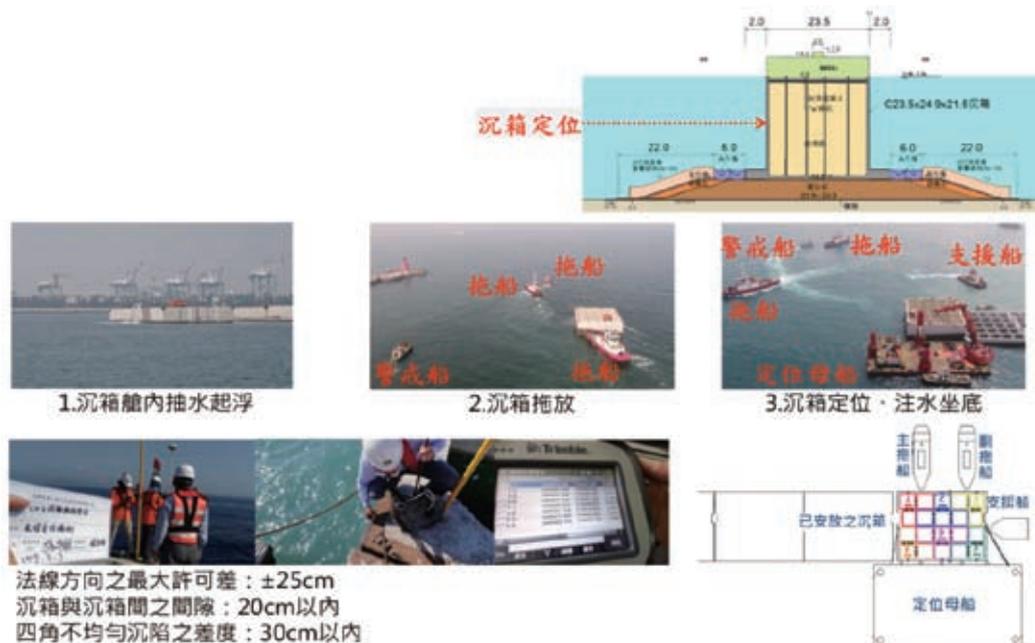


圖 14 沉箱拖放定位流程

沉箱頂鋪設安全網及蓋板，以維拖放時人員作業安全，安全網須全面鋪設，蓋板則鋪四周圍；為減少抽水量，於低潮時關閉止水閥，再以足夠能量之沉水泵將沉箱內水抽乾，且為防止沉箱漂動，抽水需先將沉箱繫纜固定。

於各項準備工作妥當後，依沉箱大小選擇足夠吃水深潮位拖放沉箱，同時需預測有連續2-3天波高在0.5m以下，俾可及時完成初步保護。沉箱抽水後，以適當能量之拖船將沉箱拖往安放位置，必要時沉箱後面以拖船助推，加速拖航速度。於沉箱拖至安放位置時，即打開制水閥，並由海上拖船及岸上機具調整沉箱位置，於沉箱離基礎約50cm左右，即關閉制水閥並調整至正確位置後再開制水閥緩慢安放至定位。

沉箱之下沉時間，應調節各進水閥之進水量，必使沉箱四隅之吃水保持同一高度，下沉當中如發現沉箱之位置有偏差時，應即採修正之措施，沉箱下沉時，應配置潛水伏，檢查下沉中之沉箱位置、吃水及拋石基礎情況等。

沉箱填沙作業應於沉箱拖放定位後盡速完成(除另有規定外，以3天內為原則，若遇惡劣天候時，則應縮短作業期程)，沉箱內填沙之來源須依規定取砂，至少以離結構物100m範圍外之海域為佳，另為顧及沉箱壁安全，填沙時相鄰隔艙間填沙高差不得大於1.6m。

本案工址位於距高雄港二港口南防波堤頭3公里之外海，海流強勁且流向改變劇烈，相對增加沉箱拖航困難度。拖放NO.01-04沉箱時，採拖船(940HP及2400HP)雙拖纜方式拖航，並於沉箱後方配置第三艘拖船(2400HP)作戒護及頂推；但在二港口外海處受流勢及流向劇烈改變，致使沉箱拖航作業困難度增加，經檢討主因為沉箱受力面積大，需因應海流方向調整帶纜方式與輔助動力船機支援。自NO.05沉箱起

拖航作業改以單纜拖行，單纜拖行主要以沉箱牆體角隅破浪方式減少水阻面積及降低水體阻力，船機配置改以沉箱前方2艘拖船串拖、後方用2艘拖船戒護與頂推(如圖15)，拖航作業時間大幅減少2~2.5小時，降低影響高雄港二港口船隻進出航行時間，深獲VTC塔台管制人員肯定。

施工期間深受外海波浪、海流急速變化及颱風豪雨侵襲等海氣象環境因素影響，工址距高雄港二港口既有航道最近僅約300m，國際商船、郵輪、軍艦等大型船舶進出通過頻繁，且須維持高雄港二港口船舶航行及營運，故須在有限時間內快速、正確及精準完成，工程團隊除動員大型船機設備從事高效率施工(如圖16)，如沉箱拖航定位作業設置定位母船，大幅縮減沉箱定位時間，施工過程中常設機動警戒船，負責觀察與警告，更因應離岸防波堤於外海施工之特性，以不同於傳統陸域工程全測站測量方式進行定位測量，如沉箱定位作業即採RTK測量方式，於沉箱體上佈設兩組GNSS系統(如圖17)，使定位船於操作室螢幕上即可清楚確認沉箱目前位置，提升沉箱定位測量準確度，同時可加速安放速率並降低人員作業風險。

五、堤面施工

堤面與胸牆之兩側模板應有適當之強度以抵抗波浪，施工前模板及其組立工作圖、結構計算書，須經核定後施做，模板接縫須緊密以防漏漿。最上層堤面混凝土模板組模前，應先測量沉箱之高程，以了解沉箱整體沉陷量，並作為調整堤面混凝土之依據。堤面混凝土得視實際情況並經工程司同意後分2層以上方式澆置，上下層混凝土厚度未規定時，以均分為原則，其高程可依沉陷之計算及以往施工之經驗，予以預估沉陷量，而調整堤面及胸牆之高程以符合設計要求。

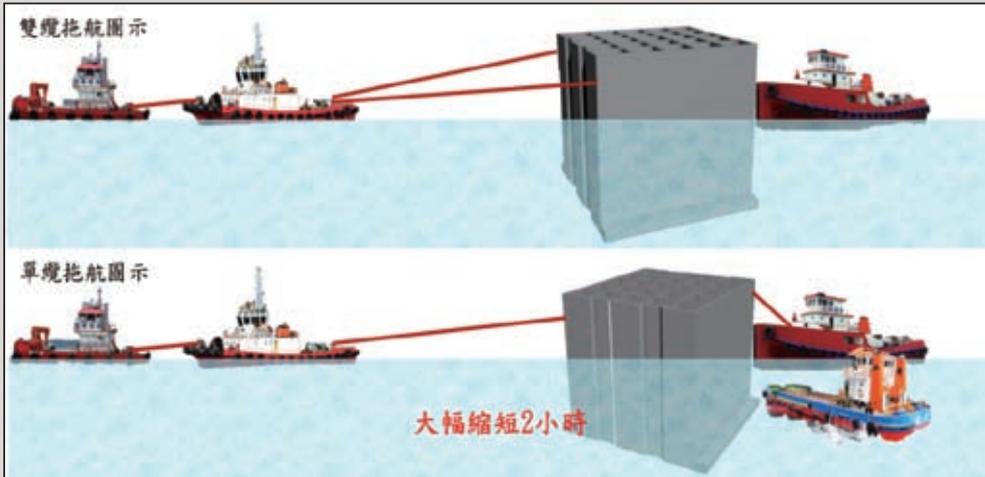


圖15 因應工址現況調整沉箱拖航方式



圖16 沉箱定位動員大型船機設備高效率施工

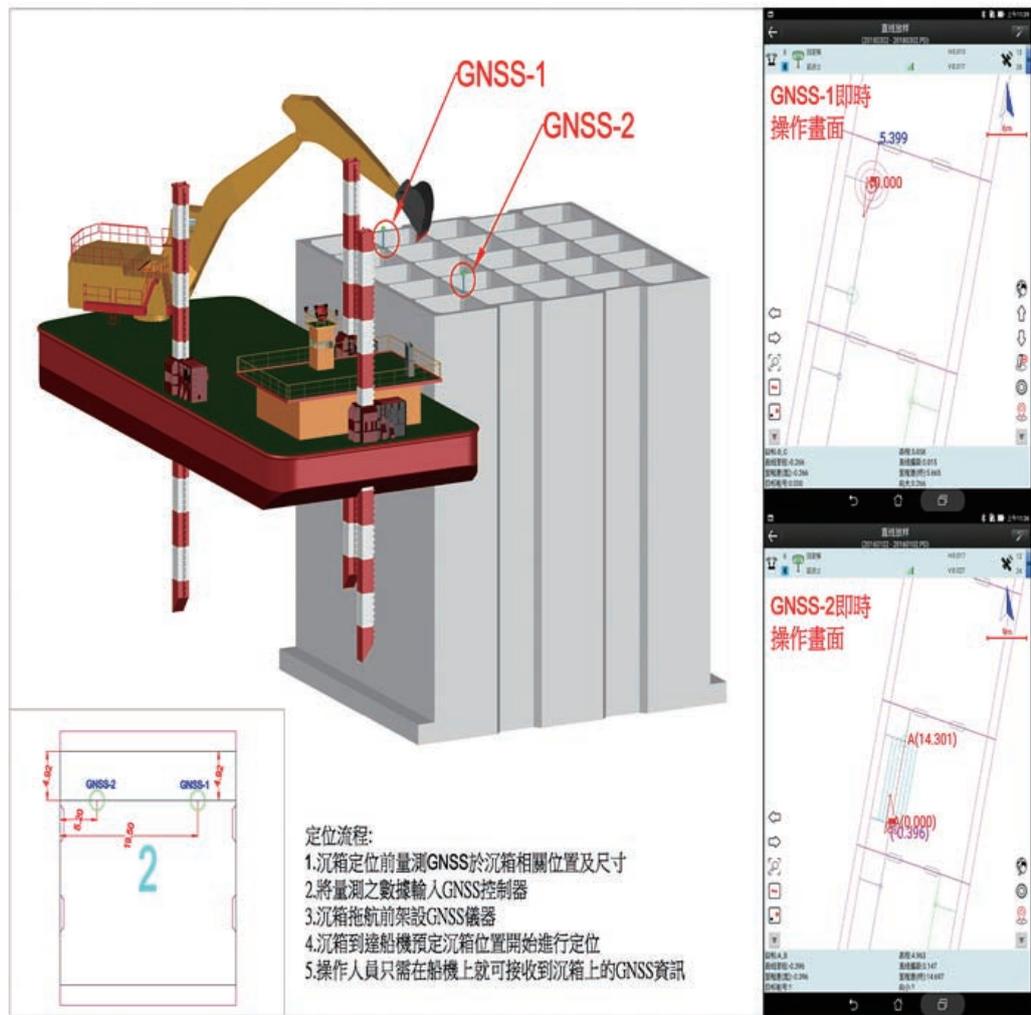


圖17 沉箱定位使用GNSS結合RTK

沉箱之堤面及胸牆，每一沉箱設一伸縮縫。堤面混凝土澆置搗實後，在混凝土尚呈塑性狀態時，以刮板刮去多餘之混凝土，使其表面符合設計圖之形狀及高度，堤面及胸牆完成面，應為平整之粗糙面，並應以竹掃或拖布拖刷而成，紋路必須一致且為垂直於堤線之方向，完成堤面應略向無胸牆或海側處傾斜，坡度約3/1,000，以免積水。

本工程屬離岸堤設計，堤面場鑄混凝土須完全依賴船機進行海上往來運補及有效控制在規定時間內澆置完成確保施工品質，然因須配合高雄港二港口船隻進出場管制避讓，實際可

施作時間相對減少。因此主辦機關會同設計、監造及施工廠商研議採「半預鑄工法」取代約一半之堤面場鑄混凝土澆置量(如圖18)，即原堤面混凝土設計量約51,000m³，先於陸上製作1,414塊預鑄塊(約24,000 m³)，沉箱拖放定位及堤面前置作業完成後，進行海上堤面預鑄塊吊放，並預留適當空間以利後續場鑄混凝土澆置，後依原設計組立堤面外模，最後進行堤面混凝土海上澆置(約27,000 m³)，將堤面預鑄塊完全包覆成一完整堤面結構(施工順序及實況如圖19、20)，如此減少工作船機及人員於海面長時間工作導致安全風險疑慮，相對提升作業安全。

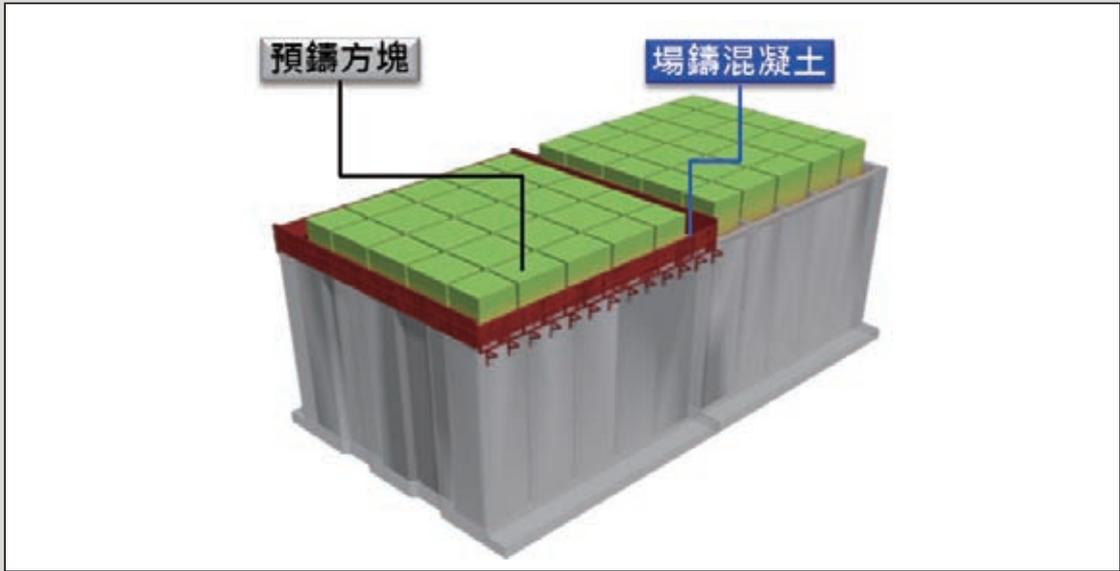


圖18 預鑄方塊及場鑄混凝土配置平面

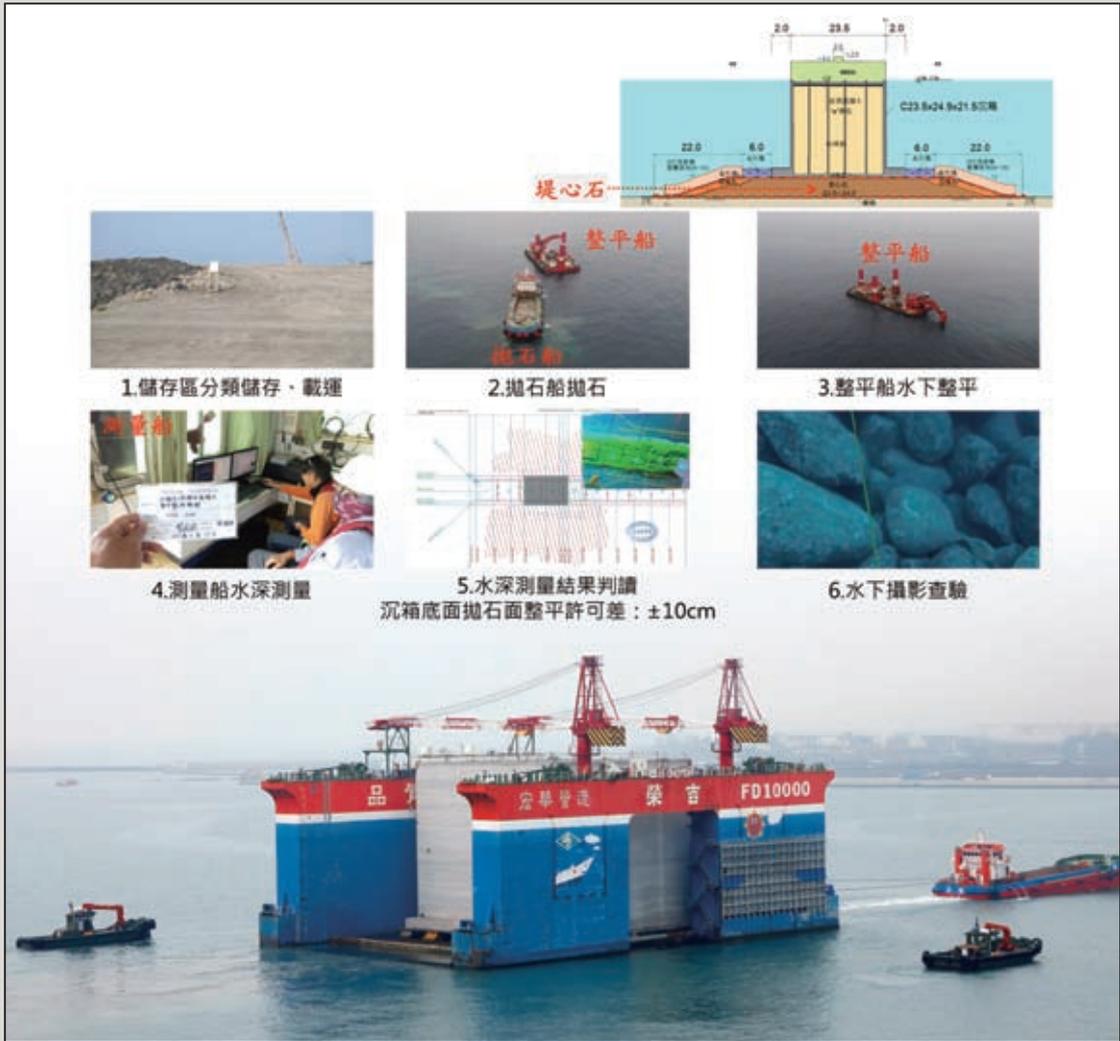


圖19 預鑄方塊及場鑄混凝土施工順序



圖20 堤面作業實況

肆、結語

離岸防波堤因外海波浪大且海流強勁，天候及海象極不穩定，可作業天數有限，且因須配合高雄港二港口船隻進出場管制避讓，實際可施作時間相對減少。因此如何透過縝密規劃施工方式及精確控制作業流程與施工品質，利用氣候穩定之有限時間攆趕工進，減低海氣象因素對整體進度及品質影響為重要之課題。施工期間，需同時調派自有多艘功能多元之自動化工作船機與設備，積極攆趕工進與精確控制施工品質，亦需集思廣益思考如何在兼顧設計原意、施工性、經濟性、施工期程下，構思一最佳方案，以創新的方式減少工作船機及人員於海面長時間工作導致安全風險疑慮，相對提升作業安全。

本文以「高雄港第二港口北側防波堤新建工程」為例，探討離岸防波堤施工實務重點、

遭遇困難及解決對策等課題，作為未來相關港灣工程離岸堤施工參酌。

參考文獻

1. 王錦榮、羅勝方、彭國源、蔡同宏、葉錦璋，「港灣工程沉箱陸上軌道工法之施工實務」，中華技術No.104，2013年。
2. 林明華、彭國源、蔡同宏、葉錦璋，「棧橋碼頭與沉箱碼頭施工實務探討」，中華技術No.108，2015年。
3. 羅勝方、彭國源、陳懿佐、蔡同宏，「『浮沉台船工法』與『陸上軌道工法』製作沉箱之施工實務比較」，中華技術No.116，2017年。



沉箱工法的大躍進—— 「浮沉台船」與「陸 上軌道台車」製作沉 箱之施工實務探討

關鍵詞(Key Words)：防波堤(Breakwater)、碼頭(Dock)、浮沉台船(Floating Dock)、陸上軌道工法(On-Land-Track Construction Method)、沉箱(Caisson)、台車(Trolley)、鋼製托盤(Steel Supporting Plate)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／計畫工程師／李佳穎 (Lee, Chia-Ying) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／技術經理／謝政璋 (Hsieh, Cheng-Chang) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／副理／蔡同宏 (Tsai, Tung-Hung) ❸

摘要

重力式沉箱為防波堤、碼頭等港灣工程常見之基礎結構物，近期亦普遍使用於高雄港洲際二期、中油觀塘第三天然氣接收站等大型港灣公共工程，以往國內均採用「浮沉台船工法」製作沉箱，並已累積豐富實務經驗，惟因國內大型浮沉台船短缺，因應工進需求，高雄港洲際二期更首次引進「陸上軌道台車工法」製造運載沉箱，並於施工過程中獲得良好的實務操作經驗及回饋。本文旨介紹沉箱製作由傳統「浮沉台船工法」提昇至先進「陸上軌道台車工法」之歷程，並藉由介紹各工法中之工法選定、場地規劃建置、沉箱製作與運輸等，比較各工法之不同特性，俾作為未來相關工程建設設計及施工規劃之參考。



Comparing the Construction Practice of Floating Dock Method and On-Land-Track Caisson Construction Method

Abstract

Gravity caissons are the common structures for the breakwaters and docks harbor projects. It is also widely used in large-scale public works such as Kaohsiung Port Intercontinental Phase II and CPC Kwun-Tong Liquefied Natural Gas (LNG) Harbor. They are commonly built by Floating Dock Method and there is rich domestic practical experience. The government is actively promoting the Port of Kaohsiung's emergence as a key transshipment center for Asia-Pacific container shipping and for global logistics. The Port of Kaohsiung of Taiwan International Ports Corporation (TIPC) continuously executes Kaohsiung Intercontinental Container Terminal Project which builds the caissons by On-Land-Track Construction Method besides Floating Dock Method in Phase II, and gains good practice experience and feedback. This paper introduces the process of caisson production from the traditional "floating shipbuilding" method to the advanced "land-based railing" method, and compares the various methods in the selection of construction methods, site planning and construction, caisson production and transportation. The different characteristics are used as reference for future related engineering construction design and construction planning.

壹、前言

「高雄港洲際貨櫃中心二期計畫」位於高雄港二港口南側，南起南星近程計畫，北至二港口北防波堤以南，東靠近高雄港洲際一期工程，西臨台灣海峽。洲際二期計畫(如圖1)中又以外廓防波堤(267座沉箱)及岸線碼頭(187座沉箱)之「沉箱製作與拖放」屬最關鍵且佔有最高權重比例之施工要項。本文謹就洲際二期計畫分別以浮沉台船工法及陸上軌道台車工法製作454座沉箱之工法沿革、施工場地規劃、建置，以及沉箱製作與移運作業等，逐一探討說明。

貳、浮沉台船工法

顧名思義浮沉台船工法即為在浮沉台船上製作沉箱之工法，一般浮沉台船工法之施作時需考量沉箱製作之方式、場址規劃及建置、施工規劃與管理、施工場地機械及船機維護等重點，本節擬就前述重點摘述如下，並就施工實力進行探討說明。

一、沉箱製作方式

其中浮沉台船工法依施工船機之載重能量，可將沉箱製作方式概分為一次完成工法(一階段沉箱澆置)及二次加高工法(二階段沉箱澆置)兩種，其分別說明如下：

(一) 一次完成工法(一階段沉箱澆置)

一次完成工法即是在浮沉台船上將沉箱無間斷一次加高至完成高度，本工法具有施工過程穩定及成功率幾乎100%之特性。其原理係利用浮沉台船可下沉及上浮之功能，於浮沉台船上製作沉箱並完成混凝土澆置及養護(如圖2所示)，直接將浮沉台船下沉，再靠沉箱自身浮力起浮，將沉箱拖離浮沉台船至儲存場儲放，其施工流程詳圖3。

(二) 二次加高工法(二階段沉箱澆置)

本方式主要係考量沉箱若體積與重量過大，導致沉箱完成時承載力較小之浮沉台船無法承載其總重量時，則須考量採二次澆置沉箱方式。其原理係利用浮沉台船



圖1 高雄港洲際二期計畫平面圖



圖2 中工1號、中工3號浮沉台船製作沉箱



圖3 一次完成工法施工流程

可下沉及上浮之功能，先於浮沉台船上製作沉箱至1/2~2/3高度，將浮沉台船下沉使沉箱自動浮起後，拖離浮沉台船至另一水深較深之碼頭進行二次加高作業(詳圖4)，待完成後再拖至沉箱儲存場儲放，其施工流程詳圖5，其優缺點詳如表1所示。

(三) 兩工法優缺點：兩工法主要差異在沉箱承載能力，若浮沉台船載重能量足夠時，原則應以一次加高較為適宜；然若因受限於場地、船機載重時，則可考量改採二次加高工法，其兩工法之優缺點彙整詳表2所示。

二、施工場址規劃及建置

沉箱由製作到可拖放至少需經過製作、出塢及儲存等三大動作，故施工場址規劃與建置需將前述三個過程中所需之空間及鄰近相關配套措施予以評估，茲分述如下：

(一) 沉箱製作場地選定原則

1. 以浮沉台船製作沉箱，首要考量其淨空間及載重需足以因應所有沉箱尺寸及重量外，浮沉台船所需停靠碼頭，亦需尋覓適當工址或新建。



圖4 海上二次加高滑模

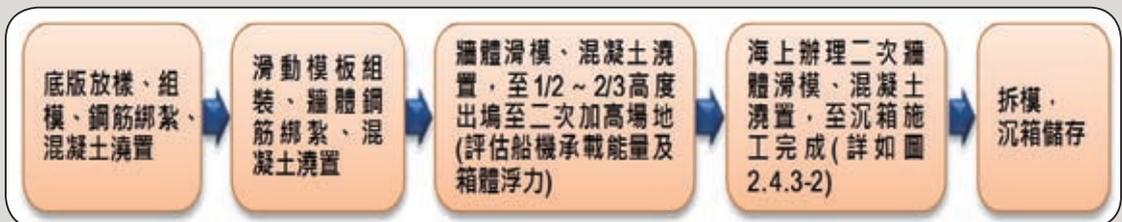


圖5 二次加高工法施工流程

表1 二次加高工法優缺點

優點	缺點
1.以國內現有且數量較充裕、承載力較小之浮沉台船製作沉箱，節省船機動員時間。 2.船上及二次加高工作面可同時施作，可提升施工效率。 3.製作完成後可直接拖放儲存。	1.二次加高工作面易產生漏水問題。 2.二次加高作業易受海象影響並衍生工安、延誤進度問題。 3.二次加高工作面碼頭建置不易。 4.不適用異形沉箱。

表2 浮沉台船工法比較

項次	一次完成工法	二次加高工法
碼頭	需考慮浮沉台吃水深，一般需6m-7m水深碼頭	需考慮最大沉箱吃水深，碼頭水深約需至最大沉箱之2/3高度
施工船機	所需船機載重量較大，國內可供使用之船機數量較少	可採較低承載力之船機施工，國內可選擇之船機較多，可減少動員時間
異型沉箱	適用異型沉箱	不適用異形沉箱
施工穩定	於浮沉台船上施作，受海象影響小，相對穩定	二次加高階段，沉箱浮游於海上施作，受海象影響大
緊急應變	施工過程如遇颱風來襲船機可進港避颱或就地座底	颱風來襲時，沉箱需就地座底風險大

- 碼頭空間尚需劃定沉箱內外模(含零組件)及鋼筋儲放空間，施工車輛作業動線、施工人員休息及物料置放空間等亦需充分規劃。
- 如可租用既有碼頭(如台北港、高雄港閒置碼頭)施工，將可節省碼頭建置時間。
- 如無法租用港口既有碼頭，需建置臨時施工碼頭，應先於碼頭外側建置臨時圍堤，以確保汛期或海象惡劣時仍能提供適當之沉箱製作及儲存環境。或可採用暫未使用之沉箱或以拋石提方式建置臨時圍堤。

(二)臨時碼頭及後線場地建置方式

- 考量浮沉台船停泊需要，建議應視場地質狀況，採用預鑄空心方塊、固結之組合方塊或鋼板樁形式建置適當長度之

臨時碼頭，水深約需6m-7m。

- 如採二次加高工法則需考慮最大沉箱浮游吃水深需求建置臨時碼頭。
- 臨時碼頭後線應建置約50m縱深之施工場地，以供沉箱鋼筋、活動模板堆置。

(三)沉箱出塢、儲存區浚挖

- 需考慮沉箱吃水深及浮沉台船甲板厚度，預先浚挖適當水深之出塢區，以確保沉箱可順利起浮。
- 因應沉箱儲存需求，應規劃設立適當沉箱儲存區域(如圖6、圖7)，以確保沉箱儲存過程不至受波浪影響破壞或發生滅頂情事。

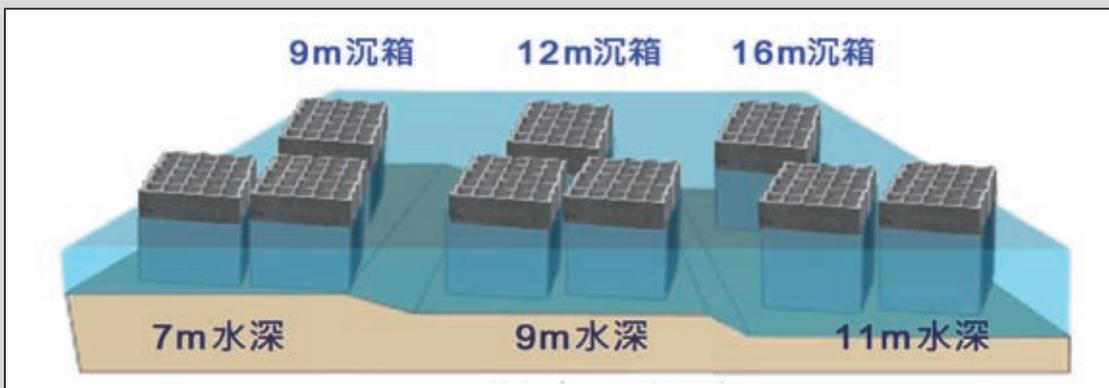


圖6 沉箱儲存區規劃示意圖



圖7 洲際二期沉箱儲存區

3. 沉箱需儲存養護至設計強度才能拖放定位，因此對製作完成之沉箱而言，暫存區規劃與整理相形重要。

三、施工規劃與管理

因國內浮沉台船有限(國內浮沉船現況如表3)，承商應優先考慮船機動員狀況，並選定適當之工法，如沉箱製作數量少(種類少、尺寸小、無異型沉箱)、時間充裕，建議可選擇成本較低、船隻選擇多但相對較不穩定之二次加高工法；如沉箱製作數量多(總類多、尺寸大、有異型沉箱)、時間緊迫，建議可選擇成本較高、船隻選擇少但相對較穩定之一次完成工法(如圖8)。

如以有效管控施工進度及提昇施工安全考量，應以一次完成工法為優先建議使用之工法，僅需視新製沉箱尺寸、重量及進度需求，動員適當數量船機進場施工，惟因國內大型施工船機數量有限，如無法租用現有船機，則自國外製作、引進約需耗時8~10月，故承商應妥善辦理施工規劃，並將里程碑進度需求、船機動員、工法選擇等因素一併考慮，方能有效控管工程如期完工。

四、施工場地機械及船機維護

浮沉台船工法直接於浮沉台船上製作沉箱，沉箱施工過程需注意維護浮沉台船抽排水

表3 國內浮沉台船現況

船名	承載能量(噸)	所在位置
長虹2號	3,900	台北港
合隆108號	5,600	高雄港
合隆109號	5,500	高雄港
第八大寬號	4,800	高雄港
雙隆號	4,500	高雄港
中工1號	15,000	高雄港
中工3號	8,800	高雄港
榮吉	10,000	高雄港
駿逸1號	8,800	台北港
駿逸2號	8,800	台北港
石川7號	9,000	台北港

表4 浮沉台船工法異常狀況處理

異常狀況分類	異常狀況	損壞排除措施
浮沉台船抽排水馬達故障	沉箱出塢下沉階段無法抽水進船艙	需修復更換抽水馬達後再行辦理沉箱出塢作業。
	起浮階段無法自船艙排水	1.需調用外部抽水機排除船艙積水。 2.如無法及時修復應使浮沉台船於出塢區座底並派遣船機警戒。
浮沉台船發電機故障	發電機故障導致無法抽排水	1.需修復更換發電機後再行辦理沉箱出塢作業。 2.建置備援發電機。 3.如下沉後發生發電機故障問題，需調用外部抽水機排除船艙積水，待起浮後再行修復。
浮沉台船船艙破孔	船艙破孔導致無法順利抽排水	1.需修復破孔方能辦理沉箱出塢下沉。 2.如浮沉台船下沉後發生破孔狀況，應於是當位置座底，並緊急派遣潛水人員進行水下電銲修復作業。

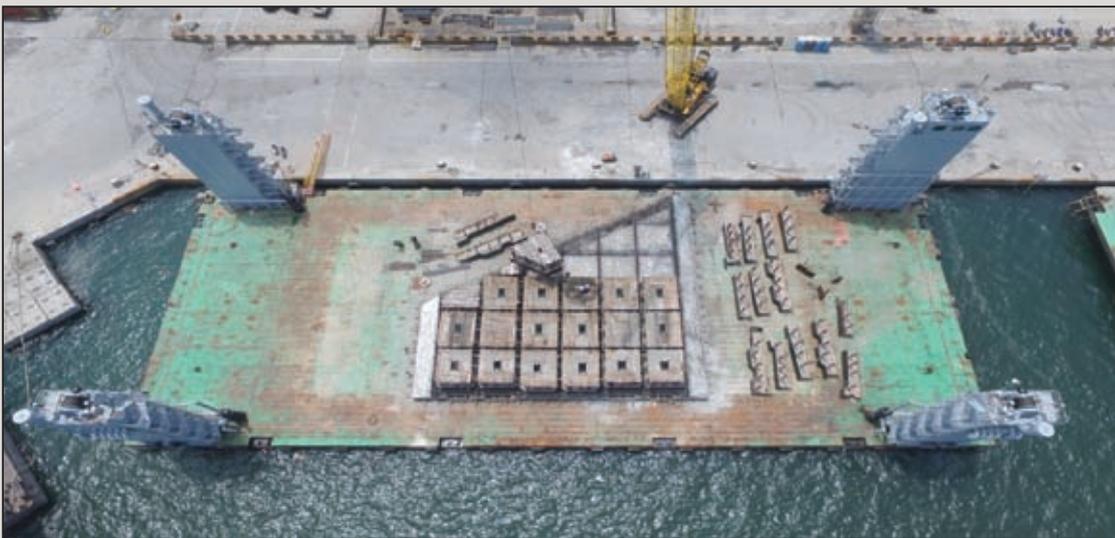


圖8 一次完成工法製作異型沉箱

系統穩定，以免沉箱出塢階段發生異常狀況。異常狀況，其處理方式如表4說明：

五、浮沉台船施工實例探討

(一) 外廓關鍵前導工程、洲際計畫成功要素

高雄港洲際二期計畫第一標外廓堤工程係屬該計畫成功關鍵之前導工程，該工程若可順利施工則可提供港域穩靜環境，讓後續之岸線與造地順利推動；而外廓堤結構係採沉箱施作，而其沉箱施作成功與否關鍵在於製作工法之選擇，一般國內沉

箱製作可在浮沉台船或陸上等方式製作，洲際一期外海圍堤工程經歷兩次發包施工，兩次得標之承包商分別採陸上與浮沉台船之方式製作沉箱，故於國內上述工法均有施工案例。

(二) 浮沉台船製作工法、縮短動員加速施工

然考量陸上製作沉箱，其施工穩定性與國內廠商施工經驗相對不足，再加上外廓堤工程(詳圖9)若施工進度不如預期時，將導致後續工程無法推動之窘境，則無法如期於108年完成洲際二期整體工程。基

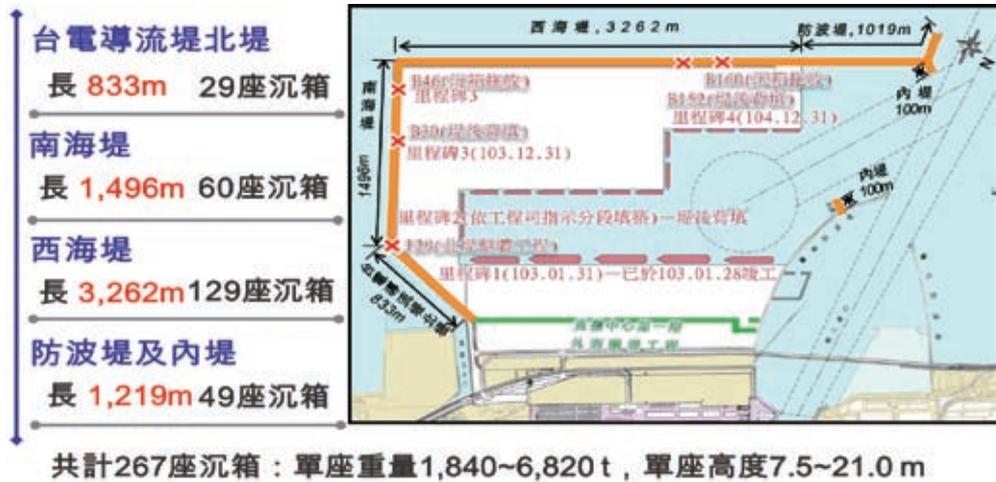


圖9 洲際二期外廓防波堤示意圖

此，在施工階段承商係採用國內廠商經驗豐富、施工穩定及成功率幾乎100%之浮沉台船工法進行沉箱製作。除可縮短動復原期外，加速沉箱製作，並可儘速提供外廓遮蔽空間，提供後續工程一個穩靜之工作環境。

外廓防波堤工程，沉箱數量計267座，自101年3月7日開工，承包商開工後原考慮採用浮沉台船-二次加高工法(因協力廠商船機及二次加高碼頭建置問題，未予採用)或陸上氣囊工法(因無施工實績及碼頭建置問題，未予採用)，後經評估現地狀況及進度需求，決定採用浮沉台船-一次完工法，並引進目前仍屬國內最大之浮沉台船船隊(中工1號：105m×36m×6.4m，承載力15,000t，每循環可同時製作2~3座沉箱、中工3號：88m×36m×4.8m，承載力8,800t，每循環可同時製作1~2座沉箱、雙隆號：45m×33m×6.4m，承載力4,500t，每循環可同時製作1~2座沉箱)，惟船機製作、進口耗時較久，致船機全數進場，沉箱可穩定開始生產，開工已達一年之久，期間承受主管機關、上級指導單位關切之壓力不言而喻。

(三) 自動滑模製作沉箱、加速製作減少碳排
外廓堤工程，其結構屬沉箱型式，而如何有效率且模組化之完成沉箱製作，其模版則屬施工中之重點。一般沉箱製作所用模版可採用普通模版組裝，然方式無法因應大量沉箱製作，故本計畫係以自動化滑模工法施作。滑模工法具有水密性及氣密性好、工期短、混凝土表面修飾工作性佳、節省人力、安全性高、提高精度、效率與國內廠商施工經驗豐富等優點。

因沉箱隔艙尺寸均一，滑模系統內外、模可靈活應用，施工初期須依施工需求妥善規劃滑動模板數量，後續如需變化隔艙數量(15艙→25艙、25艙→30艙)約僅需2天時間，可有效加速沉箱製作進度，同時減少施工過程中所排放之二氧化碳及工程廢棄物之污染，對施工品質及節能減碳具有相當之助益，其沉箱滑模施工過程詳圖10所示。

(四) 無遮蔽海域沉箱拖放、克服天候提供保護

洲際二期計畫外廓堤工程係於開放水域進行沉箱拖放作業，施工期長達六年，且每年需歷經數次颱風侵襲之風險，加上拖放沉箱時需預測有連續2~3天波高在0.5 m以下才可施作，故實際每年可工作時間僅約一半可拖放沉箱，就以往洲際一期計畫外海圍堤經驗而言，計畫區每年最多僅能拖放35座沉箱(含基礎整平)。

惟洲際二期計畫外廓堤工程為滿足於民國108年底完成洲際二期計畫之目標，採

多組船機進行拋石基礎整平與沉箱拖放作業，將每年沉箱拖放數量最高可達92座，平均每年可達60座，有效提升外廓堤施工進度，並提供足夠遮蔽空間，使後續標案可順利推展，其沉箱拖放之現況照片詳圖11所示。

(五) 安全施工作業環境、港灣首獲金安肯定而洲際二期第一標工程自102年1月開始，以每循環約16~18天進度，同時製作3~4座沉箱，並於105年10月以累計46個



圖10 自動化滑模系統工法施工實景

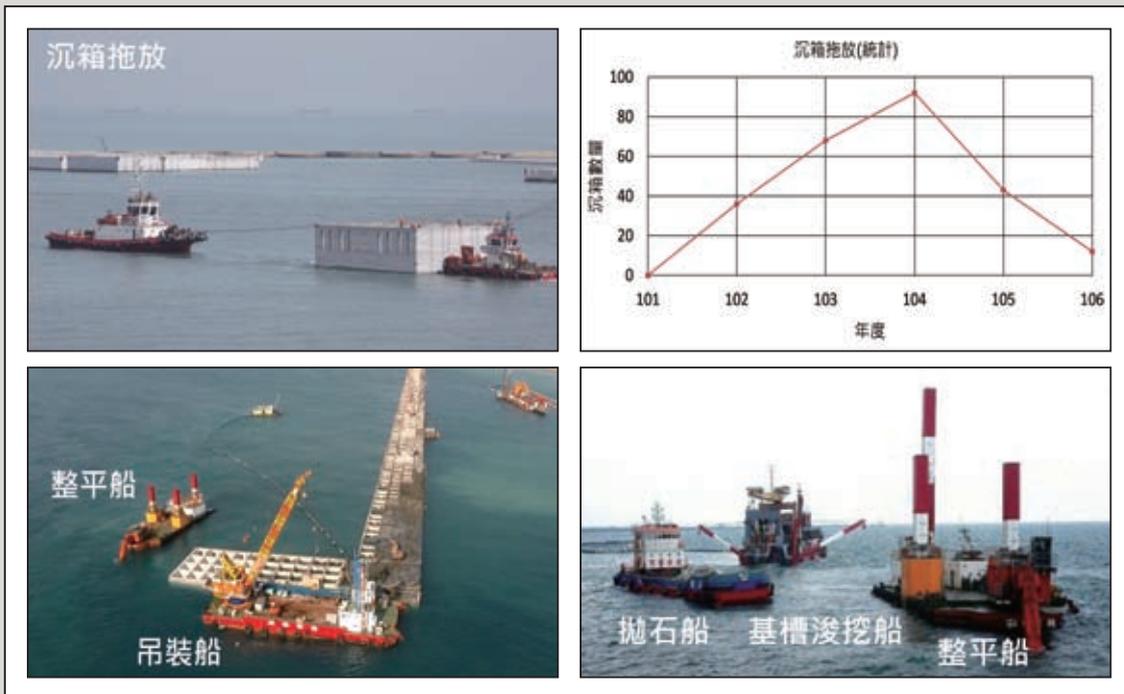


圖11 沉箱拖放機具、拖放數量及施工機具施工實景

月時間完成全部沉箱製作作業，平均達5.8座/月之製作功率，並可有效確保沉箱存量符合沉箱拖放進度需求，其浮沉台船隊照片詳圖12所示；此外該工程亦榮獲第10屆公共工程金安獎佳作之肯定，其勞工安全衛生管理之推動方式，值得做為未來國內各港海事工程推動時之參考。

參、陸上軌道工法

國內目前製作沉箱以浮沉台船工法最為普遍，然浮沉台船工法製作沉箱需完全仰賴浮沉台船機於海上施工，而符合沉箱噸位之大型浮沉台船國內數量有限，且施工作業深受海象影響，即如施工水域未達靜穩需求將無法施作。有鑑於此，近年來沉箱製作與運載已研發新式陸上軌道工法，套用系統廠製化概念，使沉箱改於陸上製作，降低浮沉台船機依賴性亦解決因海象不佳影響施作之虞。一般陸上製作沉箱有以下兩優點：1.沉箱製作過程幾乎不受海象影響，更甚者，將可能遭遇天候影響之牆身滑模階段，於陸上設置棚蓋遮蔽，可降低天雨影響施作及施工品質；2.於陸上預鑄場地施作，本工法僅需一艘浮沉台船接運沉箱即可施工，可有效避免國內船機不足問題。本節擬就陸上製作沉箱之相關施工流程分述如后。

一、陸上製作沉箱流程

在洲際計畫推動前，國內僅有採沉箱渠(臺中港)、沙灘工法(洲際一期之初期)於陸上製作沉箱，並無於陸上製作沉箱並以軌道將沉箱運送入海之施作案例。基此，本節先暫以越南山陽港陸上製作沉箱案例說明其製作流程。

- (一) 沉箱於預鑄場軌道台車所組成之基礎平台上施作，分區以基地整理、底板澆置、牆身滑模澆置、沉箱出塢等四階段施作(詳圖13)。
- (二) 沉箱製作及滑模程序於陸上廠房內製作可避免受天候影響(詳圖14)。

二、場址規劃及建置

與浮沉台船工法相比，陸上軌道工法場地配置除所需碼頭空間較小外，其他在臨時圍堤建置、後線場地建置、沉箱出塢區浚挖及沉箱儲存區浚挖規畫重點上並無不同，惟因其沉箱製作在陸上施工，故預鑄場地須整平，軌道處須考量沉箱製作及移轉時場地之承載力，須打設承載樁改良土質以增加承載力，製作生產基地應綁紮鋼筋澆置混凝土，本工法以軌道式台車移運沉箱，場地之長度及寬度應足敷建設工程進度要求之沉箱生產線，並使沉箱可縱向移運至碼頭上浮沉台船，其建置流程詳如圖15所示。

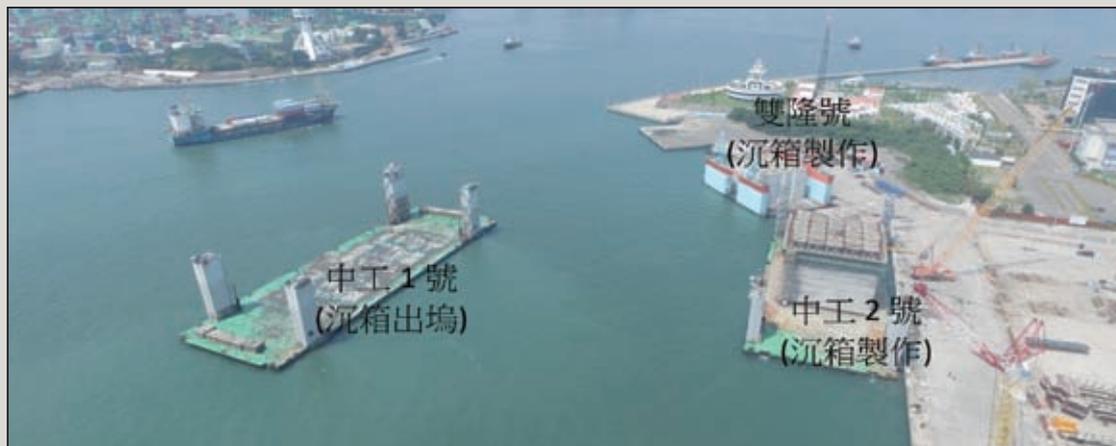


圖12 第一標外廓堤工程沉箱製作浮沉台船隊



圖13 越南山陽港軌道工法沉箱施工示意圖



圖14 越南山陽港軌道工法沉箱滑模專用廠房

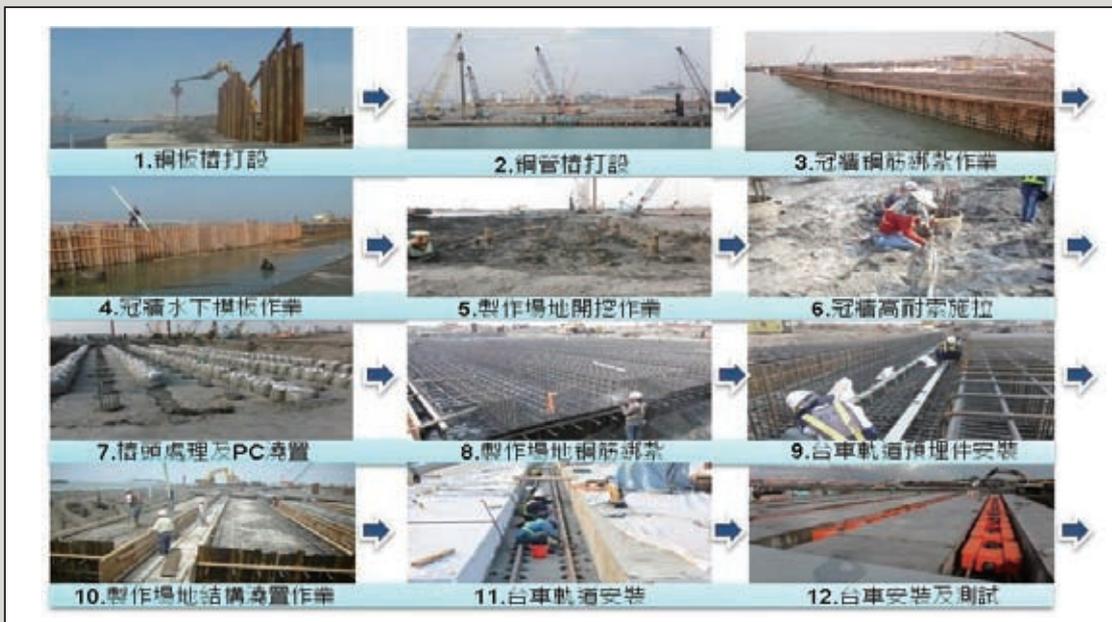


圖15 陸上軌道工法場地建置流程

三、施工規劃與管理

陸上進行沉箱製作、移駁、出塢等施工規劃及管理，須依現有場地、船機及工期等因素綜合考量，包含施工前之規劃與施工中之管理缺一不可，茲就兩階段應注意事項如下：

(一)施工前妥善規劃

- 計算最大沉箱重量並據以作為場地最大承載設計參考。
- 統計該工程各型式沉箱(規格、平面尺寸)數量，並採取型式數量最多者作為軌道佈設規劃依據。
- 依沉箱最大重量檢視浮沉台船承載能力，並參照陸上場地軌道佈設對船體甲板進行必要墩座斷面設計與排列規劃。
- 依最大沉箱重量進行移運設備設計及製造。
- 依工程進度排程訂定沉箱製作進度規劃，其中包含場地製作區數量、模組數量、各式沉箱製作順序、各式沉箱製作時間(單座)及重疊施作時間擬定(多座)、移運時間規劃及模擬等。
- 浮沉台船拖航航道、沉箱出塢區及儲存區浚深及基礎施作。
- 沉箱製作區、物料堆置加工區、施工機械設備動線等配置規劃。
- 研擬原則性沉箱移駁流程參照表。(推進長度設定、船艙水位調整、頂升壓力設定)。

(二)施工中管理：

- 移運主設備及備品數量、性能確認。
- 模組進場數量確認。
- 浮沉台船性能、結構安全確認。
- 沉箱製作施工人員分班、數量確認(滑

模工班、鋼筋工班、澆置工班等)。

- 移運作業工班人員數量及操作技術確認(台車組、浮沉台船操作組等)。
- 依沉箱製作時程規劃要求鋼筋進場加工(含必要檢驗)、不同規格沉箱模板修改組裝、鋼製托盤底模定位調整。
- 混凝土材料品質監控與調整、異常狀況排除對策確認。
- 製作過程模組異常狀況排除對策確認。
- 移運設備運行異常狀況排除對策確認。
- 浮沉台船操作過程異常狀況排除對策確認。
- 水域水深及環境維護(拖航航道、出塢區、儲存區、船塢座底區)。
- 天氣海象資料收集與預測試(三日漁業預報、一週天氣預測、當月潮汐預報)。
- 場地沉陷監測及異常狀況排除對策確認。
- 場地用電供水異常狀況排除對策確認。
- 場地設備防淹排水設施及排除對策確認。

四、施工場地機械及船機維護

除妥善施工場地規劃外，陸上沉箱製作之機械設備與船機更需定期維護，以維持機械之穩定性；此外，沉箱滑模及出塢階段，亦須注意維護滑模系統及浮沉台船抽排水系統穩定。有關陸上沉箱軌道移運階段之測試及維護注意事項如下說明：

- (一)製作電氣櫃配置總圖、液壓系統配電盤配置總圖、液壓元件櫃配置總圖及控制面板配置總圖，清楚顯示電力、通訊及液壓操作系統零組件規格及名稱。

- (二)組裝前依製造圖逐一檢視核對台車、電氣櫃、液壓櫃及面板配置與零組件。
- (三)組裝完成試車前檢查電力來源有無異常(發電機或台電臨時電)。
- (四) 試車作業依既定操作流程先完成單列台車串結後移動及頂升，後測試全區台車通訊線連機後移動及頂升有無異常。
- (五) 移動作業前，檢視軌道槽溝區環境、箱器及軌道接續段有無異常。
- (六) 修正既有操作流程以符現況及提升效率。
- (七) 場地部分定期實施沉陷量監測、座底區水深檢測。
- (八) 浮沉台船部分不定期實施船側及船底水下檢查(防蝕塊耗損情形、船體鋼鈹完整性)、抽(排)水系統測試及檢修、錨泊設備維護及檢換、甲板墩座動用狀況檢查。

五、陸上軌道工法施工實例探討

(一)軌道工法運移沉箱、克服狹小場地問題

高雄港洲際二期計畫第二標岸線工程係接續第一標外廓堤工程之後進行施工，因計畫區範圍尚有多項標案推動，故施工場地均需保留他標工程使用空間，致使該工程作業場地有限。且該標推動階段高雄港空閒碼頭有限，無法採用浮沉台船工法，加上該工程最大沉箱高度達21.5m，若沉箱採二次加高，又受限於水域需降挖至水深-15.0m以下。在前述諸多限制條件下，施工團隊汲取各國沉箱軌道台車陸工法成功經驗，並特地遠赴中國及越南實地觀摩交流，最後提出國內首次採用於陸上製作沉箱，並以陸上軌道台車運移下水之工法進行沉箱施工作業。

(二)縱橫交錯軌道佈設、沉箱運移出塢順暢

陸上製作沉箱之場地因鄰側將有道路興建工程，導致腹地縱深受限，故施工團隊乃以縱、橫向二組台車移運沉箱，並於場地後側加設托盤暫置區之運移路線設置方式，確保沉箱移運出塢動線可維持順暢，詳如圖16。

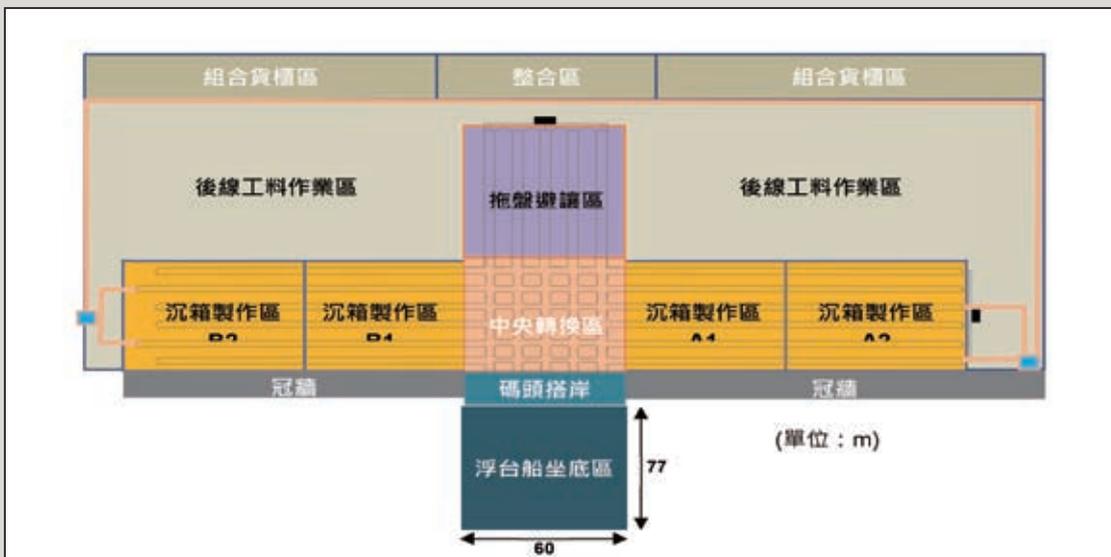


圖 16 沉箱運載縱橫向軌道配置示意圖

(三)軌道基礎地質改良、巨型沉箱穩定運移
 相較於浮沉台船工法，陸上軌道工法須考量沉箱製作及移轉時場地之承载力，以岸線工程為例，因沉箱製作場地原地層地質屬短期沉積軟弱土層，經考量地層狀況、填土料源性質、需改良深度及成效、施工成本、工期及對周遭環境影響等，最後選定於沉箱製作基地打設端口為開放

式之鋼管樁(長度25m，樁徑80cm，厚度14mm，共打設348支)進行地質改良。另臨時接駁碼頭建置乃採護岸結構形式，以13m長(TYPE III型)鋼板樁貫入海床面下約7m(施工總縱長約150m)進行止水，並配合於鋼板樁頂部下方1.4m處設置高耐索拉桿(間距3m)及樁側型鋼圍梁等，將鋼板樁設施繫固於已施設之沉箱製作場地鋼管樁帽



圖17 軌道工法場地製作流程

上，增加整體結構穩定性，軌道工法場地製作流程詳圖17。

該工程於2013年11月中旬開始進行沉箱製作場前置作業(含整地、放樣、場區規劃及材料進場等)，並於11月底開始施打鋼管樁，及至2014年4月初陸續完成製作場基礎地坪及AB兩區沉箱製作區施作。臨時接駁碼頭各分項工程及其附屬設備，如冠牆、臨時接駁碼頭搭岸、沉箱後線工料作業區及場區排水照明設備等，約於2014年6月底相繼完成，沉箱製作場地設置約歷經7個月。

(四)托盤分散沉箱載重、船體岸肩平穩接軌

因沉箱重量高達7,000餘噸，台車能否穩定運移，不影響沉箱結構是為施工之關鍵點；基此，該工程於沉箱底板下方設置一鋼構托盤，於頂升作業時將台車油壓缸之點狀上頂力，經由台車上方之分配梁轉換成線狀支撐力，再透過分配梁上方之鋼構托盤終成一面狀均勻支撐力，確保沉箱結構完整性(詳圖18)。

在陸上移動之沉箱最終需移運至浮沉台船下水儲放，故在其轉運過程如何確保不影響其他工作面之施工是本工法的一大課題(詳圖19)，另沉箱在由陸上軌道移至船體甲板過程中，其移轉場地銜接處(碼頭與船體甲板)容易造成船體傾斜、碼頭混凝土結構破壞等風險，故在碼頭與船體甲板

銜處採外放內縮型(公母接榫)設計一搭岸結構，俾利導引船體對準符合穩定無虞；搭岸結構下方並打設鋼管樁加強基礎承载力，搭岸縱斷面與船體延伸甲板契合，使沉箱重量轉移過程獲得一穩定支撐，大大提升移運作業安全性，詳圖20。

(六)首創軌道運移沉箱，首獲金質特優肯定

洲際二期計畫第二標岸線工程在吸取國外相關經驗後，首次提出國內陸上軌道台車運移沉箱工法，該工法具有於有限施工場地進行大量沉箱製作、克服海上施工天候之限制條件、沉箱製作移運動線交錯施工提升作業效率等優點，此外該工程亦榮獲第16屆公共工程金質獎特優之肯定，未來可做為國內他標工程之參考案例，其陸上沉箱製作工法相關照片詳圖21所示。

肆、沉箱製作工法檢討評析

就前述浮沉台船工法與陸上軌道工法，與在洲際計畫中實際施作後之結果，其兩工法之綜合比較彙整如表5所示。

結語

以往就國內廠商而言，製作沉箱通常會優先採用浮沉台船工法，而日、韓等國際廠商習慣上則會採陸上軌道工法。惟沉箱製作工法之



圖18 鋼製承壓托盤，適用不同型式沉箱



圖19 沉箱移運施工流程圖

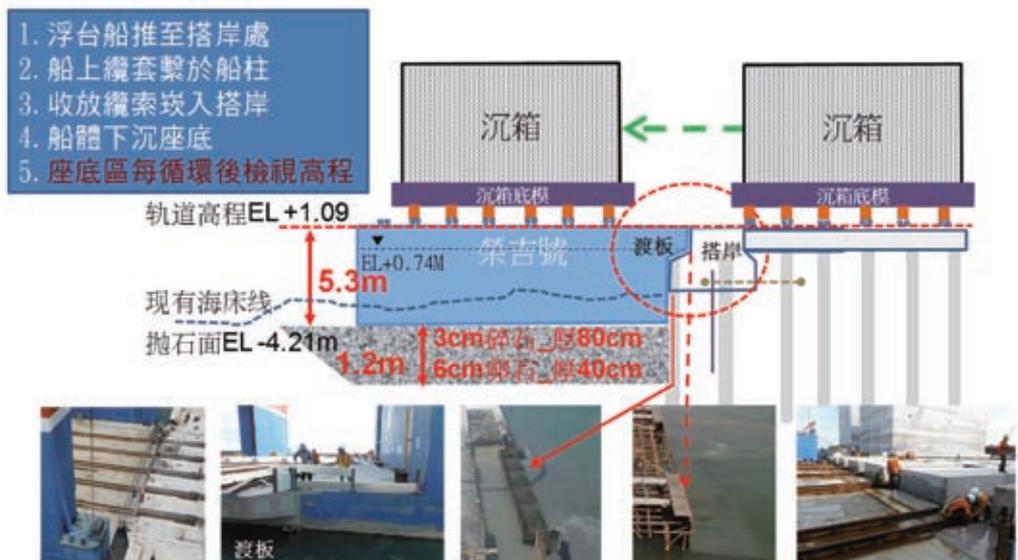


圖20 臨時接駁碼頭搭岸結構配置示意圖



圖21 陸上軌道台車運移工法實景

表5 浮沉台船工法與陸上軌道工法綜合比較評估

	浮沉台船工法(洲際2-1標)	陸上軌道工法(洲際2-2標)
評估項目		
使用船機及機具	浮沉台船3艘：中工1號(15,000T)、中工3號(8,800T)、雙隆號(4,500T)。 拖駁船3艘。 沉箱滑模設備(含模板、油壓千斤頂及操作台等)5套。 吊車2輛。	浮沉台船1艘：榮吉號(10,000T)。 拖駁船3艘。 沉箱滑模設備(含模板、油壓千斤頂及操作台等)4套。 吊車2輛。 橫向軌道台車6列84組；縱向軌道台車5列85組。
選用條件	1.碼頭長度需求320m，可靠泊3艘浮沉台船(可供開展4-5工作面)。 2.施工場地需求面積200m*50m。 3.需有圍堤遮蔽，使施工水域達到靜穩狀態。	1.碼頭長度需求80m，可靠泊1艘浮沉台船作為沉箱出塢運駁之用。 2.施工場地需求面積150m*80m(可供開展4工作面)。 3.場地建置期程較長且成本高，需沉箱數量有一定規模始具經濟性。
施工性	1.國內廠商施工技术純熟，完成案例多。 2.沉箱數量有一定規模且尺寸大，一般採自動滑模系統製作。 3.颱風汛期間易受外海湧浪影響，無法施工。	1.國內可供沉箱製作之大型浮沉台船塢少，採陸上軌道工法可降低船機的依賴性。 2.沉箱數量有一定規模且尺寸大，一般採自動滑模系統製作。 3.陸上施工不易受海氣象影響。

	浮沉台船工法(洲際2-1標)	陸上軌道工法(洲際2-2標)
沉箱製作工率	依據洲際二期計畫第一標海堤、防波堤工程實務經驗267座沉箱於46個月製作完成。(平均維持4工作面展開) 功率：5-6座/每月	依據洲際二期計畫第二標岸線工程實務經驗187座沉箱於35個月製作完成。(均維持4工作面展開) 功率：5-6座/每月
緊急應變	颱風來襲船機需遷移至港內或就地座底避颱。	颱風來襲僅需暫停施工並加固保護，並確保製作場內排水功能正常，無需特殊保護。
管控要點	管控大型浮沉台船能量。 應確實依規劃動員浮沉台船進場。 確保施工碼頭水域靜穩度，避免影響品質。 管控高風險之滑模高空作業。 颱風期間，規劃船機進入船渠避浪。	建置承載力足量之施工場地及碼頭，避免造成沉箱沉陷變位。 配合潮汐變化，適時移運沉箱。 管控沉箱移運時應力承載與接駁船排水量關係，確保平衡安全(如圖22)。 設置排水系統與潮差閘門保護軌道設備(如圖23)。 捲揚機繫纜方式讓浮沉台船快速嵌進碼頭(如圖24)

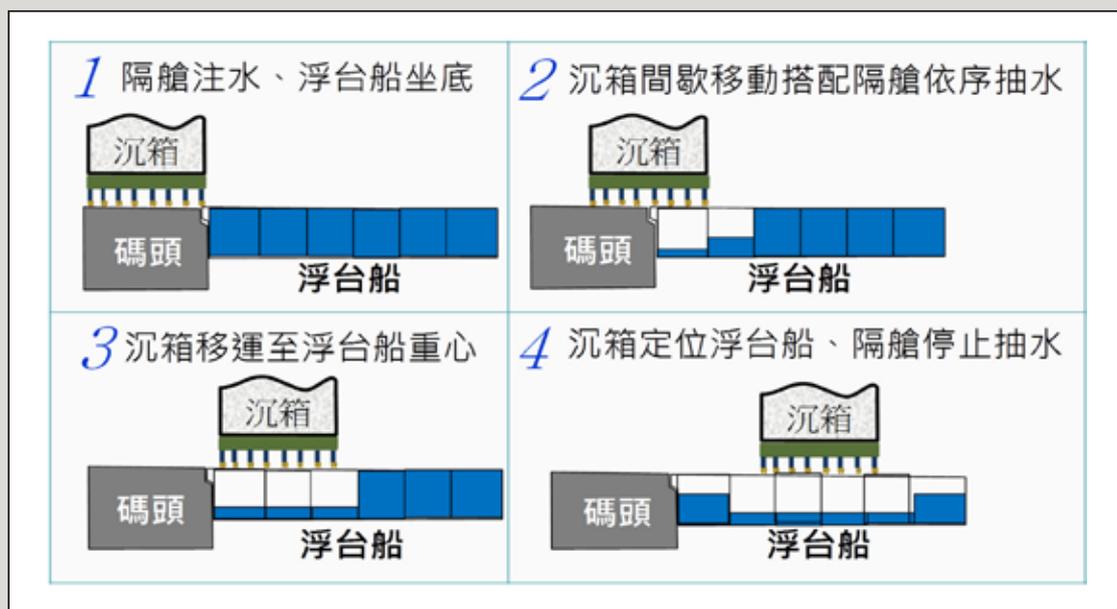


圖22 陸上工法沉箱移運及接駁船水位關係圖

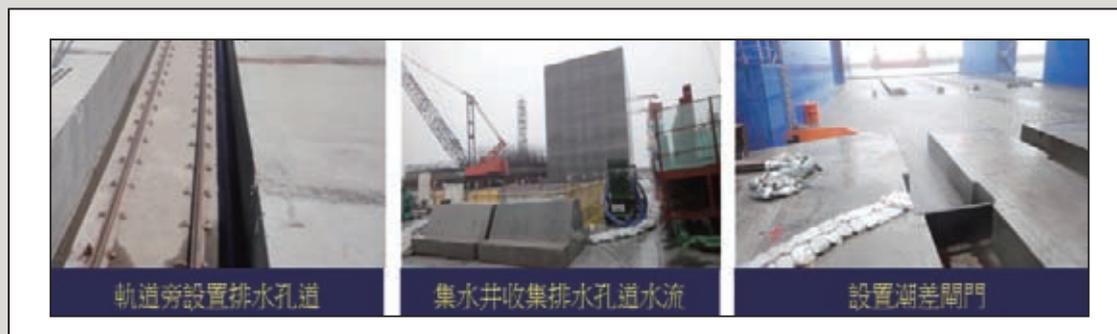


圖23 排水系統與潮差閘門保護軌道設備



圖24 陸上工法沉箱移運及接駁船水位關係圖

選用仍需考慮工址自然條件、碼頭使用條件、工程規模、工期、費用、施工條件及施工風險等因素，並評估自有(或租用)浮沉台船是否符合施工需求後決定。若國內浮沉台船均不敷使用，則需評估新建浮沉台船或採陸上軌道工法之可行性，惟務求儘早決定，以減少開工動員可能產生之時間耗損。

陸上軌道工法屬國內首創之沉箱製作工法，因陸上軌道工法仍具相當大之發展性，如可引進國外常用之自動滑模廠房則可再提昇沉箱製作品質及施工效率，以高雄港洲際二期計畫第一、二標為例，首次採用陸上軌道工法之2-2標更獲得公共工程金質獎特優殊榮，考量港灣工程未來之發展，無論填海造地、擴大現有商港或興建天然氣接收站等，沉箱均為不可或缺之重要結構，另為因應沉箱尺寸逐年加大、加重之趨勢，並考慮後續發展之潛力及優勢，「如何使用陸上軌道工法」或將逐步替代傳統觀念「優先使用浮沉台船工法」，成為後續工程在評估沉箱製作時之規劃重點。

參考文獻

1. 王錦榮、羅勝方、彭國源、蔡同宏、葉錦璋，「港灣工程沉箱陸上軌道工法之施工實務」，中華技術No.104，2013年。
2. 羅勝方、張欽森、簡德深，「國際港埠新樞紐—高雄港洲際貨櫃中心建設計畫」，中華技術No.114，2017年。
3. 林明華、彭國源、蔡同宏、葉錦璋，「棧橋碼頭與沉箱碼頭施工實務探討」，中華技術No.108，2015年。
4. 李佳穎、陳奕剴、鍾志旻，「浮沉台船工法」與「陸上軌道工法」製作沉箱之施工實務比較，中華技術No.116，2017年。

大規模造地的挑戰— 洲際貨櫃中心新生地 填築工程實務探討

關鍵詞(Key Words)：新生地填築(New Land Reclamation)、浚填(Dredging and Filling)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／工務所主任／李崑裕(Li, Kun-Yu) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／計畫經理／葉錦璋(Yeh, Ching-Chang) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／業務經理／陳懿佐 (Peng, Kou-Yuan) ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／計畫副理／簡德深 (Chien, Te-Shen) ❹

摘要

近來政府為提升國家整體經貿競爭力，應全球貨運船舶趨向高載重噸(DWT)，舊有碼頭腹地因水深不足且腹地狹小，無法滿足大型船舶停靠泊所需，又因腹地不足以容納日後大量轉運貨櫃所需，且都市人口成長緊鄰港口發展，舊港口須再改造避免營運噪音振動影響人的生活品質。必須往外海發展，利用填海造陸產生新生地，可解決舊港口再造而又不影響既有經濟發展。因新生地填築範圍及面積龐大(達數百公頃)，所需土源體積巨量(達數千萬方)，必須進行大規模填海造地始能成功，今以「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫新生地填築工程」為例說明造地實務經驗，以供後續類似計畫營建參酌。



Challenge of large-scale reclamation – Discussion on the practice of reclamation work in the Intercontinental Container Terminal

Abstract

Recently, in order to improve the country's overall economic and trade competitiveness, the government should aim for high-loaded tonnage (DWT) for global freight ships. The old hinterland has insufficient water depth and narrow hinterland, which cannot meet the needs of large ships to dock, and the hinterland is not enough to accommodate a large number of future The transshipment of containers is required, and the urban population grows close to the port development. The old ports must be rebuilt to avoid the noise and vibration of the operation has affected people's quality of life. It is necessary to open up the "development of new commercial ports in the open sea", which can solve the reconstruction of old ports without affecting the existing economic development. "The construction of a new commercial port in the offshore development" is huge due to its large area (a few hectares). The required volume of land (amount of tens of thousands of hectares) is a must for large-scale reclamation. New Land Reclamation Project for Kaohsiung Intercontinental Container Terminal(Phase 2) is an example of land-building practical experience for subsequent follow-up project planning.

壹、前言

高雄港區內目前約有300餘座石化油品儲槽及營運設施散落於中島計畫及鄰近地區，緊鄰高雄市之核心，曾於台灣經濟發展史上扮演著重要的角色，因應市區住宅、商業、休憩機能規劃，需遷移他處，並擴大石化儲(轉)運功能，再創商機。基此，高雄港務分公司規劃利用「新生地填築工程」填地作為倉儲物流區、港埠發展用地，解決石化油品儲(轉)運及大宗散貨發展問題，以提昇高雄港整體營運效率，使港埠資源獲得有效之運用。

本工程完成後預期達成三大目標：一、可完成高雄港碼頭整併功能調整，發展親水遊憩，活化港區土地資源，促進區域發展，啟動港市再造動能，發展都會港灣；二、舊港區石化碼頭集中至洲際倉儲物流區；三、舊港區既有石化儲運碼頭將做功能調整，可將蓬萊商港區散雜貨碼頭集中至中島區，而蓬萊商港區之#1~#22則轉型發展為親水遊憩區(詳圖1所示)。

因本工程為行政院核定之洲際二期計畫之重大工程，為利用大型浚填抽砂填海造陸產生新生地，作為石化中心用地、港埠發展用地並提供後續環港道路及附屬建築物工程興建用

地。並期能提供石化油品儲(轉)運中心、貨櫃中心、散雜貨碼頭及物流中心等基礎設施需求，進而順利提早營運，故本工程順利與否至為關鍵。

貳、開發內容

「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫」除須興建外廓防波堤抵擋外海風浪侵襲外海新生港區，避免影響其正常營運，同時建造現代化碼頭以符先進國家巨型船舶停靠泊所需；另一頭痛棘手問題就是高雄港洲際貨櫃中心第二期計畫「新生地填築工程」，其造地面積達約250公頃、最後浚填量體約4,100萬方，實為國內單一標浚填量最大之工程標案，國內廠商目前無此船機隊可以勝任，如何如期如質造地完成以供後續建廠營運所需，是開發單位須克服之難題。

本文旨就「新生地填築工程」之浚挖(填)施工挑戰案例，介紹相關克服技術及作業流程，並說明日後巨量浚填工程可能遇見之問題，探討選用適宜性之施工管理措施，供後續類似工程參酌。「新生地填築工程(第三標)」為「外廓堤工程(第一標)」及「岸線標(第二標)」所圍圍之海域填砂造地，(詳圖2所示)。

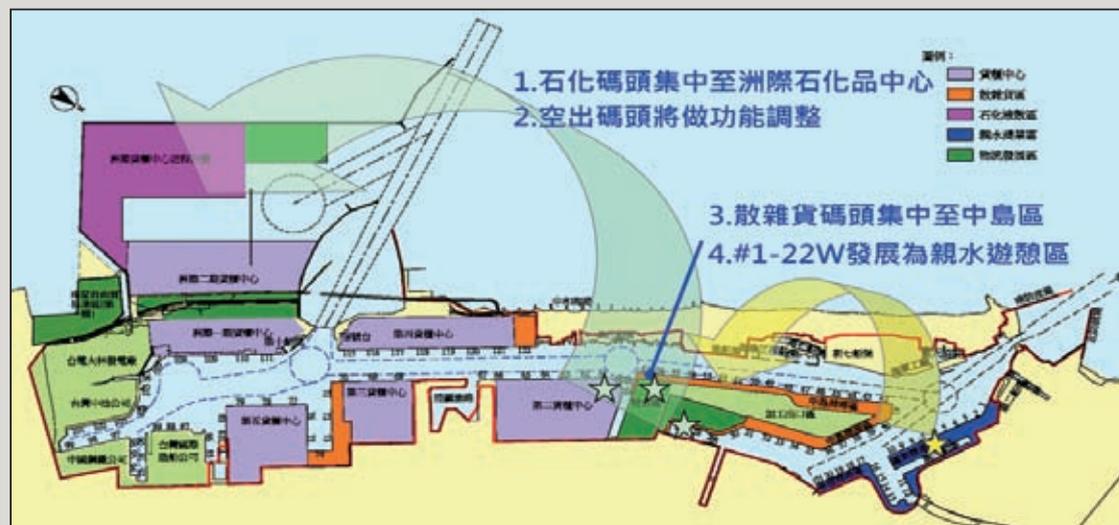


圖1 高雄港分區定位及整體發展方向



圖2 「新生地填築工程」填區作業範圍

本工程標案可供填築容方達3,722萬方，而其中約2,371萬方由林園鄉外海區域之外海取沙區取得；剩餘之1,351萬方則由洲二港內航道、迴船池疏浚土方取得(詳圖3所示)。本工程推動階段，需面臨各項挑戰作業，如浚挖船機至外海取沙，船機移動作業過程須與漁民保持合諧互動，避免引起不必要陳抗；又須克服外海惡劣海象；洲二港內取砂區及填區又與「外廓堤」、「岸線」取砂區域重疊，施工界面如何協調互助，避免不必要的糾紛；外海取砂區於

施工中遭遇二次大戰美軍所投放之未爆水雷難題；且本標亦屬國際標案，面臨不同工程文化之契約溝通障礙，是監造風險所需解決，以上「新生地填築工程」所遭遇之問題，若處理不善，皆會影響工程正常推動甚至延宕無法如期如質竣工，相關之克服對策經驗，將由以下章節逐一探討說明。

參、周延設計思維

一、半開放水域填築所面臨的挑戰

依行政院所賦予洲際二期計畫之任務，須於民國108年底前需完成外廓堤、岸線、新生地填築、道路、建築等所有基礎設施建設。為達成此目標，新生地填築工程則須要在半開放水域進行填築作業，然若採此方式將面臨兩大風險：1.外廓堤與岸線在未提供足夠遮蔽前(104年底以前)，填區易受颱風影響致土方流失、2.外廓與岸線工程若施工不順恐無法順利填築，其102年~105年填築區影響最大之颱風波浪波高分布詳圖4。

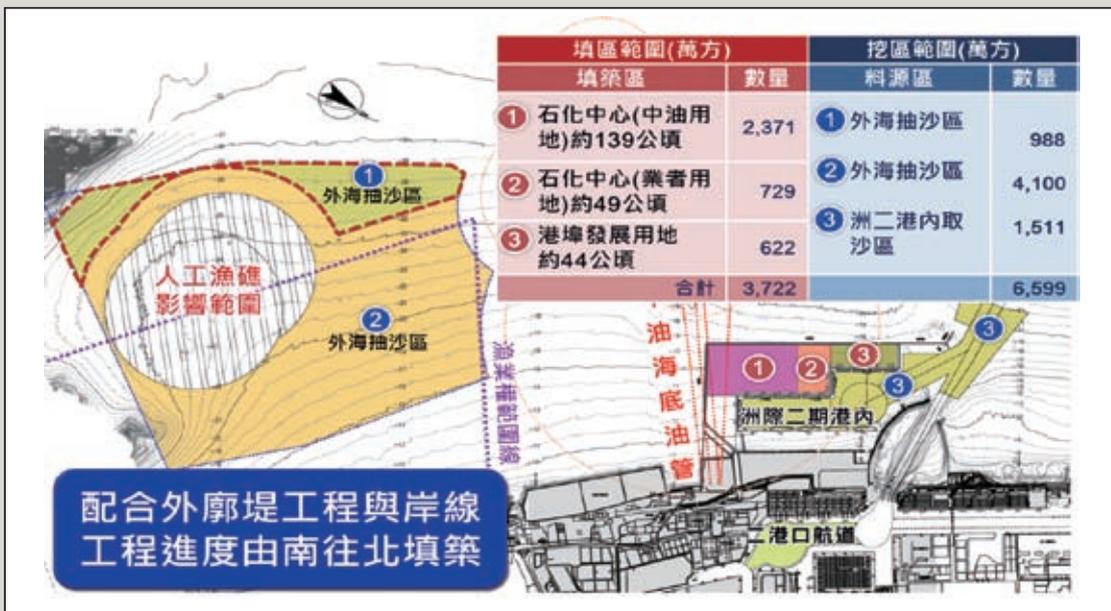


圖3 「新生地填築工程」挖區作業範圍

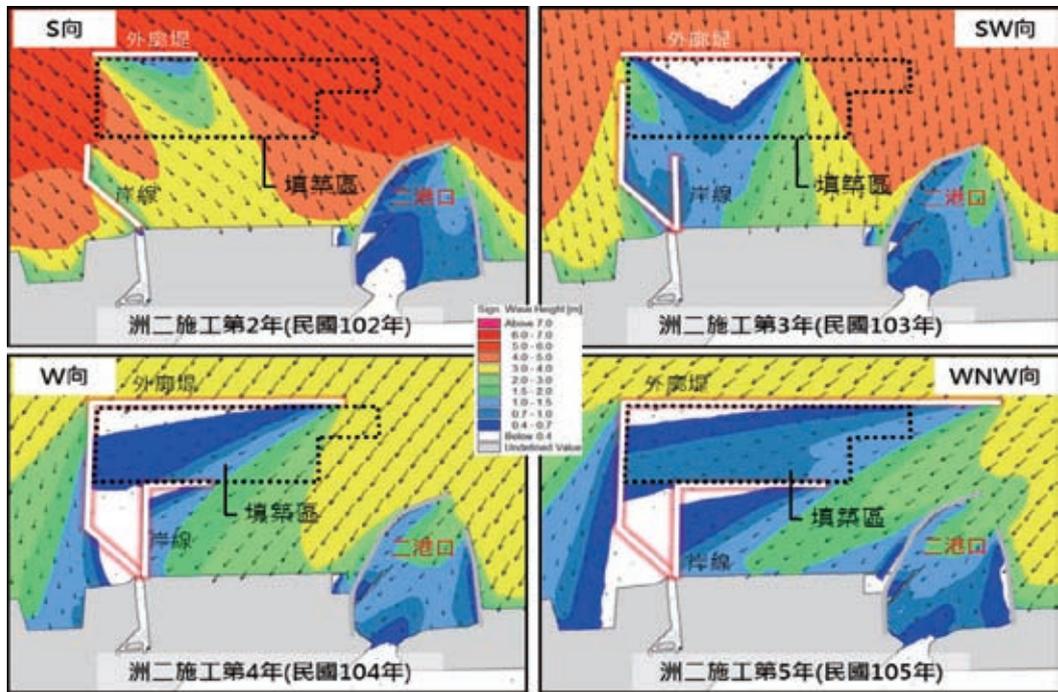


圖4 102年-105年對填築區影響最大之颱風波高分布圖

二、因應對策1：選擇高機動性船機，短時間完成造地(2.5年)

本工程設計階段即考量外廓與岸線需達一定遮蔽條件，方可進場填築作業，再加上配合後續陸上道路與建築工期，故規定須於民國105年底前完成倉儲物流填築、民國106年底前完成港埠發展用地填築，而本案約於104年底開工，其履約期限短，浚填量又大，為求達成目標值，浚填船機選用是否得當，攸關工程是否得以如期竣工，以下就浚填船機選用量之因素大致歸納為1.浚挖海床深度、地質、土砂處理；2.港埠環境(可能障礙物)、海上航運、漁業權；3.應考量使用現有船機之可行性及調度困難度，應避免多次動員或浚挖設備閒置；4.船機能量，滿足工程進度。等四大重點，本節擬就前述重點摘述說明如下：

(一)取沙區位地形平緩有利施工：

本計畫浚挖範圍除高雄港港內水域及

航道外，尚包含高雄外海取沙區。由高雄港鄰近海域地形水深等深線分佈圖(詳圖5)可知，近岸處水深等深線約略與岸線成平行走向，水深高程±0.0~-10.0m處之底床平均坡度約為1/70，水深高程-10.0m~-20.0m處之底床則，平均坡度則為1/180，而水深高程-20.0m處，平均底床坡度則為1/200。

(二)海上作業條件不佳，漁業權影響作業進度

外海取砂區夜間能見度不佳、颱風汛期(7個月)期間之海象非常惡劣，嚴重影響取砂作業之安全及進度。另港口航道船舶進出頻繁及漁船誤入取砂區捕魚，皆影響施工工率及增加船舶操航安全風險。

(三)外海取沙港內浚挖，砂質土壤有利浚填

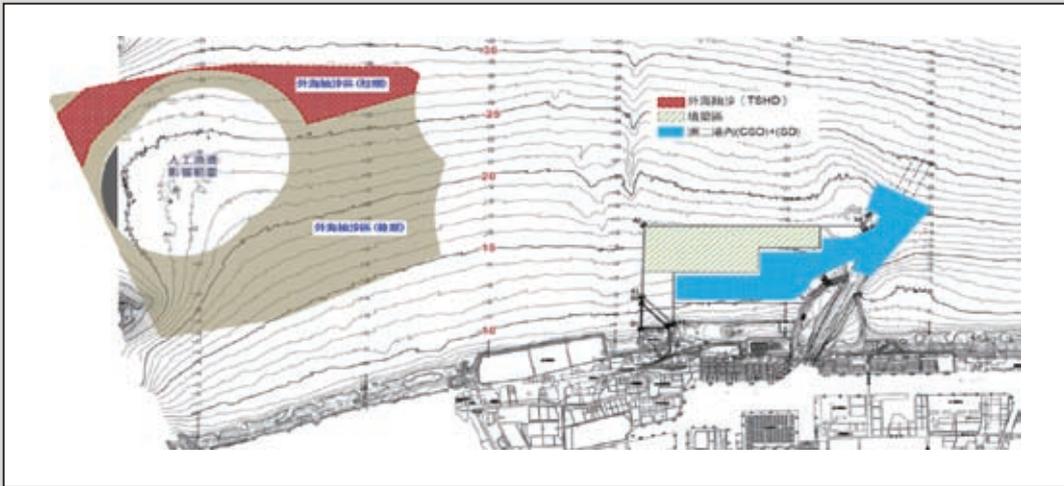


圖5 高雄港鄰近海域地形水深等深線分佈圖

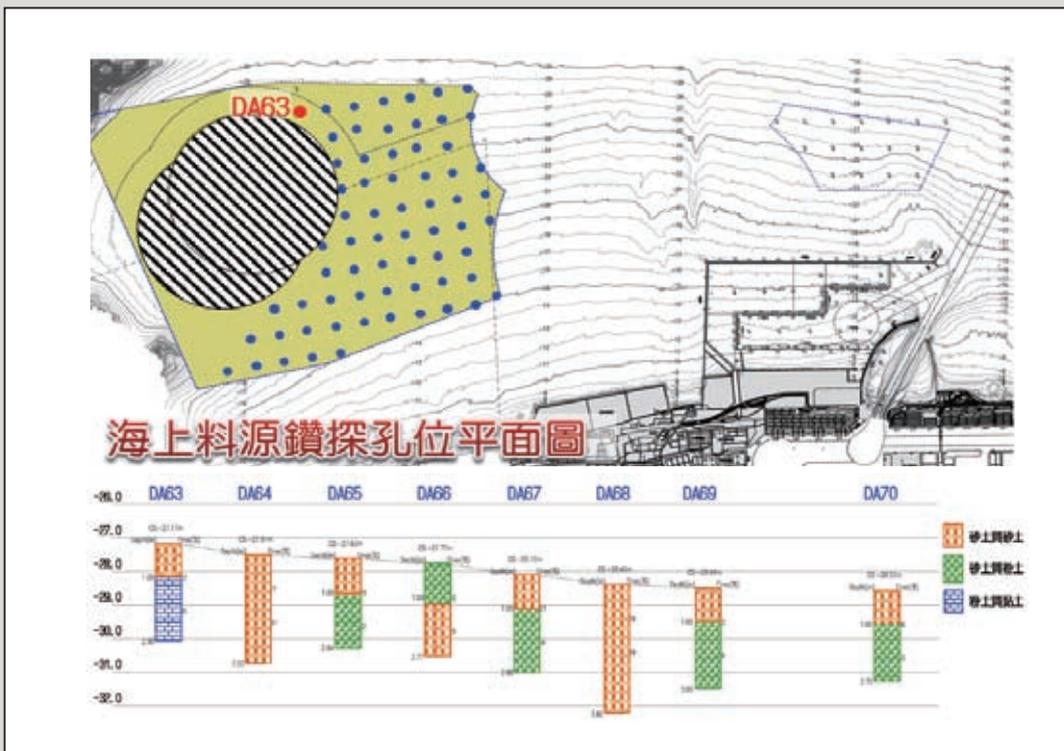


圖6 外海取沙區鑽孔位置及地質柱狀圖

1. 外海取沙區：依據料源區地質調查資料顯示，大部分均屬砂質土壤，僅DA63孔位為粉土質黏土；海床面下至深度2.0m範圍，其礫石平均含量約0.13%，砂含量平均約69.97%，粉土含量平均約28.41%，粘土含量約1.49%，詳圖6。

2. 港內取沙區：港內可取沙之料源區為港內取沙區及二港口航道浚挖區，依料源區地質調查資料，以粉土質沙土為主，部份孔位夾雜砂土質粉土，SPT-N 值約介於7~22 之間，平均SPT-N 值為14，詳圖7。

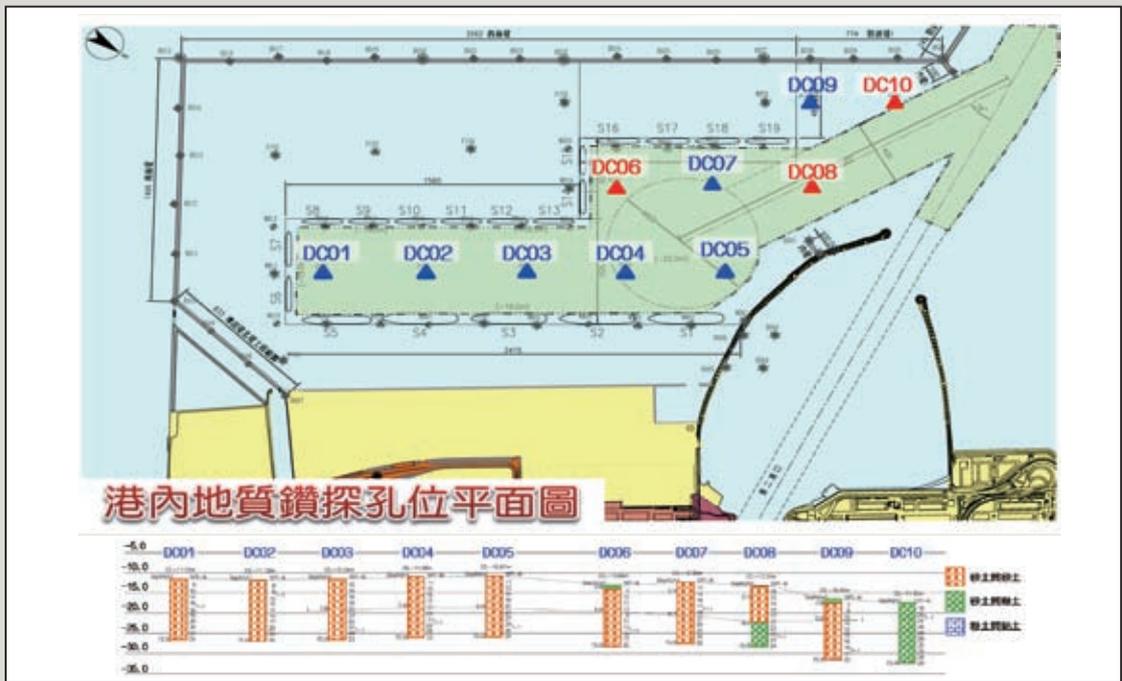


圖7 港內取沙區鑽孔位置及地質柱狀圖

表1 浚填船機主要優缺點分析表

項目	機械式	水力式	氣壓式	噴水式
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大型障礙物清除容易。 2. 浚泥含砂量較高 3. 較不受鄰近地理因素限制。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 浚挖深度及作業量大，大型挖泥船浚挖深度可達25m以上，作業量可達1,000m³/hr 2. 多利用密閉管線輸送，較無水質污染問題。 3. 軟泥較適用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高含砂量，最高含砂量可達80~90% 2. 能避免擾動水底造成二次污染。 3. 浚深較不受限制 4. 泵之吸力大，可在加裝刮刀增加破壞土砂凝聚力。 5. 可控制至僅挖除10cm厚之薄層淤泥 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可清洗整個港口，如港埠設施上之泥砂。 2. 沒有浚泥運輸費用，作業量可達1,500m³/hr。 3. 節約能源，投資少，作業期間風險小。 4. 為理想之整平海床設備。 5. 船體輕，活動靈巧，可施作不易達到的位置。
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 浚挖作業時擾動可能產生水質污染等問題，費用較貴 2. 含水量過高之淤泥挖取不易。 3. 浚挖深度及浚挖量易受機具限制，大型浚挖工程較不適合。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清除障礙物能力較差 2. 浚挖作業含砂率低，產生大量廢水。 3. 易受航道水深及地形環境限制。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 消耗能量大，浚深超過20m時，即需使用潛水空氣分配器。 2. 潛水空氣分配器可能不易保養維護而故障多。 3. 大型之沉樹沉木無法清除。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不適合頭樓石海床。 2. 海域污染性較大。 3. 無法作資源再利用。

(四)高機動性船機，短期間完成造地作業因設計階段預估民國104年底外廓方可提供足夠遮蔽空間，可供船機進場填築作業，若欲於106年底~107年中完成造地填築，則實際可作業時間僅為2~2.5年可進行3722萬方之填築造地作業，工期相當緊迫。因本工程浚填量及其範圍，浚挖深度最大達30m水深，挖

區與填區距離達10km，附近貨櫃船、軍艦、漁船等船舶進出頻繁，又需與鄰標作業船舶動線常須禮讓配合遷移，且其海床土質大部份屬粉土質砂，綜整評估本工程應採用國外巨型先進自耙自載式挖泥船進場作業(詳圖8)，始能完成此一艱鉅任務，其浚填船機主要優缺點分析，詳表1。



圖8 麥西瑪號(荷蘭籍)、長203m、寬31m、空重19942噸、載重55931噸、泥艙31,387m³、月量產>200萬方

三、因應對策2：預為增設臨時圍堤選項， 避免他標工程無預警停工

因本工程僅屬浚挖填築作業，並需搭配外廓堤與岸線工程進度方可進場填築施工，然以往洲際一期工程階段曾有承商無預警倒閉之

情況；基此，為避免此情況發生，導致造地工程無法推動，故於本工程設計階段係於設計標案中納入臨時圍堤選項，若不幸遭遇前述兩標承商倒閉之情況時，至少可完成倉儲物流區之圍堤造地作業，至少可滿足石化中心之遷廠作業，詳圖9所示。

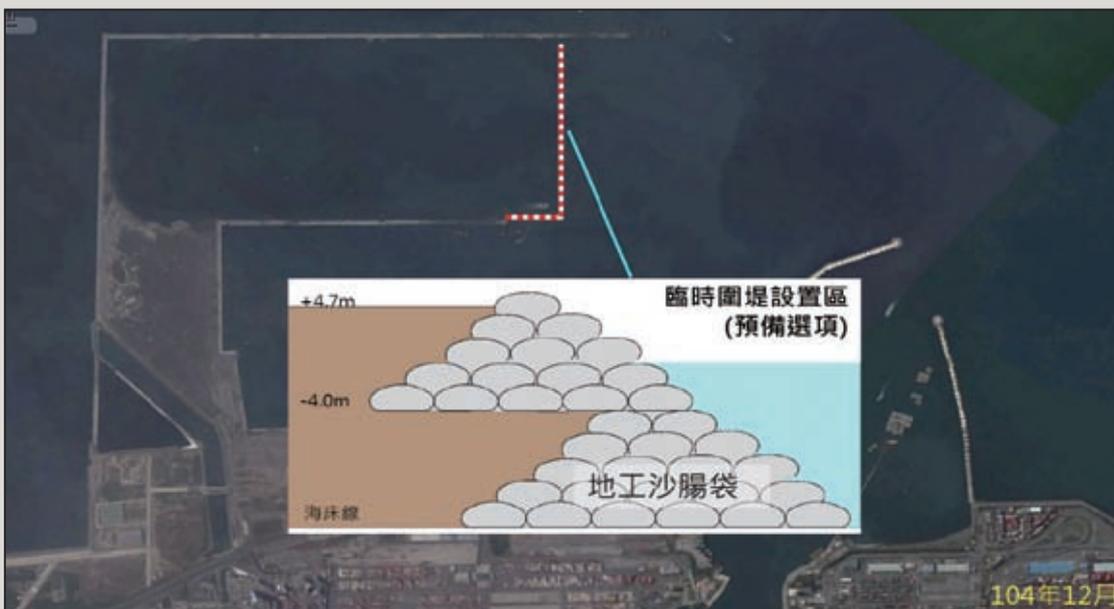


圖9 臨時圍堤設置區位示意圖

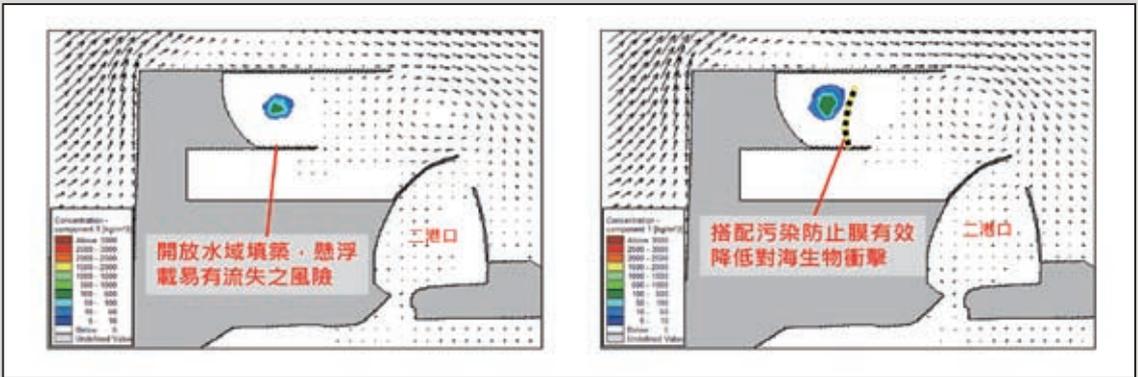


圖10 設置污染防止膜前、後之填區懸浮濃度變化圖

四、因應對策3：搭配污染防止膜設置，有效束縮懸浮物擴散範圍

因本工程填築作業係在半開放水域內進行施作，在無完全封閉之圍堤圍束下，勢必造成懸浮物流失，進而可能產生影響海域生態之情況。基此，本工程設計階段即要求浚填過程須搭配污染防止膜，懸浮載侷限在回填區，降低對海生物衝擊，圖10。

肆、施工面臨的挑戰與對策

一、取砂區與漁業權範圍重疊，良性溝通降低工程阻礙

本工程外海取砂區大部份區域為林園區漁業權範圍，鑑於本工程外海取砂區域為本地漁民傳統漁場，且為高雄港區國際航線所在，往來大小船隻相當多且頻繁，因此施工前若無法取得林園區漁會同意進行取砂，本工程將無法完成「石化油品儲(轉)運中心」造地作業。

- (一) 本案經環評核定後，於工程開工前多次與林園漁會協商，終至104年7月27日與林園漁會簽訂補償金協議書，同年10月21日行政院農委會公告本區「漁業權解編」2年(104年11月1日

至106年10月31日)，以遂後續工程進行。

- (二) 業主、監造及承商於履約期間與鄰近漁會、漁民團體進行溝通協調，與漁民團體保持良好關係，辦理漁民團體協調會共計6次以消弭歧見。

- (三) 外海取砂區作業已全部完成，期間無重大陳抗事件發生，施工平和落幕，相關協調作為如圖11。

二、外海取砂區作業環境惡劣，二港口航道船舶進出頻繁

外海取砂區夜間能見度不佳、颱風汛期(7個月)期間之海象非常惡劣，嚴重影響取砂作業之安全及進度。此外，在港內浚挖回填部分，因港內取砂區鄰近二港口航道，其港口航道船舶進出頻繁及漁船誤入取砂區捕魚，皆影響施工工率及增加船舶操航安全風險，為降低浚填施工之風險性，施工期間研擬數個對策，茲說明如下：

- (一) 動員大型船機克服惡劣海象(無船機人員損傷情事發生)，增加船機數量(泥艙總量達52,000m³)進場作業縮短外海取砂作業期程(漁業權解編2年給予取

漁民干擾和平落幕

善盡敦親睦鄰

- 履約期間與鄰近漁會、漁民團體進行溝通協調，與漁民團體保持良好關係，以確保浚填作業可**連續順利施工**。
- 辦理漁民團體協調會共計**6次**以消弭歧見，目前無重大陳抗事件。

和氣化解火氣



A 荷蘭人論法、漁民述情，監造動之以理，和氣化解火氣

圖11 監造主動積極協調漁會漁民紛爭



圖12 麥西瑪號及鹿特丹號作業，泥艙共52,000m³

砂，實際使用10個月完成取砂），大幅降低外海取砂區施工時間之風險，如圖12所示。

(二) 浚挖船機配備新穎電腦及雷達設備，以強化作業船機定位精確性。

(三) 每日掌握未來海象、氣象天氣狀況，遇有惡劣天氣時(例如鋒面、大浪等)，提供浚挖船機調整排填作業因應。

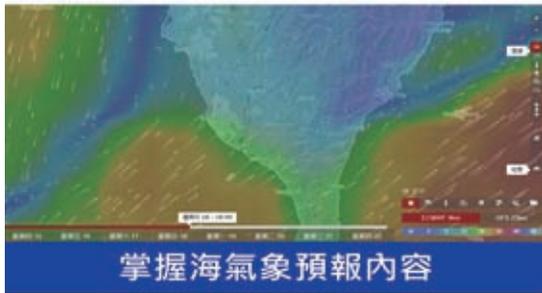
(四) 監造單位登船協助承商掌握船隻及周圍船舶動態，隨時與VTC塔台(航管單位)保持連繫，掌握營運船隻通行動態。



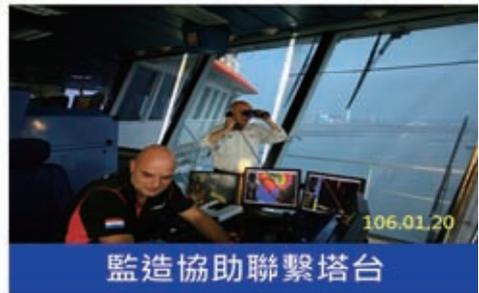
採大型施工船機抗浪性佳



配備雷達掌握鄰近船舶位置



掌握海氣象預報內容



監造協助聯繫塔台

圖13 每日掌握海象、監造協助監看雷達及附近船舶動態

(五) 浚挖船機增加作業人員專職監看雷達螢幕以提早預警時間，預防與周圍船隻碰撞。若有船隻(漁船)誤入作業區域，立即通知海巡單位協助進行引導「誤入船舶」離開作業區，確保施工安全，如圖13所示。

響浚挖作業人員船機安全，若不立即處理，則將影響船員人身安全外，更會造成工程嚴重延宕之情況。基此，為有效降低風險，其風險管理對策擬採源頭控制，以風險避開方式確保人員、船機安全，其實際作為如下。

三、水雷未爆彈影響作業安全

本工程施工期間於外海取砂區範圍內，發現二次大戰時期美軍投擲之各型水雷，嚴重影

(一) 考量外海取砂區尚未清楚未爆彈分布情形前，若繼續於外海取砂區作業，恐把吸到未爆彈致生無預期引爆，將可能造成危及挖泥船作業人員生命安全、二港口作業停擺、洲際二期工程



未爆彈磁力探測

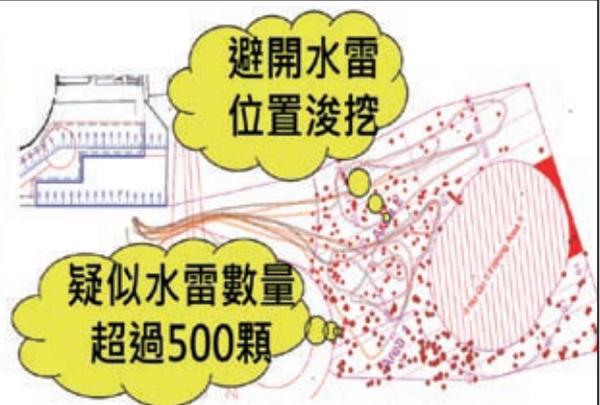


圖14 水雷先行磁力探測定位，浚挖船避開進行浚挖作業



圖15 新生地填築生態施工

停工並波及中油外海輸油管等，造成災難性危害，因此施工團隊決定暫停外海取砂作業，如圖14所示。

(二) 業主、監造、承商105年5月5日(星期四)召開石化中心(中油用地)之取砂區調整案會議，施工廠商為確認外海取砂區之未爆彈分佈情況，將自主辦理未爆彈探測調查，其所需作業時間約1個月，期間挖泥船暫時先至港內取砂。

(三) 105年5月30日起重回外海取砂區浚挖施工，浚挖船機依據未爆彈探測定位資訊，於浚挖時避開前述位置半徑50公尺範圍外作業。

(四) 後續作業再無挖到水雷情事發生，已順利完成風險最大的外海取砂作業，除進度超前交付用地，同時維持零職業災害、無工安事故、無船舶碰撞事故之優良績效。

四、兼具環保與造地抽砂回填施工

洲際二期計畫之填地工程填築量超過5,000萬方，總造地面積超過300公頃，屬近10年來最大之填海造地案。為加速施工降低抽砂造地對環境的影響，施工中動員超大型船機進行造地作業，並利用舢吹、接管交互方式填築，克服圍堤、岸線工程沉箱施工界面，並以每日量產約12萬方填築量進行造地。此外，為避免大量

的取砂與回填造成水域混濁，造成生態環境的衝擊，填築區附近設置汙濁防止膜，並於排砂管出口設置消能桶，讓填築粒料快速沉積；而在填築區填築區形成封閉狀態後，用Water Box排水取代Pump泵送排水，讓浚挖填築因而受困的魚、蟹等海中生物，可通過出口水道得以逃生，真正達到降低環境生態衝擊的生態施工(詳圖15)。

伍、監造完善的管理能力

一、與鄰標工程施工介面多，挑戰工程介面管理能力

因本工程填海造地作業，須搭配鄰標「外廓堤」及「岸線工程」進度，並由南往北逐步填築，且亦須待前揭二標沉箱背填完竣後，方可將施工場地交付本標進行填築作業。而上揭二標工程標案亦屬本計畫大型工程標案，不僅本身本體工程案量大，其附屬工程作業亦複雜且本身工期亦相當緊迫；故本工程浚填作業及施工動線之介面管理已不僅侷限於本工程之施工規劃，尚須考量其他工程標案施工介面，工程推動順利與否正考驗監造統整管理能力。為因應如此複雜界限，本工程監造階段處理模式說明如下：

(一) 施工期間共召開26次背填介面協調會，使「外廓堤工程」、「岸線工程」與本標工程無縫接軌，各標工程人員皆能互通工程作業訊息，除有助



圖16 施工界面協調解決作業干擾

於工程安全外，本計畫所屬三標案施工進度皆超前預定進度(舉例說明：105年10月31日進度，「海堤及防波堤工程」超前約3%，「岸線工程」超前約11%，本工程「新生地填築工程」超前約10%)。

(二) 綜整以上成效均端賴有效施工協調及其他各工程標案人員同心協力，始能克服施工介面，如圖16所示。

二、外海取砂區遭遇未爆水雷之停工危機處理

本工程承商之鹿特丹挖泥船於105.03.23取砂作業時，挖到第1顆未爆彈，後續取砂作業中，於03.31、04.02、04.05、04.06、04.10陸續挖出第2~6顆未爆彈；為確保船員安全性，承商總公司下令停工，然因由外海取砂填築容

方達2,371萬方，約佔總工程填方之(約3,722萬方)64%，若停止取砂作業，本工程勢必面臨解約再重新規畫發包作業，影響洲二計畫整體進度，進而造成高雄石化業者廠商遷建進度延宕，實質之影響層面無法估量。有鑑於此，設計監造主動研議對策，協助業主化解此一危機。

(一) 監造單位函文承商訂定相關標準作業程序及緊急應變措施，提升通報速度、加快軍警拆除作業，降低曝露風險，減少怠機時間。

(二) 協助承商擬訂水雷等未爆彈移除作業流程，如圖17所示。

(三) 設計監造提出風險評估報告業主，並建議後續避險施工對策，如圖18所示。

型式:Mk36、Mk25，直徑約47~57公分，長度約162~224公分，重量約600~840公斤

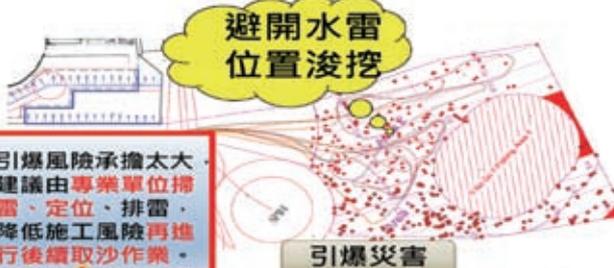


圖17 水雷移除作業流程SOP



引爆機率

➢ 經聯繫陸軍第四區指揮部彈藥科何健忠少校，目前發現的未爆彈皆為日軍或美軍佈放在二港口水面之水雷(主要是防止敵船進入港內或封鎖軍艦外出支援)，當初約佈放4倍餘顆，經引爆、漂流及敵軍排除後，剩餘幾顆無法精算。



引爆災害

➢ 目前鹿特丹挖泥船上計有作業人員約30餘人，若發生引爆事件，除船舶機具損壞影響工進外，且危及船上作業30餘人員生命安全。
➢ 造成高港海域安全疑慮，影響國際觀感。
➢ 災害層面實無法評估。

圖18 水雷引爆風險評估

說服業主暫時交換取沙區域及辦理水雷磁力探測定位變更設計

提前9個月竣工
榮獲金質獎

➢ 非契約須履約之障礙物清除範疇:

1. 契約應較偏屬無危險性之廢棄物。
2. 建議未爆彈定義為不明物，且非事先調查及由地質資料可得知。
3. 未爆彈偏屬不可預知之危險物，且其排除有相當風險，非屬營造工程能力範疇。

➢ 類似案例說明:

越南台盤山隔港浚挖遭遇未爆彈處置經驗，由比利時專業廠商進行未爆彈排除作業後再續行浚挖作業，調查定位費用每月約數拾萬歐元(相估本工程約需3,000萬元)。

➢ 暫時交換取沙區域不衍生履約爭議:

1. 取沙工序調整，港內、外海取沙計量計價維持不變，除未爆彈另議外，不影響業主權益。
2. 工進可如期推動，不影響洲二整體工進，不另行招標，原發包所節餘60億元，不會損失。

圖19 續行外海取砂作業之業主優勢

說服承商繼續履約避免衍生爭議及降低履約利潤

▶ 浚挖及排填契約單價:

1. 「浚挖及排填單價:外海抽沙106.59元/m³、洲二港內取沙52.22元/m³。
2. 外海抽沙實為貴公司利潤處，約暫契約總價70%。
3. 業主不會因外海取沙區未爆彈而停止新生地工程推動，會依契約將外海取沙量轉移為港內取沙，貴公司直接損失約13億元。

無虧損
結案

▶ 類似案例說明:

1. 貴公司可依以往經驗，先行磁力探測定位後，浚挖船避開水雷進行浚挖作業。
2. 監造說服業主同意「磁力探測定位時間」，取沙工序調整，浚挖船不會停工。

▶ 目前施工環境優勢:

1. 洲際2-1標、2-2標沉箱壩進度超前，施工界面協調共識已達，貴公司船機無需擔憂需配合沉箱壩進度二次動員進場作業，還可增派船機進場施工，提早竣工節省成本。

圖20 續行外海取砂作業之承商優勢

(四) 說服業主、承商續行外海取砂作業，免除停工解約困境，如圖19、20所示。

三、監造營建管理風險控制

本工程因以抽砂回填為主要工項，浚挖船機為本工程最重要之機具，基此，設計招標階段即廣邀國內外之浚挖廠商參與投標，最終由國際四大浚挖商之一Van Oord荷蘭商得標；然實際履約之負責人、工程師大部份都是荷蘭人，施工期間之溝通協調及契約解釋均係採英文溝通；然因工程文化背景不同，取得互相理解之困難度增加，未避免造成誤解，徒增工程糾紛，監造單位執行階段已啟動相對應之管制預防措施，茲說明如后。

(一) 監造同仁錯誤指示承商施工，承商若有損失，依荷蘭人執行工程慣例，不論損失金額大小，皆會函文業主請求補償。基此，監造除於施工前協調會正式函文告知「監造同仁於現場溝通用語及原意」，並不定期在週例會再三重申監造不會違背契約進行不當指示，所有用詞皆基於「良善人的行為

善意告知荷蘭人施工風險及建議因應之避險對策，若承商認為相關指示已違反契約，則無須執行，監造若認為承商確實違反規定，會適時函文糾正。」，監造除了函文以外之書面指示，請承商參考即可。

(二) 監造同仁契約熟識不足，又承商施作錯誤，監造未予糾正，且判定合格，事後遭業主等上級機關糾正，恐落入監造不實之責任，損及公司商譽，造成公司損失。基此，監造進行不定期契約導讀、測驗，增加同仁契約認知及設計規定，杜絕監造不實或錯誤之情事發生，如圖21所示。

(三) 登船查證之上下船舶落水之安全風險，有鑑國內甚少有大型浚挖船進場浚挖作業，相對監造駐船查證作業機率就少，且國外船隻也未遇見監造人員駐船查證情形，惟契約規定監造要不定期登船查證浚挖作業是否符合規定，又世曦

督促監造同仁熟念契約文件

- 監造針對契約文件辦理導讀並考試，確保監造同仁熟悉契約規定與設計原意，維持最佳監造品質。
- 本職學能教育辦理**22次**。



高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫第三標
(新土地填築工程)
契約文件訓練紀錄

編號	日期	時間	地點	訓練內容
001	05.09.10	09:00-11:00	會議室	契約文件訓練
002	05.09.10	13:00-15:00	會議室	契約文件訓練
003	05.09.10	17:00-19:00	會議室	契約文件訓練
004	05.09.10	09:00-11:00	會議室	契約文件訓練
005	05.09.10	13:00-15:00	會議室	契約文件訓練
006	05.09.10	17:00-19:00	會議室	契約文件訓練
007	05.09.10	09:00-11:00	會議室	契約文件訓練
008	05.09.10	13:00-15:00	會議室	契約文件訓練
009	05.09.10	17:00-19:00	會議室	契約文件訓練
010	05.09.10	09:00-11:00	會議室	契約文件訓練
011	05.09.10	13:00-15:00	會議室	契約文件訓練
012	05.09.10	17:00-19:00	會議室	契約文件訓練

高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫第三標(新土地填築工程)契約文件訓練紀錄

一、訓練目的：為使全體監造同仁，能熟悉契約規定與設計原意，以確保監造品質。

二、訓練對象：全體監造同仁。

三、訓練時間：05.09.10。

四、訓練地點：會議室。

五、訓練內容：契約文件訓練。

六、訓練結果：全體監造同仁，均已熟悉契約規定與設計原意。

七、訓練心得：全體監造同仁，均表示此次訓練，非常有意義，且能增進彼此之合作精神。

八、訓練建議：建議未來應定期舉辦此類訓練，以確保監造品質。

九、訓練檢討：此次訓練，圓滿達成預期目標，且全體監造同仁，均能積極參與，表現良好。

十、訓練總結：此次訓練，不僅能增進全體監造同仁之專業知識，且能增進彼此之合作精神，實為一項非常成功之訓練。

圖21 監造進行不定期契約導讀、測驗



圖22 登船前教育及登船行為

監造查證精神，須承商配合每天登船進行查證作業，且於外海登船，風浪大，徒增落水之安全風險。基此訂定上下船之SOP以確保監造人員生命安全。1.浚挖船與接駁船甲板同高時，始可進行上下船作業2.浪高大於0.5m時，人員禁止上下船3.每天上下船頻率過高徒增落水風險，修正為每週二次，提供監造人員專屬船艙過夜。工程期間未發生人員落水情形，如圖22所示。

結語

台灣地狹人稠，土地有限，目前港口腹地取得趨勢與世界相似環境國家雷同，已轉向填海造陸方式與海爭地，巨型填海造地之工程也將逐日增多，工程是否如期如質完成，全仰賴船機動員調遣，實為浚挖作業關鍵，經驗或專業度不足的施工廠商，常因誤用船機造成工程延誤。另一般海象因素影響程度更勝於天候因素影響程度，且除主要施工船機重要外，其施工管理配套措施更顯重要。

本工程須克服外海取砂區惡劣海、氣象，浚挖閃避未爆彈及港區航道避讓往來頻繁之船隻等困難條件，在整體施工團隊共同努力下，以卓越技術克服困難，順利完成風險最大的外海取砂作業，同時維持零職業災害、無工安事故之績效，並榮獲第十七屆公共工程金質獎佳作(水利類1級)肯定，希望有助於日後類似工程營建管理參酌。

參考文獻

1. 賴瑞應、曾文傑、張道光、林澤熙、鄧耀哩、陳斌哲，「港灣構造物功能性設計分析方法之研究-港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」，交通部運輸研究所、中興工程顧問股份有限公司合作辦理。
2. 台灣港務股份有限公司首頁(網址：<http://www.twport.com.tw>)。
3. 高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫「整體工程細部規劃報告書」。
4. 林耀煌、蔡茂生，「營造工程施工風險管理系統之建置與實施」，現代營建397期，2013年。
5. 呂守陞、卿建業、楊亦東、李順敏、李魁士、張嘉興，「量化施工風險與PDCAF管理」，中華技術No.93，2012年。
6. 謝政璋、葉錦璋、盧志宏、陳奕凱，「港灣浚挖(填)工程實務探討」，中華技術No.108，2015年。





3

專題報導

新南向港口建設先驅 越南山陽港建港開發歷程

摘要 ABSTRACT

越南近年經濟成長快速，基礎建設大量開發，鋼鐵需求量大增，加上越南政府將鋼鐵業列為優先發展工業、獎勵外人100%投資，選定於越南設廠，不僅可掌握越南龐大內需市場，更可享受東協自由貿易區之關稅優惠，鋼鐵前景看好。台塑河靜鋼鐵公司於越南河靜省永安經濟區興建一貫作業煉鋼廠以及山陽深水港，將以河靜省為中心，結合中下游相關產業，帶動永安經濟區及鄰近城鎮鋼鐵產業鏈之蓬勃發展，成為一個國際鋼鐵產業重鎮，山陽港除作為政府的新南向政策之先驅外，亦肩負鋼廠運作時所需之原料進口及鋼材出口重任。

台灣世曦規劃設計團隊於計畫爭取及工程執行階段，多次派員陪同台塑公司拜訪越南政府單位及現場現勘，有效協助業主解決工程規劃、設計及施工階段諸多問題，使本工程順利完成。

Pioneer of the port construction work of New Southbound Policy – Development of the port construction of Son Duong deep port, Vietnam

In recent years, Vietnam has experienced rapid economic growth, large-scale development of infrastructure, and a large increase in demand for steel. In addition, the Vietnamese government has listed the steel industry as a priority for industrial development and 100% investment for foreigners. The establishment of a factory in Vietnam will not only capture the huge domestic demand market in Vietnam. The tariff preferences of the ASEAN Free Trade Zone is enjoyable, and the steel prospects are promising. Formosa Hejing Iron & Steel Co., Ltd. has built a permanent operation of the Handan Iron and Steel Plant and the Shanyang Deepwater Port in the Yong'an Economic Zone of Hejing, Vietnam. It will take the Hejing Province as the center and combine the relevant industries in the middle and lower reaches to drive the steel industry chain of Yong'an Economic Zone and neighboring cities. Flourish and become a major international steel industry. In addition to being the pioneer of the government's new southward policy, Shanyang Port also shoulders the heavy burden of raw material import and steel export required for steel mill operations.

CECI dispatched personnel to the site for investigation at the implementation stage of the project to assist the owners in solving many problems in the planning, design and construction phases and assisting the smooth completion of the project. This article will share the project content.



關鍵詞：越南(Vietnam)、山陽港(Son Duong port)、防波堤(breakwater)、碼頭(wharf)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／正工程師／曾彥智(Tseng, Yann-Jyh) ①

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／副理／陳建中(Chen, Chien-Chung) ②

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／經理／朱志誠(Chu, Jyh-Cheng) ③

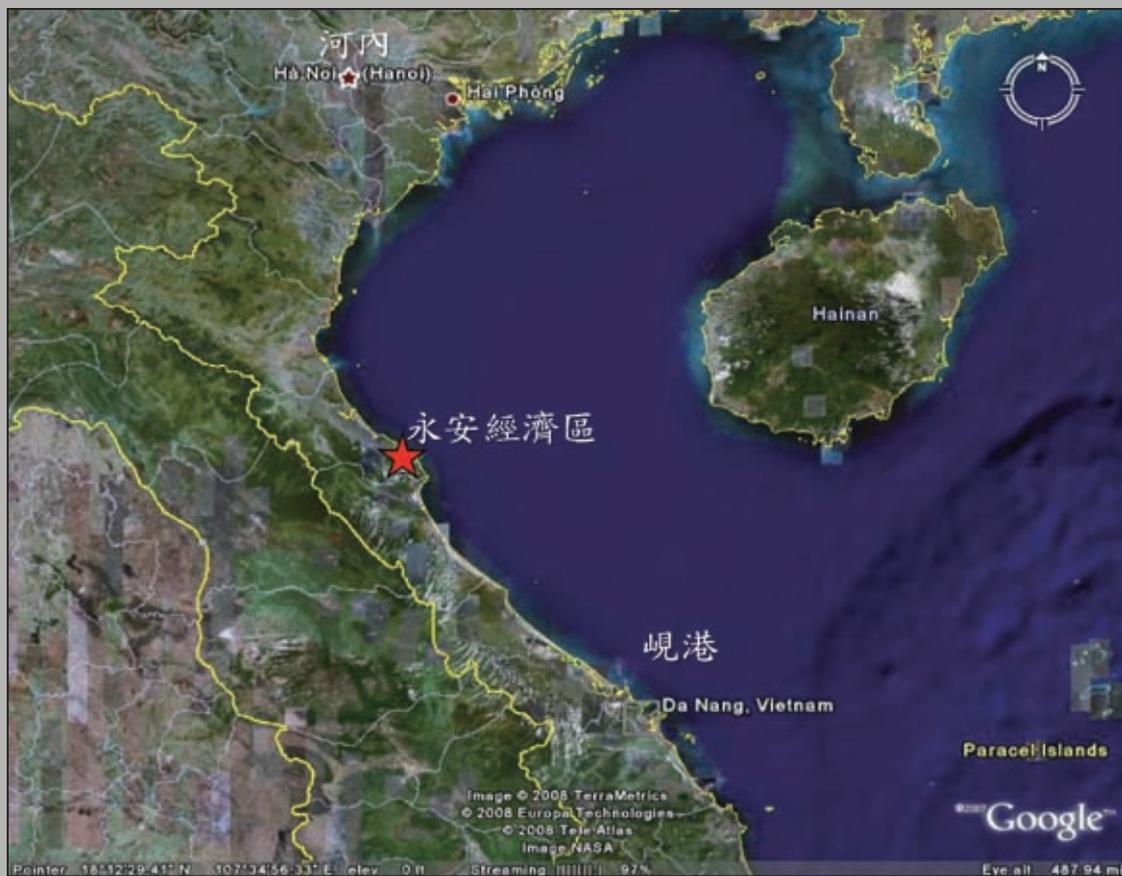


壹、開發緣起

在打造全球規模最大的石化園區麥寮六輕後，台塑創辦人王永慶希望將台塑稱霸石化業的垂直整合能力，複製到鋼鐵業，興建大鋼鐵廠、大汽車廠，甚至大造船廠。在二〇〇一年他對政府建言的「萬言書」裡，王永慶第一次公開表達這個「鋼鐵夢」。王永慶原先希望在台灣建立從煉鋼到軋鋼的一貫作業鋼鐵廠，然在台灣尋求開發期間遭到環保團體杯葛抗議，最後不得已轉向越南，看好中國大陸和東南亞市場對鋼鐵需求，最後決定落腳越南中部河靜省。

山陽港位於越南中部河靜省，介於河內及峴港兩個大城之間(詳圖1)，為越南政府核定永安經濟區之深水港(詳圖2)，港口原規劃為目標供5~15萬噸級船舶停靠，並含鋼鐵區、石化區及綜合商港區等三個港區。山陽港港址自然條件良好，腹地充足，且在國際航運上位居東亞航線中點，擁有亞洲地區與全球航線有利位置之優點，不僅是南北交通樞紐，亦位於東西經濟交流之廊道。

有鑑於永安經濟區之發展優勢，台塑河靜鋼鐵興業責任有限公司(簡稱FHS)擬於永安經濟區投資興建年產1,500萬噸之大煉鋼廠以及山陽港鋼鐵工業區碼頭(又稱河靜鋼鐵專案港口)。鋼廠正常運作須使用原、副料包括礦砂、煤炭、石料等，生產之成品、副產品包括鋼成品、爐渣及爐石水泥等，上述原、副料除部份取自國內鄰近省份外，其餘大都需由國外進口。因此，鋼廠計畫之海運皆須仰賴河靜鋼鐵專案港口之開發。



資料來源：1.「台塑河靜鋼鐵專案港口工程」規劃報告書，台塑河靜鋼鐵興業責任有限公司，2011。
2. Google Earth。

圖1 永安經濟特區位置圖

有關台塑河靜大煉鋼廠及河靜鋼鐵專案港口開發計畫之預可行性研究報告，在提送越南相關單位後，於2008年5月29日取得越南總理同意函。另本開發計畫亦於2008年6月底通過越南政府環評審查，於2010年開始動工至2017年完成建港及碼頭相關工程。

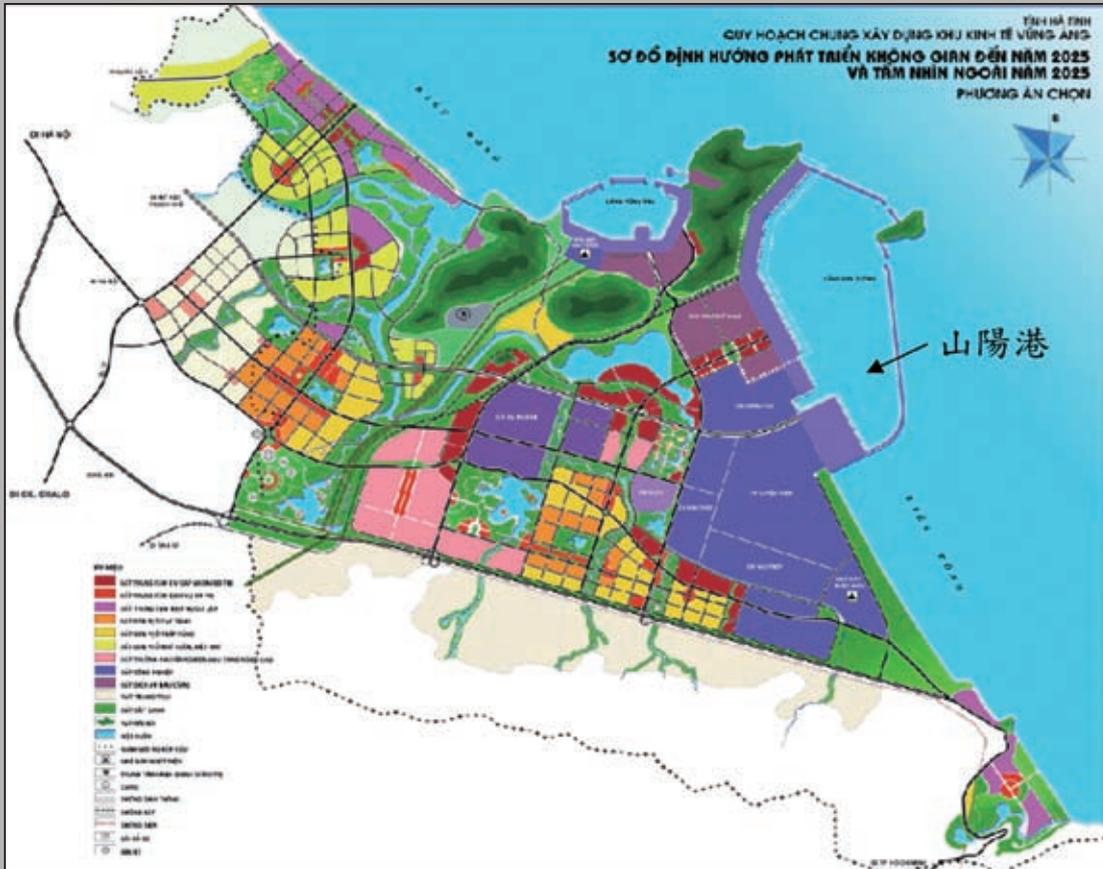
貳、計畫開發目標

本計畫新建之河靜鋼鐵專案港口原配合大煉鋼廠之運量需求（滿足年產量1,500萬噸）進行規劃。基於分期開發之構想，1-1期乃以年產750萬噸為目標，1-2期擴建至年產量1,500萬噸

之規模。計畫執行階段，台塑企業更將遠期大煉鋼廠之規模調增至2,250萬噸。本計畫係以1-1期為開發目標。

參、開發內容

港埠設施係為船舶運行、交通運輸、土地開發之主要關鍵，山陽港工業區碼頭乃配合大煉鋼廠之運量需求，港埠設施配置規劃以最大計畫船型30萬噸散貨輪為依據，本節將介紹山陽港主要港埠設施供參，各項配置詳圖3所示，其內容分別說明如下：



資料來源：「台塑河靜鋼鐵專案港口工程」規劃報告書，台塑河靜鋼鐵興業責任有限公司，2011。

圖2 永安經濟特區規劃之山陽港預定位置圖

一、港池配置：航道、迴船池佈設

本港口水域設施標準整理如表1所示。港口寬度400m，內航道水深-24.5m，外航道水深-27.0m，迴船池直徑900m，迴船池水深-24.5m，錨泊區半徑750m。

二、外廓防波堤

配合水域規劃配置外廓堤防約4,558m(遠期5,058m)，包括東南防波堤1,330m，東防波堤I 1,478m，東防波堤II 200m(遠期700m)，東內堤300m，北內堤1,250m及北內突堤碼頭640m。

三、岸線配置(碼頭及護岸)

山陽港各碼頭區依其所在位置可分為南、西、北三區(遠期開發則增加東區，共有四區)，配置13席碼頭(遠期開發則達32席)，碼頭護岸配置詳圖3所示，其中碼頭總長度碼約7,164m，碼頭使用計畫詳表2所示，港勤碼頭及護岸總長度約2,461m，詳表3所示。

四、新生地填築工程

配合鋼廠各廠房建廠需求時程排定計畫及用地使用之優先順序，各區填築範圍詳如表4及圖4所示。基地填地面積2,146.88公頃，以鋼廠

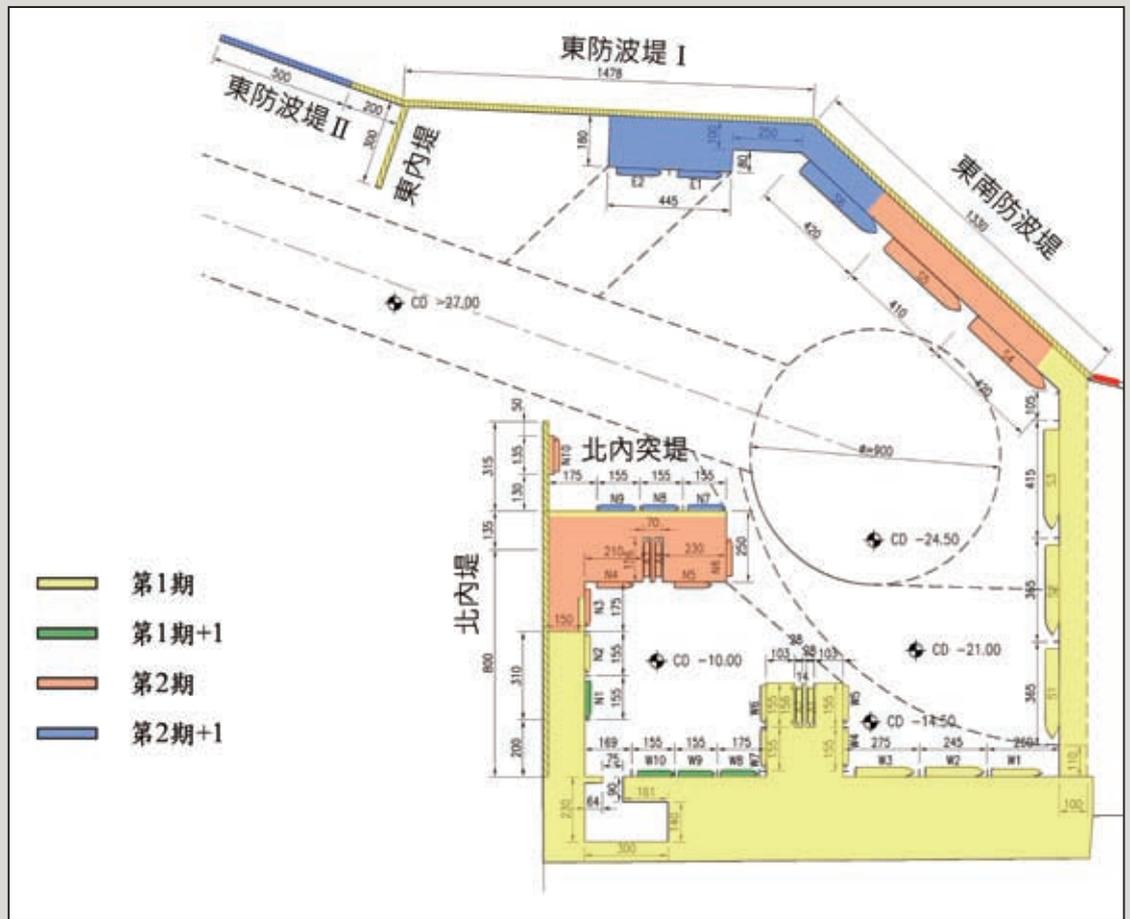


圖3 山陽港防波堤及碼頭佈置圖

表1 山陽港操航水域設施標準分析表

項目		規範標準	規劃配置
港口	方向	N30° E~N60° E S30° E~S60° E	N50° E
	寬度(m)	≥ 350	400
航道	長度(m)	≥ 1,750	9,426m
	寬度(m)	≥ 350	內航道採用400 外航道採用600
	內航道水深(m)	≥ CD.-24.1	建議採用CD -24.5
	外航道水深(m)	≥ CD.-26.7	建議採用CD -27.0
	操航性	避免轉折，轉彎半徑≥ 10倍 船長	轉彎半徑3,500m，並增加剎車直線水 域2,100m
迴船池	直徑(m)	≥ 700	900
	水深(m)	≥ CD.-24.1	CD -24.5
錨泊區	半徑(m)	≥ 650	750
	水深(m)	CD.-28.0~ CD-60.0	CD.-28.0~ CD-35.0

註：計畫船型：30萬噸散貨輪，L=350(m)，B=56(m)，D =21.8(m)

表 2 山陽港碼頭使用計畫

碼頭分區	碼頭編號	類別	碼頭長度 (m)	碼頭水深 (m)	靠泊船型 (DWT)	開發期程
南碼頭區	S1	煤炭/礦砂	365	21.0	20萬	第1期
	S2	煤炭/礦砂	365	21.0	20萬	第1期
	S3	礦砂	415	24.5	30萬	第1期
	S4	礦砂	420	24.5	30萬	第2期
	S5	礦砂	410	24.5	30萬	第2期
	S6	礦砂	420	24.5	30萬	第2期+1
西碼頭區	W1	石料	260	14.5	5萬	第1期
	W2	爐石/石料	245	14.5	5萬	第1期/2期
	W3	廢鋼/爐石	275	14.5	5萬	第1期/2期
	W4	鋼材:一般	175	14.5	1-5萬	第1期
	W5	鋼材:一般	155	14.5	1-5萬	第1期
	A1	鋼材:全天候	156	10.0	1萬	第1期
	A2	鋼材:全天候	156	10.0	1萬	第1期
	W6	鋼材:一般	155	10.0	1萬	第1期
	W7	鋼材:一般	175	10.0	1萬	第1期
	W8	鋼材:一般	175	10.0	1萬	第1期+1
	W9	鋼材:一般	155	10.0	1萬	第1期+1
W10	鋼材:一般	155	10.0	1萬	第1期+1	
北碼頭區	N1	鋼材:一般	155	10.0	1萬	第1期+1
	N2	油化學品/ 鋼材:一般	155	10.0	1萬	第1期/2期
	N3	鋼材:一般	175	10.0	1萬	第2期
	N4	鋼材:一般	210	10.0	1萬	第2期
	A3	鋼材:全天候	156	10.0	1萬	第2期
	A4	鋼材:全天候	156	10.0	1萬	第2期
	N5	鋼材:一般	230	10.0	1萬	第2期
	N6	廢鋼/鋼材:一般	250	14.5	5萬	第2期/2期+1
	N7	鋼材:一般	155	10.0	1萬	第2期+1
	N8	鋼材:一般	155	10.0	1萬	第2期+1
N9	鋼材:一般	155	10.0	1萬	第2期+1	
N10	油化學品	135	10.0	0.2-1萬	第2期	
東碼頭區	E1	廢鋼	222	10.0	3.7萬	第2期+1
	E2	廢鋼	223	10.0	3.7萬	第2期+1
合計	32席		7,164			

註：靠泊船型指碼頭規劃船型

表 3 山陽港港勤碼頭與護岸設施

設施分區	名稱	類別	長度 (m)	水深 (m)	靠泊船型	開發期程
港勤船渠	港勤碼頭	港勤船	985	6.5-9.5	5,000HP	第1期
護岸	南護岸	S1-S3	215	12.5-24.5		第1期
	西護岸1	W10	30	10.0		第1期
	西護岸2	全天候碼頭	276	10.0		第1期
	北護岸1	施工碼頭	200	6.5		第1期
	北護岸2	全天候碼頭	70	10.0		第2期
	北護岸3	N9側	175	10.0		第1期
	東護岸	S6-E2	510	12.5-24.5		第2期+1
合計			2,461			



資料來源：「越南河靜鋼廠基地抽砂填地工程投標說明書」，台塑關係企業總管理處，2010年01月。

圖4 鋼廠抽砂填地範圍分區示意圖

表 4 廠區各填築分區面積及填方數量表

整地及抽砂 填地順序	填方區廠房別	面積 (ha)	填砂量 (m ³)	面積 (ha)	填砂量 (m ³)
①	原料場一	142.90	3,572,500	309.00	9,606,000
	電廠一	40.10	701,750		
	軋鋼廠一	102.20	4,599,000		
	成品區	5.30	59,625		
	油氣槽	6.50	73,125		
	石灰廠一+石灰廠二	12.00	600,000		
②	設備維修廠	33.50	1,005,000	51.70	1,733,000
	高焦煤氣櫃區	18.20	728,000		
③	混鐵車修理區+渣處理+RHF	35.90	1,256,500	35.90	1,256,500
④	中央水處理廠	23.30	932,000	23.30	932,000
⑤	高爐廠一	76.00	3,040,000	76.00	3,040,000
⑥	行政區	61.50	1,537,500	105.25	2,631,250
	生活區一	43.75	1,093,750		
⑦	港口預製場地	100.00	3,900,000	103.10	4,039,500
	港口行政大樓	3.10	139,500		
⑧	燒結廠一	32.50	1,625,000	143.80	6,402,000
	燒結廠二	32.50	1,625,000		
	落地焦炭、落地燒結礦堆場	25.20	1,008,000		
	焦化廠一	53.60	2,144,000		
⑨	煉鋼廠一	53.10	2,124,000	83.60	3,344,000
	轉爐煤氣櫃區	6.80	272,000		
	制氣站一	17.20	688,000		
	能源中心、急救站、消防站	6.50	260,000		
⑩	耐火材工廠	15.10	453,000	35.90	1,077,000
	中央廢水處理+其他	20.80	624,000		
⑪	全廠倉庫一+其他	37.80	1,134,000	50.3	1,634,000
	總降(變壓站)	12.50	500,000		
⑫	其他	1129.03	51,036,533	1129.03	51,036,533
全區(含原料場二用地)		2,146.88	86,731,783	2146.88	86,731,783

資料來源：「越南河靜鋼廠基地抽砂填地工程投標說明書」，台塑關係企業總管理處，2010年01月。

1,965.67公頃為主要填區，需先填至要求高程後，剩餘砂量再填至灰塘A區181.21公頃。填築之抽砂來源為山陽港港域、航道、外航道及臨近海域。

肆、工程關鍵特色

一、部份沉箱長度由25m變更為34.3m—節省材料、減少沉箱數量及縮短工期

山陽港由於水深大，防波堤及碼頭部份均

採用沉箱構造型式，而原設計採用目前台灣沉箱常用長度25m之沉箱尺寸，由於沉箱數量龐大，承包商(三星建設)取得標案後，為達到節省材料及工期，提出了加長沉箱長度之變更設計，沉箱增長為35m，將原有碼頭及防波堤之沉箱總座數由原本約298座降低至248座，減少約50座次的製作及拖放時間，可達到節省材料及縮短工期的目標。

二、陸上軌道台車運移工法－克服場地問題、加速沉箱製作速度

山陽港鄰近區域並無適合之施工碼頭，故無法採用一般較為常用之海上浮船台工法，加上本工程多屬大型沉箱，若沉箱採二次加高，亦受限於碼頭水域不足。在前述諸多限制條件下，承包商採用於陸上工法製作沉箱詳圖5～圖

8，並以陸上軌道台車運移下水之工法進行沉箱施工作業，共有以下幾項優點：

(一)採用陸上工法，設兩生產線，加速沉箱生產作業。

(二)具防雨覆蓋之製造工廠，24小時施工，避免雨季之影響。

(三)使用高承載之浮船塢。

三、自動滑模系統製作沉箱－加速沉箱製作、減少碳排放污染

本工程使用大量之沉箱，而如何有效率且模組化之完成沉箱製作，其模版則屬施工中之重點。一般沉箱製作所用模版可採用普通模版



圖5 移動設備



圖6 沉箱製作工廠



圖7 油壓軌道台車



圖8 沉箱上浮船塢

組裝，然該方式無法因應大量沉箱製作，故本計畫係以自動化滑模工法施作。滑模工法具有水密性及氣密性好、工期短、混凝土表面修飾工作性佳、節省人力、安全性高、提高精度、效率與施工經驗豐富等優點，因山陽港總沉箱製作數高達248餘座(防波堤152座、碼頭96座)沉箱，利用自動滑模系統順利於工期內完成所有沉箱之製作。

因沉箱隔艙尺寸均一，滑模系統內外模可靈活應用，可有效加速沉箱製作進度，同時減少施工過程中所排放之二氧化碳及工程廢棄物之污染，對施工品質及節能減碳具有相當之助益，其沉箱滑模施工過程詳圖9～圖10所示。

四、大水深碼頭及全天候碼頭—提供30萬噸船舶靠泊增加作業效率、減少天候影響

碼頭構造型式繁多，除須考慮碼頭構造型式之特性及碼頭之用途外，尚應就工址之地質狀況、水深、岸肩高、地震規模、波浪及潮差等自然條件予以綜合研究以研擬可行之型式，再就施工條件、工期、工程費、耐久性、主要材料來源等作綜合評估比較決定最佳型式。以本工程特性而言，碼頭位於港內，受波浪較小，設計上以考量潮位及地質條件為主，而碼頭上需設置輸送設備，碼頭構造物需控制其沉陷量，可採用棧橋式構造，然本工址海床下具岩盤存在，故沉箱式構造亦為可選擇之斷面型式，惟如所在水深較淺，鋼管板樁型式之碼頭，可克服打樁入岩，亦可為考量之型式。



圖9 自動化滑模系統工法施工實景1



圖10 自動化滑模系統工法施工實景2

由前述碼頭水深需求可知，本工程碼頭最深可達-24.5m以供30萬噸礦砂輪停靠，經評估棧橋式與沉箱式(詳表5)，兩種碼頭型式建議大於-14.5m以上水深碼頭皆以沉箱式構造為宜，費用亦較為便宜，其中大水深碼頭斷面詳圖11所示。

全天候碼頭為在碼頭停船水域及裝卸區上方增設遮蔽構造物，可提供24小時不受天候影響之裝卸作業服務詳圖12。考量越南地區全年降雨日數較高，為避免降雨過大影響高級鋼材載運時之防銹需求，故設置1萬噸級全天候碼頭2席，每席每頭配備2台150ton/hr之天車負責裝卸之用，以確保長期穩定運轉。

伍、歷程

台灣世曦規劃設計團隊於計畫爭取及工程執行階段，多次派員陪同台塑公司拜訪越南政府單位及至現場現勘，有效協助業主解決工程規劃、設計及施工階段諸多問題，茲整重要現勘行程期程、現勘重點項目及參與人員詳如表6所示，並擇重要行程內容說明如后。

(一)爭取計畫階段(2007.12~2008.6)

1. 現勘2007/12/3-12/6

由於越南急需國外投資者進行永安經濟區之開發，因此，對台塑公司之投資寄以厚望，於拜訪河靜省政府時，副省長更熱心參與及協助拜訪行程，使台塑公司深切感受越方之熱忱。台塑公司對於投資永安經濟區之相關投資規定，尚處

表 5 -14.5m以上水深碼頭構造型式之比較表

型 式	優 點	劣 點
棧橋式	1.適用於支持層位於較深之土質。 2.鋼構造耐震力佳。 3.消波效果佳。	1.鋼管樁須入岩，施工速度慢。 2.鋼管樁須適當防蝕處理。 3.工程費相對為高。
沉箱式	1.如施工品質良好，則使用年限長。 2.維護相對為低。 3.適合外海施工之前進基地。 4.適用於受側向力大之水域。 5.費用較低。	1.基礎需良好。 2.水深大時，土壓力大，耐震力低。 3.碼頭前反射波較大。

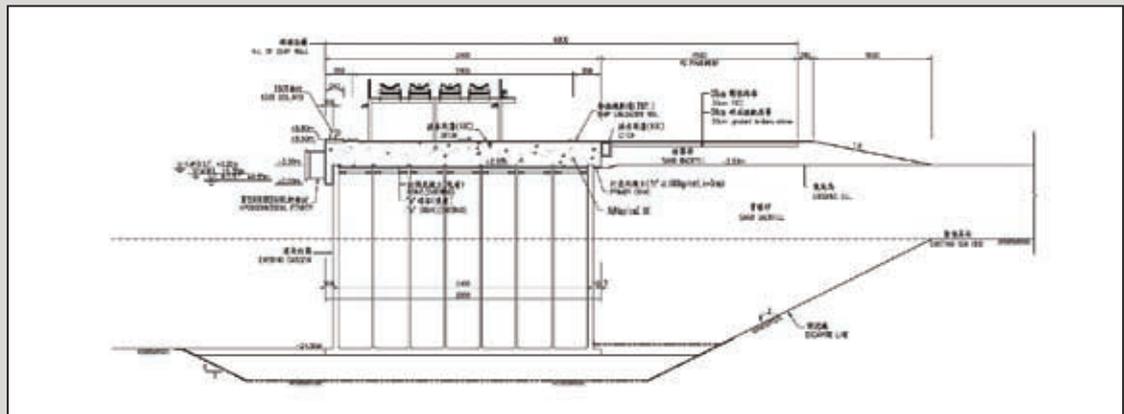


圖11 大水深碼頭斷面圖(S3碼頭，-24.5m)

表6 現勘概要表

階段	日期	現勘重點項目	現勘人員	備註
爭取計畫階段	2007/12/3-12/6	• 拜訪河靜省政府、航港局、交通部等政府單位	丁金彪、朱志誠	
	2008/1/16-1/19、 2/19-2/23、 4/16-4/19	• 拜訪交通部及投資局 • 拜訪越南港灣專業顧問公司(TEDI、PORTCOAST) • 技術資料蒐集	朱志誠、陳孟怡	
	2008/6/15-6/18	• 協助並出席山陽港環評審查會及其相關事宜	廖學瑞、朱志誠	
規劃設計階段	2008/8/6-8/8 2008/11/15-11/17	• 可行性報告查核 • 海上鑽探督導 • PORTCOAST公司研討	朱志誠、陳孟怡、 陳建中、王志強、 陳榮嵩	
	2009/12/17-12/23	• 參訪越南海防、廣寧、胡志明、頭頓等四港口之港埠作業	張徐錫	
	2010/1/25-1/29	• 操船資料蒐集	成俊欽	
	2010/7/13-7/26	• 協助監造地質鑽探工程	陳榮嵩、何佳倫	
	2012/5/16-5/18	• 協助解決浚挖工程相關問題	朱志誠、張鈺輝、 黃振愷	
	2012/11/8-11/16	• 辦理計畫辦公室設置 • 洽商稅務事宜 • 協助解決工地施工疑慮	廖學瑞、成俊欽、 曾彥智、張鈺輝	
	2013/3/18-3/21	• 協助解決稅務事宜	張鈺輝	
	2013/10/28-10/31	• 勘查蝴蝶及百合颱風所造成之災損 • 討論後續處理對策	成俊欽、陳建中、 曾彥智	
	2014/5/12-5/17	• 會同臺灣港務股份有限公司參訪及胡志明市港務局相關建設工程與營運。	張欽森、成俊欽 彭國源、葉錦璋	
	2016/1/10-1/16	• 施工許可申請文件	成俊欽、張鈺輝	
2016/11/8-11/11	• 完工勘查及協助驗收文件簽章	張鈺輝、曾彥智		



圖12 山陽港全天候碼頭完工現況

於探詢階段，仍待進一步分析瞭解及評估投資效益，方確定其是否投資及擬投資之規模。而山陽港原規劃並不完整，相關自然條件、水深及地質缺乏，急待後續調查評估作業之進行，詳圖13～圖14。

2. 現勘2008/1、2008/2、2008/4
為充分了解投資相關資訊及考量配合越

南政府行政作業需求，協同台塑人員分別於2008年1月、2月及4月分次前往河內拜訪交通部、航港局及相關政府部門，以展現投資團隊擁有堅強之實力；同時考量相關申請作業及技術性服務工作仍須有在地顧問公司之配合，亦拜訪越南港灣顧問公司(TEDI)進行後續作業之討論，以加速綜合報告作業進度，詳圖15～圖16。



圖13 山陽港預定地北側



圖14 山陽港預定地南側



圖15 拜訪河內政府單位



圖16 拜訪越南港灣顧問公司(TEDI)

3. 現勘2008/6/15-6/18

為順利推動山陽港之建設計畫，本公司協助並出席山陽港環評審查會及其相關事宜，詳圖17。

(二) 規劃設計階段(2008.8~2016.11)

1. 現勘2008/8-2008/11

台塑公司委託越南PORTCOAST辦理可行性工作，本公司則協助辦理報告查核及督導等工作，詳圖18~圖19。

2. 現勘2010/7/13-7/26

為確實掌握現場地質條件以利細部設計



圖17 協助出席山陽港環評審查會



圖18 至PORTCOAST協助報告查核及督導



圖19 現場海上平台鑽探平台

工作推展，台塑公司委託大陸「中交第三航院」辦理地質鑽探工作，目的是在前期工可階段勘察成果的基礎上，進一步查明擬建區域各地基岩土層的分佈發育規律和工程特性，提供各地基岩土層的物理力學性質指標，並針對山陽港工程的性質和要求，對可能液化土層進行液化潛能分析，為細部設計和施工提供

工程地質依據和岩土參數。

本公司配合台塑公司要求派員至辦理現場監造督導工作，由於越南當地缺乏先進機具皆以人工移機，加上沒有規劃施工便道，皆以克難方式進行，詳圖20～圖22。



圖20 現場海上平台鑽探平台



圖21 陸域鑽探機具移機



圖22 鑽探成果-岩心箱

3. 現勘2012/5/16-5/18

山陽港開發案為大型之人工港口開發工程，其浚挖量達9,000萬方以上，主要提供造地回填使用。然由鑽探及震測調查結果可知，浚挖區以細粒料含量較大(估計可達3,000萬方以上)，故該等不適回填之細粒料擬採海拋方式處理。為了解海拋過程是否會造成港口區域回淤，本公司除進行數值模擬分析作業，以了解海拋之可能影響外，亦配合至現場勘查以提供後續執行建議，詳圖23~圖24。

4. 現勘2012/11/8-11/16

本公司於2012.10.18取得越南政府建設部(Ministry of Construction)核發之承包商執照，並依據越南政府規定進行本公司計畫辦公室之設置，以期取得計畫辦公室設置執照、計畫辦公室合法代表人證明、計畫辦公室印鑑及印鑑證明，並



圖23 現場浚挖船



圖24 回填造地



圖25 計畫辦公室設置



圖26 洽商稅務事宜

完成銀行開戶。另由於河靜省稅務局對個人所得稅已多次發函本公司要求提供資料並解釋，故乃趁至越南洽公機會拜訪河靜省稅務局，期能解除雙方疑義，詳圖25~圖26。

工地施工初期，由於現場施工較多圖面疑義，且由於颱風過後，造成部份設施損壞，故配合台塑公司要求派員至現場會勘並提出解決建議，詳圖27~圖28。

5. 現勘2013/10/28-10/31

由於計畫區接連受蝴蝶及百合颱風侵襲，加上防波堤仍未興建完成無法對興建中之碼頭設施形成足夠之保護，以致造成部份臨海施工中設施之災損，故配合台塑公司要求至現場勘查並提出後續修復建議，詳圖29~圖32。



圖27 港勤船渠轉角颱風過後鋼筋外露



圖28 突堤碼頭鋼管板樁打設施工諮詢



圖29 房舍已逐步興建就緒



圖30 沉箱回填砂越浪流失



圖31 碼頭胸牆受損、鋼筋外露



圖32 臨時鋼板樁受損

6. 現勘2016/11/8~11/11

由於山陽港所有工程都已完工，故本公司將派員前往協助驗收文件簽章，並與河靜經濟區管理局協調許可文件之核發；另針對現場完工設施進行勘查，與業主交換施工期間所遭遇之問題及解決方法，以為未來設計參考，詳圖33~圖36。

結語

越南近年經濟成長快速，基礎建設大量開發，鋼鐵需求量大增，加上越南政府將鋼鐵業列為優先發展工業、獎勵外人100%投資，選定於越南設廠，不僅可掌握越南龐大內需市場，更可享受東協自由貿易區之關稅優惠，鋼鐵前景看好。



圖33 港勤船渠完工現況



圖34 S1碼頭完工現況

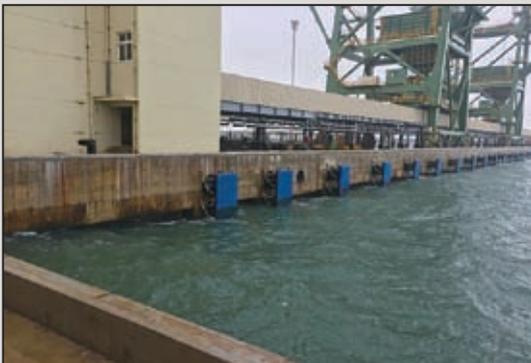


圖35 W1碼頭完工現況

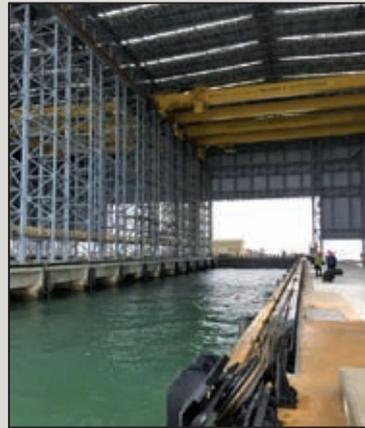


圖36 全天候碼頭完工現況

山陽港居北部海防港、中部峴港大城之間，在國際航運上位居東亞航線中點，為亞洲地區與全球航線的有利位置，規劃、建設、經營此區域，將能便利原料進口及鋼材出口。看好越南鋼鐵市場、地理位置、國家政策及東協關稅等競爭優勢，台塑河靜鋼鐵公司於越南河靜省永安經濟區興建一貫作業煉鋼廠以及山陽深水港，將以河靜省為中心，結合中下游相關

產業，帶動永安經濟區及鄰近城鎮鋼鐵產業鏈之蓬勃發展，成為一個國際鋼鐵產業重鎮。

台灣世曦規劃設計團隊於計畫執行階段多次派員至現場現勘，協助業主解決規劃、設計及施工階段諸多問題，讓本工程順利完成，服務品質深獲業主肯定，接近完工之港區空拍圖如圖37所示，整體完工衛星圖詳圖38所示。



圖37 港區空拍圖(2016.07)



圖38 山陽港完工衛星圖 (2018.04中央大學太空及遙測研究中心)

參考文獻

1. 「台塑河靜鋼鐵專案港口工程」規劃報告書（期末報告），台塑河靜鋼鐵興業責任有限公司，民國100年4月。
2. 「山陽深水港與大煉鋼廠聯合體」投資案簡介，台塑河靜鋼鐵興業責任有限公司，民國105年9月。
3. 「越南山陽港可研報告核查及斷面規劃」查核紀錄報告，台灣塑膠工業股份有限公司，民國98年11月。
4. 「越南鋼廠港口及碼頭工程」實地勘查及拜訪出國報告，台灣世曦工程顧問股份有限公司，民國96年12月。



4

參訪報告

稿約格式

一、文字：稿件應以中文或英文撰寫，中文及英文摘要以400字為限。

二、單位：所有含因次之量須採用SI單位公制。

三、打字：

來稿請使用電子檔（以Word編排）圖、文需以單欄橫向編排方式，共同排列在文稿內(過大的圖或表可以附件方式呈現)，論文之長度(含圖)字數限5-6,000字以內；左、右邊界2.5公分，上、下邊界3公分，內文字體為細明體12點字，行距為1.5倍行高。

四、題目/作者：

論文題目宜簡明，作者姓名、任職機構、部門、職稱、技師科別列於論文題之下方，其服務部門及職稱以1, 2, 3編號註記在首頁末，另附上作者之生活照高畫質之電子檔。

五、關鍵詞：在題目中須選出中文及英文二至四個關鍵詞，並置於作者姓名下方。

六、章節及標題：論文之章節標題須列於稿紙之中央對稱位置，且加編號。小節標題亦應加編號但必須從文稿之左緣開始，例

壹、大標題（居中）

一、中標題（齊頭）

(一) 子標題（齊頭）

1、小標題（齊頭）

(1) 次小標題（齊頭）

七、數學式：所有公式及方程式均須書寫清楚，其後標式號於圓括弧內。為清晰起見，每一式之上下須多空一列。

八、長度：論文之長度(含圖)，內文以不超過6,000字或其相當之長度為準(以A4規格約8頁(含圖)計算)。

九、插圖與圖表：不論在正文中或圖裡本身，所有圖表、照片必須附有編號及標題或簡短說明，其編號請用阿拉伯數字，不加括號表示。如圖1、表2；Table 1、Figure 2，表的標題置於表的上方中間，圖的標題置於圖的下方中間。

十、符號：內文所有符號須於符號第一次出現時加以定義。

十一、參考文獻：

所有參考文獻須按其在文中出現之先後隨文註號碼於方括弧內，並依序完整列於文末；文中引用提及作者時請用全名，未直接引用之文獻不得出現。

參考文獻之寫法須依下列格式：

(1)期刊

林銘崇、王志成，「河口海岸地形變化之預測模式」，中國工程學刊，第六卷，第三期，第141-151頁(1983)。

Bazant, Z. P., and Oh, B. H., "Strain-rate effect in rapid triaxial loading of concrete," Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol.108, No.5, pp.764-782(1982).

(2)書籍

張德周，「契約與規範」，文笙書局，台北，第177-184頁(1987)。

Zienkiewicz, O. C., "The Finite Element Method," McGraw-Hill, London, pp.257-295(1977).

(3)論文集

蔡益超、李文友，「鋼筋混凝土T型梁火災後彎矩強度之分析與評估」，中國土木工程學會71年年會論文集，臺北，第25-30頁(1982)。

Nasu, M. and Tamura, T., "Vibration test of the underground pipe with a comparatively large cross-section," Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome, Italy, pp.583-592(1973).

(4)學位論文

陳永松，「鋼筋混凝土錨座鋼筋握裹滑移之預測」，碩士論文，國立成功大學建築研究所，台南(1982)。

Lin, C. H., "Rational for limits to reinforcement of tied concrete column," Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of Texas, Austin, Texas (1984).

(5)研究報告

劉長齡、劉佳明、徐享崑，「高屏溪流域水資源規劃系統分析之研究」，國立成功大學臺南水工試驗所研究報告，No.53，台南(1983)。

Thompson, J. P., "Fire resistance of reinforced concrete floors," PCA Report, Chicago, U.S.A., pp.1-15(1963).



編後語

高雄港發展歷史悠久，由小漁港至現今現代化的規模已歷經110多年，從初期興建至後來的發展，政府機關、臺灣港務公司及工程顧問公司均扮演著重要角色。

本期(121期)中華技術主題以「高港進化新風貌」為主要內涵，探討高雄港洲際貨櫃中心計畫從規劃、設計與施工全面性的探討，文中包含船舶大型化、貨櫃中心的發展、外廓堤的設計新思維、商港首次設置的離岸防波堤、沉箱工法的躍進、大規模造地等規劃、設計與施工成果均為本公司盡心竭力之作。

由此次的專題報導內容，希望讓讀者瞭解高雄港洲際貨櫃中心計畫整個工程進行過程中的各項技術展現，更希冀讓外人瞭解工程顧問公司對於港灣工程所做出的貢獻，未來也希望在政府、顧問公司共同努力下，繼續完成高雄港未來發展願景。

附記：

本刊於每年一、四、七、十月份以季刊方式發行，來稿請備紙本稿件一式三份及原稿電子檔，以掛號郵寄台北市11491內湖區陽光街323號10樓，台灣世曦工程顧問股份有限公司／企劃部轉『中華技術』編輯小組收。

 財團中華顧問工程司
法人 CHINA ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

台北市10637辛亥路二段185號28樓
28F., No.185, Sec. 2, Sinhai Rd., Taipei 10637, TAIWAN
Tel: (02) 8732-5567, Fax: (02) 8732-8967, <http://www.ceci.org.tw>

一同**走過五十!**
一起**迎向未來!**
一道**跑出精彩!**

更多中華顧問



交通大數據
智慧交安
MaaS
智慧交控
設施維護管理

10637台北市大安區辛亥路二段185號28樓
28F., No.185, Sec. 2, Shinhai Rd., Taipei 10637, TAIWAN
TEL : (02)-8732-5567, FAX : (02)8732-8967
www.ceci.org.tw



智慧 × 連結 × 合作 × 創新