

港灣報導



季刊 第62期

要 目

- ❖ 新生代貨櫃碼頭發展技術
- ❖ 數值模式於海岸治理規劃之應用—以高雄旗津海岸為例
- ❖ 安平港商港區土地徵收暨第一期工程計畫簡介
- ❖ 海域航運繁忙的地中海暨其東端樞紐—塞浦路斯
- ❖ 「便民輪」打撈施工報導

中華民國九十一年十月出版

目 錄

一、新生代貨櫃碼頭發展技術	1
郭石盾 高雄港務局副總工程司	
二、數值模式於海岸治理規劃之應用—以高雄旗津海岸為例	11
廖學瑞 中華顧問工程司港灣部副理	
朱志誠 中華顧問工程司港灣部組長	
張欽森 中華顧問工程司港灣部組長	
三、安平港商港區土地徵收暨第一期工程計畫簡介	25
朱志光 高雄港務局副工程司	
四、海域航運繁忙的地中海暨其東端樞紐—塞浦路斯	40
陳文樹 交通部郵政研究所研究員	
五、「便民輪」打撈施工報導	46
陳琦瀛 中山大學海下技術研究所研究生	
陳靜觀 台灣潛水企業有限公司潛水組長	

新生代貨櫃碼頭發展技術

郭石盾 高雄港務局副總工程司

一、簡介

回想過去，實在很難相信航運界使用貨櫃技術，尤其是以碼頭貨櫃起重機從事船上與岸邊一個接一個的裝卸作業已達40年了。事實上，在1960年由海陸在波多黎各Puerto Nuevo港所設計建造的第一座貨櫃碼頭與當今所設計建造者是一模一樣的。只不過早期(即使當今也可能)貨櫃在碼頭的儲存是直接將貨櫃吊放在車架上，停在貨櫃場直到拖往內陸或暫放碼頭邊直到裝船。至於管制站(Gate)、場地吊放機(Yard cranes)、前方或側向吊櫃機(Front and side loaders)則40年始終未變。然而，船舶、貨櫃、以及起重機則不斷地在加大與加快。同時貨櫃裝卸量一直持續增加，每艘貨櫃輪每船次將帶來數千個貨櫃，比早期小船年運送量還多。

另個問題，港埠已不再僅是貨運的起、終點站運輸功能，也將扮演各種船舶及內陸運輸，甚至近海航運服務彼此之間複合運送的緊密連接站。未來戶及戶運送的時間與費用大量的降低將是一種不變之傾向；同樣地，所有運輸模式必須整合，朝無紙化供應鏈(Paperless supply chains)發展，並以電腦管理，在尋求及時性(Just in

time)貨物運送及分銷原則下，達成緩衝貨物庫存量(Buffer inventories)的有效做法。在未來，貨櫃碼頭將不斷增進貨櫃的批次移轉(Transfer containers in batches)，或作更連續性的轉換。同時，未來的貨櫃輪將屬多船體船舶(Multi-hull vessels)，移轉貨櫃以成堆處理(Transfer containers in blocks of containers)或以直接連續性作船對船的轉換作業(Direct continuous ship-to-ship transfer)。

然而，陸上與海上接駁船機則有很大的異同。其所設計之移轉船機主要的必須考量到更大效率、連續性、快速以及廉價的主航線船舶對支航線船舶複合運送(Intermodal-mainline to feeder)。現在急需的不僅是改善效率及速度的問題，而且是碼頭內或碼頭與碼頭間複合運輸轉換費用 (Cost of intra-and inter-modal terminal transfer)的考量。目前，貨櫃在碼頭(指港和陸上)移轉所需花費的費用與時間遠比所有模式從出發地到目的地的運輸費用高出很多。換言之，一般花費在文書作業及碼頭內轉換費用(Transactional and intramodal costs)要比各種模式運輸費用高。因此，必須以新式貨櫃裝卸技術、自動化作業、

安全管制、資訊管理以及通信技術提供各種作業系統之實質改善，以減少貨櫃從出發地到目的地的所需費用與時間、現場存量(In-process inventory)、交貨延宕(Delivery obsolescence)、及對顧客及市場的反應能力(Responsiveness to customers and markets)，並確信達成貨櫃及時性的運送。

本文將對新生代貨櫃碼頭及航運發展各種技術發展潛能與影響提出探討。其中不僅包括更優異、更快速貨裝卸設備，而且，尤其重要者，尚包括新電子通訊、資訊管理以及控管技術之有效使用與整合。未來的貨櫃碼頭將藉由與傳統貨櫃裝卸完全不同的高度自動化、以無線遙控管理的設備取而代之，提供緊密連結之貨櫃輪(Seamless)碼頭內或碼頭與碼頭間複合運輸貨櫃移轉(Inter-and intra-modal container transfer)。

二、未來貨櫃裝卸設備發展的趨勢與需求

未來驅動貨櫃裝卸設備發展之最重要技術包括網際網路、無線通訊、主航線貨櫃船噸位、整合供應鏈管理的應用(the use of integrated supply chain management)、複合運輸的合併(Intermodal merger)以及轉運的強化(Use of transshipment)等。至於有關支援全球化製造業與商業，諸如貿易全球化(Trade globalization)、外包服務(Out-sourcing)、運輸整合(Integration of transport)、以及物流資訊管理

(Logistic information management)等之發展。對加速船舶、其他運輸、貨櫃化貨物以及正常貨運流通彈性等的轉運需求則日漸殷切。全球貨運市場，尤其是可貨櫃化貨物，對快速的經濟、政治及技術改變已產生極度敏感性。因此貨櫃運輸行程的改變更加頻繁，連帶帶動供應鏈供應來源及供應需求改變的調整。同時，對各種貨品在起原點(At the source)，在中途運輸過程(At the intermediate points)以及在最終使用者(At the ultimate user)期間之存量減量已造成及時運送和分銷(Just-in-time delivery and dispatch)改變的重大推動力，也是對過去供銷模式的革命性反應。為滿足此種新環境變化，網際網路不僅成為e商務以及商務對商務的往來工具，也成為推動物流管理和營運(Logistic management and operations)，包括港埠和碼頭經營與管理以及碼頭營運與設備設置的新技術。

有關網際網路的問世，也帶動諸如貨櫃運輸船艙過剩艙位(Excess slot capacity)、過剩空貨櫃(Excess empty containers)以及過剩港埠設備與設施(Excess port equipment and facility capacity)之交易或出售使用(Trading and auctioning)。目前，已有不少全球性網際網路市場機制(Internet-based market places)積極推動有關上述業務買賣雙方的互動功能。此舉已顯現海運空櫃量減少的趨勢，貨櫃需求不平衡的現象也獲得改善，同時，由於運費及港埠費用減價，也創造許多額外

的貨流(Additional cargo flows)。因此，航運及港埠設備的使用或全球航運及港埠貨櫃量年增加率約在10—13%左右。而且，由於先進Internet及無線通訊的發達，也日漸影響到港埠設備，尤其是貨櫃裝卸設備的自動化及作業管制。

由於高效率的資訊管理，則使得港埠內部作業流程得以不斷重建與更新，進而提高作業效率、降低費率、以及促進技術領域及商業機會的共同發展。港埠通常收集甚多資訊。當今技術的進步可提供港埠內部作業流程、貨物裝卸移轉、儲存及相關作業等之整合及自動化作業，配合全面物流需求，服務港埠使用者以及其他有關客戶。因此港埠所扮演的角色也從先前的碼頭內或碼頭與碼頭間單獨複合運輸供應者(Stand-alone inter-and intra-modal service supplier)變成了整體集中式c-物流管理者(Integral focal c-logistic manager)。而未來的港埠不僅在營運方面與傳統各異，而且在功能方面以及扮演物流鏈角色方面也將有所不同。

目前，港埠及航運商界正設法儘可能在減少人力操作情況下，在營運方面做緊密性的整合。無論在航程、棧貨計劃、主航線／支航線船舶特性、內陸運輸期程和能量、港埠設備與設施可用度或其他方面，均以最新資訊技術應用到港埠設備與設施的工作指派、船舶及內陸運輸定位、裝卸、以及配置適當設備做貨櫃移轉順序等。事實上，在未來，港埠將和所

有使用者在營運作業上做完全的整合，以資訊及作業程序達成全面的結合。

行動網際網路(Mobile Internet)的發展應用不僅是未來產業得以生存的動力，也是港埠營運與產能改善步向全面改變的必走之路。網際網路先進通訊技術之機動性對目前港埠盛行之大規模自主性作業(Autonomous operations)的有效使用以及港埠與其使用者營運的全面整合扮演十分重要的角色。事實上，未來，不論是資訊、通訊、運輸、或裝卸技術均非透過全面性、完整地協調整合不可。

例如新加坡港，在港埠營運方面，於電腦整合作業系統(CITOS)中，已發展所謂c-解決方案(c-solutions)，設計以即時(Real time)及無線資訊通訊(Wireless data communication)管理港埠業務，改善港埠營運作業，成效良好。如前所述，最令人感到興趣的是目前因船舶供過於求(諸如貨櫃艙位、油輪、散貨輪等)所造成的海運服務拋售市場(Auction marketing of marine Services)以及港埠營運能量拋售給航商使用的情事。未來新發展將朝向使用網際網路以及無線寬頻通訊到下列各領域：

- (a)海運市場及訂貨包括過剩港埠設施與運輸能量，甚至是整套從起運地到目的地運輸服務(Complete origin-to-destination transport services)的拋售服務(Auctioning)。
- (b)所有貨流以及預定運輸航線之協調運作。

- (c) 對包括整體供應鏈(The whole supply chains)裝／卸作業之貨物運輸計劃之研究發展。
- (d) 所有電子文件包括證照、電子關稅、表格等之電子化處理以及電子提單的檔案應用。
- (e) 定時通關、資金轉移以及信用授權之確保。
- (f) 各種貨物、資訊以及電子通關／文件之追蹤管制。
- (g) 各種複合運輸流通、預定及固定船期、配合使用車機以及指定貨物能量的整合。
- (h) 港埠及貨物裝卸作業，特別是碼頭船席及起重機指派的工作計劃擬定。
- (i) 所有貨物、船舶以及其他車機流動之監控。
- (j) 及時資料及各種回饋之提供。

前述各項將是未來貨櫃裝卸設備技術以及貨櫃碼頭間或碼頭內複合運送作業發展的重點所在。未來，有關複合運輸供應鏈將必作完全的整合，確保絕無脫節，全面協調的銜接。若以港埠或碼頭作為主要貨運從起始點到目的地的重要行程階段作考量，或從貨櫃運輸全程物流費用及時間作考慮，為達成費用與時間的經濟原則，也只有強化貨物貨櫃化運輸一途。

當吾人在突破過去營運模式，朝向全面整合所有供應鏈作業發展之際，所有運輸及設備作業必須以全盤性、可自動作及時性資訊取得的嶄新營運計劃做考量。下列所述將是因前述需求所提出之新生代貨櫃碼頭技術

使用簡介。

三、未來港埠與碼頭技術發展需求

可預測地，未來貨櫃運輸將與目前的營運方式不同。未來的重大改變，將不限於船舶與設備的大型化方面，諸如通訊方法、貨運管制、追蹤、訂貨以及整體營運制度的管理也均將作大幅度的改善與改革。有關目標如下：

- (a) 積極降低貨櫃船、駁運船、載貨火車以及貨卡在港內或碼頭的作業時間(Turnaround time)。
- (b) 積極改善貨櫃起重機或其他碼頭設備之使用率及實效性能(Utilization and performance)。
- (c) 有效達成各種運輸模式間之移轉接送功能，使作緊密連貫的的運送。
- (d) 致力多種貨櫃裝卸、移轉、儲放功能，包括使用高密度貨櫃堆放，尤其是空貨櫃方面。
- (e) 使用精確GPS、光學標示(Optical guidance)以及櫃位控制系統(Position control system)供單排櫃(single tandem)、非標準貨櫃(Outsize)以及不規則貨櫃(Irregular container)定位用。
- (f) 設置單排櫃、非標準櫃以及不規則貨櫃之自動定點／加鎖／開鎖系統(Pointing/locking /unlocking system)。
- (g) 整合貨櫃碼頭電腦及網際網路並連線到所有有關之供應鏈作業。
- (h) 採用語音指揮(Voice commands)應用到設備運作、電腦作業、開立帳單、業務預約、以及業務確認等各

方面。

- (i) 設置半自動堆棧固定設備(Semi-automated block tiedowns)以及各種貨櫃安全保護方法。
- (j) 實施多層貨櫃堆置取櫃／裝櫃／接運作業。
- (k) 引進快速自動化高架單軌起重設備(Rapid automated overhead monorail unit train)或類似貨櫃吊運系統。
- (l) 引進新技術使用諸如多台拖車組(Multi-unit trailers)、拖櫃火車(Trailer trains)、雙層貨櫃拖車(Double stack trailers)以及其各式運送車機提供碼頭內(Intra-terminal)貨櫃移轉以及貨櫃堆置，以降低貨櫃移轉及運送費用。
- (m) 其他。

有關貨櫃碼頭及介面技術(Interface technology)已研發或正設計以減少船舶或船機在碼頭作業時間(Terminal turnaround time)及在複合運輸鏈(Intermodal transport chain)貨櫃流通改善(Improvement of flow of cargo)之重大發展，包括下列主要項目：

- (a) 可辨認貨櫃、接收／傳送信號、自動調整適合貨櫃重心改變以及自動開／鎖之貨櫃吊架(Spreaders)。
- (b) 高效率抗擺動(Anti-sway)及預防／控制技術(Prevention/control technology)。
- (c) 快速調整吊架／貨櫃抓取(Spreader/container capture)之自動定點控制及貨櫃移動控制。經由所謂數位照像整合視覺技術(Digital camera integrated visual technology)操作。

- (d) 單台及雙台車貨櫃起重機(Single and double trolley cranes)，包括吊櫃(Elevated container)、取櫃(Pickup)、置櫃(Laydown)以及移櫃(Transfer)。
- (e) 無人駕駛自動導引車作業(Driveless、guided AGV operations)及貨櫃連續運送設備，以及運送車機(Conveyors)的暫時停車取／運櫃作業。
- (f) 使用可伸縮吊架(Telescoping spreader)及多貨櫃吊放鎖桿(Multiple container locking arms)，以同時卸下一個或多個貨櫃從事整堆堆放貨櫃作業(Block container handle)。也就是貨櫃堆棧以集體堆放或集體移轉(Block storage and block transfer of container stacks)。
- (g) 超級LUFF-type框架式貨櫃運送台作業系統(Frame container pallet systems)，提供整堆貨櫃的同時作業(Simultaneous handling of blocks of containers)。
- (h) 自動控制單層或雙層自主式貨櫃拖車(Automatically-controlled autonomous trains of container trailers-single or double stack)，自走且自行控制貨櫃裝與卸(Move automatically on lift-off or lift-on of a container)。
- (i) 延長貨櫃起重後伸架(Backreach)或採用雙端點(Double-ended)後伸架，以其作後緣儲櫃作業(Backreach storage)－從事堆櫃加高或預堆作業(Overstow or prestow)，同時，也可從事對駁船或台船的直接駁運移

轉作業(Direct feeder transfer-ship or barge)。

- (j) 高速、雙台車(Double trolleys)寬軌距之超巴拿馬型貨櫃起重機(Super post-panamax gantry cranes)。
- (k) 整合式貨櫃移轉以及儲存／堆棧貨櫃集散站或貨櫃倉庫(Container silos)。
- (l) 剪式起重整堆貨櫃吊放與移轉作業系統(Scissor-lift block container hoisting and transfer systems)。
- (m) 新研發廣泛資訊、電腦及無線控制系統。

未來的貨櫃碼頭將與自從1960年首先在San Juan所採用已達40年的舊有技術有非常明顯的不同。

在港埠營運方面，吾人將運用網際網路和無線通訊系統到下列各層面：

- (a) 行銷港埠服務(Market port services)及港埠作業能量(Port capacity)，包括剩餘能量的出售(The auctioning of excess capacity)。
- (b) 分配港埠設施、空間及設備給不同的用戶使用。
- (c) 管制設備及設施作業，包括起重機作業、場地拖車作業、堆棧貨櫃設備及其他作業。
- (d) 經理進／出港埠複合運送貨櫃及車輛流動(Intermodal cargo and vehicle flow)，包括貨運計劃、貨運作業期程等。
- (e) 引進電子貨物流通管制、通關、出貨、收貨等技術，達成全面無紙化作業。

(f) 收集各種資料，提供貨物及船舶相關必要資訊與文件，以自動傳輸到各有關客戶使用。

- (g) 確保電子資金轉移(E-fund transfer)、貨物流通通訊運作，以整合電子帳號管理(Integrating electronic account management)取代所有帳單運作。
- (h) 定期從事各種設備檢測、維修、配件更換，包括零件、物料之訂貨／預約。
- (i) 規劃港埠電力、水源、通訊及其他服務給客戶使用，包括提供自動化電子資金轉移與提供。
- (j) 經理港埠人力指派、任用、薪津、聘用／解僱，包括資格／技術管理。
- (k) 管理港埠及港埠設備安全與環保需求事項，以及更新品質管制與管理作業程序。

前述相關各項發展所期盼促成的效果，主要在達成港埠費用的降低以及免除時間的損耗，當然也為利增加產能。其實質的金錢效益(Direct monetary savings)希望能比目前的費用節省到30%左右。而對提高未使用船舶及港埠設施能量的使用率及運轉時間，則以增加港埠利益率(Port Profitability)及營利(Revenues)為著眼。為支援如此高效率資訊流(An efficient information flow)，必須採用設有垂直及水平埠(Vertical and horizontal portals)相互作用的網址(Interactive web sites)來記錄及儲存資訊並連接到各個不同的用戶。

港埠首先使用無線通訊於各種設備及管制站的管理及管制方面。

Bluetooth(Ericsson, Sweden)屬一種低能源技術(Low power technology-Freq 2.4 GHz band), 可利用膝上型電腦(Laptop)、行動電話、手持通訊設備等做近距離通訊服務。經由Bluetooth, 利用WAP 或Comparative Protocols和新 Intel個人無線 USB adapter已設計應用手持通訊設備作無線連接使用。因此, 無線通訊將衝擊到港埠在其與使用者的通訊, 諸如Qualcom's Omni Tracs(屬人造衛星追蹤及管理系统)使用在中國大陸岸上與內陸水上運輸追蹤, 以及在各種長距離無線通訊系統, 以增大頻寬及狹窄地域無線做實際港埠作業管理與管制及確保近乎及時回饋、Feed forward、記錄以及會計方面功能。換言之, 未來的發展將是更先進的, 屬無線的Internet將是最被看好的技術, 不僅可在港埠與碼頭間; 港埠、碼頭與使用者間; 以及港埠、碼頭與客戶間提供高品質的通訊功能, 而且尚可做為管理與掌控港埠設備, 特別是貨櫃裝卸作業的有效利器。

電子通訊的發展, 轉運貨櫃的持續增加, 以及超級大貨櫃輪還靠轉運港口的逐漸減少, 將戲劇性的改變貨櫃運輸的後勤管理(Logistic management)。在很多場合均曾提及的, 未來駁運服務將有更專注的規劃。一般而言, 將專屬特定客戶服務, 或專營大型轉運中心對一個或最多兩個港口的駁運作業。若此, 將開啓主貨櫃輪和駁運輸直接作大量貨櫃移轉的契機。如此, 即可免除轉運貨

櫃在中點儲放或堆積, 以及採行整堆貨櫃同時移轉的作業。在主貨櫃輪與駁運輸間有關貨櫃的直接和/或整堆移轉的快速方法可如下列所述:

- (a)利用雙端點貨櫃起重機(Double-ended gantries)橫跨一掌式突堤碼頭(Finger pier), 以一端靠泊主貨櫃輪, 另端靠駁運輸同時作業。雙端點貨櫃起重機可配備多台吊車作業, 以垂直分離二條軌道(Vertically-separated double rails)且吊車可從下層軌道回復到上層軌道設計。此舉, 有關貨櫃移轉可達每小時60-100個貨櫃。
- (b)貨櫃鎖定設置(Container locking devices), 在一次吊放中, 可鎖定2-5個空櫃作裝卸。因空櫃一般置放貨櫃船甲板上方, 且在貨櫃碼頭的移轉沒有起運地和目的地的限制, 因此, 可以整堆作移轉或整堆存放碼頭上。
- (c)使用垂直起重機(Vertical gantries)或水平軌道運送方法(Horizontal rail shift method)裝卸整堆以運送台作業的貨櫃(Handling of blocks of pallet-mounted containers)。同樣地, 如採用平台裝載貨櫃(Deck-loaded containers), 則以鐵路運送台(Rail-supported container pallets)移轉船上貨櫃。裝卸時以可調整碼頭剪式起重機(Adjusted pier-mounted scissor lifts)作業, 利用油壓移轉起重機(Hydraulic transfer jacks)將整堆貨櫃在剪式起重機平台(Scissor lift platform)與鐵路平台

系統(Deck-mounted rail system)間，以及剪式起重機與碼頭移轉作業系統(Pier transfer Systems)間作管制性的水平移動(Controlled horizontal movement)。

(d)大跨距貨櫃起重機以橫跨掌式突堤碼頭兩側，同時服務碼頭側兩側主貨櫃船與駁運船，俾從事直接船對船貨櫃移轉，其作業方式與(a)項略同。

(e)浮式棧櫃移轉作業系統(Floating stack transfer systems)，有關貨櫃移轉從主貨櫃船直接吊放在浮動台船，然後再浮靠於自行裝載可沉式駁船(Self-loading submersible midsection vessel)，反相之亦然。

前述所有船對船的貨櫃移轉方法(Ship-to-ship transfer methods)有賴無線及時網際網路式通訊(Wireless real time Internet-based communications)配合作業，才能達成有效、可靠的艙位對艙位轉移之事前規劃(Prec-planning of slot-to-slot transfer)以及及時作業管制(Real time operation control)。該些作業方式空櫃的單向作業常常是問題所在。因為空櫃必須先以整堆卸下，暫時堆放於一特製空櫃棧放平台(A special intermediate empty stack platform)，俟下層實櫃吊離完畢，再予回裝。對於專營駁運業務之駁運船，一般均僅對特定某一港口服務，主貨櫃船對駁運船移轉通常採雙向作業，以實櫃先卸，隨即作裝櫃作業。而後以前述步驟逐艙進行。但假如以單向設備替代雙向標準設備作業，則

作業策略將完全改變。

對前述甚為複雜的貨櫃移轉，可使用多貨櫃吊放起重機(Multiple container hoist gantries)有效達成。同樣地，以另種考量，使用碼頭剪式起重機(Dock-mounted scissor-lift)和鐵路移轉系統從事主貨櫃船和駁運船併靠的直接貨櫃整堆移轉亦屬可行。因此，未來可能愈來愈多的駁運船將設計為全甲板貨櫃裝載(All deck-loading of containers)，達成更快速及更有效之船對船貨櫃移轉(Intership transfers)。至於貨櫃儲存/堆棧技術也會有新發展，也就是所謂的高堆置岸邊貨櫃倉架(High-rise dockside container silos)的發展。其作法為在掌式突堤碼頭(Finger pier)主貨櫃船與駁運船中間緩衝區或貨櫃碼頭岸邊設置高密度貨櫃堆棧區作業。

四、未來新生代貨櫃碼頭

目前航運的發展正處於貨櫃碼頭作業技術與營運管理邁向重大改變的時段。未來港埠所面對的不僅是須處理巨大、吃水又深的貨櫃船(12-18000TEU及50-55ft吃水)，而且貨櫃碼頭每船席每小時之貨櫃移轉量也須達到500個貨櫃(相當1000TEU)左右。很顯然，前項需求以目前在同一時段以單向，單吊貨櫃起重，每次裝卸一個貨櫃是無法達成的。因此，必須配備更多能從事連續裝/卸作業或移轉作業的系統才成。此種情況，當全球貿易80%預期在最近就透過轉運的話，更是迫切。以當前情況而論，平均每

個貨櫃在國際貨櫃運輸期間約裝卸3.82次，其中約18%則超過6次。此一趨勢當更多巨大型貨櫃輪開始服務後將繼續增長。有鑑於此，未來有關裝卸費用與時間將愈顯現其重要性。事實上，一個貨櫃裝卸次數從起點港之裝櫃到終點港之卸櫃到西元2010年將從目前平均的3.82次，增加到5.0次。這顯示，貨櫃裝卸費用與時間將對國際貨櫃運輸費用與時間造成重大的衝擊。

因此，來自重新投資的巨大壓力不僅是在貨櫃碼頭技術層面而已，連帶也對貨櫃碼頭，尤其是對從事轉運的碼頭，如何管理與經營問題造成嚴重的影響。由於目前越洋貨櫃港對港運送，在兩港的平均產能費用超過50%，海上運輸費用或約為1/3全部港對港費用。即使增加轉運及降低海上運輸費用的作為，仍將使港埠產能費用大大超過海上運輸費用。此種情況是海運無法接受的。基於此種理由，價廉、快速的貨櫃裝卸與移轉變成絕對的必要性。很顯然，未來發展將不僅會影響到裝卸設備諸如貨櫃起重機的設置，也將牽動新生代貨櫃碼頭的整體規劃與營運策略課題。

因此，未來新生代貨櫃碼頭將涉及下列有關分類：

- (a)大型貨櫃轉運港碼頭(Large container transshipment terminals)，提供船轉船(Ship-to-ship)大量貨櫃(Bulk of container throughput)轉運。
- (b)終點樞紐港碼頭(Terminal hub port terminals)，除經營進/出口貨櫃

外，大部份屬運往/來自內陸或近程海/陸轉運貨櫃。

- (c)駁運港碼頭(Feeder port terminals)，提供特定區域船轉陸(Ship-to-land)，反之亦然之貨櫃轉運。
- (d)物流樞紐港碼頭(Logistic hub)，提供主要外來貨運協調(Outsourcing coordination)以及轉運中心(Transshipment center)。

未來在四種不同服務功能港埠中之貨櫃碼頭將有完全不同的特性，僅有第(c)之駁運港碼頭仍使用目前的規劃與設備。其他三種，如(d)之物流樞紐港碼頭(Logistic hub)，(b)之終點樞紐港碼頭(Terminal hub port terminals)，以及(a)之大型貨櫃轉運港碼頭(Large container transshipment terminals)將有很大的改變。除了必須使用新生代貨櫃裝卸及移轉技術(New generations of handling and transfer technology)，提供整體貨櫃碼頭不間斷的貨櫃運轉(Seamless movements of containers)及加速貨櫃船與其他運送模式的作業時間，尚須利用先進的無線網際網路作業系統達成貨櫃碼頭複合運輸自動化、設備控制、運轉以及營運方面之整合(Integrated intermodal automation and control of equipment and movements or operations)，以期在人力干擾最少、無紙化作業、並符合所有供應鏈需求情況下，確保整個貨櫃碼頭作業的完善協調。該些貨櫃碼頭須要供應鏈管理的進一步整合，且不容許有任何計劃的偏移。若此，有關效益將因能確保碼頭績效的提昇，

進而使約佔港對港運輸費用50%的港埠碼頭產能費用降為僅約20%，而節省達30%之港對港運輸費用，以及因處理費用大量減少，甚或免除，而使複合運輸整合更加完善。最終，戶及戶運送費用與時間(Door-to-door costs and time)將可節省約40-50%左右。當然，也可真正達到供應鏈全面整合的功能。

作業車機方面，駁運港碼頭及最終樞紐港碼頭仍需不斷改善為高速貨櫃起重機，不論是巴拿馬限制型或小型者，使用自動導引拖車、移動式堆櫃機、整堆空櫃裝卸、新生代複合功能吊運機(Double action yard cranes)；大型貨櫃轉運港碼頭及物流樞紐港碼頭則須使用新生代貨櫃裝卸、移轉和棧櫃設備，確保更密接、更連貫、且更快速的作業。

前面所提及之轉運，未來宜儘量地使用貨櫃直接船對船移轉或浮動/可移/可轉換堆棧移轉技術。若此，不僅可加速貨櫃移轉，降低轉運費用，而且亦可顯著地減少港埠或碼頭的工程費用。其中最重要的新發展當屬物流樞紐港碼頭一種。

國際外購、零件訂製以及成品組裝也驅動了國際貿易的發展。到2005年，國際貨櫃化貿易的產值將達20%，而量值則達16%。此一貿易額須配合以彈性供應鏈反應外購材料需求的快速改變。因此，物流樞紐港碼頭將做為中間增值、儲存、以及反向物流中心(Intermediate value-added、storage、and redirection logistic

centers)，且成為製造、組裝、及行銷供應鏈的整合場所(Integral part of the manufacturing、assembly and market supply chains)。準此，物流樞紐港(Logistic hub)的功能將不僅屬高效率之轉運中心，同時，也將是提供高效率增值服務，諸如再包裝、包裝、次安裝、組裝、顧客服務、倉儲以及反向物流的場所。為達到此目的，新研發之高度自動化貨櫃棧倉(Highly automated container silos)、整合式倉庫(Integrated warehouses)、整堆棧櫃(Block stacks)、以及其他所需設施必須配合設置，確保貨櫃化貨物及其反向物流之順利運轉。全球化的世界貿易將繼續推動前述各項發展，因此，將使得港埠及貨櫃碼頭不斷增加新運量與服務。同時，也將陸續引進高效率、可靠度、以及低價位的需求。

五、結論

近代的航運發展，目前正面臨貨櫃碼頭技術重大變革階段。未來，貨櫃碼頭裝卸作業將朝更緊密、更連貫、以及更快速方面發展。貨櫃直接以船對船作移轉(Intership transfer)已變得可行；物流樞紐港(Logistic hub)將在各主要貨櫃碼頭及轉運中心並存發展。貨櫃碼頭將成主要資訊交換中心，而其營運將透過資訊之無線通訊運作，並串聯與整合所有供應鏈共同作業。未來的世界航運主要的將從中間的服務與交易功能轉換，免除費用與延誤的拖累，而將所有與航運有關供應鏈全面整合成密不可分的共同體。

數值模式於海岸治理規劃之應用—以高雄旗津海岸為例

廖學瑞 中華顧問工程司港灣部副理
朱志誠 中華顧問工程司港灣部組長
張欽森 中華顧問工程司港灣部組長

摘要

台灣地區海岸侵蝕問題日益嚴重，如何保護海岸避免國土流失，並提供民眾更多親水空間即為當今海岸工程師必須面對的重要課題，然由於規劃過程中所需之大量自然條件資料經常闕如或不足，而應用數值模式可彌補觀測資料之不足。本文即介紹如何以數值模式探討海岸地形變遷之現象，並針對高雄市旗津海岸線之侵蝕問題作深入分析，了解影響當地海岸地形變化之原因。

一、前言

高雄市自民國80年起於旗津海岸設置許多遊憩設施，然因旗津海岸地形歷年遭受波浪侵蝕，且無外來砂源補充下逐年侵蝕，導致民國88年姬瑪颶風來襲時，部分海岸公園硬體設施為之損害。且為保有鄰近之旗津海水浴場之遊憩功能，結合海岸保護兼具親水遊憩觀光之規劃理念由是產生。但由於旗津海岸地形夏冬時節變化劇烈，任何海岸結構物之設置皆須審慎考量，因次有必要借重數值模擬之方式，以電腦模擬實驗之方法探討各種

可能之保護方法，減少災害損失，開拓更多親水空間。

本文之數值模式係以商用套裝應用軟體丹麥水工研究所發展之Mike21為架構，透過現場波浪實測資料與歷年地形之比較分析，調整模式參數以求得較能吻合現場變化趨勢之結果以輔助海岸安定分析及結構物對海岸環境衝擊之預測分析。

二、旗津海岸漂砂特性

(一)漂砂特性指標

依各項指標分析結果，約略判定本計畫區海岸漂砂之活動範圍及海岸特性，詳如表2-1所示。

(二)漂砂能力估算

1.沿岸漂沙量

漂砂量推估亦為漂砂分析之重點，沿岸漂砂通常為左右海灘長期性變化之主因，由於沿岸流速與沿岸漂砂量間含有直接而密切之關係，但其間之絕對關係目前尚未被建立，目前經常引用之方法主要有經驗公式及半經驗公式兩大類，經研究整理旗津區以Savage之經驗公式及Bijker之半經驗公式較適合計本畫區

表2-1 旗津區海岸漂砂特性

	風 向	入 射 波 向	入射波向		碎 波 波 高	碎 波 水 深	漂限 沙界 移水 動深 (m)		沿限 岸界 流水 漂深 沙 (m)	海面 灘特 縱性 斷
			波 高	週 期						
			(m)	(sec)	(m)	(m)	ds	Dg	Dc	Cs
冬季	WNW ∩ NNE	NW ∩ W	0.8	6.81	0.88	1.12	3.03	1.4	1.96	變 遷 型 (15.5)
夏季	WNW ∩ S	NW ∩ S	1.03	6.75	1.06	1.37	4.97	2.4	2.48	侵 蝕 型 (20.1)

之海岸條件，另由於波浪資料分析得旗津區海岸波浪入射方向冬季為NW~W，夏季為NW~S，而海岸法線方向約為SW，故由入射方向而言，冬、夏季大部份時間之漂砂方向皆以由北而南為主，夏季少部份時間之漂砂方向(S至SW)為由南而北，茲採用冬季波向為WNW，而夏季波向分別為WNW及SSW估計本計畫區之波浪輸砂能力。

由所蒐集之測量圖研判，本計畫區之海岸法線方向約為SW向，海床坡度約1:180，茲因現有長期觀測波浪(含波向)資料並不完整，故僅能依未含波向之觀測波浪資料計算漂砂代表波浪條件，推得冬、夏季之波浪輸砂能力如表2-2。該項結果顯示，本計畫區冬季波向如採WNW，則由北而南之漂砂能力約為21.6萬方；夏季則依波向方向不同而異。如採用

WNW波向考量，則漂砂率由北而南約為45.9萬方/年，若波向由SSW方向入射，則漂砂方向為由南而北約為32.5萬方/年。由上述說明可知，雖各方向波浪於各季節之佔有比率尚難確認，惟假設各方向影響能力相當，則推估本計畫區波浪所帶動之漂砂率最差狀況為由北而南67.5萬方/年或由南而北10.9萬方/年，一般狀況應在二者間。

2.向離岸漂沙量

有關波浪作用下向、離岸漂沙量的估算公式，因其輸沙現象複雜，尚難用理論推導較完整的輸沙公式，一般採用經驗公式推估。較有名的底床截向、離岸漂沙量公式為Madsen和Grant(1976)所提議的經驗式：

$$\Phi = \frac{q_c}{w_s D_{50}} = 12.5 \Psi_m^3 \quad \text{----- (2-1)}$$

表2-2 旗津區海岸波浪沿岸輸砂能力推估

項 目		計畫區海岸	備 註
海岸法線方位角		-135°	SW向
入射波向方位角		-67.5°(冬) -67.5°~-157.5°(夏)	WNW(冬) WNW~SS(夏)
漂砂 量推 估值	Savage	冬21.6萬方/年 夏45.9~32.5萬方/年 全年67.5~10.9萬方/年	正值表示漂砂方向 由北往南，反之為 負值
	Bijker	冬15.0萬方/年 夏38.3~27.1萬方/年 全年53.3~12.1萬方/年	

式中 q_s 為半個週期內的單位寬度向、離岸漂沙量， w_b 為底質沈降速度。上式適用於 $0.04 < \Psi < 0.6$ 的範圍。

因波浪淺化的結果使向岸與向海之流速變化不對稱，故向、離岸輸沙不相等而發生淨輸沙率(net sediment transport)。Watanabe等人(1980)根據功率模式(power model)提議淨輸沙之公式為：

$$\Psi_m = \frac{U^2_m}{r'gD} \quad (2-2)$$

式中 Ψ_m 為 Ψ 的最大值。當 Ψ_m 值介於0.08~0.5時Watanabe等人建議 α 值為7，而 $0.2 < \Psi_m < 1.3$ 時，Kajima等人(1984)則由試驗數據迴歸(值為3。圖2-1為向、離漂沙量與徐爾滋數的關係。

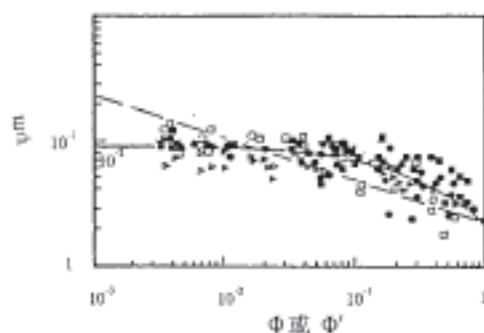


圖2-1 向、離岸漂沙量與徐爾滋數之關係(watanabe等人, 1981)

至於向岸或離岸漂沙的優勢向，主要決定於(1)因淺化所產生波形的不對稱；(2)沙漣之不對稱；(3)局部海床坡度的影響。前面兩個因素經Sunamura(1982)的研究，發現與參數Ursell number U_r 有關，其中 U_r 定義為：

$$U_r = \frac{HL^2}{h^3} \quad (2-3)$$

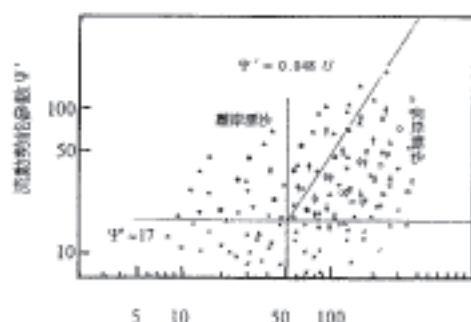


圖2-2 向、離岸漂沙優勢方向與 U_r 之關係 (Sunamura, 1982)

圖2-2為 U_r 與參數 Ψ' 的關係，其中 Ψ' 定義為

$$\Psi' = \frac{U_r^2}{r'gD} \quad (2-4)$$

從圖中可以看出， $\Psi' < 17$ 時，無漂沙現象發生， $\Psi' > 17$ 時， $\Psi' \geq 0.048 U_r^{1.5}$ 時離岸漂沙卓越；而 $\Psi' < 0.048 U_r^{1.5}$ 則向岸漂沙較為優勢。

經引用上列公式推估可得向、離岸之漂沙量為 $14.25 \text{ cm}^3/\text{m/s}$ ，而 $\Psi' = 39.18$ ， $0.048 U_r^{1.5} = 11.32$ ，表示以離岸方向為漂沙優勢方向。

三、Mike21之數值模式

(一) 模式理論

1. 近海波譜模式 (Near-shore Spectrum Wave Model)

NSW模式以能量法計算外海波浪傳遞至近海之折射情形，其控制方程式如下：

$$\frac{\partial(C_{gx}m_1)}{\partial x} + \frac{\partial(C_{gy}m_1)}{\partial y} + \frac{\partial(C_\theta m_1)}{\partial \theta} = T_0 \quad (3-1)$$

$$\frac{\partial(C_{gx}m_1)}{\partial x} + \frac{\partial(C_{gy}m_1)}{\partial y} + \frac{\partial(C_\theta m_1)}{\partial \theta} = T_1 \quad (3-2)$$

其中 $m_0(x, y, \theta)$ 為波譜零次矩； $m_1(x, y, \theta)$ 為波譜一次矩

C_{gx} 及 C_{gy} 分別為群波速度 x 、 y 方向之分量

C_θ 為 θ 方向的波浪行進速度

x 、 y 為坐標

T_0 和 T_1 為 Source Terms，包含風、底床摩擦、碎波等因素。

n 次矩 $m_n(\theta)$ 定義為

$$m_n(\theta) = \int_0^\infty \omega^n E(\omega, \theta) d\omega$$

其中 ω 為角頻率

$E(\omega, \theta)$ 為能量密度函數

C_g 、 C_θ 可由線性波浪理論求得

2. 拋物線緩坡方程式波浪模式

(Parabolic Mild Slope Equation Model)

PMS模式係以解算拋物線緩坡方程式之方式推算外海波浪傳遞至近海之折射情形，其控制方程式係由 Berkhoff(1972) 所推導之橢圓緩坡方程式簡化而成，橢圓緩坡方程式用以描述單頻線性波浪在底床平緩區域經折、繞、反射等各種現象達到擬穩態 (Quasi-Steady) 時之波高及相位分佈，橢圓緩坡方程式如下：

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \phi) + (k^2 CC_g + i\omega W) \phi = 0 \quad (3-3)$$

此為複變數方程式，其物理意義在於方程式之實部

其中 ∇ 為二維梯度運算子,

$$\left(\frac{\partial}{\partial x} + iA \frac{\partial}{\partial y} \right); i = \sqrt{-1}$$

$C(x,y)$ 為相位速度; $C_g(x,y)$ 為群波速度
 $\phi(x,y)$ 為自由液面之速度勢, 與流體
 勢能函數 Φ 之關係如下:

$$\Phi(x, y, z, t) = \frac{g}{W} \phi(x, y) \frac{\cosh k(z+d)}{\cosh kd} e^{-i\omega t} \quad (3-4)$$

其中, z 為以平均水位線為基準之垂直
 方向空間變數; d 為水深; k 為週波
 數, $= 2\pi/L$; W 為能量消散項
 $= Ediss/E$; $Ediss/E$ 為單位時間面積之
 能量消散率; E 為單位面積之平均能
 量; W 為角頻率 $= 2\pi f$; L 為波長; f 為
 頻率; 自由液面 η 與 ϕ 之間的關係
 為:

$$\eta = \phi(x, y) e^{-i(\omega t + \pi/2)}$$

在考量緩坡之情形下, ϕ 可表示為

$$\phi(x, y) = A^*(x, y) e^{i\Psi}$$

其中 $A^*(x, y)$ 為能量振幅函數

$$\Psi(x, y) \text{ 為相位函數, } \Psi = \int^x k dx$$

在忽略波浪向後散射之現象時, 橢圓
 緩坡方程式可簡化如下:

$$A_x - i(k - k_0)A + \frac{A}{2C_g}(C_g)_x - \frac{i}{2\omega C_g}(CC_g A)_x + \frac{W}{2C_g}A = 0 \quad (3-5)$$

其中 $A^*(x, y) = A(x, y) e^{i\theta}$;

$$\theta = k_0 x - \int^x k dx$$

k_0 為 y 軸上 k 的平均值;

下標 x 表 x 方向之偏導數, 下標 y 代表 y
 方向之偏導數

由上式解得 $A(x, y)$ 及 θ 後, 即可求得

A^* , 進而求出 η , 則可知計算區內各
 點波高。

3. 輻射應力 (Radiation Stress)

輻射應力可由以下公式求得:

$$\begin{aligned} \frac{\tau_{xx}}{\rho} &= \frac{1}{2} g m_s (G + (\cos^2 \theta)(1+G)) \\ \frac{\tau_{yy}}{\rho} &= \frac{1}{2} g m_s ((\sin^2 \theta) - \frac{1}{2}(1+G)) \\ \frac{\tau_{xy}}{\rho} &= \frac{1}{2} g m_s (G + (\sin^2 \theta)(1+G)) \end{aligned} \quad (3-6)$$

其中 θ 為平均波向; G 定義為
 $G = 2kh / \sinh(2kh)$; h 為水深; k 為週波數

4. 水動力學模式 (Hydro-dynamic Model)

水動力學模式之控制方程式為二
 維質量及動量方程式, 茲分別表示如
 下:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (3-7)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} \\ - \frac{1}{\rho_w} \left(\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right) = 0 \end{aligned} \quad (3-8)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gq \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} \\ - \frac{1}{\rho_w} \left(\frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) \right) = 0 \end{aligned} \quad (3-9)$$

其中 h 為水深; η 為水位; p 、 q 分別
 為 x 、 y 方向之流通量; C 為 Chezy 阻力
 係數; g 為重力加速度; ρ_w 為水的密
 度; x 、 y 為坐標; t 為時間; τ_{xx} 、 τ_{xy} 、
 τ_{yy} 為剪應力。

5. 輸砂模式(Sand Transport Model)

在波、流作用下底床高程變化率可由以下公式求得：

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -\frac{1}{1-n} \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right) \quad (3-10)$$

其中 z 為底床高程； q_x 、 q_y 分別為 x 、 y 方向之輸砂率； n 為底床砂質之孔隙率； x 、 y 為坐標； t 為時間。

輸砂率可由(Bijker, 1967)公式計算：

$$q = q_b + q_s = q_b(1 + 1.83Q) \quad (3-11)$$

$$q_b = BD \frac{V}{C} \sqrt{g} \exp(-0.27 \times \frac{\Delta \rho g D}{\mu \tau_{cw}}) \quad (3-12)$$

而輸砂量則利用Einstein, H. A.(1950)公式推算

$$Q = I_1 \ln\left(\frac{33h}{r}\right) + I_2 \quad (3-13)$$

其中 q_b 為底床質之輸砂率； q_s 為懸浮質之輸砂率； B 為無因次係數(通常取 $B=5$)； D 一般取 D_{50} (即中值粒徑)； C 為Chezy阻力係數； r 為底床粗糙度； g 為重力加速度； ρ 為海水密度； ρ_s 為砂粒密度； Δ 為相對密度， $\Delta = (\rho_s - \rho) / \rho$ ； μ 為Ripple factor， $\mu = (c/c')^{1/2}$ ， $c' = 18 \times \log_{10}(12h / D_{50})$ ； τ_{cw} 為流與波浪同時作用之合應力； h 為水深； I_1 、 I_2 為愛因斯坦積分，藉由查表求得。

(二) 模式步驟

以數值模式模擬海岸構造物造成地形變遷之步驟說明如下：

海岸地形變化數值模式主要考量波浪為造成沿岸流場之驅動力。基本上，波場、流場、輸砂三者之間存在一種互動關係，即波浪之作用產生沿

岸流，沿岸流帶動輸砂，砂粒之移動造成海岸地形之變化，而海岸地形之變化亦將反饋於波、流場，故本文之數值模式包括波場模式、流場模式及輸砂模式等三個子模式。應用時先依據原始地形以波場模式計算波場資料，由波場資料計算輻射應力作為流場模擬之輸入條件，再將流場模式計算而得之流場資料與波場模式計算而得波場資料一起代入輸砂模式，求出地形變化率，地形變化率乘以波浪作用時間與原始地形相加，則為波浪、沿岸流作用一段時間後之地形，然後以此地形計算下一個時間段之地形變化，如此不斷更新地形不斷計算，最後可求出所預測長時間波浪、沿岸流作用後之地形變化。本文模擬颱風波浪作用下高雄旗津海岸之地形變化，先以NSW模式模擬20年迴歸期SSW向颱風波浪(波高6.8m，週期11.9sec)自外海向岸傳遞之折射情形，由模擬結果得知水深20m處之波高變為6.19m，波向角則由202.5度轉為209.7度，並以此結果做為近岸波場模擬、沿岸流場模擬及地形變化模擬之波浪入射條件。由於颱風波浪作用下地形變化極為快速，模擬所採之地形更新頻率為每小時更新地形一次。

四、旗津海岸地形變遷之探討

海岸地形之變化為海岸工程中極為重要之因子，也是成敗之關鍵。對於旗津海岸之治理工程，本文提出三種方案(其配置方式詳圖4-2-1～圖4-2-3)，此三種方案所使用之海岸結構物

及其佈置方式皆有所不同，所造成之海岸地形變遷也不盡相似。在分析高雄地區SSE~W共6個方向之颱風波浪折射分布後，發現以SSW波向最為接近旗津海岸線之法線方向。亦即外海波浪經海底地形淺化折射後多以SSW向入射而作用於海灘。因此方案分析中亦將選用SSW向之颱風波浪作為起始條件，並針對原地形及上述方案一~方案三之海岸結構物進行數值模擬，併以原地形經颱風波浪作用後之地形變化作為其他案例之比較基準因子。其結果如圖4-2-4~圖4-2-7所示。

(一)現況地形變遷

由圖4-2-4(a)圖現況地形20年迴歸期颱風波場圖及(b)沿岸流流場圖，知SSW向所引發知沿岸流場在近岸處相當小，而在碎波帶附近則較大，且高雄一港口外側有一較強之流速分布，因而經24小時颱風作用後知地形變化在近岸附近均呈現侵淤互現且紛紜之現象，但總體來看侵蝕大於淤積，而水深較深之高雄港一港口外航道附近則有明顯之淤積產生。此種現象與高雄港務局每年為維持航道深度必須進行浚深之結果不謀而和。亦表示旗津海岸除有向離岸之漂沙活動外，亦因斜向入射之波浪而有南北向之沿岸漂沙，且漂沙多沈積於一港口外側。

(二)佈置一之地形變遷

由圖4-2-5之(a)(b)兩圖得知颱風波浪所引發之波場流場均因海岸結構物之影響，使岸現附近之波高及流速

大為降低，因而結構物後側之海岸地形變化相當微小，僅結構物前方知地形呈現侵淤紛紜之現象。蘑菇型突堤堤頭部份之地形亦大多出現侵蝕之狀，顯示堤頭部分流速因束縮之緣故而增強，也使得堤頭基礎容易被淘空而造成堤體傾倒之危險。至於人工灣澳突堤內，第二排人工島後方(海水浴場)之海岸地形幾呈穩定狀態。僅在突堤堤頭到第二排人工島前緣部份之地形產生變化，惟變化情形較原地形之模擬結果為大，顯示因結構物所引致之波浪折繞射與波能集中將導致地形變化劇烈。另一方面也表示海岸結構物確實已將直接衝擊海岸線之波能推移至結構物外側之海域，使得灣澳內之水域得以維持穩靜，因而創造初一個安全之親水遊憩場所。

人工灣澳北側之海岸地形，其變化情形與原地形所模擬之結果相似，顯示案例一之佈置方式對高雄一港口附近之漂沙行為並未產生大衝擊，亦即人工灣澳之配置僅對鄰近區域內之海岸地形產生影響，且影響範圍不大。

(三)佈置二之地形變遷

由於案例二係由一系列(六座)離岸潛堤及人工灣澳潛堤+人工島所配置而成，與案例一及現況地形模擬比較，颱風波浪所引起之沿岸流場有些微改變，由圖7-4-6中之(b)圖知，流速較強之範圍有明顯縮減之趨勢，但較近灘線地區，則較案例一變化為大且流速有增強之趨勢，此與離岸潛堤

讓部份波能通過有關，惟依模擬結果知流速知增加量皆在0.5~1.0m之間。而所引發知海岸地形變遷之情形也可由7-4-6 (c)圖中得到印證。茲將模擬結果說明如下：

1. 潛堤後側海岸有部份區域呈現淤積之現象，而潛堤間之地形則呈明顯侵蝕，此與各學理經驗公式之推論有相類似之結果。
2. 人工灣澳潛堤+人工島部份，在第二排人工島之前緣與案例一相同，產生侵淤互現之狀況，而後側海水浴場部份則因部份波能穿越潛堤，使得地形產生變化，惟由圖得知其變化量不大。
3. 人工灣澳北側海域，其地形變遷之情形與現況及案例一類同，再度顯示本規劃所提之佈置案例僅對小部份海岸線之變化產生影響，對大環境之衝擊相當有限。

(四)佈置三之地形變遷

如圖4-2-7(b)在欲保護之區段(旗津海水浴場至中區污水處理場北側)，本案例所採用之系列潛堤所導致之颱風波浪波場及沿岸流流場與案例二相類似，但在旗后山南側、海水浴場區段內則無案例一與案例二之流速明顯加速之區域，但近岸部份之流速則較其他兩案有明顯提高之現象，此與前一小節所言波能穿越潛堤有關。

就整體海岸地形變遷之情形而言，離岸潛堤後側地形僅有微量之變化，且變化量皆在1.0m之間，顯示為

使地形維持現有形貌，應輔助以人工養灘之方式為佳。至於各離岸潛堤間之地形，變化就相當明顯，侵蝕或淤積之部份有高達2.5-3.0公尺之間，但其分布情形多為均勻分布，故綜合而言可達海岸保護之目標，但對於減緩海水浴場水流流速或提供穩淨水域則效果有限。

(五)綜合比較

由現況，佈置一~佈置三，20年回歸期颱風波浪所導致之旗津海岸地形變遷數值模擬結果(如前述之圖4-2-4~4-2-7(c)圖)知，不論佈置一或佈置二、三皆可達到海岸保護知效果，但其成效仍以佈置一最佳，其次為佈置二，最後才為佈置三，對於結構物外側海域知地形變化影響，以佈置一最大而已案例三最小，因此可知佈置一之波能改變量最大，而佈置三最小，故如以整體防災面極其功能而言，佈置三應較具長遠之成效。其次為佈置二，而佈置一則較居劣勢。

五、結論

旗津海岸係屬平直性海岸，由當地波浪輸送沿岸漂砂之能力推估中得知南北兩向在夏冬兩季分別為45.9萬方(-32.5萬方)及21.6萬方。相較於台灣其他海岸可謂相當小。再由當地現有之海岸結構物所蓄集之砂及海岸線型態綜合研判結果，旗津海岸之漂砂特性，以向離岸為漂砂優勢方向，經估算其漂沙量約1.9m³/m/sec。另颱風波浪所引發之沿岸流對當地之地形變

遠影響亦相當大，而高雄港一港口外航運之淤積亦可能係由此因素引起，此現象由數值模擬分析結果及海圖分析中得到相似之結果。

依據旗津海岸之漂砂特性及上述原地形變遷與其他三個佈置案分析探討結果得知旗津海岸的確為一侵蝕性海岸。惟其侵蝕現象係緩慢且逐年變化。由現有地形漂砂數值模擬結果中得知，旗津海岸在碎波帶之沿岸流相當強勁，最大流速可達 $1.5 \sim 2.0\text{m/sec}$ 。使得岸線之沙粒隨沿岸流移動而漂移至外海。如不加以保護，旗津海灘確有消失之危機。由佈置一～佈置三之研究分析了解不同的海岸工程，除有不同之海岸保護效果外，所造成之海岸地形變遷亦將迥異。

雖然佈置一之灣澳突堤可使旗津海水浴場獲得最佳之保護效果，但由於該佈置案之相關工程費可能高出佈置案二甚多，且目前海岸保護之方式也由以往直接對抗波浪能量，或反射波浪能量之方式，逐漸改成以自然型態削減波浪能量或利用人工潛沒式結構物配合人工養灘之方式，將入射波浪導引分散，並達到削減波能之效果這兩個方向發展。另一方面潛沒式結構物對現有自然海灘之景觀衝擊也較小。因此以佈置二之方式來進行旗津海岸保護，應該是較為理想的方法。

六、參考文獻

1.井島武士等，1967，“數值計算による台風域内の波の分佈について-海洋上における台風の場合”，日本

第14回海岸工程學講演會論文集

- 2.Savage, R. P., 1962, "Laboratory determination of littoral transport rates", Proc. ASCE. No. WW2, pp. 69-92
- 3.Bijker, E. W., 1968, "Littoral drift as function of waves and current", Proc. 11th Coastal Eng. Conf., ASCE, pp. 415-435
- 4.Kirby, J. K., 1986, "Rational approximations in the parabolic equation method for water waves", Coastal Eng., Vol. 10, pp. 355-378
- 5.許泰文，廖建明，林政毅，1997，“暴風型海灘平衡剖面預測模式研究”，中國土木工程學刊，國科會計畫編號：NSC-86-2611-E006-013
- 6.財團法人中華顧問工程司，1999，高雄市旗津區海岸線治理規劃

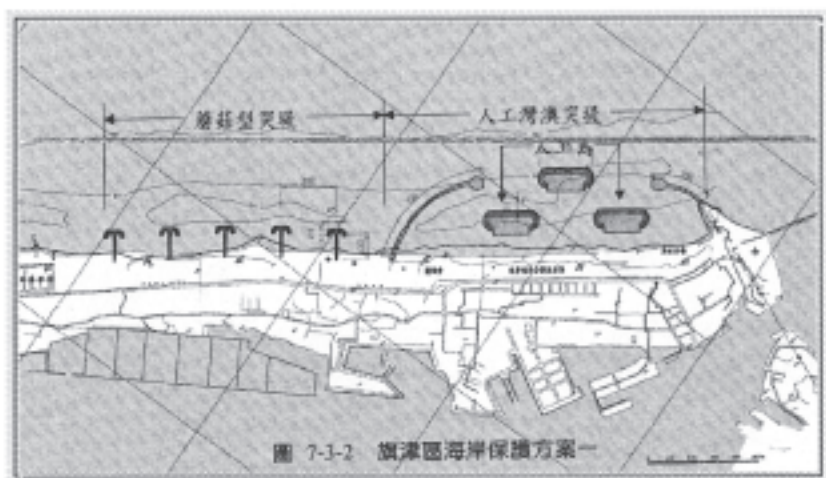


圖4-2-1 海岸結構物對旗津海岸影響研究佈置一



圖4-2-2 海岸結構物對旗津海岸影響研究佈置二

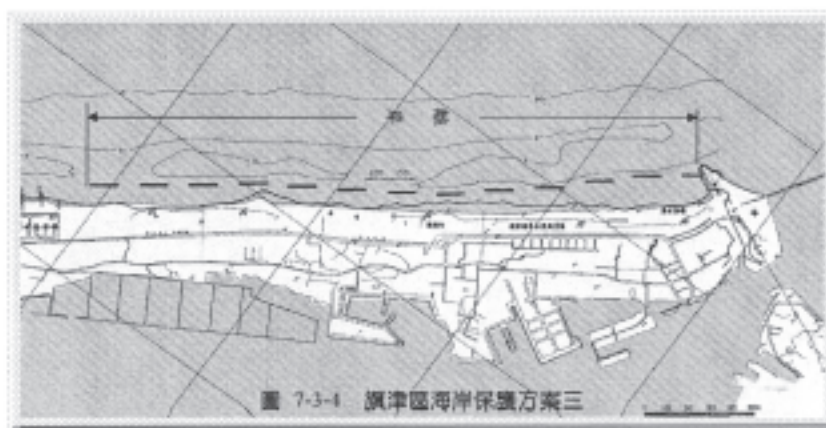
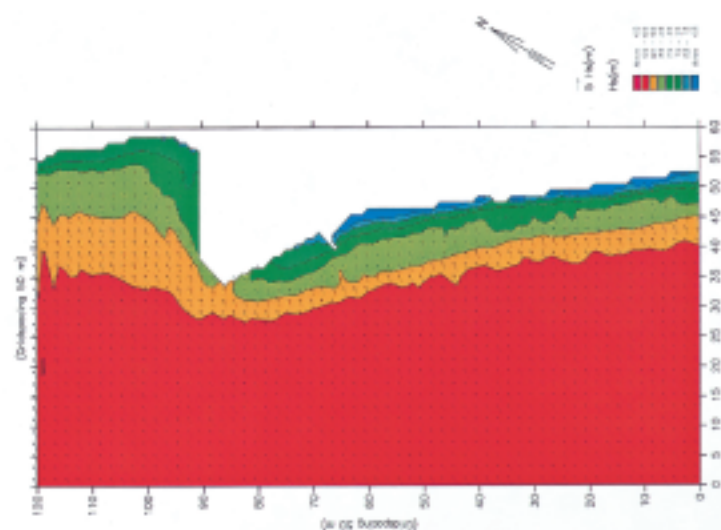
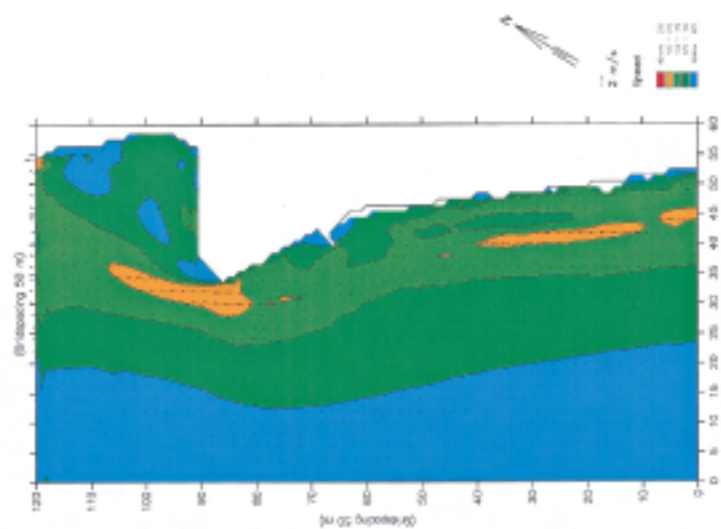


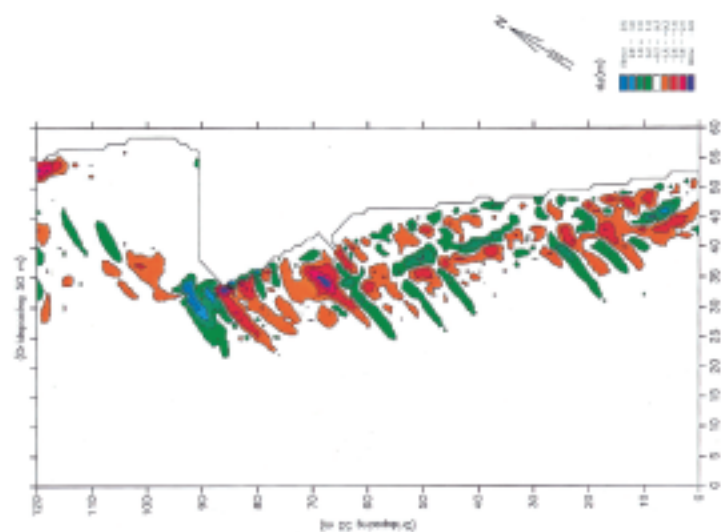
圖4-2-3 海岸結構物對旗津海岸影響研究佈置三



現況地形於20年迴歸期颱風作用下之波場
(a)波場圖

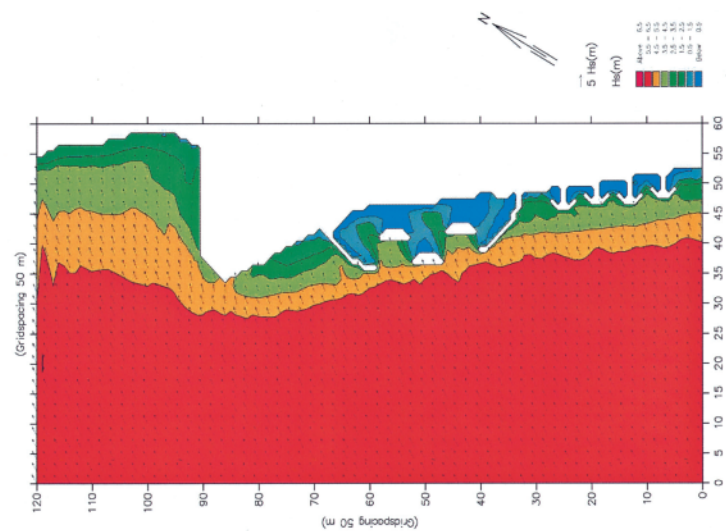


現況地形於20年迴歸期颱風作用下之流場
(b)流場圖

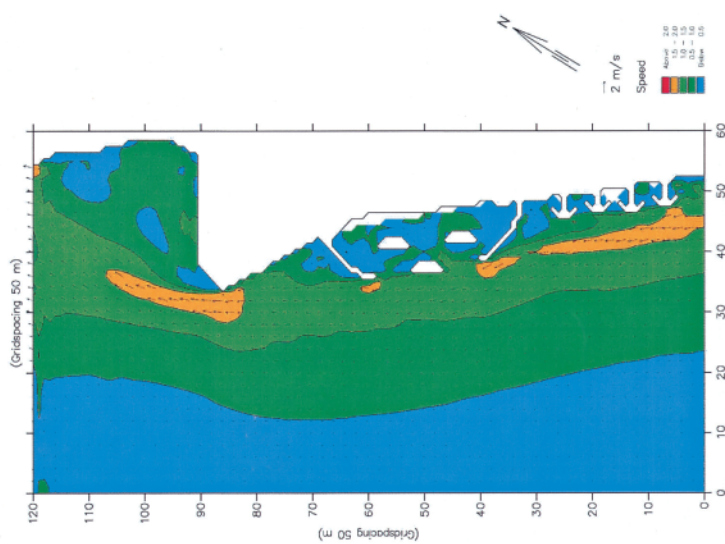


現況地形於20年迴歸期颱風作用一天後之變化
(c)24小時後地形變遷圖

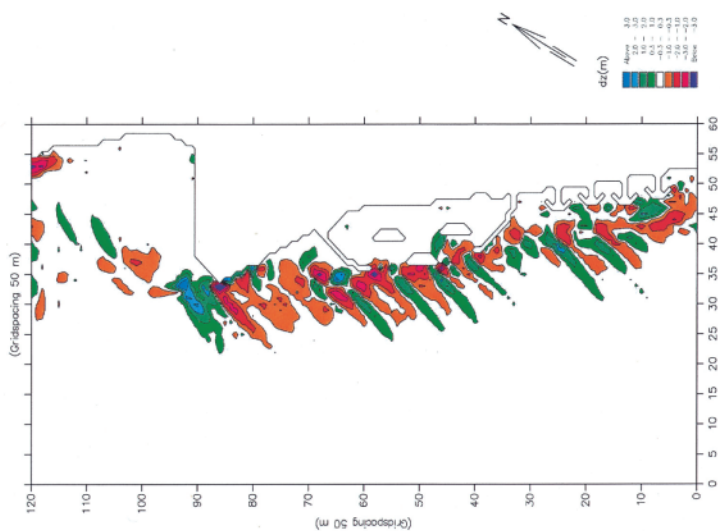
圖 4-2-4 現況地形20年迴歸風波浪之數值模擬



佈置一地形於20年迴歸期颱風作用下之波場
(a)波場圖

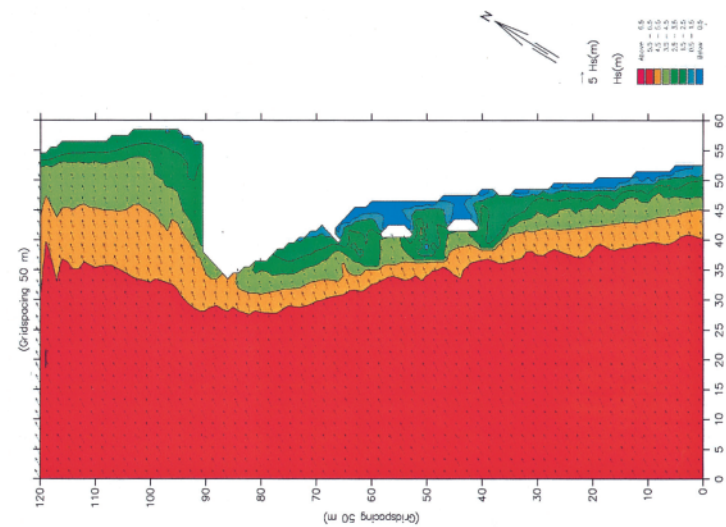


佈置一地形於20年迴歸期颱風作用下之流場
(b)流場圖

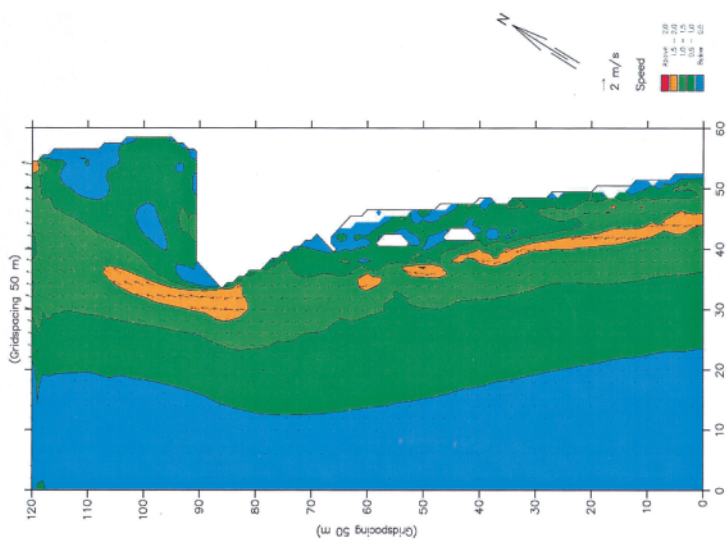


佈置一地形於20年迴歸期颱風作用一天後之變化
(c)24小時後地形變遷圖

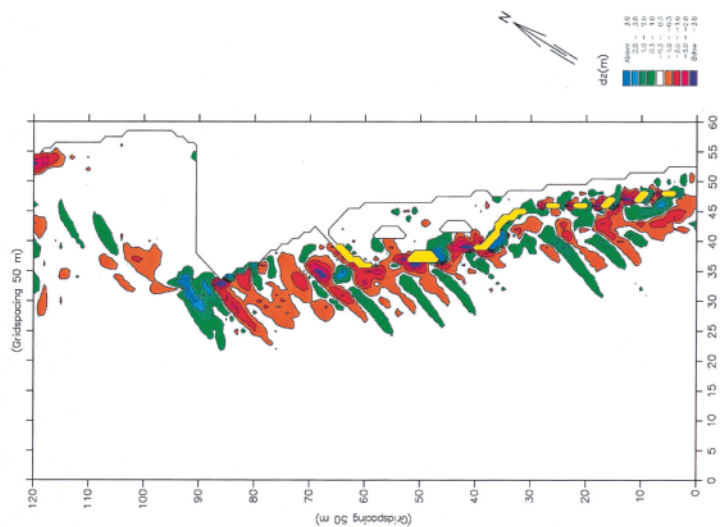
圖 4-2-5 案例一20年颱風波浪之數值模擬



佈置二地形於20年迴歸期颱風作用下之波場
(a)波場圖

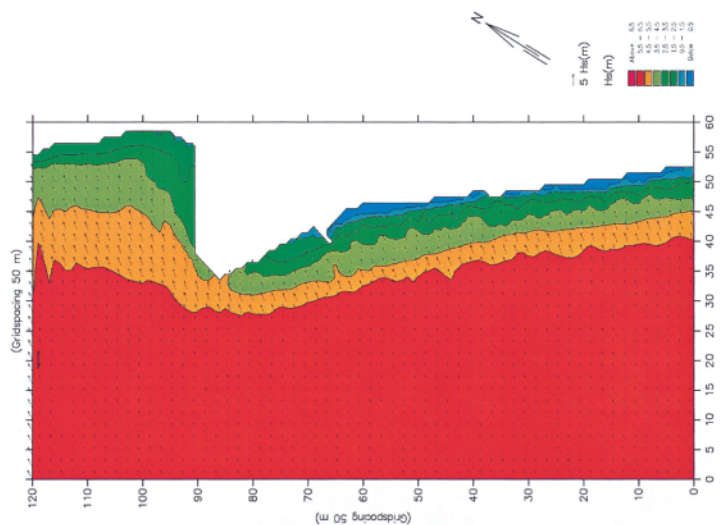


佈置二地形於20年迴歸期颱風作用下之流場
(b)流場圖

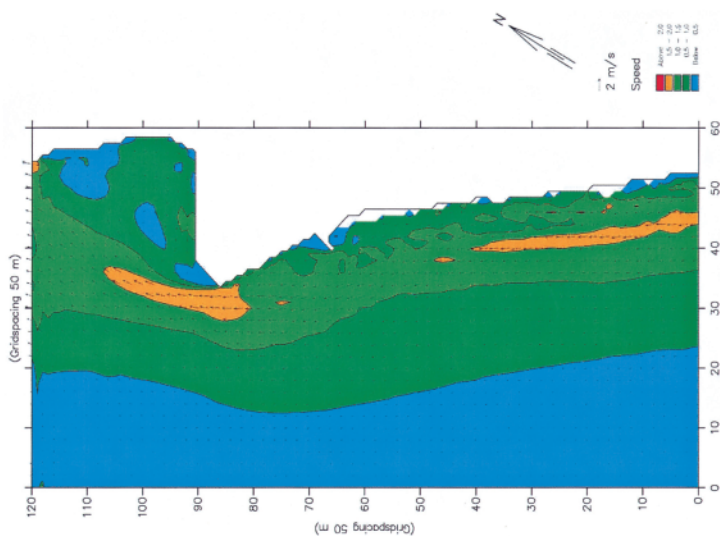


佈置二地形於20年迴歸期颱風作用一天後之變化
(黃色部份代表堤頂高程為-0.5m之離岸潛堤)
(c)24小時後地形變遷圖

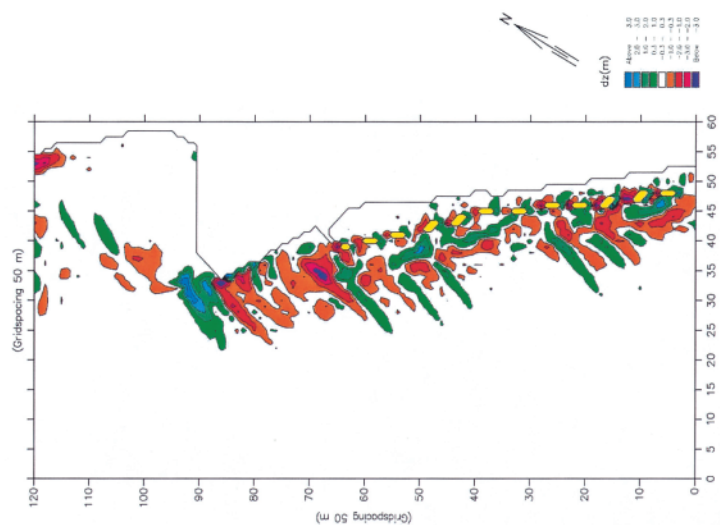
圖 4-2-6 案例二20年颱風波浪之數值模擬



佈置三地形於20年迴歸期颱風作用下之波場
(a)波場圖



佈置三地形於20年迴歸期颱風作用下之流場
(b)流場圖



佈置三地形於20年迴歸期颱風作用一天後之變化
(黃色部份代表堤頂高程為-0.5m之離岸潛堤)
(c)24小時後地形變遷圖

圖 4-2-7 案例三20年颱風波浪之數值模擬

安平港商港區土地徵收暨第一期工程計畫簡介

朱志光 高雄港務局副工程司

壹、安平港商港區土地徵收暨第一期工程計畫內容概要

一、緣起

為加速開發安平港成為高雄港之輔助港，以配合帶動地方繁榮、並紓解高雄港船貨之擁擠，行政院經建會於81年12月30日第673次委員會審議「安平港整體規劃」案時建議安平港港埠設施由進泊1.2萬噸級船舶提升為2萬噸級，基此本局乃擬定「安平商港區土地徵收暨第一期工程計畫」，於87年6月23日奉行政院核定實施，即逐步推展各項建設。

二、現況概述

- (一)安平港原為國內商港，有營運碼頭8座，碼頭全長1,312公尺，主要供安馬線貨輪三艘、安金線貨輪二艘、安美線（七美、望安）貨輪一艘及安蘇（蘇澳）水泥貨輪三艘靠泊裝卸貨使用。
- (二)民國86年5月12日，交通部公告安平港為高雄港輔助港，亦即由原來的國內商港升格為國際商港，外籍商輪可進出本港裝卸貨物。

三、計畫目標

- (一)作為近洋、環島、離島航線之主

要基地。

- (二)紓解高雄港船貨擁塞、開拓雲嘉南地區貨源，進而成為高雄港之輔助港。
- (三)促進台南地區工商繁榮及發達。
- (四)提供發展海上遊憩事業環境，擴展台南地區遊憩空間。
- (五)縮短陸運運輸距離，節省陸運成本，減緩陸運交通量成長壓力。

四、計畫內容

安平港之各碼頭區依其所在位置可分為工業區碼頭區、三鯤鯓碼頭區、四鯤鯓碼頭區、五期重劃碼頭區等四個部份，開發完成後港區總面積約為445公頃，其中陸域面積為180公頃，水域面積為265公頃，港口及航道水深為-11.5公尺，可進泊2萬噸級船舶，碼頭有32座，總長度約5,566公尺，年總裝卸量約可達1,600萬噸，全部計畫預定分三期辦理。平面圖詳圖1。

(一)第一期計畫

- (1)工期：自82至93年度止分十二年度辦理。
- (2)經費：277.5億元(其中土地費為180.25億元)
- (3)計畫項目

1. 取得計畫用地 197.4公頃。
2. 興建防坡堤 3.6公里。
3. 興建內港口護岸 920公尺。
4. 興建客貨碼頭 5座。
5. 興建通棧、消防廳舍、變電站、管制站等。
6. 填築港埠用地 358萬立方公尺。
7. 浚挖船席、航道及迴船場。
8. 辦理環保設施及綠美工作。
9. 闢建環港道路。
10. 辦理港區水電及導航系統。
11. 親水遊憩碼頭，提供由民間相關業者投資興建。
12. 港埠營運區，提供民間業者以BOT方式投資興建貨櫃、大宗散貨或散雜貨碼頭及其後線倉儲等設施。
13. 海岸防治。
14. 公共藝術。

(二)第二期計畫：自94年至104年。俟第一期工程計畫完成後再行檢討辦理。

(三)第三期計畫：自105年起。

五、計畫執行方式

(一)基礎建設如防波堤、護岸、道路橋樑、浚挖由政府投資興建即由本局辦理。

(二)營運設施：碼頭及後線倉儲設施、遊艇碼頭等原則上由民間投

資興建。

第一期工程預定於民國93年完成，預期開發完成後，必能提供廣大嘉南平原、台南大都會區工商企業更便捷之海運服務，降低內陸運輸之成本與負荷，促進工商業之快速發展，增加就業機會，並配合帶動大台南地區之整體繁榮。

貳、規劃及設計概述

一、自然環境

位置：介於二仁溪與鹽水溪之間，南距高雄港40公里，北距台中港140公里。

(一)地理位置

安平港港區原為鹿耳門之瀉湖口，昔稱台江，後因曾文溪之漂砂而逐漸淤塞，而成鯤鯓內湖，週遭均墾為漁塢。於六十三年至六十八年間，於鯤鯓湖另闢新港口一處，此即為目前之安平港。其位址介於二仁溪與鹽水溪之間，南距高雄港40公里，北距台中港140公里。安平港其於環境上北臨濕地南接二仁溪之侵蝕及運河水道污水。

(二)海底地形

安平港鄰近之海底地形坡度變化原本並不激烈，惟民國71年配合五期重劃區之填地工程，於安平漁港舊航道外側海域進行大規模抽砂工程，致使原平順海床因抽砂作業面形成一個直徑約800~1000公尺之大坑洞，至今尚未回復，致使本區海底地形，由鹽水溪口至喜樹短短5公里內，其底床坡度卻截然不同。為瞭解本地區之

底床變化情形，乃參照歷年之水深測量圖進行海底地形坡度分析得知，於水深0~-5m處，於防波堤南北側其坡度均維持在1:20左右，-5~-10m水深段，除舊航道中心線外側因抽砂因素，致使坡度較陡（約1:5），餘均在1:12至1:20間，而水深-5~-15m，除舊航道中心線外側及鹽水溪口較為平緩（約1:60）外，餘均維持在1:35左右。

由此海底坡度分析結果可初步推斷，本港北防波堤以北海域仍深度受曾文溪及鹽水溪河川輸砂之影響，此可由舊航道中心線以北海域，於水深-10~-15m處，其底床坡度均維持在1:60左右可研判，而南防波堤以南海域，因無任何較大河川，故其水深-10~-15m間之坡度僅約1:30。至於水深0~-10m間之坡度，則因屬漂沙活動劇烈區域，故床坡度較陡，約在1:12~1:20間。

(三)氣象

安平商港計畫區附近之氣象資料主要來自中央氣象局台南測候站，該站成立於1897年，為台灣五大歷史悠久測站之一。另中油公司於永安液化天然氣接收站亦設有專用觀測站，因距本計畫區僅15公里，且測站瀕臨海濱，其中所測之風資料較能實際反映海岸地區之風力特性，其分析結果列入參考，統計分析結果如下。

(1) 風

- 全年平均風速為2.9M/S。
- 最大風速為38.2m/s，風向為SSE，發生於民國10年8月27日。

(2) 颱風

- 影響本區之颱風路徑為第3及第5路徑，總計發生129次，佔37.9%。
- 篩選過去51年(1940~1990)間對安平地區影響較大之代表性颱風86個，以為颱風波浪推算之依據。

(3) 氣溫

- 全年平均氣溫：23.5℃
- 絕對最高氣溫為37.8℃，發生於民國31年6月1日絕對最低氣溫為2.4℃，發生於民國7年2月19日

(4) 氣壓

- 全年平均氣壓：1010.6毫巴(mb)
- 測站最高氣壓為1029.9毫巴，發生於民國6年1月10日測站最低氣壓為961.1毫巴，發生於民國48年8月29日

(5) 雨量

- 全年平均總降水量：1747.2mm
- 全年平均總降水量日數：104.7日
- 一小時最大降水量為163.3mm，發生於民國36年7月29日

(6) 霧日

- 全年平均總霧日數為15.5日。

(7) 濕度

- 全年平均相對濕度：80.4%
- 最小相對濕度為18%，發生於民國52年2月27日。

(四)海象

(1) 潮汐

高港局於安平港南護岸設有潮位站一處，自民國68年起至今均有連續之記錄資料，根據民國68年3月2日

0時至82年6月19日22時之潮位逐時連續記錄資料，進行各潮位值之統計分析並以數學模式進行調和分析。另實際潮位資料，統計民國68年～82年實測潮位記錄，進行各設計潮位之統計分析結果如下：

最高高潮位 (H.H.W.L.)	+1.77m
平均高潮位 (M.H.W.L.)	+0.96m
平均潮位 (M.W.L.)	+0.67m
平均低潮位 (M.L.W.L.)	+0.39m
最低低潮位 (L.L.W.L.)	-0.37m
最大潮差	+1.427m
暴潮	2.4m

(2) 風

全年風速均在10M/S以下，冬季季風風向以N～NW向為主，夏季季風風向以S向為主。

(3) 波浪

安平港位於本省西南岸，平均每年約有2.6個颱風侵襲安平附近海域，因本地區季節性波浪較小，故波高較大之颱風波浪對漂沙活動現象影響極為深遠。基此，仍根據井島武士及湯麟武之理論發展之電腦程式，用以模擬推算颱風波浪。茲將前節選定之86個(1940～1987)對本區影響較大之颱風進行颱風波浪推算，並依大小順序列表，復以Gumbel極端值分佈法推算各復現期之波高。夏季季風風波向介於W與S間，波高大致在2公尺以下， $T=4\sim8\text{SEC}$ 。冬季季風風波向介於NW與WNW間，波高大致在1公尺以下， $T=3\sim6\text{SEC}$ 。安平海域等效深海颱風波浪(週歸期為50年)請參考下表。

安平海域等效深海颱風波浪
(週歸期為50年)

波 向	波高(M)	週期(sec)
NNW	4.00	9.2
NW	3.62	9.7
WNW	3.92	8.3
W	5.19	8.6
WSW	5.14	8.2
SW	5.66	9.9
SSW	6.44	11.7
S	7.51	11.2

(4) 海潮流

安平附近海岸水深8m處流速多介於0.05m/sec～0.20m/sec間，最大流速為0.35m/sec，平均流速約0.17m/sec，流速並不高，而瞬時流向多處於 $110^\circ\sim190^\circ$ 及 $288^\circ\sim36^\circ$ 間。至於水深12m附近之流速則亦多介於0.05m/sec～0.25m/sec間，最大流速0.45m/sec，平均流速約0.23m/sec，流向則多發生在 $110^\circ\sim150^\circ$ 及 $320^\circ\sim12^\circ$ 間。主要流向兩處皆為“東南←→西北”方向

(5) 漂砂

計畫區之漂沙現象主要因為波浪碎波產生之沿岸流漂沙活動。安平海岸法線方向約S50(W～S60(W之間，而全年優勢波浪方向則為S22.5(W至S67.5(W之間，漂沙優勢方向為由南往北。但因波向與海岸法線方向幾乎垂直，其實際沿岸漂沙量不大。

(6) 潮間帶砂粒由安平港北防波堤起往北至鹽水溪口，每隔50公尺於潮間約EL=+0(漲退潮間)帶採集砂樣一袋，並進行篩分析，得其

中值粒徑介於0.21~0.39mm間，平均中值粒徑則為0.31mm。

- (7) 海底底質由北防波堤至鹽水溪口間海域，由潛水人員下海採取海底砂樣(估計約EL-5M)，並進行篩分析，得中值粒徑(d_{50}) 介於0.16~0.40mm間，平均中值粒則為0.21mm。

(五)歷史地形、景觀及環境生態

安平為一連串沙洲之一，原名一鯤鯓，安平以南至現在之二仁溪口附近，隔鹿耳門與陳行港沙洲相望，亦為進入臺江灣要口。後因曾文溪漂沙之作用，漸將台江灣淤積成鯤鯓湖。現於台南市運河、日新溪(竹溪)、連通舊漁港及大排水溝，其排水均注入安平港內，台南市各小型竹筏、漁船約1千多艘，其進出均由安平港港口出入。當地居民有於安平港防波堤外側海域、黃金海岸水域中從事養殖事業。臨接於工業區處設有台南市污水處理廠，其處理後之水亦排入港區。

台灣河川由起源至出海口距離較長，河流流經平坦地形至將近出海口一帶，其種種條件有利於紅樹林生長，因此大河出海口多泥沼灘地及紅樹林。由於河口地區流速緩慢造成淤沙量大，且海水容易進入，鹽份濃度相對較高，是熱帶地區河口濕地特有的生態系。臺灣因位在熱帶邊緣，種類較少，僅有6種，包括紅樹科的水筆仔、紅樹、細蕊紅樹、五梨跤，使君子科的欖李，馬鞭草科的海茄苳，其中紅樹及細蕊紅樹在臺灣已經消失。由於紅樹林屬於熱帶生態系，所

以在台灣的分佈是往北種類逐漸減少，台南安平地區則有四種，多分佈在潮間帶各河岸、水道下游臨接港區附近最為茂盛。

(六)地質概述

安平港全區受鹽水溪與曾文溪漂砂之影響，而逐漸淤積。其為一沖積地形。其表層約三公尺之土層為沉泥質細砂夾雜黏土層。原港區水域甚小，其表層土經過本局依計畫範圍抽砂填築漁塢以形成港埠用地及工業局抽砂外運之台南科技工業區填築鹽田。目前表層黏土大多已清理完成。

二、外外廓防波堤

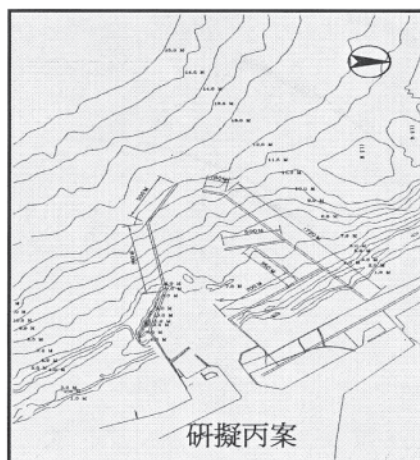
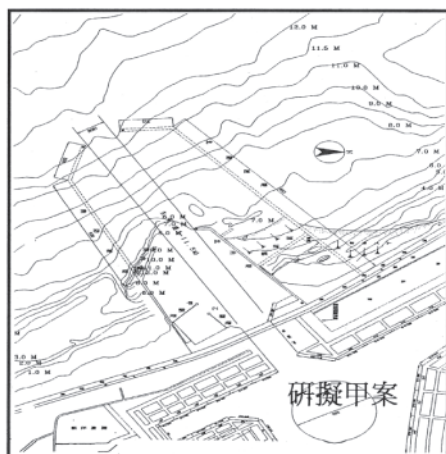
- (一) 平面佈置構想延續原外廓防波堤佈置方向仍為西偏南，並根據真時操船模擬試驗結果布置。

(二) 平面佈置為

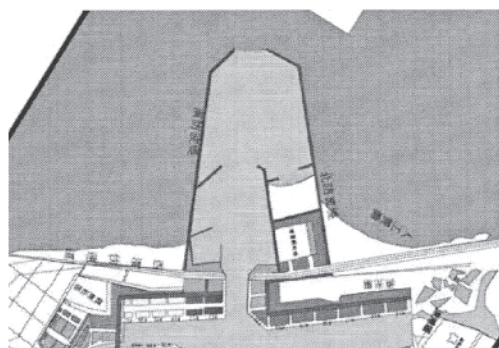
- (1) 南防波堤沿原南防波堤轉角處，向外海延伸930公尺後往西偏北方向，並延伸305公尺至水深-12.0公尺處止。
- (2) 北防波堤則北距原北防波堤約416公尺，平行原北防波堤方向由海岸向外海延伸1661公尺至水深-11.0公尺，向南轉折並延伸320公尺至水深-12.0公尺處止。
- (3) 拆除原南、北防波堤各166公尺(7座沉箱)及20公尺(1座沉箱)。
- (4) 為增加港埠營運用地並解決部份浚填平衡之困擾，於新舊北防波堤間興建海堤416公尺，以容納多餘浚挖土砂，並填築新生地約

21公頃，同時於海堤外側噴砂形成消波海岸，以減輕波浪直驅而入所造成水域不穩靜之情況。

防波堤設設計方案圖研選及比較表等圖示如下



定案採甲案現施工中



評比因子 \ 方案	方案甲	方案乙	方案丙
1.港埠規模	小	小	次之
2.操航便利性	佳	次之	差
3.水域穩靜度	次之	差	佳
4.浚填平衡	佳	佳	最佳
5.航道水深維持	次之	次之	佳
6.港埠發展彈性	次之	次之	佳
7.對環境影響程度	次之	最差	輕微
8.投資經濟性	最佳	次之	次差
9.施工進度	最佳	次之	稍慢
綜合評比	最佳	最差	佳

就上列三個方案進行評選，得其結果如表所示，由該表知方案一其發展潛力最佳且維持原有航道方向，是為本平面佈置之最佳方案。

拋石堤断面圖詳2-1，防波堤沈箱段断面設計圖詳2-2

三、港口、航道及迴船池

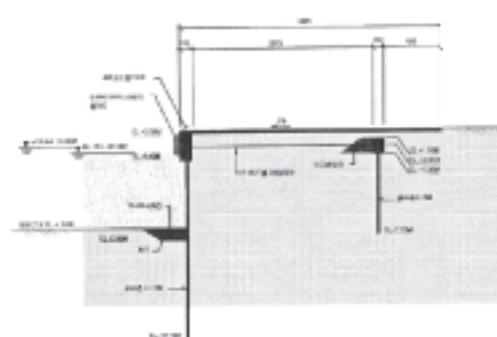
- (1)港口方向西偏南 30° (W 30° S)。
- (2)港口有效寬度180 公尺，水深-12.0 公尺。
- (3)航道寬度180 公尺，水深-11.5 公尺。
- (4)迴船池直徑500 公尺，水深-11.5 公尺。

四、碼頭

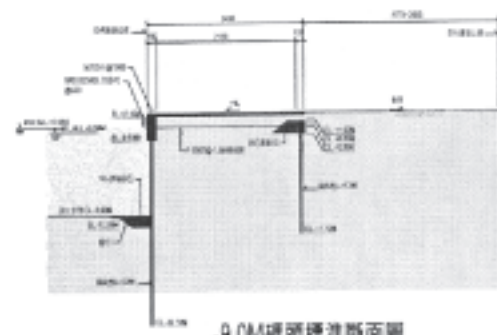
碼頭安平港現有碼頭8座，其中1、2號碼頭為淺水碼頭，專司離島航線之運輸，3、4碼頭為新建10,000DWT 級Ro/Ro 碼頭，長度各為160 公尺，5A為小型客貨碼頭，5~6號則為一般散雜貨碼頭。

依整體規劃構想，本港全城開發完成後，共有大小碼頭32座，碼頭船席長度全長為5566公尺，其中第一期工程完成後，共有營運碼頭17座及港勤、緝私碼頭各一座，總計19座碼頭。下圖為-7m水深及-9m水深之碼頭断面示意圖。

另遊艇碼頭其陸域面積有4.1公頃，海域面積2.5公頃。可供30艘、68艘、88艘之大小遊艇停泊，其規劃之佈設平面請參考圖4-1。



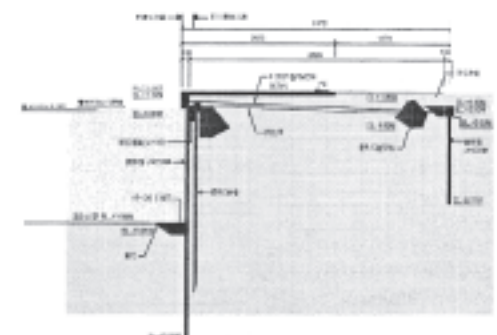
-7.0M碼頭標準断面圖



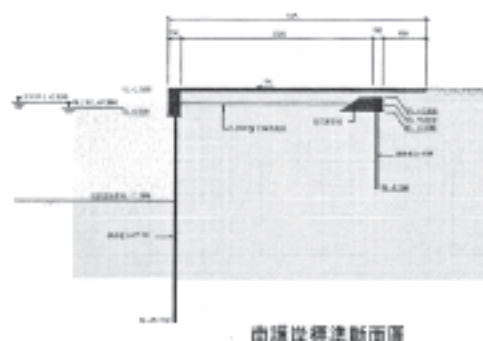
-9.0M碼頭標準断面圖

五、護岸

南、北護岸原寬140 公尺，為配合20,000DWT 級船舶進出，將拓寬航道度為180 公尺，並浚深至-11.5 公尺。其中北護岸係距原護岸法線外2公尺打設新護岸，而南護岸則沿原護岸法線後退42公尺打設新護岸。



北護岸標準断面圖



六、污水處理系統

安平港污水處理系統其位置規劃在五期重劃區之行政區，鄰接台南市污水處理廠，設立期程分別以民國93年、104年及全港開發完成為計畫目標年，各期設計污水量第一期為200CMD，第二期為240CMD，第三期為400CMD。設計進流水質BOD為250mg/l，SS為220mg/l。港區固體廢棄物焚化處理量計畫目標年民國93年、104年及全港開發完成，各為35公噸／日、40公噸／日及50公噸／日。規劃焚化廠規模為5爐，每爐容量15公噸/8小時。焚化廠分三梯次建，每梯次規模如下：

- (1)第一梯次(目標年：93年)：興建3爐，每爐容量15公噸/8小時。
- (2)第二梯次(目標年：104年)：維持3爐，每爐容量15公噸/8小時。
- (3)第三梯次(目標年：105年以後)：擴建1爐，共計4爐，每爐容量15公噸/8小時。

污水管線及加壓站採配合環港道路之路線埋設方式興建。

七、排水系統：以採多處出口方式佈設。

八、土方平衡

- (1)安平港第一期工程總浚挖量約為958萬方，填築數量約為486萬方。其中浚填不平衡之數量將提供台南科技工業區之填地工程使用。
- (2)浚深區依工程需求性分成幾個區域，以便分期浚深。
- (3)計畫填築區之界定線構築臨時堤(須預留排水口)，並將填築區初步規劃為一般砂土區及沉泥暫存區。將各區內之部份漁塭堤整開，使之整修成填築區內之分隔堤或導流堤。再於規劃迴流水出口前設置沉澱池以截留剩餘細泥。
- (4)配合挖泥船佈設污染防制措施、排泥管等附屬設施，以便將泥漿輸送至一般砂土填築區內，而沉澱池之細粒料及迴淤土則再浚輸至沉泥暫存區再處理。
- (5)回填時以漁塭堤高程為分層填築之基準，填築完成後即予以整平，再以薄層壤土加草仔及防塵網以定砂。

九、海岸保護

- (1)以定期實施海岸監測計畫。
- (2)以數值模擬及水工模型試驗，預測未來之侵蝕量及地區，並研擬防治對策。

- (3)海岸保護方式以採柔性工法並配合景觀造型以達成目的，其構造物以人工舂灣配合人工養灘為主，並佐以突堤及離岸堤等，以保護海岸不受侵蝕。本計畫中之人工養灘已奉主管機關核定，正實施中。其示意圖詳8-1圖。

十、本港景觀及植栽規劃

- (1)基於港區與市區諧和並建立人性化之港灣，港區與市區間以植樹作為綠帶以隔開，並於綠帶間設置步道、涼亭等設施，回饋附近市民。
- (2)五期重劃區：隔離綠帶寬20公尺，運用『造園綠化』之方法，塑造港區獨特意象為主，本區地形擬採斜坡方式構築，其上種植植栽及搭配景石。
- (3)漁光社區、龍崗社區隔離綠帶：為免港區各項作業影響居民之生活，於其間設置寬20~80m之綠帶，且擬採用適地、適性之『生態綠化』方法，種植鄉土樹種或當地之優勢樹種，重建符合生態原則之自然林，並快速達成防風、遮蔽不良景觀之目的。

十一、聯外道路工程

- (1)於港內興建環港道路以疏散車流，港外則由地方政府、公路局、營建署配合興建興建聯外道路。詳圖2。
- (2)港區內：設置專用環港道路以

分散車流。

(3)港區外：

1. 3-22號都市計畫道路連接中華南路（中華環線系統）：由台南市政府辦理。
2. 1-6號道路，連接安平港及西濱公路，公路局辦理。

十二、環境保育

為建立親水性及人性化之港灣，有關港灣之港埠建設中除硬體設施外，對於環境之保護及環境之在建議列入計畫中，其相關環境及保育之項目如下：

(1)施工及營運期間環境之監測

1. 施工期間需做空氣污染、噪音振動、水質、動植物等監測，作為公法之選定及減少對環境之破壞。另言安平港上下由各六公里需進行水深測量，以控制海岸之侵淤現象。測點位置圖詳圖11-1。
2. 營運期間亦需辦理空氣污染、噪音、震動、水質及地形變遷之監測工作。

(2)紅樹林保育

考量安平港開發過程中部份紅樹林受到衝擊，因此於計畫中部分地區設有紅樹林保育區，其地點包括健康路及南幹排間及鯤鯓路側安平港區之行政區靠竹溪相關水路側等區規劃作為保留區，並作為港市界天然之圍籬以取代人造之鐵圍籬。

(3)港於港市界中設置綠帶

- 1.於三鯤鯓碼頭區設置60公尺寬之綠帶。
- 2.其他港市界部份之綠帶規劃為20公尺寬。



三鯤鯓港區之綠帶



紅樹林復育

(4)紅樹林保育

考量安平港開發過程中部份紅樹林受到衝擊，因此於計畫中列有紅樹林保育之工作，現正積極辦理中之現有之紅樹林現執行之區域如下：

- 1.健康路及南幹排間紅樹林保育：成果如圖二。
- 2.鯤鯓路側安平港區之行政區靠竹溪相關水路側：規劃作為保留區，並作為港市界天然之圍籬。

參、計畫執行概述

一、已完工程項目

- (1) 商港區土地徵收。
- (2) 商港區施工場地工程。
- (3) 第九號碼頭新建工程。
- (4) 港埠用地填築工程(第一、二期)。
- (5) 北護岸改建工程(第一期)。
- (6) 新港橋工程。
- (7) 商港區景觀植栽工程(第一、二期)。
- (8) 一、二號碼頭改建工程。
- (9) 南護岸新建工程。
- (10) 七號護岸改建工程。
- (11) 一、二號碼頭通棧新建工程。

二、施工中工程項目

- (1) 外廓防波堤及燈塔工程。
- (2) 環港道路(一)土木工程。
- (3) 環港道路(一)機電、消防工程。
- (4) 環港道路(三)土木工程。
- (5) 環港道路(三)機電工程。
- (6) 環港道路(四)土木工程。
- (7) 環港道路(四)機電、消防工程。
- (8) 第一、二號碼頭通棧機電工程。
- (9) 北護岸二期工程。
- (10) 消防廳舍新建工程(土木標)。
- (11) 消防廳舍新建工程(機電標)。

三、合作興建中工程項目

- ### 四、進度概況：截至91年7月底預定進度為79.68%實際進度為79.72%

各項營運設施民間BOT部份辦理情形表

編號	標租設施名稱	合作興建廠商
1	安平港第17號水泥碼頭及水泥圓庫等設施	亞洲水泥公司
2	安平港第18號水泥碼頭及水泥圓庫等設施	萬青水泥公司
3	安平港第19號水泥碼頭及水泥圓庫等設施	台灣水泥公司
4	安平港第20號大宗散貨碼頭及後線場地、倉棧設施	遠東倉儲公司
5	安平港第22、23號石化品碼頭及後線場地、儲槽設施	奇美實業公司

以上1、2、3、4項現辦理環評中。第5項之碼頭設施已完成，後線倉儲設施等現施工中。

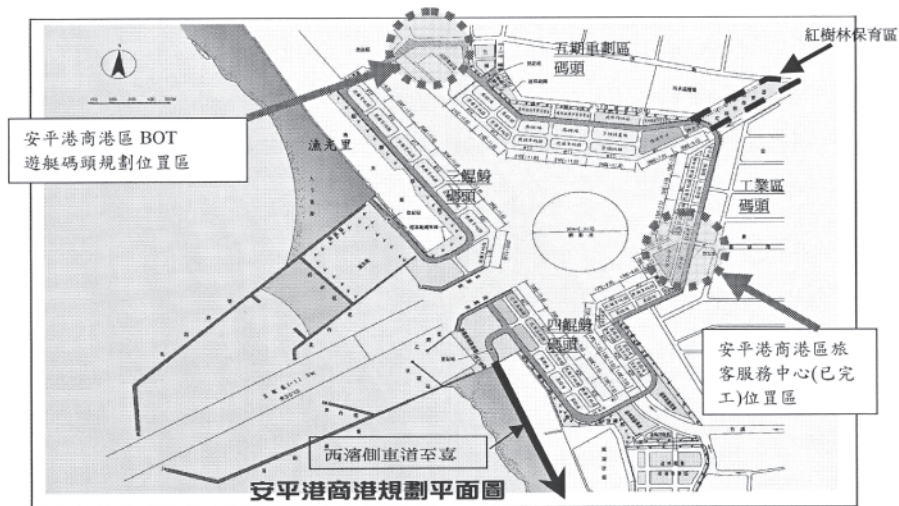


圖1 安平港商港規劃平面圖

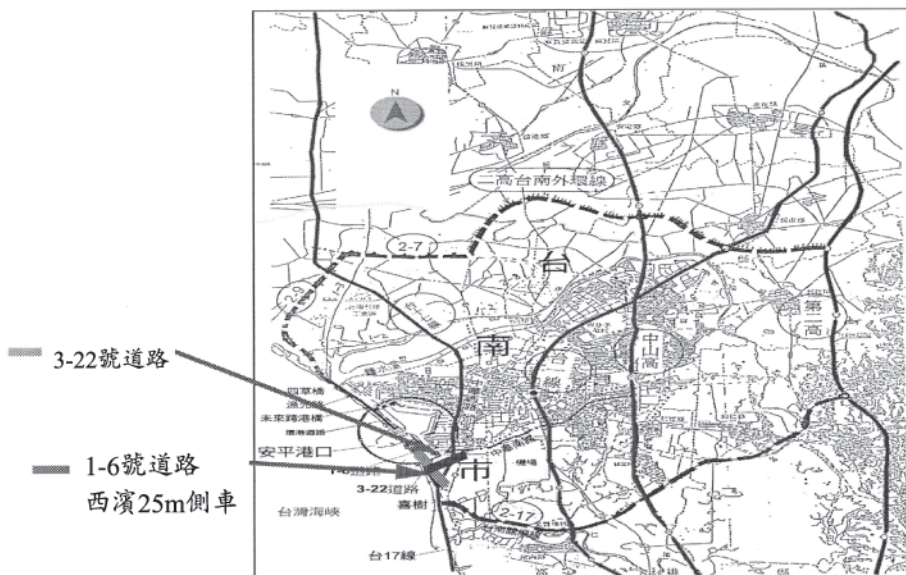
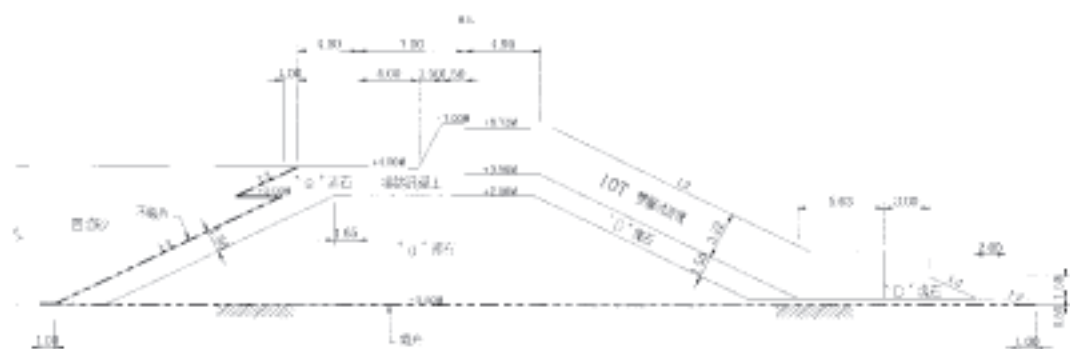


圖2 安平港聯外道路示意圖



5 ~ -6 海堤

1 : 200

圖2-1 拋石堤斷面圖

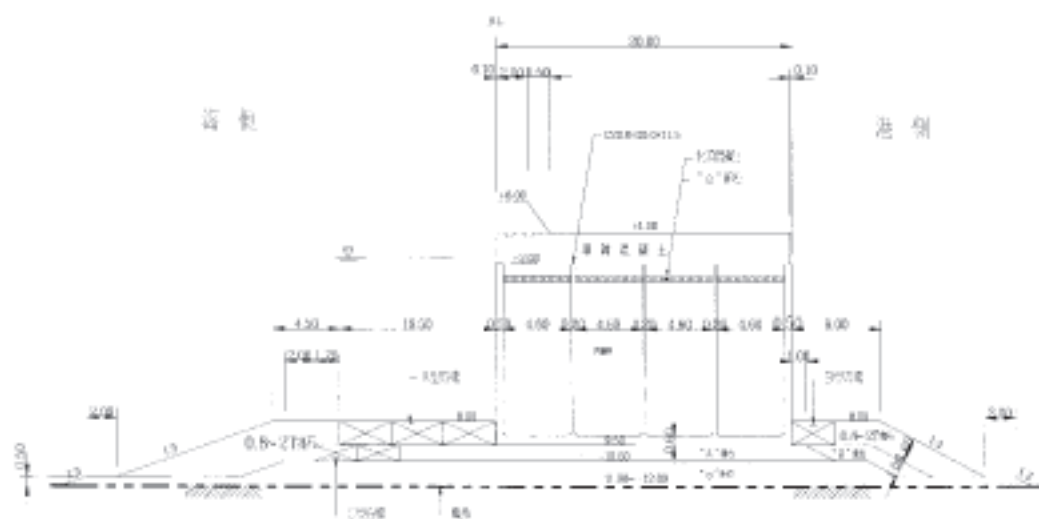
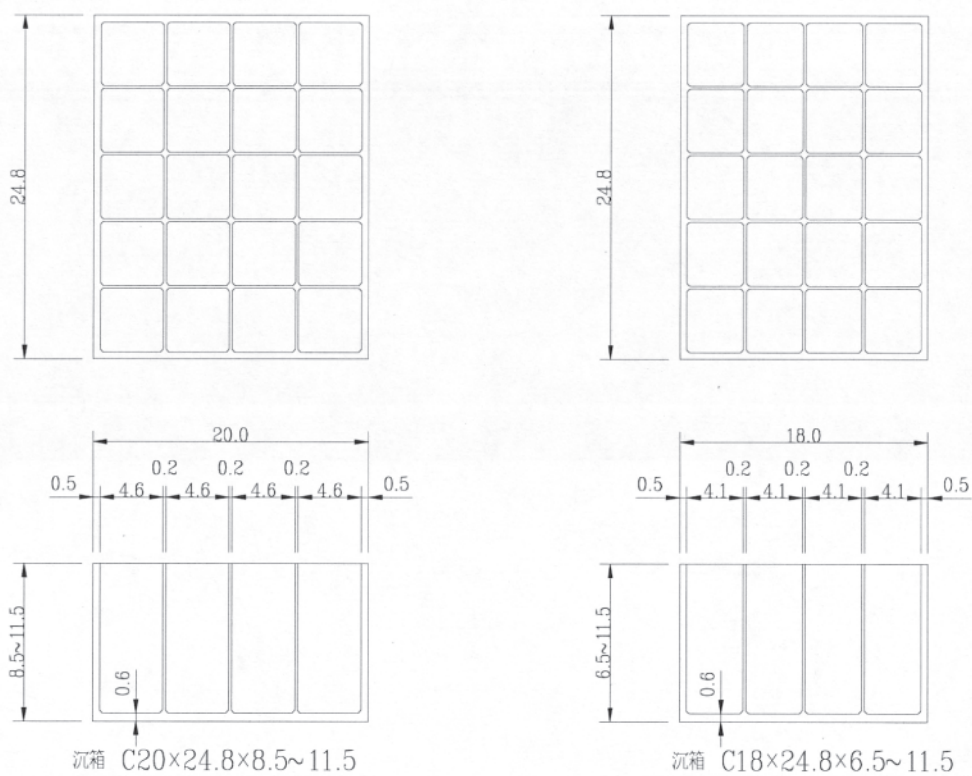


圖2-2 沈箱斷面圖



沉箱平立面圖

1 : 400

遊艇碼頭水深-2.5公尺~-3.5公尺間。

遊艇碼頭資料	寬度(公尺)	長度(公尺)	泊位數
大型艇泊渠	10	13	30
中型艇泊渠	8	10	68
小型艇泊渠	5.5	5	88

安平港遊艇碼頭規劃示意平面圖

港市界

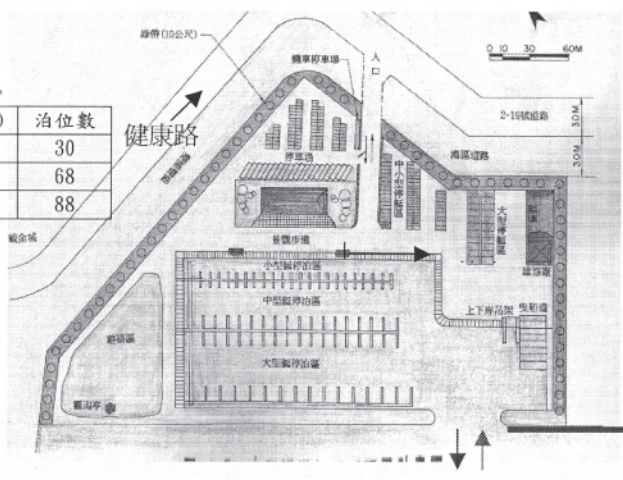


圖3 遊艇碼頭平面圖

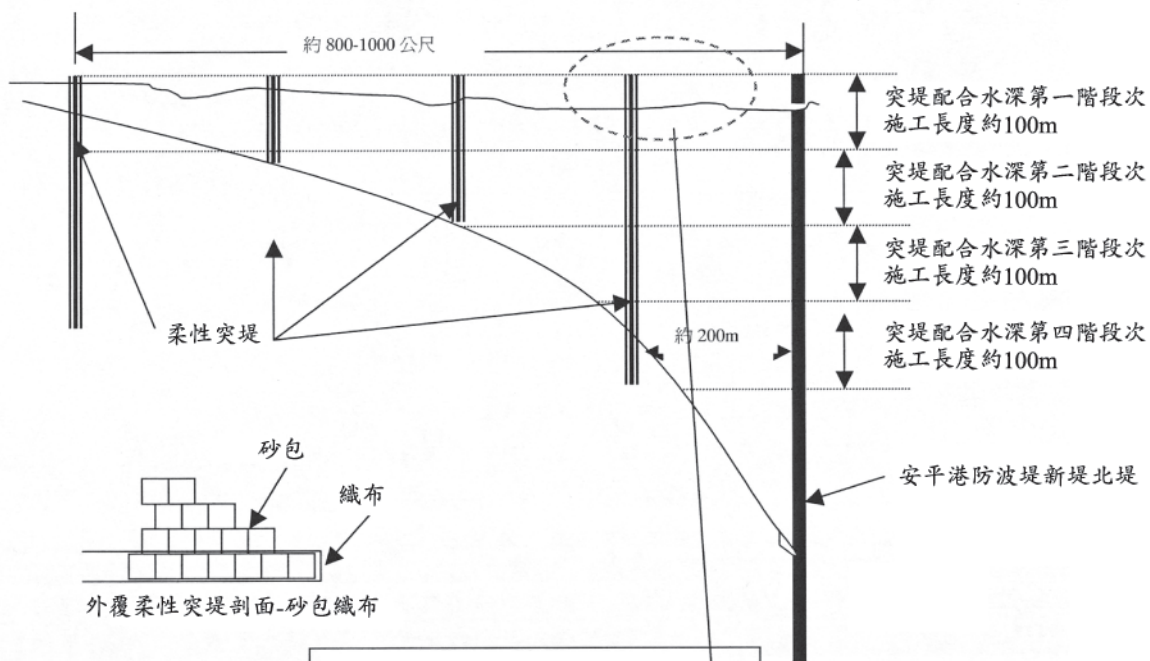


圖4 養灘之方式 - 配合柔性突堤

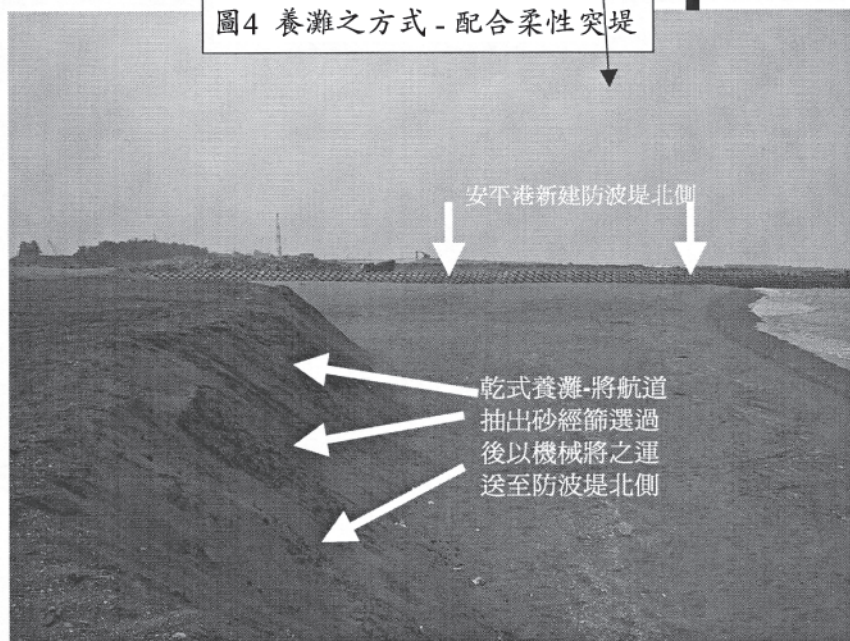
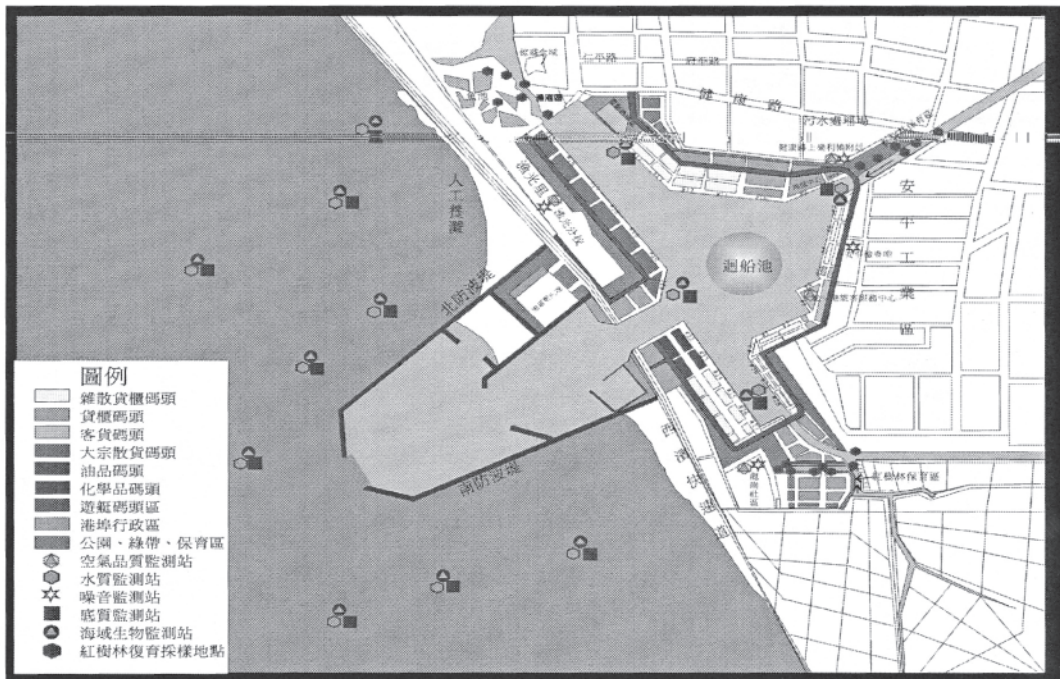


圖5 環境監測之測點位平面置圖

安平港整體規劃環境監測站位置圖



89年3月21日環保所製

海域航運繁忙的地中海暨其東端樞紐—塞浦路斯

陳文樹 交通部郵政研究所研究員

一、地中海的地理形勢與海運概況

世界上三大洋—太平洋、大西洋和印度洋之外的所有海域當中，位置離台灣甚為遙遠的「地中海」(Mediterranean Sea)是名氣極為響亮的一處海域。早在十五世紀之前便常有帆船梭行於地中海沿岸諸港，當初歐亞非三洲的分際尚不清晰，強盛的帝國勢力莫不渴欲將環繞整個地中海、跨越三洲的陸地盡皆囊括在內，並視為一項光榮的霸業，如源興自義大利半島的羅馬帝國和二次世界大戰時期的義大利即均將地中海視如其「內海」；反言之，不少中古乃至近代時期之輝煌文明或強大國度，如埃及、希臘、腓尼基、羅馬以及鄂圖曼帝國，則是從地中海孕育發展的，蓋海洋的經貿通商能為其帶致財富、奠定雄厚的國勢，並啟發其冒險犯難和征佔擁有的民族性。雖然海域並無明確的大小面積，但仍有其大致上的範圍，和舉世各處的海域相比較，地中海應可說是範圍最遼闊的海域，而在該域內尚可再劃分出愛琴海、亞得里亞海和愛奧尼亞海...等較小的海域。地中海之西端經直布羅陀海峽連通大西洋、東南端經蘇伊士運河和紅海相連、東北端則可取道博斯普魯斯海峽

和達達尼爾海峽通往黑海(兩海峽之間有一小片的馬爾馬拉海，亦有人將之歸屬於地中海)，海運往來四通八達、十分便捷。

潮汐現象並不明顯的地中海，最強大的洋流係自大西洋經直布羅陀海峽流進海域內，往昔帆船不易經地中海駛至大西洋，因而地中海宛若是自成一封閉式的航運區，但是因週遭國家眾多且人口稠密、貨物供輸頻仍，兼以並無狂風巨浪，因而古來一直是世界最繁忙、艦艘梭集的海域，從中土、印度和中西歐各國互相通貿的貨物常係以西亞的土耳其、黎巴嫩地區為海陸接運處，西亞至歐洲、北非之間的貨運往來則大都轉而仰藉地中海區內的航運。自十五世紀初起，葡萄牙的船隊開闢自大西洋繞過好望角抵臨印度洋的航線之後(1498年，葡萄牙籍的達伽馬首度率領船隊經過阿拉伯海和印度洋抵臨印度)，嗣後數百年間地中海內的航運重要性降低甚多，但自蘇伊士運河鑿通後地中海又成為歐亞海運間必經的水道，蘇聯國勢強盛時代更常有武裝艦隊出沒巡行于黑海與地中海，咸信不少我國籍的海員，在其航海生涯當中亦曾多次駕臨過這片水域。但是由於航運過於發

達，伴隨而來的污染爰自廿世紀中期起趨於嚴重，海生物的生存大受威脅，地中海周邊國家遂在1976年簽訂協議以克服污染，因海運而肇致的污染尤為防治的重點項目，協議實施以來幸得績效彰明，卒能令地中海重尋秀麗的風光。在生態保育方面亦告卓然有成，例如地中海域自1998年即禁止捕撈小於3.2公斤之不足一歲黑鰷魚並禁止圍網漁船於每年5月1日至31日在亞得里亞海作業、每年7月16日至8月15日在地中海其他的海域作業，其它相關漁產保育規定則不再逐一詳述。

位於西西里島和突尼西間的海底山脈將地中海約略分為東西兩個海底盆地，以東邊較深、平均深度為一千五百公尺，在希臘和義大利間的海倫尼克海溝更深達五千一百公尺。因非洲和歐洲的兩個板塊相互接近擠壓，以致地中海區常有地震，海底火山亦多，不少東邊靠愛琴海處的小島正是昔時火山噴出岩漿再經冷卻形成的島嶼。域內的水量除來自雨水和黑海、大西洋的補充外，河水注入亦是一大來源。唯自埃及於1964年築成「亞斯文水壩」以攔阻尼羅河之水以降，地中海的水面已較諸四、五十年前降低，雨量亦連帶較減。但與中歐的內陸國家相比，地中海周邊國家的年降雨量仍充沛甚多，夏季乾燥炎熱、冬季多雨暖和的氣候，是國人於地理教科書上經常讀到的「地中海型氣候」。海域周邊陸地因氣候溫和、適合定居，故海岸區匯聚有稠密的人

口，因海面平靜、風向水流穩定故頗利於發展航海，數千年來航海技術的良窳正是攸關各國國力是否壯大的關鍵因素。

二、海域中或海域週邊國家的利害關係

地中海周邊和海域內有諸多「大半島」和「小島嶼」--大半島包括有土耳其、巴爾幹、義大利與西班牙(伊比利)等面積廣袤的半島，小島嶼則有西西里、薩丁尼亞、塞普路斯、科西嘉和克里特...諸島，其面積俱較台灣為小。最大的西西里島僅為25,708平方公里，原屬薩丁尼亞王國而於十七世紀時期割讓予法國的科西嘉島則為拿破崙出生地。環海肇建的國家計有廿餘個，或許除了塞普路斯和馬爾它兩個小島國較不為世人熟悉之外(該兩島國的首都-尼科西亞和伐利塔俱是兼設有地中海區繁要轉運港的港都)，餘者大都是國人耳熟能詳的，即使是面積小於台灣的黎巴²也曾多次躍為國際舞台的要角，而濱海的西亞海岸帶和巴爾幹半島更是後半個廿世紀接續釀生跨國衝突的戰區。以色列和泛阿拉伯國家的紛爭自建國以來即難有稍歇，雖然巴勒斯坦已建立其自治區達五年之久了，但和平卻還徘徊無定；1998年爆發於巴爾幹半島上、因阿爾巴尼亞回教族裔受塞爾維亞族裔迫害的風波，更導致北約組織(NATO)自成立以來首次對特定對象動武。

巴爾幹半島係由地中海、愛琴海

和亞得里亞海以及黑海所圍繞的一個半島，半島上種族複雜，諸多國家時常分合聚離，昔有「歐洲火藥庫」之稱。近十餘年來則因半島上較大的國家、即原來由屬斯拉夫人分支之各主要族裔建立的南斯拉夫聯邦共和國（南斯拉夫之國名Yugoslavia即指遷至南方地帶的斯拉夫人），解體為塞爾維亞暨蒙特尼哥羅聯邦、斯洛伐尼亞、克羅埃西亞、波士尼亞、馬其頓...等國以及科索沃自治區，不幸的是在其國體崩解之過程中，各新國家和原屬南斯拉夫主流的塞爾維亞間、或不同族裔間、或政府軍和境內少數族裔組成的民兵之間，發生了多回合的戰爭，使得火藥氣味再度瀰漫巴爾幹半島。前塞爾維亞總統今則已被移送海牙國際法庭待審，咸盼爆發於廿世紀末的巴爾幹風雲能因此項國際審判而底定，迅復平靜。巴爾幹半島上，除南斯拉夫之外另有羅馬尼亞、保加利亞、阿爾巴尼亞暨希臘諸國，其海運業務並不發達，僅有康斯坦沙（屬羅馬尼亞）、皮勒卡斯（屬希臘）、弗羅拉（屬阿爾巴尼亞）和里葉卡（屬原南斯拉夫）係較有名的數座海港；另外，保加利亞的伐勒那和土耳其的伊斯坦堡亦均有座濱臨黑海的國際港，唯其裝卸量均不多，規模分別相當於我國的台中港或花蓮港，伐勒那港係沿多瑙河靠黑海海口河岸而開鑿的河港、碼頭設施大都建於河岸，而土耳其尚於兩處海峽對岸的亞洲邊緣各建有烏斯庫達港與伊士麥港，未久前烏克蘭售予中共的一艘無

軍事裝備航空母艦即是取得土耳其同意，從黑海通過兩海峽經地中海進入大西洋再駛往目的地-澳門。歐洲第二大河-多瑙河則是從羅馬尼亞與保加利亞交界處的出海口流注入黑海，河運上的便利確對若干內陸國帶來顯著的水運效益，原南斯拉夫首都-貝爾格勒正是位處於多瑙河畔，附近並有一處著名的鐵門峽景觀。

三、亞得里亞海與愛琴海同為地中海之內的海域

亞得里亞海係位於義大利東北部、且涵蓋於地中海之內的一處海灣，亦可謂是略呈長方形的海域，乃因北部岸邊有座屬義大利的亞得里亞城而得名，該城在羅馬帝國時代即是一重要港埠。大致而言亞得里亞海長為772公里、平均寬度約160公里，面積則為十六萬平方公里，它將義大利半島和巴爾幹半島分隔開來，而經由奧特拉多海峽和地中海相連，海峽的最寬之處僅71公里。亞得里亞海的西北部為威尼斯灣，海水湛藍、風景優美，是一處著名觀光區，而義大利濱亞得里亞海的沿岸大都是平坦的低地，反之巴爾幹半島濱亞得里亞海的海岸則大都是崎嶇的山地，前述若干自南斯拉夫聯邦分出的國家和阿爾巴尼亞乃是濱臨亞得里亞海。居地中海東端、在希臘和土耳其之間的愛琴海上則星羅棋布有六百餘座的島嶼，大多數是無人島或私人專有的小島（如前美籍希裔海運鉅子歐納西斯便購有一座自用島），愛琴海為古希臘文明

的發源區，不少的史實、詩篇和軼事傳說像是諾亞方舟、伊利亞德(含木馬屠城記和奧德賽...等篇章)以及亞歷山大帝國東征、波斯帝國西侵皆和愛琴海有密切的地緣關係。至於數千年來埃及王國和希臘羅馬等帝國之間的糾葛、羅馬帝國和迦太基(奠建于今之突尼西亞)的恩怨、西班牙和北非摩爾族間的情仇則都是渡地中海而掀起的征戰融合，迄今南歐和北非族裔的血統長相，一直存有若合相似之處。

四、塞浦路斯在海運界上的重要性與近期之發展

位於敘利亞之西，土耳其之南的塞浦路斯(Cyprus)是地中海的第三大島，東西長為一四〇英里、南北寬有六十英里，以公制計近乎九千二百平方公里，有六十五萬餘之人口，境內多平原，但在西南邊則有一座逾六千多公尺的高山。地理位置在地中海東端的塞浦路斯係被劃屬於亞洲，自古即是兵家必爭之地，近代則因蘇伊士運河之開鑿，使得距運河北端出口僅約四百公里的塞浦路斯，更成為地中海與紅海相連通往來的重要樞紐站。塞浦路斯古來曾分別被腓尼基、希臘、亞述、埃及、馬其頓、羅馬帝國、阿拉伯人和不列顛佔領統治過，在廿世紀的兩次世界大戰前後，它又先後成為德國和英國的屬地。西元1960年，塞浦路斯宣示獨立，由瑪加黎奧斯大主教就任共和國的首任總統，但土耳其在1971年侵入塞浦路斯

島，經過四年的折衝取得塞島東邊約百分之四十的領土以及都城--尼科西亞的一部分，餘之西半部依然為塞浦路斯共和國，東西兩邊的領域各由土耳其裔和希臘裔的民眾擁有，壁壘分明，故塞浦路斯迄今仍是一個分裂的國家，但兩邊亦皆有屬少數族裔的猶太人夾處其間。

尼科西亞自中古世代的第十二世紀起即是塞島的最大城，現今它乃是由古舊但保存完善的威尼斯式老城和現代化的新城合組而成。塞島上的第二大城市--里瑪索耳係位於塞島的南邊，距尼科西亞都城僅將近六十公里，並是該國最重要的海港，年吞吐量約32萬噸，該城的港埠營運方面係以發展轉運為主，但因希臘的雅典和黎巴嫩的貝魯特，乃至於南邊的埃及塞德港亦同樣係以轉運作為海運的重點，故里瑪索耳港雖有極佳的地理位置，但在海運業上的競爭仍是相當的激烈。里瑪索耳之外，另有法馬古斯塔和拉馬卡等港口，以1998年的統計數字為憑，在塞浦路斯註冊登錄的商船總數居全世界第六位。近年來，商品出口額佔國內生產總值的11%，主要出口為服裝、酒類、輕工業品及農產品，但如包括海運在內的服務貿易，則可佔全國生產總值的45%；主要進口商品為機械、運輸設備、工業原料、石油及其煉製產品等。

塞國的語言、文化傳統和宗教信仰，長久以來始終和希臘甚為相近，致在對外關係上塞浦路斯亦將塞、希關係置於首位，希臘每年並對塞國提

供兩千萬美元的財務援助；相對的，土耳其則對塞浦路斯東境的土裔自治區提供援助，並支持其成立為「北塞浦路斯土耳其共和國」。2000年初，自治區內的土裔曾提出建立「邦聯」的構想，但旋遭希裔掌握的政權以及希臘的反對，兩方統一合治的可能或許還得癱上好一陣子，短期間仍將維持兩裔於兩區分治的態勢，但國際間現係普遍承認希臘裔的統領區為正式的塞浦路斯政府。

五、結語

遠自數千年前起，環繞地中海四周的西亞、南歐暨北非之廣大陸地，即是人類文明的重要發源地，早在中歐和北歐仍由昔之蠻族或維京海盜族群盤據時，地中海域週邊的國度就已先後創建了聲威遠颺的跨洲帝國，而?延無止的通航經商、移徙交流乃至烽火戰亂，使得地中海一直是舉世備受矚目與關切的海域。全球人民、特別是鄰近此一海域的諸國民眾，莫不誠盼兵燹狼?和各種的恐怖事端能夠在地中海域消弭無蹤，改以繁榮興盛的海運事業帶予世人更便捷的通航與通商，創造更富庶文明的新時代。

參考資料：e-library(電子圖書館)
"Encyclopedia-com 下" "Mediterranean Sea" 之電腦網路暨相關連結網路英文版資料，於讀後轉寫(非逐句翻譯)。其主網址係為http://www.encyclopedia.com/html/section/meditsea_geography.asp。



塞浦路斯島之位置圖



塞浦路斯本島地圖

「便民輪」打撈施工報導

陳琦瀛 中山大學海下技術研究所研究生
陳靜觀 台灣潛水企業有限公司潛水組長

台灣潛水企業有限公司於91年2月，將沉沒於水深42米的散裝貨輪便民輪打撈上岸，此次打撈作業為考量施工成本，在船體內建立浮力艙，以不破壞船身主體結構的施工法完成打撈船體作業。

一、前言

東港籍散裝貨輪便民輪於91年1月24日運送砂石瀝青配料航行東港至小琉球途中，因海況惡劣，船身整個翻覆，船員立即發出求救信號，並搭乘救生艇隨便民輪漂流等待救援，然而便民輪漂流至N22.21.27，E120.27.21時即沉入海底。

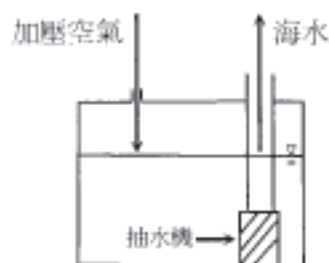
船東派員將船員救起後，隔天即委託小琉球當地潛水員，根據便民輪自動求救發報的GPS位置，搜尋並確認便民輪正確位置。潛水員回報船身外觀無明顯損壞，船東經評估後，希望以不破壞便民輪主體結構的方式來進行打撈作業，日後再將船體加以維修，待修復完成後，可繼續營業。因此委託台灣潛水企業有限公司能以最快的施工法來進行打撈作業。

便民輪打撈作業，由台灣潛水企業有限公司潛水組長陳靜觀與中山大

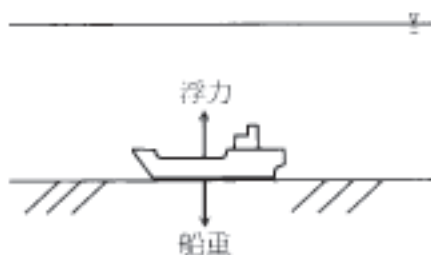
學海下技術研究所研究生陳琦瀛負責規劃施工。

二、施工構想

建立水密隔艙產生浮力：利用堵塞或銲接的方式在船體內建立水密隔艙，並預留加壓空氣孔與出水孔，利用加壓空氣與抽水機將沉船內的海水排出，產生浮力艙（圖一），當浮力大於船重時，船體即開始浮揚（圖二）。船重估計約200噸重，因此浮力至少要大於200噸，沉船內的水密隔艙空間至少要有200m³。



圖一 加壓排水原理示意圖



圖二 浮力大於船重，船體浮揚

三、施工方式

便民輪總噸位186，淨噸位87，船長30.02公尺，船寬6.8公尺，甲板艀模深3公尺，沉船海域水深為42公尺。由於下沉時，船首傾斜沈沒，貨艀現已沒有砂石瀝青級配料，船底座落於平坦海床上，船身外觀沒有明顯損壞。

先進行封艀作業，然後再輸送加壓空氣，進行浮揚作業時，若是發現有大量氣體自船殼破損處漏出，表示封艀作業有缺失或是船殼有破損處，馬上停止浮揚作業，重新進行封艀作業的施工或是利用水中焊接以鋼板修補船殼破損處，直到船體內水密隔艀為完全密封且水密隔艀內的海水排水正常，然後再開始輸送加壓空氣，重新進行浮揚作業。直到整個船體上升至海面上，再以拖船將船體拖進港內維修。

撈救工程進行中，為預防沉船漏油，本公司事先準備有攔油索及清除漏油化學劑，以備不時之需，以策安全。

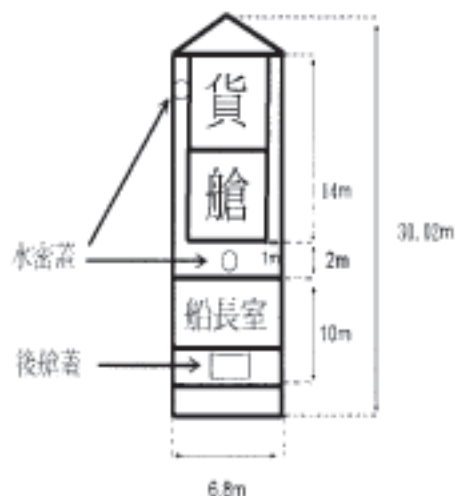
本次打撈作業分為前置作業與浮揚作業兩部分。

(a) 前置作業：

- (1) 封艀作業：便民輪貨艀四周有防水密艀（1公尺×14公尺×3公尺）2個，浮力大約96噸，中間還有1個防水密艀（2公尺×3公尺×4公尺），浮力大約為24噸，機艀舍舵機間（10公尺×6公尺×3公尺），浮力數約為180噸（圖3）。如

將此3個空間內的海水排出，沉船可獲得約300噸的浮力。

- (2) 船艀加掛浮力袋（2 m³）20個：可增加約40噸浮力及預防浮揚作業時，船體發生傾斜。



圖三 船體結構示意圖

- (b) 浮揚作業：船體由海底浮上水面時，可能為甲板面朝上或是船底朝上兩種情況。

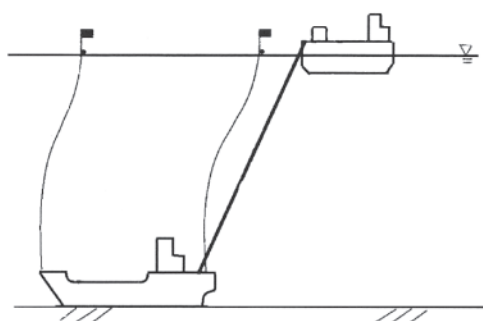
甲板面朝上：當船體浮出水面後，持續輸送加壓空氣，並把抽水機放入前方貨艀中，將貨艀內的海水抽乾，再以拖船將便民輪直接拖往東港港內維修。

船底朝上：當船體浮出水面後，持續輸送加壓空氣，以拖船將便民輪拖往東港方向，於東港港口外，委託大型吊桿船支援，將便民輪船體扶正後，再拖進港內維修。

四、施工步驟

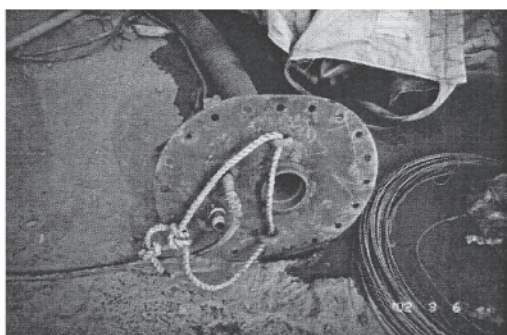
- (1) 工作船抵達沉船海域後，潛水員

先下水確認沉船正確位置，並重新佈置水面浮標。再將60m的錨繩一端綁在便民輪船尾上，另一端綁浮球。海面上的工作船再將綁浮球的錨繩，綁在船首，以固定工作船位置（圖四）。每日結束工作後，再將錨繩解除。利用此方式，潛水工作船日後到達沉船地點後，可將此錨繩直接綁在工作船上，不用直接下錨，可節省不少時間。

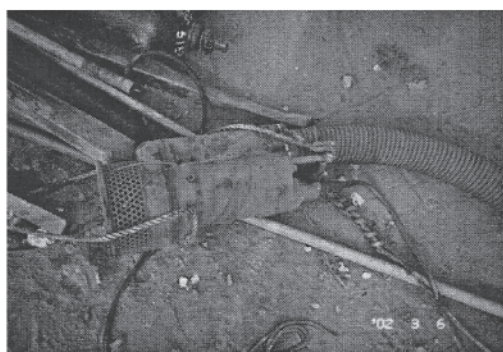


圖四 工作船的定位

- (2) 將防水密艙的水密蓋拆除，帶回鐵工廠加工，製作加壓孔與排水孔，加裝排水管、電線、抽水機，(圖五)(圖六)。

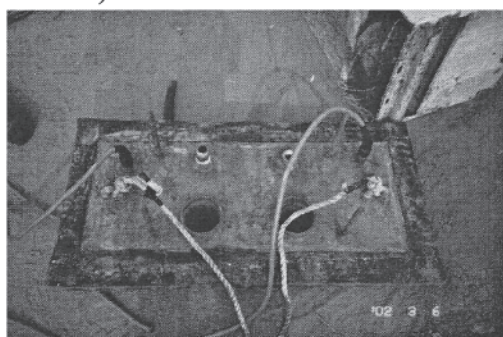


圖五 加裝排水管與電線的水密蓋



圖六 水密蓋上加裝的抽水機

- (3) 便民輪後方艙蓋無法拆除，因此測量後方艙蓋尺寸，再由鐵工廠重新加工製作一塊相同尺寸的鐵板，並製作加壓孔與排水孔，加裝排水管、電線、抽水機，(圖七)。



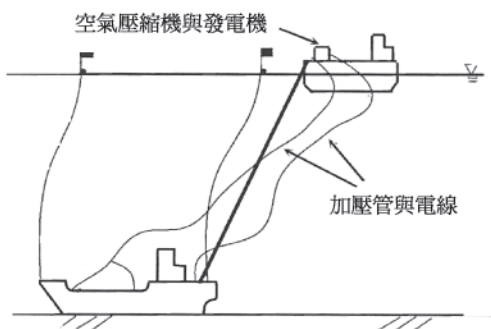
圖七 加工製作的鐵板

- (4) 將前方兩個水密蓋上的排水管與抽水機分別放入水密隔艙內，並以氣動工具將水密艙蓋邊上的螺絲鎖緊加以固定，(圖八)。



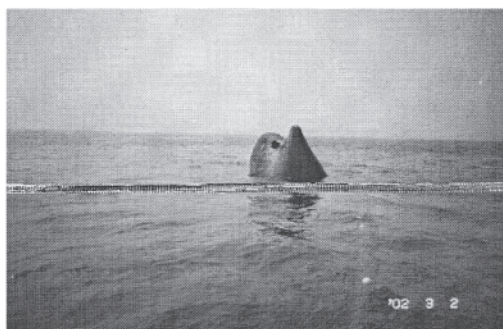
圖八 固定完成的水密蓋

- (5) 將鐵板上加工的3m長排水管與抽水機放入舵間，並將鐵板固定在後方艙蓋位置上。
- (6) 船舷兩側各加掛10個浮力袋。
- (7) 將空氣輸送管與水密蓋上的接頭連接，並整理放置在旁邊。
- (8) 將浮力袋充氣。工作船當天留守在現場，隔天一早即開始浮揚作業。
- (9) 3月2日將四條空氣輸送管的另一端與工作船上的空氣壓縮機連接，並將沉船上的所有管線固定位置，以免船體浮揚時，管線因拉扯而斷裂。
- (10) 封艙作業完成後，先將空氣壓縮機與發電機發動數分鐘後，再關閉。此段時間中，由潛水員檢視水密隔艙的密封狀況與排水情形。所有潛水員回到工作船後，回報水密隔艙完全密封且排水孔正常排水。最後將空氣壓縮機與發電機發動，開始浮揚作業，(圖九)。



圖九 浮揚作業示意圖

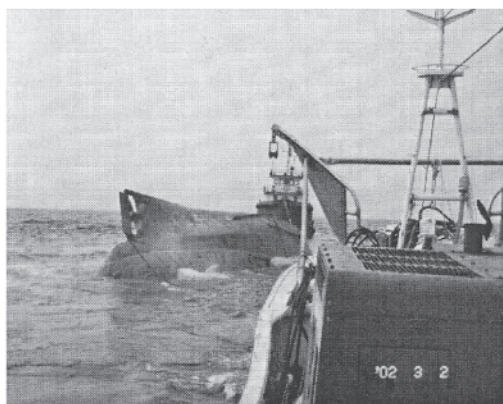
- (11) 經過2小時後，船首開始浮出海面，並逐漸上升中，(圖十)。



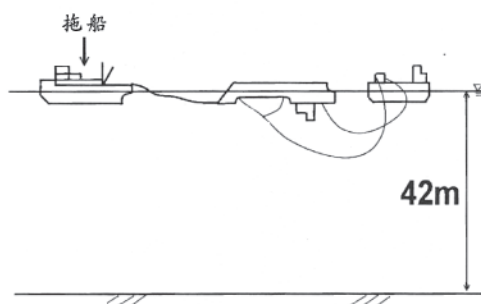
圖十 船首開始浮出水面

- (12) 駕駛室浮出水面後，因船身結構重心的影響，船底隨即朝上翻覆。

空壓機持續輸送加壓空氣，拖船開始將便民輪拖離，(圖十一)(圖十二)，以緩慢速度往東港方向前進，航行約4小時後，到達東港港口外。



圖十一 拖船開始將便民輪拖離



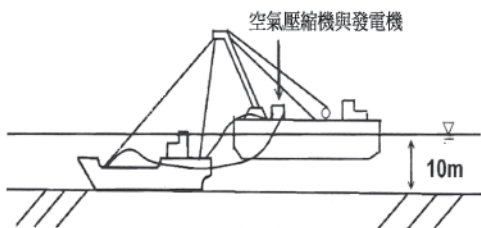
圖十二 拖行作業示意圖

- (13) 到達東港港口外海，已是3月2日晚上6點，選擇一處水深約10m且海床平坦的海域，將便民輪先錨定在此海域，隔日再改以大型吊船進行扶正作業。

將漂浮在海面上便民輪的船頭與船尾分別綁上錨繩進行錨定，把便民輪與工作船上連接的所有管線全部解除並綁上浮球，作為標示。

- (14) 3月3日改以大型吊船作業，到達便民輪錨定海域後，發現原先漂浮在海面上的便民輪已經下沉。研判可能是漂浮船體內的水密隔艙失去加壓空氣供給後，導致海水再次進入到船體內，因而下沉。

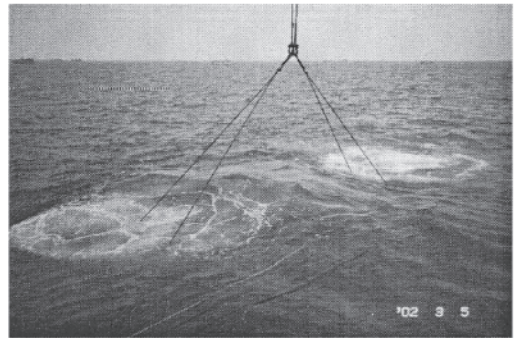
- (15) 3月5日潛水員下水把空氣輸送管與電線拉上工作船與空氣壓縮機與發電機連接。將吊船的鋼索固定在便民輪船頭及船尾上，潛水員回到工作船後，空氣壓縮機與發電機即開始發動，輸送加壓空氣與電源，開始浮揚作業(圖十三)。



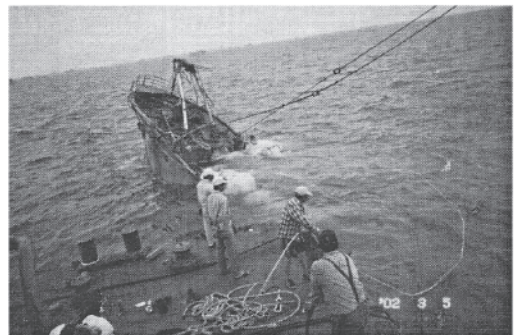
圖十三 扶正作業示意圖

- (16) 輸送加壓空氣40分後，船體逐漸上升，當船體浮出水面後，以工作船控制便民輪位置，讓便民輪盡量靠近吊船船舷邊，(圖十四)

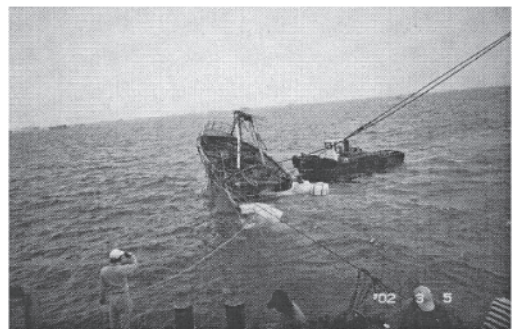
(圖十五)(圖十六)。



圖十四 便民輪開始浮出水面



圖十五 便民輪船首浮出水面



圖十六 以工作船控制便民輪位置



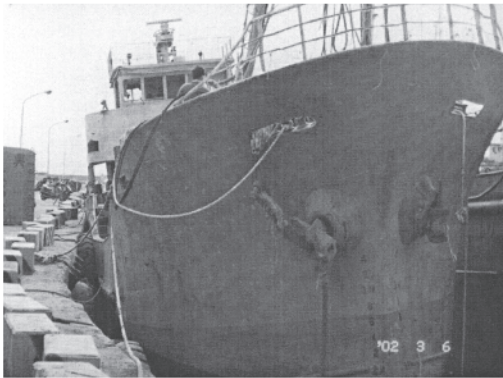
圖十七 將便民輪固定在吊桿船船舷邊

- (17) 將便民輪固定在吊桿船邊，持續輸送加壓空氣，把抽水機放入前方貨艙中將海水抽乾，減輕重量，直到船體完全浮起後，再拖進港內碼頭停靠，(圖十七)(圖十八)。



圖十八 便民輪船體逐漸浮起

- (18) 便民輪打撈成功後，停放碼頭等待維修，(圖十九)。



圖十九 歷劫歸來的便民輪，停靠於東港港內，等待維修

五、結語

此次打撈作業共施工20個工作天，本公司以最快的施工進度，讓打撈作業早日完成，將便民輪進行維修，讓船東的損失減到最低。在施工期間也遇到一些瓶頸，因此也要感謝高雄海洋技術學院造船系系主任呂學

信教授與中山大學海下技術研究所所長劉金源教授，在此段期間給予非常多的指導。

海上施工作業往往具有相當的困難度與挑戰，易受海況與海流影響，因此為掌握工程進度，需要專業且具有豐富經驗的潛水人員，事前也需要完善的施工規劃，本公司憑藉多年的經驗與專業的施工技術，順利完成此次工程。

港灣報導徵稿簡訊

1. 本刊為提供國內港灣工程界同仁交換工作經驗與心得之園地，歡迎工程、學術界之同仁提供港灣工程相關之工程動態、實務、工程新聞、技術新知、地工技術、工程材料、營運規劃及其他有關之工程簡介或推動中之計畫等的報告、論著或譯述。
2. 投稿者應保證所投稿件無侵害他人著作權情事，如有違反，願就侵害他人著作權情事負損害賠償責任，並對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）因此肇致之損害負賠償責任。
3. 稿件每篇以八頁（含圖）（4000~5000字）以內為原則，稿酬從優；請附磁片或 E-mail，並請加註身分證字號及戶籍地址（含鄰、里）。
4. 本刊每年刊行四期，分別於一月、四月、七月、十月出版。如蒙惠稿請於每期出版前三十日寄交本刊。
5. 連絡電話：(04)2658-7104 錢爾潔
傳真號碼：(04)2657-1329
E-mail：annachien@mail.ihmt.gov.tw
6. 歡迎賜稿，請寄：
台中縣 435 梧棲鎮中橫十路 2 號
交通部運輸研究所港灣技術研究中心「港灣報導編輯委員會」 收

港灣報導第六十一期

刊期頻率：季刊

出版機關：交通部運輸研究所 **港灣報導第六十二期**

地址：台北市 105 敦化南路一段 127 號

網址：www.iot.gov.tw

電話：(02)23496789

總編輯：林大煜

編輯委員：邱永芳、黃清和、張金機、林昭坤、朱金元、何良勝、簡仲璦、

錢爾潔

出版年月：每年一、四、七、十月

創刊年月：中華民國 ^{李豐博} 七十二年一月一日

定價：元

展售處：交通部運輸研究所，電話：(02)23496789

65
GPN：2009000376

ISSN：1019-2603