

要 目

- ❖ 和平工業區專用港開發計畫報導
- ❖ 台灣南部海上箱網現況及抗浪性探討
- ❖ 海堤及沙灘相互作用之進一步認識
- ❖ 地理資訊系統在工程上之應用
- ❖ 美國加州國王港區之地震災害與重建措施
- ❖ 亞洲地區主要港埠之行銷網頁介紹(III)

中華民國八十九年七月出版

目 錄

- 一、和平工業區專用港開發計畫報導 ----- 1
陳吉紀 宇泰工程顧問公司總經理
陳森河 宇泰工程顧問公司協理
張文欽 宇泰工程顧問公司組長
- 二、台灣南部海上箱網現況及抗浪性探討 -----12
黃材成 國立中山大學海洋環境及工程系副教授
- 三、海堤及沙灘相互作用之進一步認識 -----26
劉進義 中興工程顧問公司副總工程師
- 四、地理資訊系統在工程上之應用 -----31
李 釗 國立中央大學土木工程學系教授
陳繼藩 國立中央大學土木工程學系副教授
黃書猛 國立中央大學土木工程學系博士班研究生
劉志堅 國立中央大學土木工程學系博士班研究生
陳桂清 港灣技術研究中心港工材料組組長
許書王 交通部科技顧問室技正
- 五、美國加州國王港區之地震災害與重建措施 ----- 39
陳圭璋 港灣技術研究中心副研究員
- 六、亞洲地區主要港埠之行銷網頁介紹(III) ----- 52
單誠基 港灣技術研究中心副研究員

和平工業區專用港開發計畫報導

陳吉紀
陳森河
張文欽

宇泰工程顧問有限公司總經理
宇泰工程顧問有限公司協理
宇泰工程顧問有限公司組長

一、開發計畫沿革

台灣地區近三十餘年來，由於經濟成長迅速，與民生、國防有密切關係之水泥生產及需求亦不斷增加。光復初期由於國內水泥自有產能有限，經常需仰賴進口以彌補不足，惟隨著原有水泥舊廠擴建及增設新廠後，生產水泥之產能設備不斷增加，使水泥供需漸趨平衡，進而有餘量外銷。

水泥工業為資本密集、能源係數高之工業、加以國內需求起伏變化大，且設備擴建或增建新廠需時較長，故平衡水泥產銷極為困難。於產能設備及產量擴充過量時，常允許水泥生產餘量供應外銷，待國內需求增加時，再以減少外銷或進口水泥來平衡國內需求。長期以來，政府均採用此一方式，以保持國內水泥供需之平衡。

石灰石是生產水泥之最重要原料，係一種不能再生之礦石，在台灣地區礦產蘊藏量尚稱豐富，足供長期生產水泥之用。惟其分佈不均

，絕大部份集中於東部，尤以花蓮一帶蘊藏量最豐。另一方面，由於國內90%以上之水泥消費市場集中於西部地區，故早期水泥廠多設於西部有限之石灰石礦源區，致使台灣地區現有水泥廠多集中於西部，其中大高雄地區每年之石灰石消耗量即約達一仟萬公噸。

然西部礦區經數十年之開採，其石灰石礦源已近枯竭，加上環保意識抬頭，民眾抗爭不斷，再開發新石灰石礦區以供應舊有水泥廠所需料源已極其不易，故現有西部各水泥廠均早已面臨礦源不足而陸續停產之窘境。由於營建工業素有火車頭工業之稱，倘西部水泥廠停產或減產後將大幅影響國內水泥供需量，對於國內相關產業發展之影響與衝擊不可輕忽。

政府早於民國70年代即洞鑒此一問題之嚴重性，為延續國內水泥工業之成長，考量台灣東部地區石灰石礦產之豐富蘊藏量，足可作為台灣未來主要水泥生產基地。為期補足未來水泥供應來源不足之困難

，經濟部工業局早於民國73年即委託中興工程顧問社評估花蓮縣設置水泥專業區之可行性，經研究選定花蓮縣秀林鄉和平村為設置水泥專業區最佳地點。基此，經濟部工業局乃決定爰於花蓮縣秀林鄉和平村設置水泥專業區，計畫年產1,300萬噸水泥，並全力推展西部水泥東移政策。

有關水泥專業區所有成品及燃料之對外運輸系統，工業局於民國77年委託財團法人中華顧問工程司辦理「和平水泥專業區設置專用港先期規劃」，確定建港之可行性及經濟性。經評估後建議：「未來水泥專業區所生產之水泥以在和平建水泥專用港，以海運運至西部各港，再以陸運方式分銷各地為最佳之運輸系統。」

另和平水泥專業區之整體開發計畫奉行政院會審議同意後辦理，而有關於工業港之設立，依據行政院80.01.14台(80)經字第1650號函之結論「設置和平水泥專用港核有必要，其詳細規劃(包括環境影響評估及未來營運管理等)應報專案核定」。

基此，工業局於民國80年再次委託財團法人中華顧問工程司辦理「和平水泥專用港規劃設計及施工監督」計畫，該計畫於民國81年8月先行提出「和平水泥專用港細部規劃」報告，確定建港規模及開發範圍。至此，和平水泥專業區與工業港之開發計畫已有一初步構想與藍圖。

本專用港原計畫由工業局主導開發完成後，再轉移各水泥廠共同使用及營運，建港投資成本則由水泥廠依運量比例均攤。惟和平工業區水泥廠用地完成整地並對外公告出售後，僅有台灣水泥公司承購三個水泥廠區，以及燃料、副料堆儲場用地，計畫投資年產800萬噸水泥廠及額定發電量132萬仟瓦之和平火力燃煤電廠。由於本專用港目前僅有單一使用對象，基於工業區開發時程之考慮，台灣水泥公司及關係企業依法定程序組成「和平工業區專用港實業股份有限公司」負責和平工業區專用港之建港籌劃、興建與營運工作。

和平港公司依據未來可能使用單位需求，將計畫進港煤輪提升至7.3萬DWT級超巴拿馬極限輪，水泥運輸船提高至3萬DWT級船舶。年計畫運量配合和平電廠及水泥廠需求，變更為進口燃煤460萬噸，出口水泥1,300萬噸，副料140萬噸，合計1,900萬噸。

鑒於本專用港使用對象、計畫進港船舶、計畫運量等需求已與原規劃有所差距，和平港公司乃於民國84年8月經公開廣徵評選後委託宇泰工程顧問公司重新辦理規劃修訂，以及後續細部設計及工程監造工作。

本專用港相關規劃修訂報核計畫已於85年10月奉主管機關經濟部同意開發在案，另於86年06月奉行政院核定本專用港區域界限並指定為工業專用港。整體開發計畫

於 86 年下半年度動工興建，截至 89 年 05 月止，整體建港工程已完成逾 93%，相關重要港灣設施之主體工程均已全部完成，包括有：外廓防波堤設施、港池水域、碼頭設施、卸運設施、港勤設施……等。預估今年(89年)下半年，配合水泥廠之完工試運轉，本專用港即可開放進行部份營運。

有關和平工業區專用港開發計畫之一系列報導中，本文首先針對本專用港開發計畫之沿革與目前現況作一說明，至於本專用港之規劃構想、設計理念、相關試驗成果、工程施工技術、……等，將於後續文章中陸續提出，與國內港灣工程界先進分享。

二、先期規劃

和平工業區專用港位於花蓮縣與宜蘭線交界之和平溪口南岸，距花蓮港及蘇澳港均在 30 ~ 40 海浬間，原係一卵礫石砂灘，為和平溪上游砂石長年於河口堆積形成之狹窄河口三角洲。港區北側緊濱和平溪，港區南側則面對舉世聞名之名勝景點—清水斷崖，東側為太平洋，西側則為陡峭之海岸山脈。港區腹地極為有限，且對外運輸僅有台九號公路(蘇花公路)及北迴鐵路，運輸能量有限，若非緊臨石灰石礦區，本區實無開發工業區甚或工業港之條件。

(一)早期裝卸終站可行性研究

早於和平水泥專業區研擬階段

，台灣水泥公司即於民國 74 年完成「和平石礦海運專用終站初步可行性研究」，該研究主要為瞭解將和平礦區之石灰石產量以海運方式運至高雄地區及蘇澳之可行性。於該研究中即已明確指出，在惡劣海氣象之東部海岸之和平溪口關建一專用石灰石裝卸終站，工程技術上雖有困難，但仍可克服。然僅就第一期工程關建相關防波堤及港池水域等港灣設施、及 -9.0m 裝石碼頭兩座(330m長)與 4,000T/H 裝石機……等，即需工程費高達 23.3 億元(73 年幣值)，以當年之時空背景，本計畫是否具投資經濟效益，仍值得商榷。

(二)專用港運輸效益研究

隨著產業東移政策之推動與和平水泥專業區之籌設，為配合和平水泥專業區之開發與克服專業區內原物料之運輸瓶頸，工業局於 79 年完成「和平水泥專業區設置專用港先期規劃」，確定專用港建港之可行性、範圍、規模與經濟性。

於該研究分析中主要將和平水泥專業區聯外運輸系統區分為海運及陸運兩種。如採陸運系統，因台九號公路路況不佳拓寬困難且可容納之車流有限，加以大量水泥運輸車流恐將增加西部走廊運輸壓力，運輸成本相對偏高；如採鐵路運輸系統，則北迴鐵路需拓寬為雙線，且中、南部水泥運輸列車無法通過台北—桃園段鐵路瓶頸，故採陸運方式實屬不可行。

至於海運系統評估方面，在分析比較分別以花蓮港、蘇澳港及和平另闢專用港為吞吐港之三種海運系統方案下，得知其總投資成本(79年幣值)分別為194.3億、201.4億及157.2億元；相對之單位運輸成本每噸分別為420元、398元、350元。至此乃確定於和平新設專用港為解決和平水泥專業區對外運輸難題之惟一途徑。

於先期規劃中，計劃運量採用民國100年之預估運量，水泥製品輸出1,300萬噸、石灰石輸出250萬噸、燃煤其其它副料輸入360萬噸，合計1,910萬噸。先期規劃中研擬之平面佈置方案詳圖1所示，其港口航道朝南、航道寬240m、航道縱深約800公尺、碼頭14席、防波堤長760m、海堤2,600m、水域面積約87公頃、陸域面積約17公頃，其投資總費用以78年物價估計約需77.5億元。

(三) 規劃成果

民國81年經濟部工業局為利和平水泥專用港之編定報核作業，乃另外完成「和平水泥專用港細部規劃」，依下述之規劃原則修訂原有之先期規劃平面佈置。

- ◎年計劃運量1,662萬噸，其中輸往西部水泥1,300萬噸、國外進口燃煤與石膏各180萬噸及52萬噸，中鋼輸入爐石130萬噸。
- ◎規劃船型目標為2萬DWT級水泥船、及6萬DWT級煤輪。
- ◎提供8~13家水泥廠商投資使用

專用碼頭，至少滿足各水泥廠商一席水泥專用碼頭及3個1萬噸水泥儲倉(silo)。

- ◎各一席燃煤、副料及爐石碼頭，採共用碼頭營運模式。

依此規劃原則，修訂原先期平面配置圖如圖2所示。總計設置16座碼頭，其中10座水泥碼頭、燃煤、副料及爐石碼頭各一座、及3座遠期碼頭。碼頭水深自-10.8m至-14.3m不等，防波堤全長867m、內堤全長286m、海堤全長1,758m；採單航道規設有效寬度250m、縱深800m、南迴船池直徑360m供6萬噸煤輪調頭使用、北迴船池直徑300m供水泥船調頭使用。港區總面積約147.53公頃、其中陸地面積約72.53公頃、水域面積約75公頃。以81年物價基準預估總工程費(不含工程預備金)約需94.8億元。

三、修訂規劃

(一) 計劃運量與目標修訂

由於先期規劃係以8~13家水泥廠為規劃目標，然截至本專用港開發計畫實質執行當時，仍只有台灣水泥公司一家廠商投資，致本專用港服務對象與目標已與原先期規劃不同。且計劃運量尚需包含和平IPP電廠每年285萬噸之進口燃煤運輸量，加以運輸船型配合和平港公司與水泥廠及和平電廠之需求已大幅提高，故原先期規劃之適用性需加以檢討，以符合和平港公司之所需。

修訂後之規劃原則與目標如下：

- ◎終期計劃運量為1,900萬噸，其中水泥輸出1,300萬噸、進口燃煤及副料各460萬噸及140萬噸。
- ◎第一期計劃運量僅滿足台泥公司投資需求，共計水泥輸出580萬噸、進口燃煤及副料各345萬噸、60萬噸，合計985萬噸。
- ◎運輸船型提高至水泥船3萬DWT、煤輪7.3萬DWT。
- ◎第一期工程以滿足第一期計劃運量為規劃目標。
- ◎選擇能量大之浚挖機具及減少初期浚挖量、以降低初期投資成本。
- ◎防波堤佈置以減少破壞海灘自然平衡及兼顧堤體安全與漂砂問題為原則。

(二)修訂規劃面臨之挑戰

由於規劃原則與目標已與原先期規劃有所差異，加上運輸船型加大，進出港所需之水域空間與航道亦需加大。然專用港北側土地需提供給和平IPP電廠建廠，西側北迴鐵路雙線化亦同時進行、東側太平洋海底底床坡度甚陡(1/3~1/5之間)無法築堤填地以取得港池，加以行政院核定之港區範圍已確定，在港池用地無法擴大的前提下，加上東部海岸嚴苛之海象條件，種種限制大幅增加修訂規劃之困難與挑戰性。

在兼顧投資成本效益、工程可行性、計劃運量之需求、船舶進出港操航安全性、...等因素下，依前述規劃目標及原則修訂原先期規

劃平面配置作為本專用港執行計畫之平面配置。並經各式水工模型試驗(平面、斷面、動床)、操船模擬試驗、港池共振模擬、遮蔽分析...等驗證，確定細部規劃與設計作業無虞後，乃進入本專用港開發計畫之實質執行階段。

(三)修訂規劃特點

本修訂規劃之特點主要包括有：

- ◎港口位置略往北移，使航道不必在港口處轉彎以取得足夠之操船空間。港口開口方向採南偏西10度，降低颱風巨浪及湧浪直接入侵港池之機會，增加港池靜穩度。
- ◎港內面對港口之護岸採消波護岸設計，以1/3~1/12坡度之緩坡輔以消波設施，消滅進入港池之波能，降低港池共振影響；另南外防波堤採消波設計，使沿航道進入港池之波浪得以在南北防波堤間消能，提高港池靜穩度。
- ◎南碼頭區之水泥作業碼頭於南外防波堤遮蔽下有較佳之靜穩度，且緊臨水泥廠區，直接以輸送帶由水泥廠之圓倉送至碼頭，碼頭後線無需再增設圓倉，降低港區內土地需求。
- ◎各項輸儲作業(水泥、副料及燃煤等)均採自動化輸儲方式，大幅提高作業效能，減少所需碼頭席數(水泥碼頭由原13席降低至5~6席)。
- ◎港口位置北移，且保留大量防風林與高地，致使港區南側之北迴

鐵路得以受到南外防波堤及原有灘地保護(原先期規劃中北迴鐵路緊臨港區,安全考慮),安全性可大幅提昇。

- ◎港勤船渠受到南外防波堤遮蔽,靜穩度良好,颱風來臨時小型船隻可於船渠內避風。

(四)修訂規劃內容

修訂後之平面配置詳圖3所示。計分二期開發,其中第一期工程將完成所有外廓防波堤設施及相關水域設施。外廓設施方面包括有南北外防波堤共全長1,975m、採拋消波塊堤(10T~70T型式標準斷面詳圖4)、堤頭坡趾消波塊拋放水深已逾-40m;南北內堤則由五座沉箱組成,尺寸分別為22m*20m*16m(13m)。南北外防波堤使用之50T Dolos消波塊為國內罕見之巨型消波塊,另規設拋放同尺寸但比重由原混凝土之2.3提高至2.8及3.2之高比重消波塊,其重量分別達61T及70T,以維堤體安全。

港口朝南偏西10度(S10°W),主航道採單航道直線配置,水深-16.0m~-20.0m、有效寬度200m、自防波堤至迴船池中心距離約1,100公尺、迴船池直徑500m。於航道北端及南外防波堤靠航道側,則分別設置消波區及消波護岸,共19.4公頃,坡度採1/3~1/12之緩坡,輔以塊石及消波塊等消波設施,消減入港之波能。

第一期工程計畫興建5席碼頭,計一席多用途碼頭(兼水泥與副

料裝卸)、2席水泥專用碼頭、1席臨時重件碼頭及1席卸煤碼頭,其中卸煤碼頭可泊靠73,000DWT煤輪,水深-16.0m,水泥專用碼頭及多用途碼頭水深-13.0m,可靠泊30,000DWT船舶。終期規劃碼頭席數為9席(水泥專用碼頭5席、燃煤及副料專用碼頭各1席、2席備用碼頭),開發時程則視水泥專業區之營運需求再加以擴建。

總浚挖量共約1,845萬立方公尺,大量用於水泥廠區及和平電廠區填地、工程用砂石料篩選、砂石資源回收、及港區南側養灘,部份則以近岸區棄置處理。

另第一期工程中亦包含燃煤卸運設施(1,600T/H CSU兩部及輸送帶與轉運塔..等)、港勤船舶(3,600 HP VSP拖船三艘)、公共設施、港務行政大樓、導航及通訊設施、...等。港區陸域面積為54.47公頃(包含港區南側保留防風林區及灘地)、水域面積為104.33公頃。

總計第一期工程中,預估將拋放逾56,000個的各式消波塊、各式塊石逾85萬立方公尺、各式鋼材逾22萬噸,工程總投資工程費(不含工程預備金)約需88.0億元。

四、目前施工現況

本專用港開發計畫由於投資金額龐大、工程技術與挑戰性頗高、工期緊迫、故工程發包策略與施工管理乃將在是否如期完成本工程中扮演重要角色。為利於施工界面之整合、本專用港其分包策略係採單

項主體工程為主，以免同一時間內
承商過多，使施工區域侷限影響工
進。工程發包計分以下幾項主體工
程：外廓防波堤及浚挖工程、消波
塊製作工程、碼頭及護岸工程、建
築及公共設施與導航工程、卸運煤
機械設施工程、與港勤船舶採購工
程。並視各單項主體工程進度與專
用港整體工程進度，在適當時間點
針對不同工程進行發包施工。

施工管理方面，則在和平港公
司建港工程處監督下，由監造公司
成立專責監工處，下轄各主體工程
標之監造工務所，負責監督各主體
工程標之工進與品質，另設置專責
品管與設計施工協調小組，負責專
用港工程之施工品質管控、整合協
調各主體工程標之施工界面與工進
、及現場施工與設計單位之界面協
調連繫…等，使工程進行之各項
變更設計與圖面增修得以在最短
時間內完成，不致影響工進。另監
工處依設計單位之設計理念、配合
施工地區之氣海象特性與施工承商
機具之選用，於施工前與和平港公
司、各施工承商及設計單位充份溝
通協調，研擬出最合宜之施工計畫
與順序並據以執行；施工中並嚴格
要求與管控承商依核定之施工計畫
與順序施工，並作好各項防颱措施
準備，期在短短三年工期內將颱風
災損對本專用港工進之影響降至最
低。

此外為配合施工中各式消波塊

之供應無虞，本專用港工程乃採用
工廠生產線方式產製各式重型消波
塊，輔以蒸氣養生，以提高模具之
週轉率與生產效能。

本專用港工程自民國86年09月
動工以來，短短二年半(至89年03
月止)之施工期間內，共計已完成
第一期工程中之大部份主體工程，
使專用港已具雛型，包括有：

- ◎所有外廓防波堤—防波堤1,975m、
消波護岸逾900公尺、拋放各式
消波塊逾56,000個、各式塊石拋
放逾75萬立方公尺、堤面混凝土
澆置逾10萬立方公尺…等。
- ◎所有港池水域浚挖—總浚挖量逾
1,845萬立方公尺。
- ◎5席碼頭及相關護岸—5席碼頭全
長1,180m、護岸全長950m。
- ◎港勤船舶採購與人員訓練。
- ◎卸運煤機械設施採購與安裝。

此外，於施工期間(88年05月)
在本專用港僅完成部份之港灣主體
設施下，已開放讓萬噸級以上之船
舶在無拖船協助下自行進港靠泊卸
貨，整體操航安全性應無太大疑慮
。

截至89年05月底止，本專用
港第一期工程中僅剩下港務行政大
樓及相關公共設施工程等尚未全部
完成，預計下半年度水泥廠完工試
運轉後，即可開放部份營運，另可
望於90年初正式完工營運，其整體
工程施工進度之快速，足可為國內
港灣工程界立下典範。

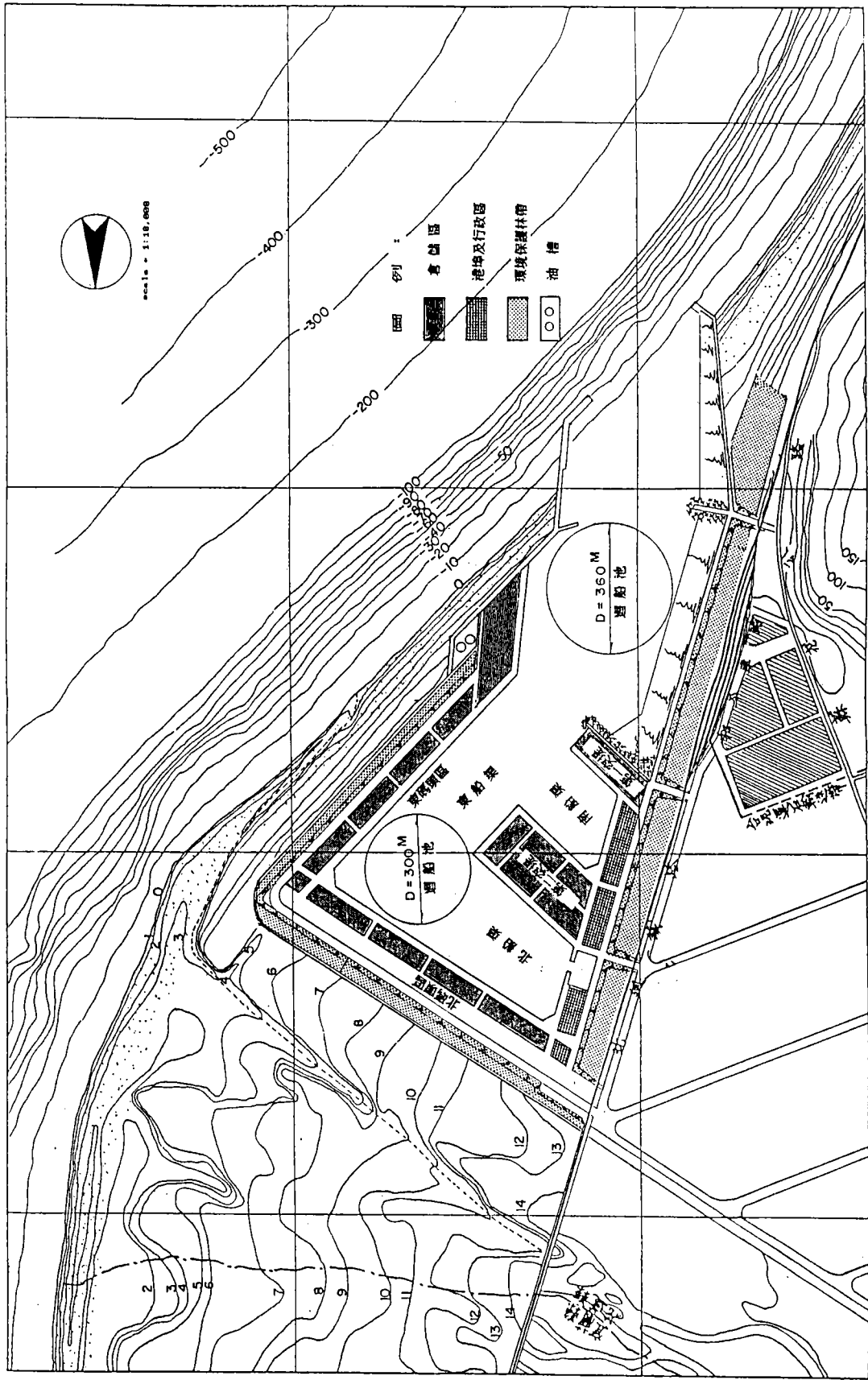


圖1 和平港先期規劃平面圖(79年工業局版)

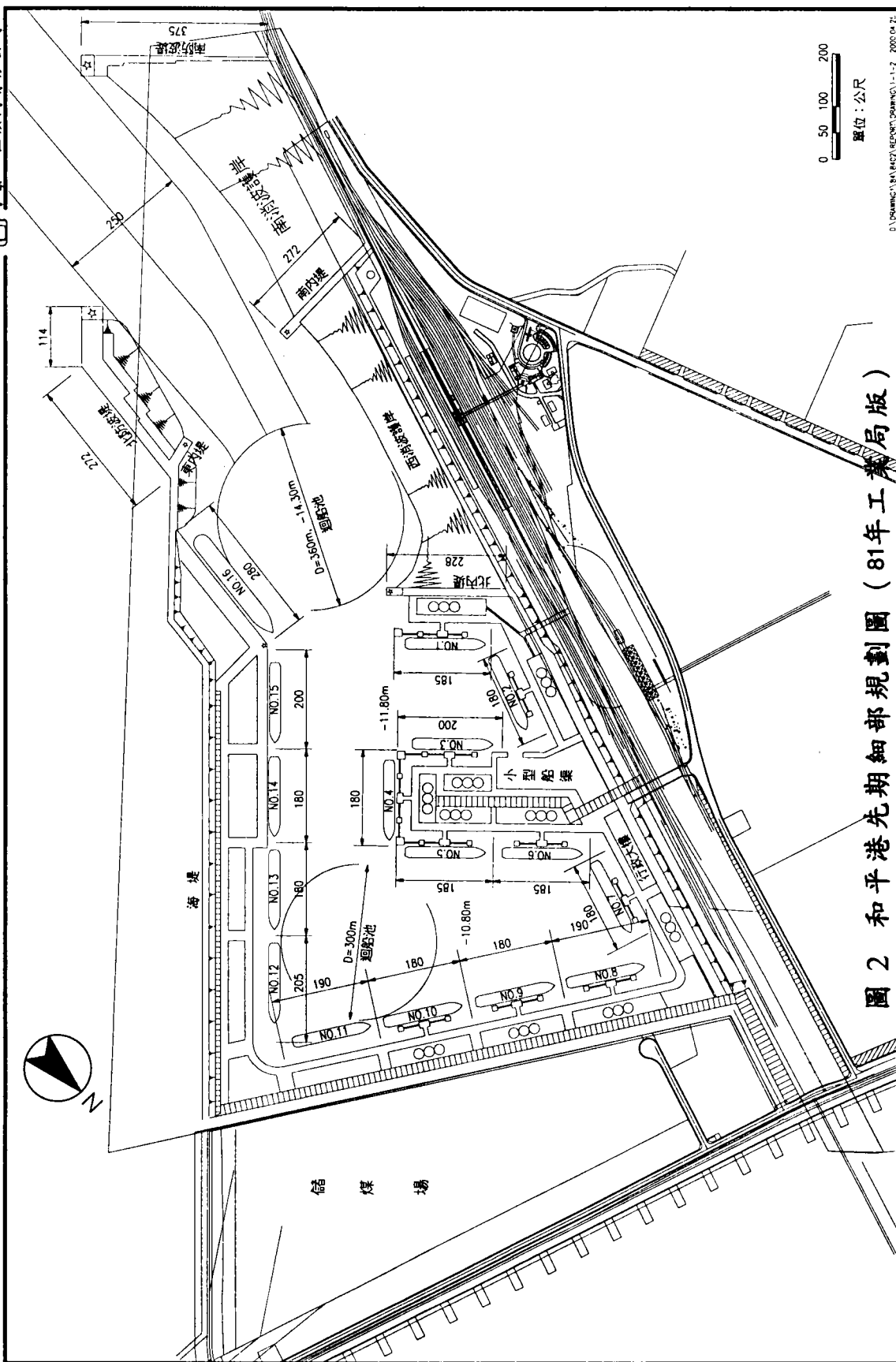


圖 2 和平港先期細部規劃圖 (81年工業局版)

單位：公尺
0 50 100 200

D:\Drawing\1\4\1\4\07\81PORT\90amc1\1-12 2000.dwg

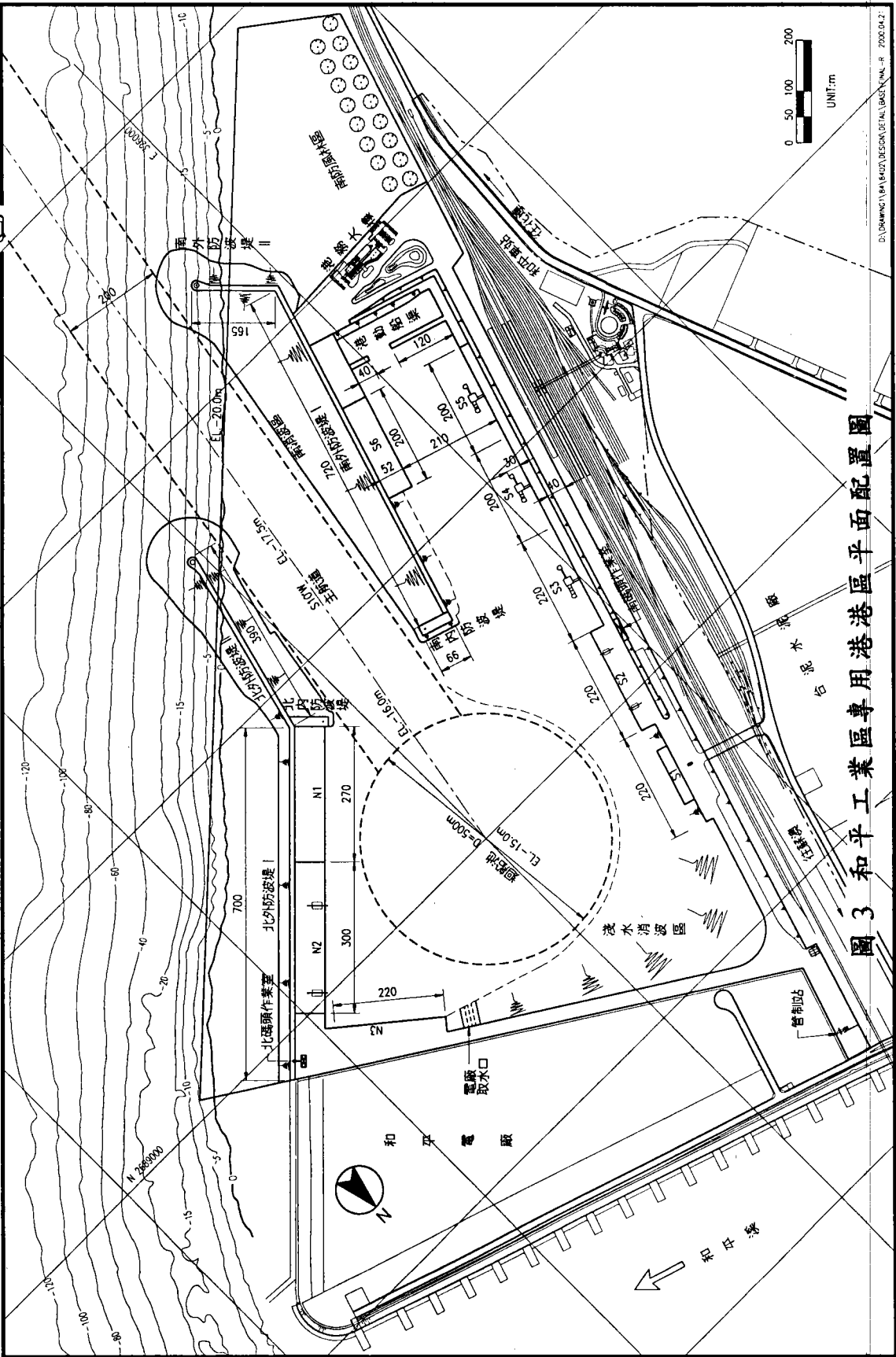


圖 3 和平工業區專用港區平面配置圖

D:\DRAWING\1\1\1\HKT\DESIGN\PLAN\BASE\PLAN-R_200604.rvt

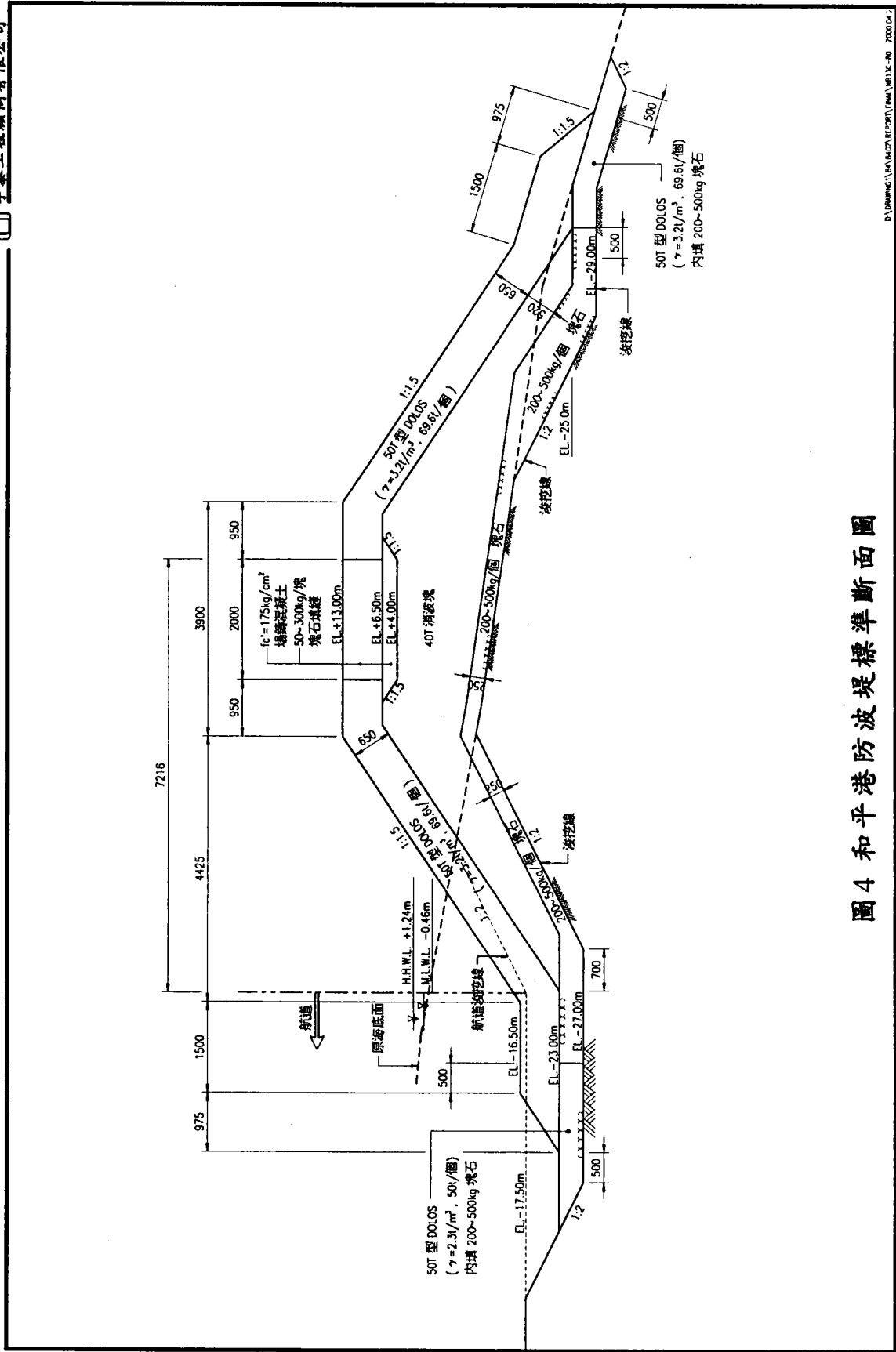


圖4 和平港防波堤標準斷面圖

台灣南部海上箱網現況及抗浪性探討

黃材成 國立中山大學海洋環境及工程系副教授

一、前言

台灣近海漁業資源由於多年來漁具漁法之更新進步，漁民毫無節制的捕撈，海洋環境之污染而有逐漸枯竭之勢。加上大洋沿海各國相繼宣告200海浬經濟海域之限制，遠洋漁業經營也日趨困難。沿海陸地養殖，由於超抽地下水造成海岸地層下陷、土質鹽化等昂貴社會成本。政府有鑑於整體漁業環境亟待突破，降低沿海地區水土資源的超限利用，乃鼓勵漁民進行海上箱網養殖。

台灣四面環海，可資利用的海上養殖場非常廣大，沿海栽培漁業的發展是必然的趨勢，而海上箱網養殖，如照片1、2，更是栽培漁業發展重要的一環。政府為有秩序發展海上箱網養殖漁業，並避免不同漁業彼此產生衝突，建立漁業秩序(江，1998)，同時因應未來加入世界貿易組織(WTO)所帶來的壓力。乃於民國82年完成全省沿海漁業權規劃，劃定適合發展海上箱網養殖之特定海域。隨即於民國84年開始大規模推廣海上箱網養殖，輔導陸上魚塭養殖業者及沿岸捕撈漁

民朝向海上箱網養殖發展，提供消費者優良品質的水產品。

台灣箱網養殖地理位址最優越者以屏東縣及澎湖縣居首。東港、小琉球歷年來就是遠洋漁業的重鎮，網具、纜繩加工製造業發達，過去業者販售的定置網漁具涵蓋全省各地。外海箱網養殖的發展也就從民國84年屏東竹坑定置網加掛箱網開始。然不可諱言，海上箱網養殖是項新興企業，不但面臨魚種育成、市場銷售，也面臨箱網結構工程安全性及漁業權法規適應性的問題。

政府雖於民國84年開始推廣，直到民國86年才有真正的水上箱網養殖業在楓港及小琉球正式營運，迄今也只不過是3年的時間。一切還在摸索中與先進國家挪威及日本相較至少晚了二十年。

政府推廣之初是以陸上魚塭養殖業者為第一優先，漁民次之，其他行業再次之。每一口箱網補助50萬元，每組最多四口總共200萬元。主要補助是箱網本體設備費(含網體、框架及錨碇系統)。至於營運費、飼料費及魚苗費則由業者自行負擔。箱網設計與施工也由養殖

業者自行決定。當時業者所依賴的設計圖是由枋寮區漁會委託合力工程顧問公司於民國八十六年所提之報告書。是故，後續進行之工程分析研究是以該設計藍圖為主，再參酌業者所提供之實際經營的箱網結構尺寸作為颱風因應對策之研究對象。

海上箱網養殖設立迄今雖歷經瑞伯（民國87年10月15～16日）及芭比絲（民國87年10月26～27日）颱風殘害災情慘重（黃，1998），但仍有成魚陸續被養殖業者捕撈販售賺取營運資本。

海上箱網養殖比起陸上養殖困難度大、技術性高，是項『科技性』產業。非傳統漁民、船民所能獨自勝任，故招來財團引入企業化經營之理念也有其必要性。唯財團之引入是帶動海上箱網養殖業的發展？還是引狼入室佔用公共海域，傾銷漁貨打擊弱小業者？宛如一刀之兩面，如何發揮其正面的影響力，則有賴法規之訂定與各自約束。

二、養殖經營現況

海上箱網養殖業係在公共海域以專用漁業權或區劃漁業權方式劃定範圍，再以錨碇系統固著具一定大小體積之箱網，網內以人工方式飼養魚群，待長大成魚或孵育魚苗後捕撈轉運消費市場賺取利潤之新興行業。由以上定義可知海上箱網養殖有別於過去在屏東大鵬灣小規模之內灣箱網養殖。屏東縣海上箱網主要分佈在楓港、小琉球、竹坑

及海口等地，如圖1，絕大部份座落於水深20～40公尺之沿岸公共海域。

楓港、琉球與海口地區之箱網以區漁會名義向主管機關申請專用漁業權經同意核准後，再由漁民或企業團體透過向區漁會取得箱網養殖入漁權方式經營。竹坑地區之箱網則由漁民申請定置網漁業權後，再加掛在定置網附近。其經營現況大致如下：

1. 楓港地區

本區箱網養殖位於枋寮區漁會專用漁業權範圍內，地點在楓港溪口以南約2海浬，共劃分8組每組約佔3公頃海域；每組經營口數不定約在10-20口。箱網形式屬軟性沈式，近年有業者引入具有浮框之浮式箱網，主要目的在於改善日常餵養作業及成魚捕撈販售之不便性。養殖魚種有石斑魚、嘉12魚、紅魷7及海雞母等。使用飼料為下雜魚及鰓料，部份業者正試用人工飼料餵養。上下午各一次。成魚則由業主各自尋找買主，行銷管道通暢。夏天擔心颱風來襲造成災害。加上陸上及港區配套設施並不完善，箱網養殖戶普遍認為經營箱網養殖並非易事。

2. 琉球地區

本區箱網養殖位處琉球區漁會專用漁業權範圍內，地點在小琉球西北方海域，由於受到島嶼的遮蔽效應颱風災害相較台灣西海岸來的少。冬季亦不受東北季

風的影響，水質清澈是絕佳的養殖海域。只可惜島嶼腹地狹窄對外交通得靠船隻運輸。現有四組箱網養殖戶，除泛亞申請 30 公頃外其餘各組約佔 3 公頃海域；每組經營口數不一約在 24-70 口左右。箱網形式有軟性沈式外，另有浮式圓形箱網及直接自挪威進口浮沈式圓形箱網等。本地區箱網型式複雜多樣，養殖魚種有紅魷 7、嘉 12 魚、石斑魚、海鱺、紅雞母、黃 12 7 及黑鯛等。使用飼料有人工飼料及下雜魚。稚魚或成魚養成後則由業者各自尋找買主，行銷管道通暢。

3. 竹坑地區

本區箱網養殖位處竹坑定置漁業權內，地點在枋山竹坑外海，有一組箱網養殖戶與定置網相鄰。養殖面積 20 公頃，大小箱網共約 90 餘口，有軟性沈式及浮式方形箱網，整體構造與經營方式與楓港地區雷同，成立較早所以該組箱網養殖經驗也最豐富。

4. 海口地區

本區箱網養殖位處海口專用漁業權內，有一組箱網養殖戶，約佔 3 公頃海域，使用箱網型式為可沉式箱網共約 25 口。經營方式也與楓港地區雷同，業主在箱網及定置網製作有多年實務經驗。養殖魚種目前僅有海鱺，使用人工飼料與下雜魚，行銷管道尚稱通暢。

三、箱網型式分類

台灣箱網發展是由定置網延伸而來。因此在結構設計上承襲定置網結構設計之經驗，採用纜繩和浮球組成，如照片 1，軟式浮框用以支撐網袋重量。並以纜繩相互交錯形成井字型，連接各單口箱網形成一組多口之箱網。一般多以 6 口或 12 口串接成一組，利用中間浮子作為緩衝，避免纜繩因瞬間張力過大而斷裂。整組箱網利用混凝土塊固定在海床上防止箱網流失，錨碇纜繩材質一般為尼龍、PP、PE 及特多龍等。網袋形式有圓形、正方形、八角形等。另外有業者從挪威直接引進箱網技術朝向大型浮沉式圓形箱網發展，在颱風來臨時可將圓形浮框灌水使箱網沉入水中減少箱網受力。

台灣目前箱網養殖設施依浮框系統之不同大致可分為下列三種

(一) 沉式箱網

以浮球串代替浮框使整組箱網，如照片 1，浸沒水面下約 1 公尺，可有效降低箱網受力，提高抗浪能力，台灣目前多採用此類型箱網。

優點：設置費用低、施工方便、耐波性較好。

缺點：日常作業不方便，換網、投餌等需解開網袋封口，增加作業難度。主繫纜繩浮於水面，妨礙船隻航行。且網袋多沈入水面下，無法觀察魚群成長情形。網袋由繫纜繩撐開，當繫纜繩鬆弛時，會

影響網袋形狀，尤其是在波浪及海流作用時網袋容易變形對魚群造成壓迫，影響其存活。

(二)浮式箱網

使用不銹鋼、木材等製成方形框，並掛上浮筒，用以支撐網袋，如照片3。由於方形浮框多由國人自製，因此造價比挪威進口之圓形浮框低很多。台灣目前也有採用HDPE材質之中空圓管，組成雙圓圈之圓形浮框，可有限度扭曲。因材料、成本、施工技術較高，圓形浮框價格通常較貴。目前台灣已有能力製造各種直徑之圓形浮框。

優點：人可站立在浮框上，方便日常投餌、換網等工作。也可考慮裝設自動投餌機，以節省人工成本，易於管理和觀察魚群。目前正朝向大型箱網發展，以降低養殖成本，和避免颱風來臨時造成網袋劇烈縮小，影響魚群的存活。

缺點：浮框浮在水面上易受到風、浪、流的影響，且為硬式浮框，如浮框施工不良或遭受到的外力過大時容易斷裂，嚴重者甚至與網袋摩擦造成網袋破裂而使魚群脫逃。

(三)可沉式箱網

與圓形浮框相類似，採用HDPE材質之中空圓管，組成雙圓圈形浮框，其最大特點是具有進排

水口、進排氣管等，當颱風來襲時，可將圓形浮框灌水而沉入水面下8-10公尺，以減少波浪影響，增加箱網抗浪性，如照片4。

優點：可沉入水中，降低波浪作用。日常作業如投餌、觀察及管理魚群方便。且其錨碇系統之繫纜繩沉在水中，船隻航行較不受妨礙。

缺點：具有進排水口，易受到海氣象之影響而材質老化、人為疏失或故意破壞而導致圓形浮框浸沒水中，失去功能。箱網設施維護、修護需專門技術人員和器材，增加維修費用。

四、箱網抗浪性

台灣位於西太平洋處，夏季常有颱風侵襲對台灣沿海地區造成嚴重威脅。颱風過境時，海面上波浪洶湧，除影響船隻航行和漁船作業安全外，對沿岸結構物往往具有相當大的破壞力，造成結構物毀損，導致人民財產損失。海上箱網養殖設施因長期放置在外海上，在颱風季節時無法像漁船入港避險。如箱網結構設計不佳或施工不當，箱網養殖設施無法承受波浪及海流之衝擊時，便造成錨碇塊漂移、纜繩斷裂、網袋破裂，使魚群大量逃脫或死亡。每年侵襲台灣的颱風平均有4次，其強度大小不同。箱網設施設計時，若考量颱風強度過大，不免對於箱網設置費而言會造成浪費；反之考慮颱風強度過小時，容易

造成箱網養殖設施流失、毀損。因此必須選擇適當的颱風強度，作為箱網結構設計時之依據。

(一)結構力學分析箱網

大多由網袋、鉛錘、浮框、浮球、纜繩及錨碇物等組成，如圖2，箱網的基本結構雖大同小異，但仍依使用目的的不同而略有差異。為有效探討箱網抗浪性問題，將針對屏東楓港、竹坑及小琉球等使用之沉式箱網的基本理論進行分析。

1. 主要環境外力

海上箱網主要是受到風、波浪、海流、潮汐等的作用力，其大小和地理環境有相當密切的關係。台灣夏季大都會有颱風侵襲，且台灣本島沒有可避颱風直接侵襲的灣澳，迫使台灣箱網必需放置外海承受颱風考驗。因此以颱風來臨時的波浪及海流衝擊作用力為箱網規劃設計主要考量的環境外力，並採用颱風波浪50年迴歸週期之颱風波浪資料及2節潮流作為設計時之海象條件。

箱網組成構件尺寸相對波長而言，一般均甚為微小，初步規劃設計時可假設不干擾流場，故各桿件受力可以Morison公式，式(1)計算，而波流場的流速以微小振幅波求得。

$$\vec{F} = \frac{1}{2} \rho_w * C_D * A * \vec{V} * |\vec{V}| + C_M * \rho_w * V * \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} \quad (1)$$

2. 組成構件受力分析

箱網主要是由纜繩連接各部份系統、並以纜繩的張力限制箱網的運動範圍防止箱網流失，因此纜繩本身的張力必需加以考慮，而網袋容積率之變化涉及魚群在颱風期間之活動空間其重要性自不在話下。外海箱網結構物依Morison公式而言其主要考量有流阻力和慣性力，同時各構件在水中均具有浮力和重力，所以箱網組成的構件其主要考慮之外力有下列五項：

- (1)張力 T
- (2)慣性力 I
- (3)流阻力 D
- (4)浮力 B
- (5)重力 W 單位(牛頓)

因水粒子和纜繩、中間浮子、浮框、網袋等為相對運動之模式，和一般靜止的海洋近岸結構物情況不同。因此參考Rajabi (1985)中相關的部份加以修正。質量集結點 m_i 的動態分析：

$$(\sum m_{ij} + \rho_w * \sum k_{mj} * V_{ij}) \dot{x}' = \sum T_{xij} + \sum I_{xij} + \sum D_{xij} \quad (2)$$

$$(\sum m_{ij} + \rho_w * \sum K_{mj} * V_{ij}) \dot{z}' = \sum T_{zij} + \sum I_{zij} + \sum D_{zij} + \sum B_{zij} + \sum W_{zij} \quad (3)$$

k_{mj} ：附加質量係數 (added mass coefficients)

i ：第 i 個質量點

j ：物件

j: 物件
纜繩j=1 中間浮子j=2
浮框j=3 網袋 j=4
鉛錘j=5

應用Runge-Kutta數值方法解上述方程式，起始值（ $t=0$ sec）到時間 t 的所有質點的位置，以便計算錨碇繩張力和網袋容積率變化情形，詳黃與高(1998)、黃與莊(1998)。

五、實例分析

楓港地區箱網養殖設施大都參照「楓港外海箱網規劃海域海象研究及漁港陸上公共設施」研究報告，其箱網設施結構如圖3、4所示，浮框以浮子串代替，網袋則沉入水面下約1公尺，能隨波浪上下起伏比硬式浮框抗浪性高，為目前屏東地區主要箱網養殖設施結構。為說明箱網遭受颱風侵襲時之結構行為，參考楓港外海箱網養殖業者吳東峰先生之沉式箱網結構設計條件並加以修正。配合楓港地區50年迴歸週期波浪（波高10m；週期10sec）及流速2節之海況條件，計算錨碇系統纜繩的張力大小及網袋容積變化率。

六、分析結果與建議

(一)網袋容積率分析結果

由圖5可發現箱網網袋容積率最小，剛好發生在波峰過後網袋正要下降時。此時網底下降較緩慢與

正隨波峰下降之網蓋正好形成夾擊，造成網袋容積率降為20%。若計算單位體積養殖密度比最大安全飼養密度大時，魚兒會因瞬間逃避空間不足而產生擦傷或死亡，計算結果平均死亡率為56%。

(二)錨碇纜繩破斷分析結果

最後由圖6，可以看出波浪（外載）強度遠遠低於材質（承受力）強度，所以錨碇纜繩相當之堅固即使50年設計颱風來襲也不致於斷裂。

(三)其它建議事項如下：

1. 降低箱網養殖密度

目前外海箱網養殖密度平均為 $10\text{kg}/\text{m}^3$ ，但颱風來襲時魚兒仍會因瞬間逃避空間不足而產生擦傷或死亡，故建議在颱風季節將養殖密度降至 $5\text{kg}/\text{m}^3$ 以下以提高魚群活動空間。

2. 檢查箱網結構是否完整

沉式箱網之主幹纜繩浮於水面極易因工作船舶來往期間而刮裂，影響纜繩抗張強度，故颱風來襲前應檢視錨碇纜繩是否有裂痕，若發現裂痕應即時修復；錨碇塊若有發現位移之現象，應立即補強或請專家學者評估發生之原因俾便對症下藥。

3. 清除網袋附著生物

為減小網袋流阻力，提高颱風侵襲時網袋容積率，建議業者應每隔3-6個月清除網袋附著生物以增加網具壽命。

楓港地區設計颱風之波高為9.5m，若能在颱風來襲前將箱網沉入水中8-10m即設計波高之波谷下就能有效降低颱風之影響，增加網袋容積率。

5. 發展適合台灣地區使用之標準制式箱網養殖設施

台灣本土沉式箱網尚無法完全克服颱風之威脅，其中網袋變形是造成魚兒傷亡之主要原因，平時餵養工作也十分費力費時；而寒帶挪威式箱網也有它的缺陷，例如進排氣筏因台灣炎熱之環境氣候而脆化斷裂、中間浮子連接環設計不佳、浮框繫纜繩直接綁在浮框上容易造成浮框折曲等等。上述兩種箱網均有改善之空間，故建議發展適合台灣地區使用之標準制式箱網養殖設施並統一規格便於維修。

謝誌

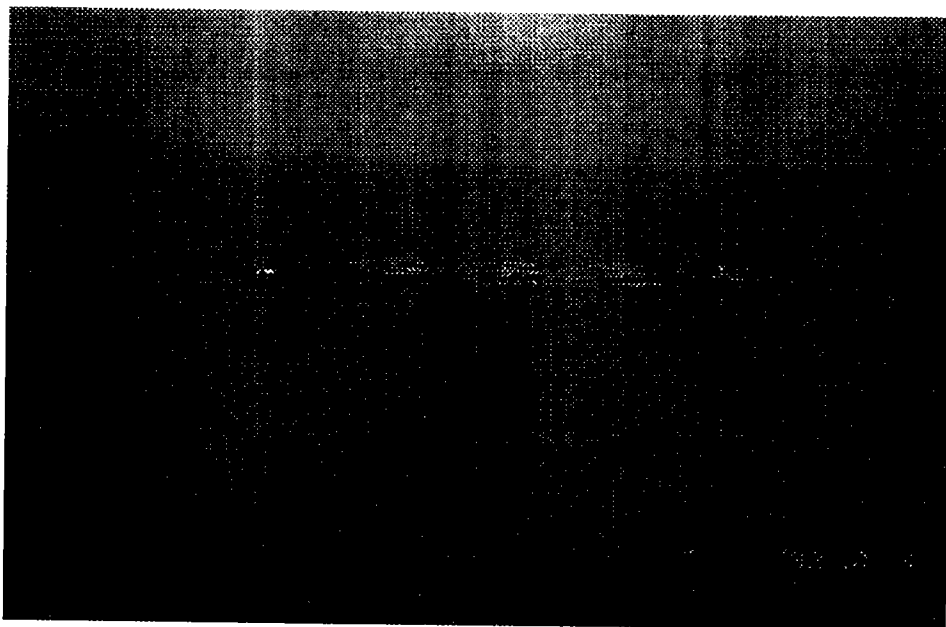
本研究在國科會 [計畫編號：NSC88-2611-E-110-009] 支持下完成，謹此致謝。

參考文獻

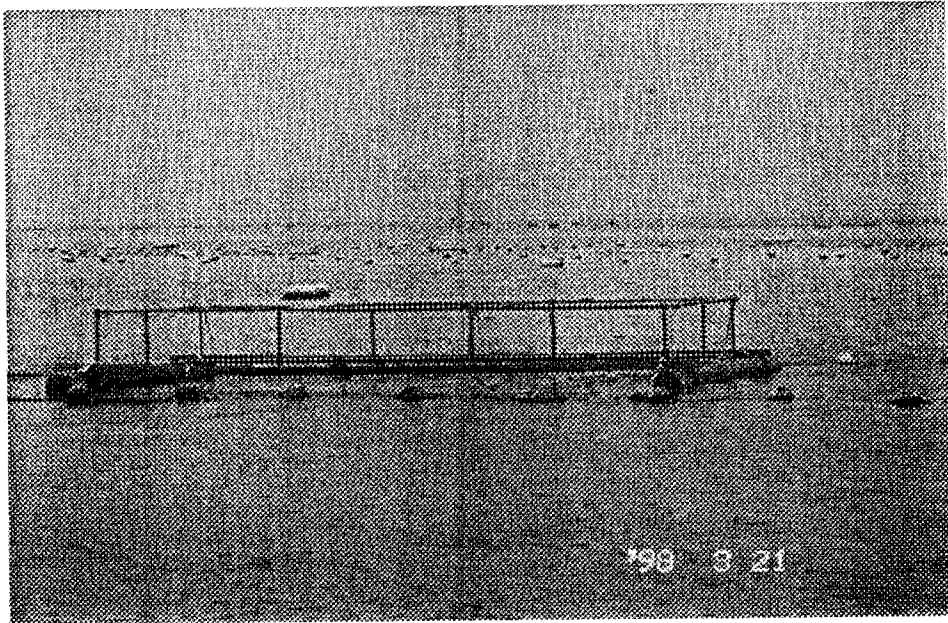
1. 周耀杰 (1972)， “漁具學 (材料、力學篇)” ， 一文出版社， 29頁-47頁。
2. 林嘉向 (1996) “潛堤穩定性及風險實驗研究” ， 國立中山大學海洋環境研究所碩士論文， 30頁。
3. 合力工程顧問公司 (1997) “楓港外海箱網規劃海域海象及楓港漁港陸上公共設施 (期末報告)” ， 8頁-17頁。
4. 李龍雄 (1997) “水產養殖學 (下冊)” ， 前程出版社， 106頁-112頁。
5. 莊炳燦 (1997) “箱網養殖錨碇系統動態分析” ， 國立中山大學海洋環境研究所碩士論文。
6. 黃材成、莊炳燦 (1998) “單口箱網錨碇系統動態分析” ， 第二十二屆中華民國力學學會。
7. 高志銘 (1998) “柔性箱網結構設計與分析研究” ， 國立中山大學海洋環境研究所碩士論文。
8. 余永賢、葉正村 (1998) “箱網的材料” ， 漁業推廣工程專刊第十五期， 39頁-41頁。
9. 黃材成、高志銘 (1998) “單口箱網網袋變形分析” ， 第二十屆海洋工程研討會， 219頁-224頁。
10. 董大國 (1999) “海上箱網養殖工程風險分析” ， 國立中山大學海洋環境研究所碩士論文。
11. Mitsuyasu, H. (1970) “On the growth of spectrum of wind-generated waves(2) - spectral shape of wind waves at finite fetch” ， Proc. 17th Japanese Conf. Coastal Engineering, pp 1-7.
12. Goda, Y. (1985), Random Seas and Design of Maritime Structures, pp.16-22.



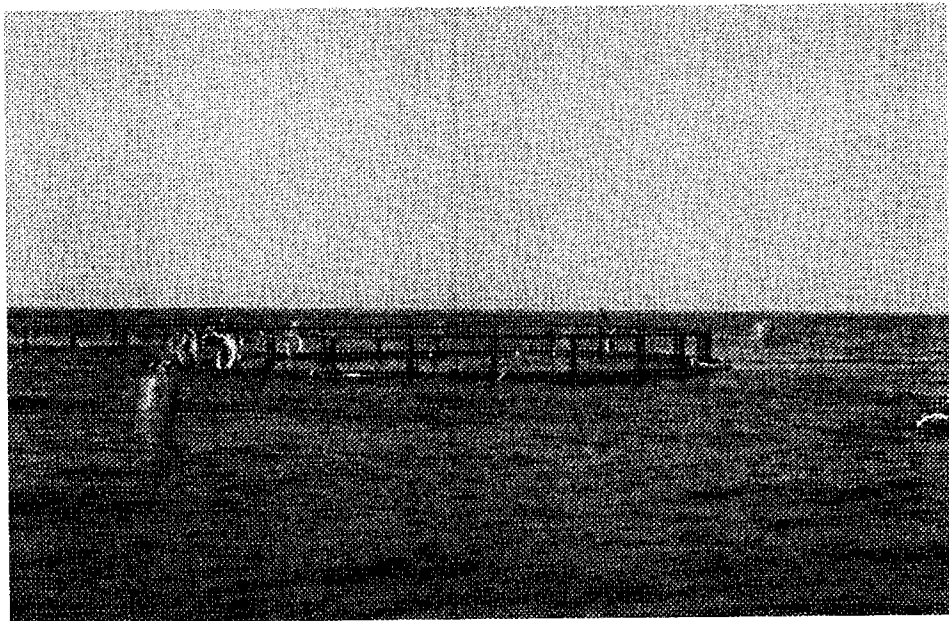
照片1 台灣沉式箱網以海為田之景象



照片2 琉球挪威可沉式箱網之景象



照片3 浮式箱網（楓港養殖區）



照片4 可沉式箱網（琉球養殖區）

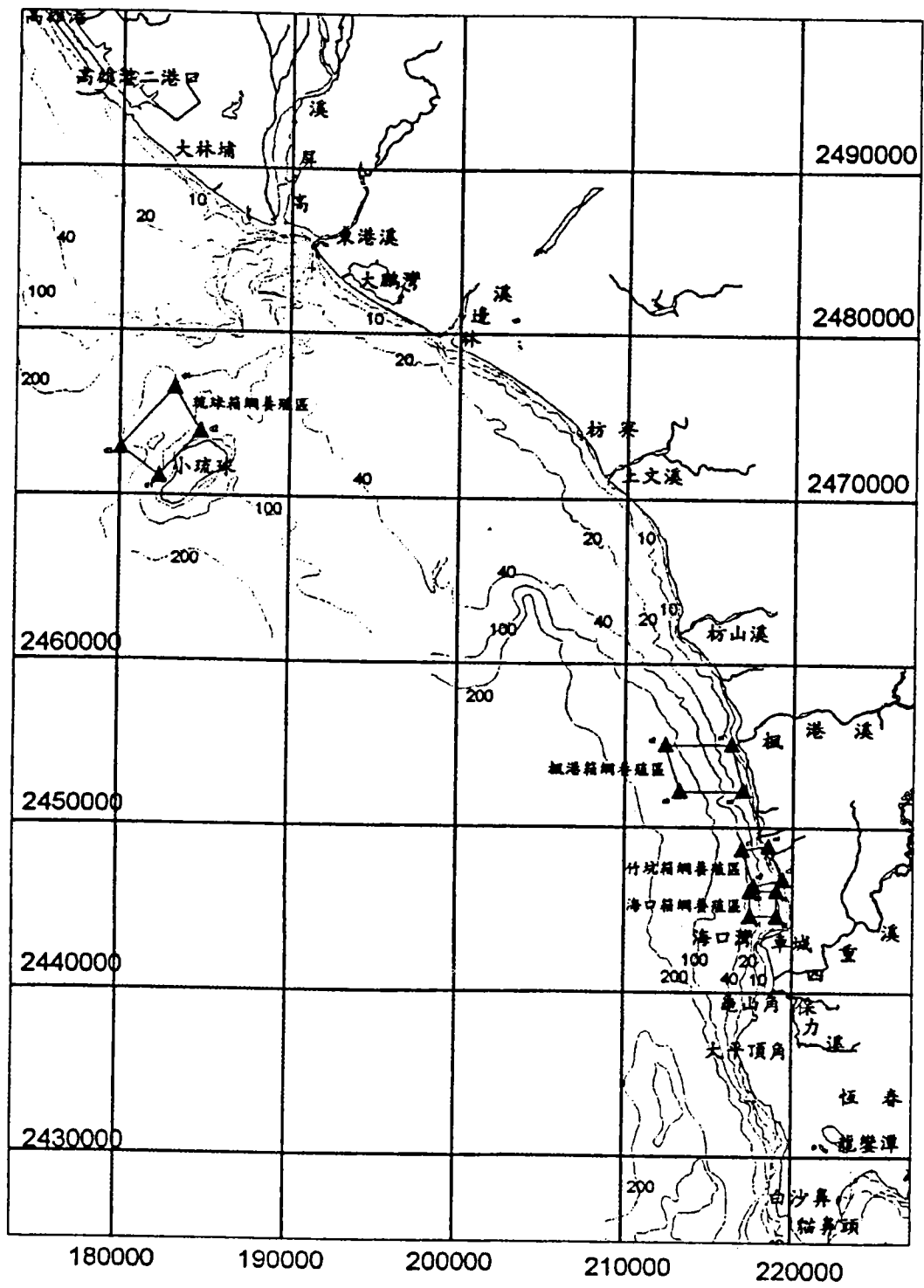


圖 1 屏東縣箱網養殖區海域相關位置圖

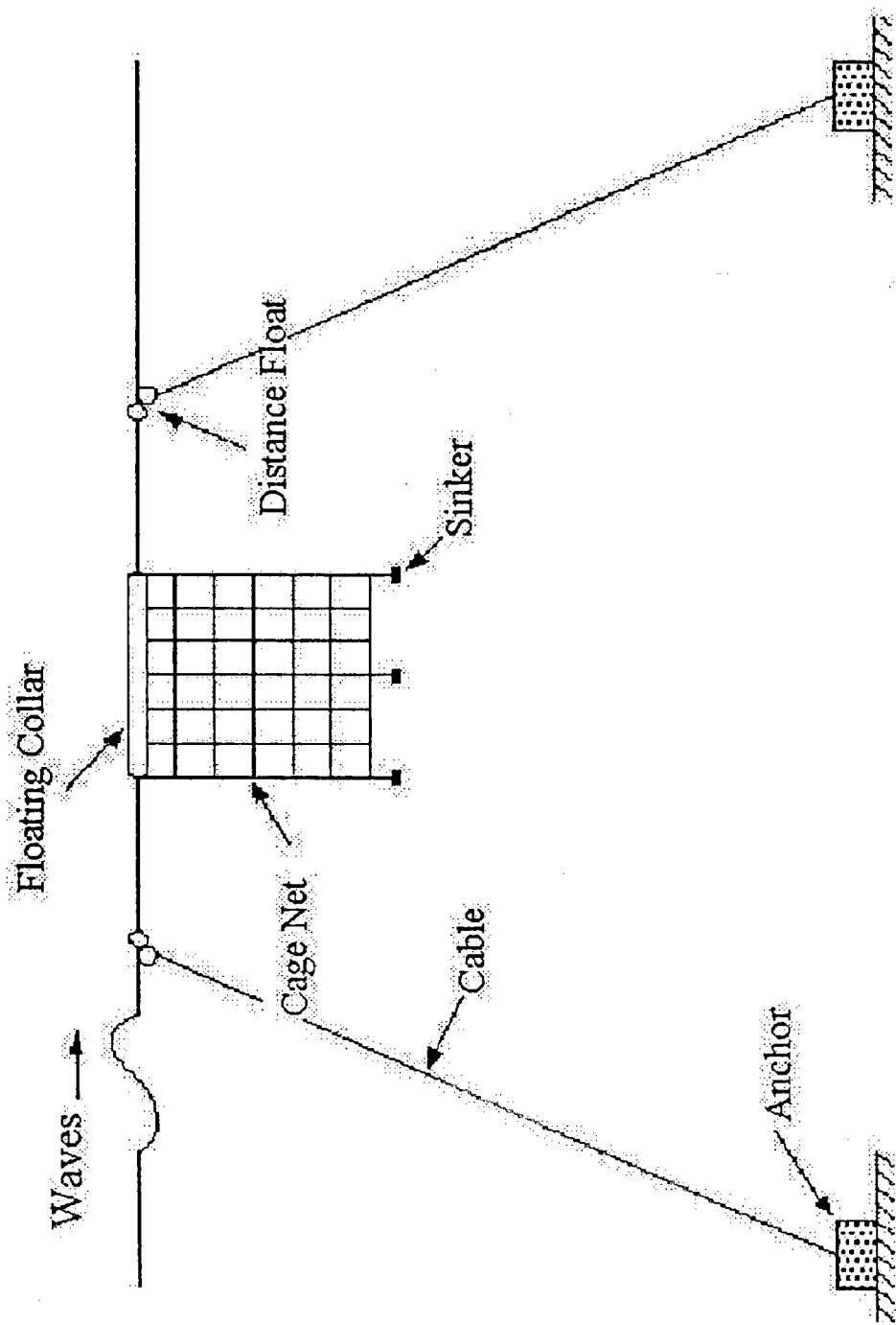


圖 2 箱網示意圖

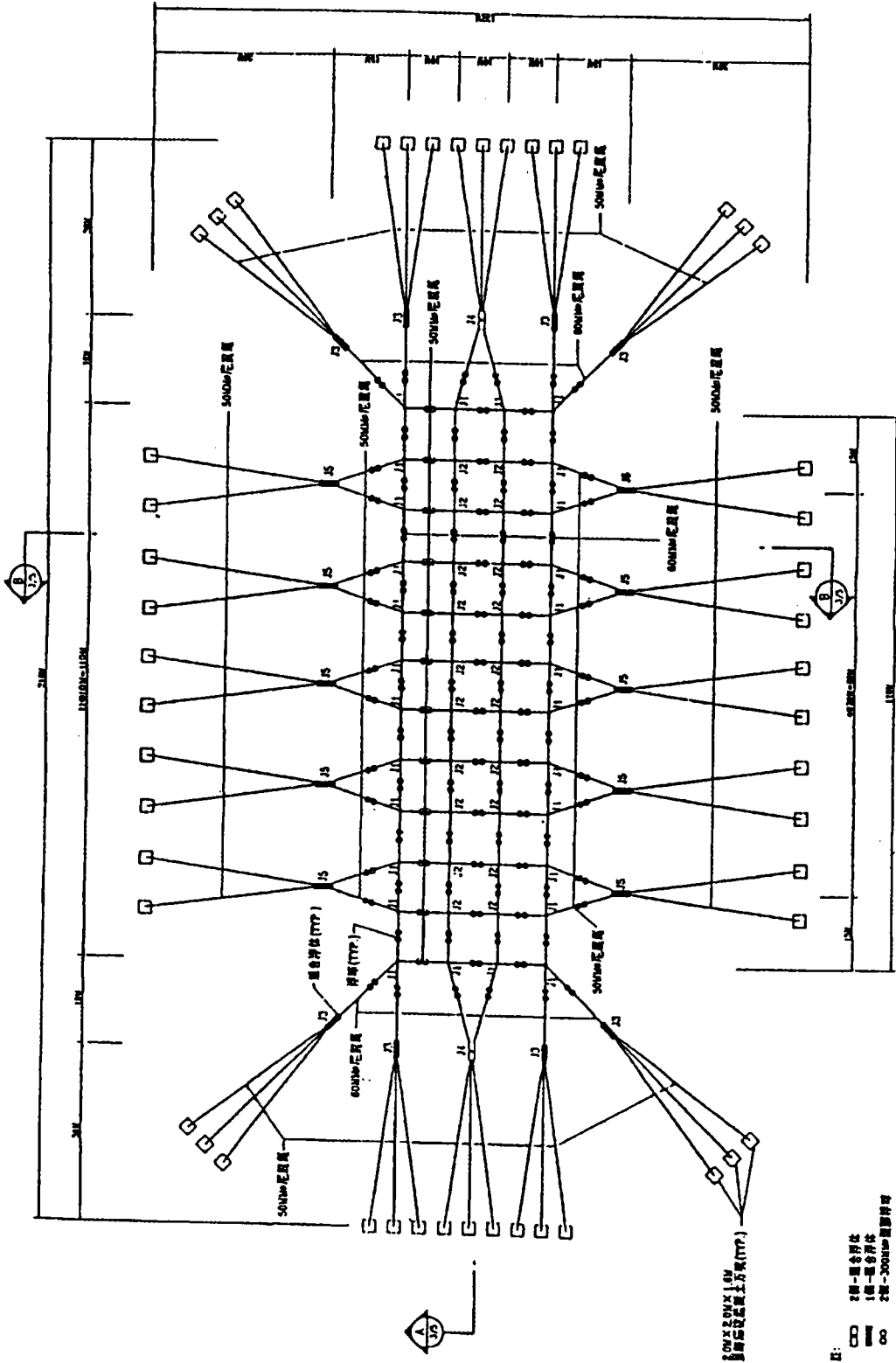
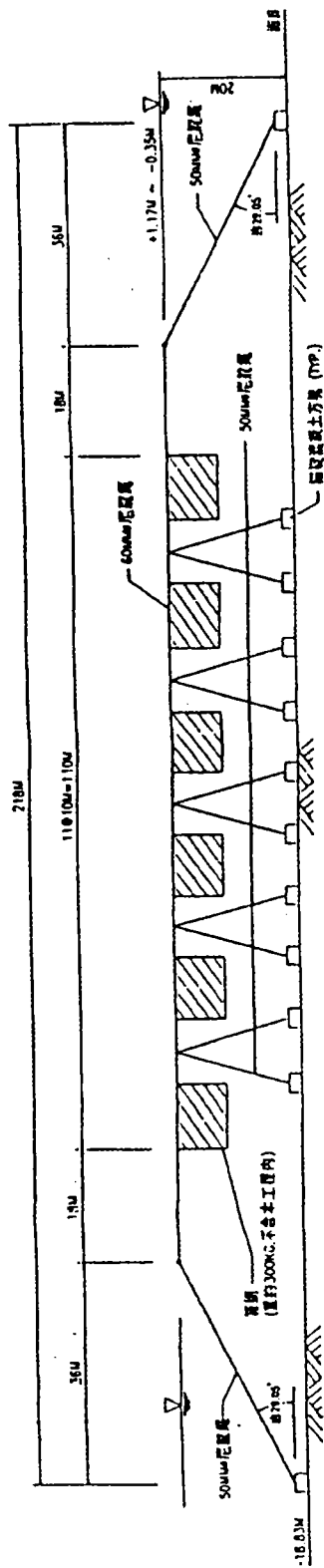
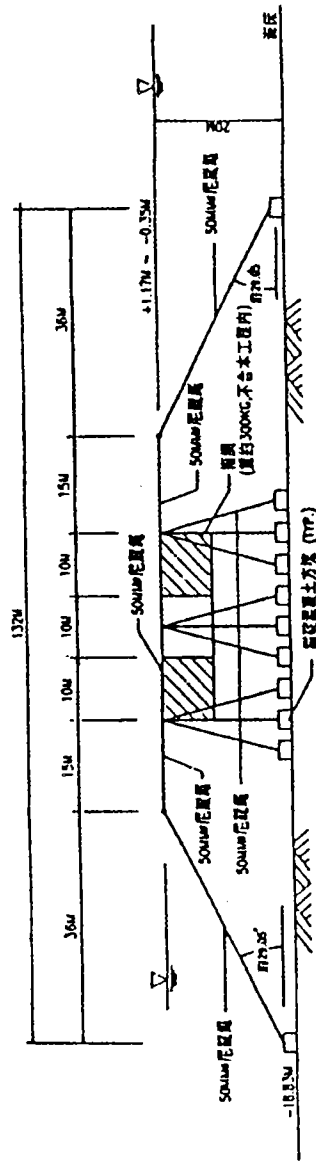


圖 3 沉式箱型養殖設施工程平面配置圖

資料來源：楓港外海箱網規劃海域海象研究及楓港漁港陸上公共設施（期末報告） pp8-17



④-⑤ 斷面圖



⑥-⑦ 斷面圖

圖 4 斷面圖

資料來源：楓港外海箱網規劃海域海象研究及楓港漁港陸上公共設施（期末報告） pp8-17

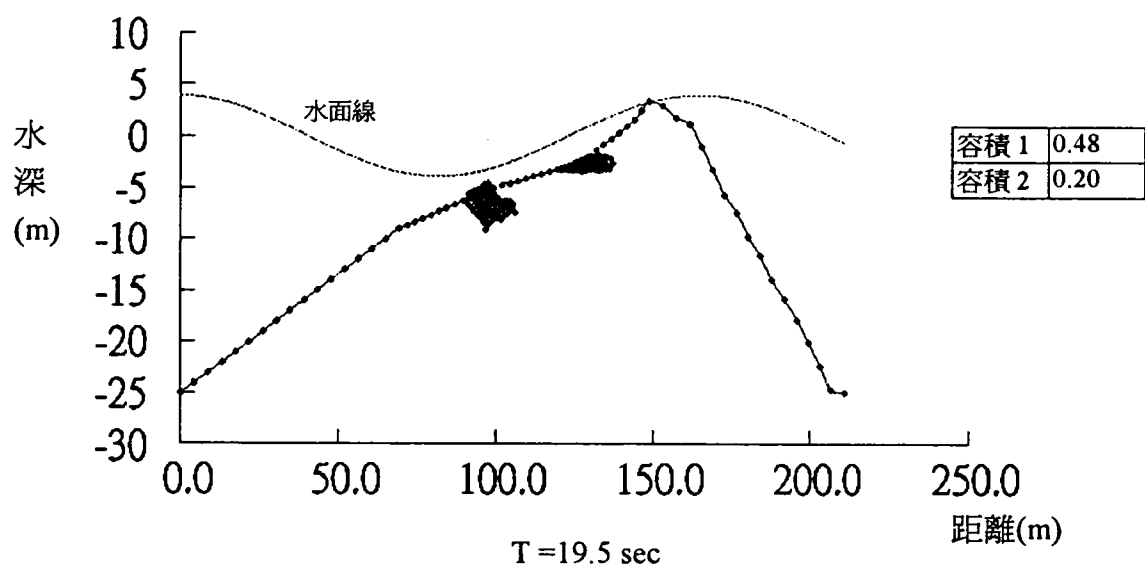


圖 5 第二口容積率最小之情形

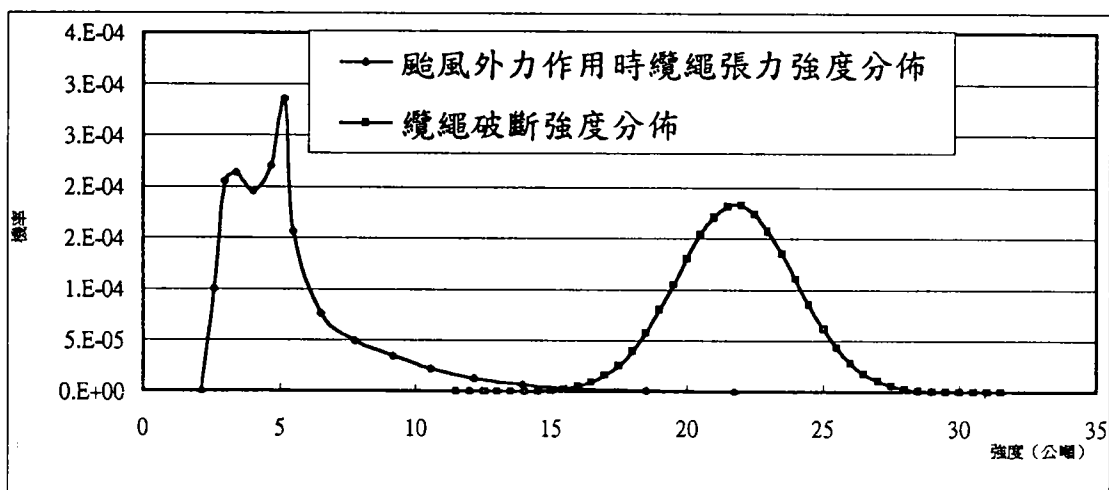


圖 6 錨碇纜繩破斷風險曲線圖

海堤及沙灘相互作用之進一步認識

劉進義 中興工程顧問公司副總工程師

本文為筆者參加MEDCOAST 99-EMECS99 聯合會議，就會議中美國維州多明尼大學 (Dominion University) 巴斯哥教授 (Prof. Basco) 所發表之“Misconception about Seawall and Beach Interactions”一文，就摘要性介紹。期由本文介紹，提供國內學研機構及工程界之參考。

巴斯哥教授有鑑於美國一般人對海堤的錯誤觀念：「海堤造成海岸侵蝕及破壞」，針對造成此觀念之部份研究論文，指出其不合理處，並提出相關的研究成果，作為反駁的依據，並指出海堤與沙灘相互作用之事實真象，導正以往的錯誤觀念。

海堤及護岸在海岸工程保護上，一般視為「硬性」結構，以往的研究著重於硬性結構物對海岸環境之沖擊，而目前的研究課題，則著重於何種的硬性結構物才會影響自然的海岸漂沙過程。

巴斯哥教授從相關研究文獻及報告中，指出學者Dean所歸納出9種可能之海堤及沙灘相互作用影響，僅4種被證實。巴斯哥教授將焦點置於一項影響上：沙之滯留（

sand trapping) 機制，並以其自1990年於美國維吉尼亞 Sandbridge 收集之現場資料，推導出一新參數：WTR (wall-trapping ratio)，作為發展緩和海岸侵蝕方法及研判是否適宜設置海堤之參考。

一、沙之滯留機制

沙洲島嶼為11種海陸交界之海岸型態之1種，沙洲海岸地形約佔美國海岸線之35%，沙洲海岸地形是自然的動態系統，受海水面提高而向陸側遷移。對於海平面年平均提高1~2mm的現象，說明了大部份的海岸線年平均後退0.05~0.2m之現象，縱使在大部份海岸地區，整體的或局部的沙量之輸送及產生遠大於侵蝕量，亦有海岸後退之現象發生，因此，海岸線後退之過程可視為自然現象，如同在地質上之變更，緩緩地進行。

如於沙洲前緣設置海堤，其滯留住堤後之沙土，減少其受海水沖刷並固定出海岸線位置。這些堤後受滯留之沙土，在暴風波浪過後，無法對水中沙洲之形成提供助益，亦無法對沿岸漂沙提供助益。

目前關注重點在於海堤對鄰近沙灘影響之程度為何。在 1980 年代以前，很多關於海堤設施不利於鄰近海灘之研究報告被提出，這些研究報告之結論可簡化為：“海堤增加侵蝕，破壞海灘”。學者 Dean 於 1987 年之研究報告，指出一般認為海堤對鄰近海岸及沙灘之 9 種可能影響，如圖 1 所示，其結論為：

海堤保護不致引起：

- 海岸坡面變陡(6)
- 延遲沙灘在暴風過後之恢復(5)
- 增加沿岸漂沙(8)
- 沙往外海輸送(9)
- 在長期上增加侵蝕率(3)

海堤保護會引起：

- 堤前效應（堤腳沖刷、水深加深）(1a)
- 堤側效應(1b)
- 突出於碎波帶時，阻礙沿岸漂沙（突堤效應）(4)
- 堤前海灘寬度縮小(2)

有關堤前效應(1)，長期以來一直視為受波浪反射之結果，另學者 Kraus 及 McDougal 於 1996 年提出一新的看法，即局部沿岸漂沙梯度及透水性堤防受波浪越波之回流影響，亦可能造成堤前效應。在一個侵蝕海岸區域，海堤勢必造成堤前海灘寬度縮小之情形，值得爭議的是：是海堤造成了海岸的侵蝕，或在侵蝕海岸區域，海岸的消失是必然的趨勢。

在環境保護方面，關注的課題在於海堤如何對鄰近沙灘造成衝擊

。一些學者由現場資料及試驗模擬，指出海堤設置會引起堤側效應，即海堤邊側沙灘之侵蝕情形較無海堤設置時為嚴重，且其侵蝕的範圍及程度與海堤的長度有關。巴斯哥教授指出前述之論點忽略了暴風波浪引起沿岸漂沙之機制，而直接將沙灘之侵蝕歸責於海堤長度之不合理性。事實上，至 1999 年來，並無進一步數據證明此一論點，故海堤堤側效應應由其他的機制所引起。

另外，學者 McDougal, Sturtevant 及 Komar (1987) 由水工模型試驗觀察離岸流情形及現場資料研判，離岸流可能是造成海堤堤側效應之原因。學者 Plant 及 Griggs 則由現場觀測海堤的中間及兩側之資料指出，堤側效應歸因於越波量回流及暴風期間海水面之提高。

學者 Griggs 及 Tait (1988) 發現在加州海岸有一處明顯堤側效應現象，下游 150m 海岸段發生侵蝕，經研究證明該侵蝕現象肇因於突堤效應，由於上游段海岸突出因而導致下游段海岸侵蝕。學者 Tove 及 Wang (1980) 由試驗斜向入射波浪沖擊有海堤及無海堤保護之海灘之結果，顯示有突堤效應現象。

學者 Griggs 等人(1997)研究 8 年現場調查資料，包括 1995 年 1 月之強烈暴風，顯示暴風波浪並未對海堤鄰近之沙灘造成沖刷。並比較海堤保護段及鄰近無海堤保護之海灘斷面，包括夏季與冬季之沙灘斷面，結果顯示無明顯差異。

二、美國維吉尼亞Sandbridge海灘

巴斯哥教授等學者(1997)分析維吉尼亞 Sandbridge 海灘長期海灘斷面量測資料，該海灘在 1978 年海堤開始建造以前，每年海灘侵蝕約 2 公尺。有 19 年的海灘斷面測量資料可供使用，包括在 1989 年海堤完成前之 8~9 年資料。研究焦點集中於自 1990 年以來在 28 處地點(16 處有海堤，共長 4720m，佔 62%；12 處無海堤，共長 2950m，佔 38%) 9 年來之海灘斷面資料，包括每月波浪作用及暴風波浪作用後之海灘斷面，經分析顯示，有設置海堤處之侵蝕率並無較無設置海堤處為高。

在季節性變化上，有設置海堤處較無設置海堤處變化為大，在冬季季風波浪作用下，堤前沙粒有較多被帶往外海，在夏季季風波浪作用下，有較多的沙粒在堤前沉積下來形成沙灘。就有設置海堤及無設置海堤之沙灘，兩者皆同時在季節性的轉變中灘面有侵蝕及回淤現象，在暴風波浪作用下，亦同時發生侵蝕現象。

在歷年暴風過後之資料中，並無證據證明堤側效應發生。另一方面，很多次量測結果，海堤中間段反而比兩側有較多之沖刷，其原因為越波量在堤後形成一個池塘，造成較強回流導致沖刷。綜合前述的分析，巴斯哥教授認為引起堤側效應之原因為沙之滯留。

三、海堤滯沙率(Wall Trap Ratio)

在研究方面，首先須量化在海灘斷面方向之“活動(active)”沙量及其在垂直海灘斷面方向之分佈。在暴風期間，提高之海水面使較大波浪直接侵襲海灘，將沙粒帶往外海形成沙洲；在平時，受潮汐變化及波浪作用，沙粒又被帶回而重新形成沙灘。將歷年的海灘灘面測量資料套繪一起，可形成一灘面變化“包絡線(envelop)”。首先假設每一點位 x 之灘面變化為正規分佈(normal distribution)，因此，活動灘面單位寬度之微小距離 Δx 之量 V_A 為包絡線範圍內體積 V_E 之一半，積分全斷面之 V_A 則為全包絡線範圍內體積 V_E 之一半。巴斯哥教授定義海堤滯沙率為 $WTR = V_T \div V_A$ 。

海堤長度、位置及高度決定海堤之滯沙量 V_T 。海堤愈往海側設置，愈影響海岸變化過程，亦有較多沙土受海堤留滯，使 WTR 增加。同理，如活動灘面量 V_A 遠大於海堤之滯沙量 V_T ，WTR 近似於零，則海堤興建對於下游端漂沙之衝擊相當低而可忽略。或許這正是在現場調查中仍未找出堤側效應之滯留機制之原因之一。

四、結論

以往有觀念將沙洲島嶼之“移動”歸責於侵蝕，堤側效應歸責於海堤滯留沙土，再加上密集的、財力的、媒體的遊說，使 Pilkey 及其跟隨者能使美國一些州通過法律限

制所有硬性海岸保護工法之使用，包括突堤及離岸堤等海岸保護工法。

巴斯哥教授同意Houston (1988)之看法，認為海堤不應該被禁止使用，亦不可在所有地區皆使用。如同醫藥盤尼西寧，能治病亦可能留下後遺症，海堤亦如是，在保護人們的財產及生命的同時，對於環境及資源亦有所影響。

活動沙量及滯沙率 WTR 之提出，主要為決定何時適宜採用海堤，何時不宜。

參考文獻

1. Basco, D.R., Belomo, D.A., Hazelton, J.M. and Jones, B.N. (1997). "Influence of seawalls on subaerial beach volumes with receding shorelines", *Coastal Engineering*, 30, 203-233.
2. Dean, R.C. (1987). "Coastal armoring: effects, principles and mitigation", *Proceedings, 20th ICCE, Taiwan*, 2, 1843-1857.
3. Griggs, G.B. and Tait, J.F. (1988). "The effects of coastal protection and structures on beaches along Northern Monterey Bay, California", *Journal Coastal Research, Sp. Iss.No.4, Autumn*, 93-111.
4. Griggs, et al. (1997). "Interaction of seawalls and beaches: Eight years of field monitoring, Monterey Bay, California", *CHL-97-1, U.S. Corps of Engineers, WES, Vicksburg*, 34pp.
5. Kraus, N.C. and McDougal, W. G. (1996). "The effects of seawalls on the beach, Part I, An updated literature review", 12. 3, *Journal Coastal Research, Summer*, 691-701.
6. McDougal, W.G., Sturtevant, M.A. and Komar, P.D. (1987). "Laboratory and field investigations of shoreline stabilization structures on adjacent property", *Coastal Sediments 89, ASCE*, 961-973.
7. Plant, N. and Griggs, G.D. (1992), "Interactions between nearshore processes and beach morphology near a seawall", *Journal Coastal Research*, 8, 1, 183-200.

No.	Possible Effect	Sketch
1	Causes local scour (a) Toe of seawall (b) Endwall effects	(a) section: seawall, MSL, toe scour (b) plan: seawall, shoreline, endwall scour, waves
2	Causes beach fronting seawall to diminish in width	(a) Barrier Island Retreat: year 1, year 2, retreat rate, fixed wall, plan (b) Seawall: year 1, year 2, retreat rate, fixed wall, plan
3	Causes acceleration of beach erosion rate	(a) natural MLW: fixed dune, year 1, year 2, erosion rate, plan (b) seawall MLW: fixed wall, year 1, year 2, increased erosion rate, plan
4	Causes downdrift erosion	updrift accretion, downdrift erosion, normal shoreline position, protruding seawall, waves, plan
5	Causes delay in post-storm beach recovery	normal (land recovered) profile, storm profile, WS, section
6	Causes beach profile to steepen	steeper, normal beach profile, WS, section
7	Serves no purpose if located well back on stable beach	seawall, berm, beach face, WS, section
8	Causes increase in longshore sediment transport rate	natural dune, seawall, natural dune, Q_1 , $Q_2 > Q_1$, waves, plan
9	Causes sand transport substantial distance offshore	storm profile, normal profile, WS, section
10	Other	

圖 1 海堤對鄰近海岸及沙灘可能造成之影響(from Dean 1987)

地理資訊系統在工程上之應用

李釗¹ 陳繼藩² 黃書猛³ 劉志堅³ 陳桂清⁴ 許書王⁵

¹ 國立中央大學土木工程學系教授

² 國立中央大學土木工程學系副教授

³ 國立中央大學土木工程學系博士班研究生

⁴ 交通部運輸研究所港灣技術研究所中心港工材料組組長

⁵ 交通部科技顧問室技正

摘要

資訊系統目前已成為國際上各政府單位、私人企業、資訊業界及相關學術界所關心的一個熱門課題。在國內由於「國土資訊系統」的積極推動，GIS亦已成為各公民營單位積極投入的工作領域。

本文首先簡略說明何謂地理資訊系統及國土資訊系統，並概述國內相關應用現況；接著介紹作者利用GIS建構之雛型「機場剛性鋪面維修資料管理系統」實例，透過本雛型系統說明GIS的功能及如何應用於工程上；最後再就港灣工程設施有關規劃設計等問題，提出如何運用GIS之技術與工具加以規劃、管理，期望能對港灣工程之推展有所助益。

一、前言

隨著資訊、電腦及通訊之發展，GIS的研究與應用，近幾年來在許多已開發國家或是邁向已開發的

國家中，均形成一股極大的風潮，即使是尚屬開發中的國家，亦積極引進該項技術，以求加速國家開發建設之腳步。國內近年來，經濟仍屬穩定成長，公共工程亦持續的加速推展，但在現今民意高漲的時代裡，以往許多決策方式，已漸漸受到相當大的挑戰。在工程管理維護上，必須要滿足民眾知的權利與要求，而在規劃設計上，則必須針對各方利益進行折衝，所以可以想見的，工務營建單位所面臨的壓力，將越來越大。

GIS具有圖資製作與更新、圖資管理、查詢顯示及決策支援等功能，不但可以改善耗時、費事、易錯及不易修改的傳統圖資製作工作，且由於全部為數位化電腦檔案，圖資可以重複使用，不同的圖資亦輕易可進行疊合；另運用GIS工具進行查詢時，可以組合多重條件，進行重複查詢，統計分析的工作也可於查詢時同時完成，查詢的結果更可結合空間資訊加以展現，清楚

易懂。尤其透過不同的GIS分析功能，我們可以得到各種數據，而增加決策的正確性，而且分析結果可以空間方式展現，因此相當容易瞭解。所以港灣設施工程的規劃設計、施工管理、工程維護等，若能運用GIS的技術和功能將會有莫大之助益。

二、GIS簡介

(一)何謂GIS

地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)，是一套利用電腦科技來輔助地理資料出入(Input)、儲存(Storage)、查詢(Query)、分析(Analysis)及展示(Display)的資訊系統[1]，其組織架構如圖1所示[2]。若將其以常用的資訊工具來說明，GIS可說是CAD、資料庫管理系統(DBMS)及位向關係(Topology)的組合體。若從完整的組織架構來看，GIS應是運用軟體、硬體設備，結合相關機構與專業人員，所建立的地理資料處理系統，並可視為決策支援系統的一環。他能從已建立的地理資料庫中，透過圖文整合之高親和力介面，使用者可以快速查詢、更新資料，並進而模擬各種假設條件，透過模式分析而得到一個理想的方案，提供給規劃者及決策者參考使用。

(二)國土資訊系統 (National Geographic Information System, NGIS)[3]

國土資訊系統乃是結合全國各

種具有空間分析特性之地理資料，以分工合作方式達到資料共享與目標應用之整合性分散式地理資訊系統。其主要目的為：

1. 引用地理資訊系統技術來來整合分散在各級政府單位及公、民營事業機構的空間資料，以提高資訊共享、減少重複調查建檔。
2. 全面提昇各級政府單位或民營事業機構在其管轄區域內，對各項事務之規劃、管理、決策能力。

三、國內相關應用概況

在國土資訊系統積極推動下，目前國內GIS的應用領域日益擴增，茲將使用中或計畫中之各類應用分述如下[4]。並將國內主要營建相關公家單位之GIS發展近況列出[5]，如表1，以供參考。

(一)資源環境類

1. 環境品質監視：監視環境品質、水污染防治、防洪預警、廢棄物處理場尋址及環境影響評估。
2. 地形地質分析：海岸地形地質資訊、地質評估及地質鑽探資料。
3. 自然資料與生態管理：水權管理、河川基本資料、水文調查、水資源規劃、水質分析、水土保持、水庫集水區、礦區資源管理等。

(二)社會經濟類

1. 交通運輸路網規劃：道路規劃、交通設施管理規劃、路線與路廊研選、公路路網規劃、交通運輸

系統規劃、捷運路網規劃及路權管理。

2. 公共設施及管線管理：公共設施選址、公共管線規劃及遊憩設施規劃。
3. 土地規劃與利用：山坡地開發、土地政策規劃、河川整治、工業區開發、用地管理、地價查估、土地分配及土地徵收作業。
4. 區域及都市計畫：新市鎮開發、都市發展計畫、國宅規劃、建管業務及區域發展計畫。

(三)技術應用類

1. 交通運輸技術應用：GPS 定位、汽車導航研究及 3D 飛行導航模擬。
2. 教學訓練技術應用：學校授課教學研究。

(四)生產製圖類

1. 地理資料生產管理：DTM、遙測資料管理供應、地籍圖 / 地形圖數位化管理、地籍 / 地形測繪及地物資料編碼。
2. 製圖：地圖繪製管理、基本圖 / 地形圖繪製管理、空照相片管理及等高線圖繪製。

四、應用實例簡介—「機場剛性鋪面維修資料管理系統」[6]

本系統旨在運用GIS具有儲存、展示空間及屬性資料的功能，將機場剛性鋪面各種損壞模式建立圖層，再應用圖層的疊合，展示各種損壞模式的分佈情形來分析判斷造

成鋪面損壞的原因。本文亦運用「病歷卡」的概念，利用GIS屬性資料來登記鋪面每塊版塊歷次維修記錄（包括損壞模式、損壞程度、維修日期、維修方法、維修材料等），並利用空間資料將鋪面維修前和維修後的照片加以儲存，以利爾後進行維修前，提供維修記錄查詢，並累積維修經驗作為評估維修成效參考，避免不當、無效維修，提升維修成效。

本系統採用ArcView 3.1作為發展系統之工具，並以中正機場為例，選擇同時具有飛機滑行道及停機坪之北停機坪(NP)為建構系統對象。利用GIS空間資料及屬性資料可以相互查詢及展示的功能，達到有效、清楚管理鋪面的維修資料，其架構如圖2所示。

本系統的功能主要有二部份，第一部份為藉由系統所建構之各種損壞模式分佈圖層及版塊的損壞程度，輔助工程主管人員正確診斷損壞原因；其作業程序為，進入系統各鋪面區塊主題圖層，疊合各種破損模式分佈圖，查詢所有版塊損壞程度及各種損壞模式數量統計圖。第二部份為藉由系統所建立之每個版塊基本資料屬性及維修記錄資料屬性查詢，提供決定維修策略參考；其作業程序為，進入區塊主題圖層後，查詢預定維修版塊的基本資料和維修記錄資料，必要時並可展示前次維修前、後照片，快速、清楚提供維修決策人員參考。系統作業流程如圖3所示，本系統的各項

功能則如圖 4 至圖 7 所示。

五、在港灣工程上的應用

隨著經濟的發展，港灣工程規模越來越大，施工技術也愈來愈進步，而工程之規劃、設計、施工程序、管理維護也日趨複雜，GIS 具有同時處理和展示空間資料 (Spatial Data) 及屬性資料 (Attribute Data) 的功能，所以 GIS 在港灣工程上的應用是必然的趨勢，可分下列幾各階段說明：

(一) 規劃設計

如港灣設施規劃、輸油管線規劃、選線及選址規劃等，GIS 可整合港灣計畫資料，以及各種管線資料、與污水排放管線資料，加上地形地貌、地質鑽探資料等，提供各種規劃所需的整體資訊，簡化各項規劃工作，輔助各項規劃工作之完成。

(二) 施工管理

可整合各項施工圖、竣工圖，而提供港灣設施之基本維護資料，方便查詢與管理。另外也可地形資料結合地理資訊系統的挖填方計算功能，便可以預先計畫出所需挖填方體積；同時，透過圖形與屬性資料的整合，相關單位可以對於施工進度、品質，作更精確有效的管理。

(三) 設施營運及管理

各設施營運單位可以用地理資

訊系統生產精確的圖資，以記錄相關設施的位置圖。除了空間的圖形資料外，各圖徵還可以有屬性資料，例如港灣管線必須有管線口徑、厚度、材質、負載容量、埋管日期及埋設年限等相關屬性。

(四) 工程維護

結合地形圖、港灣計畫圖、行政區界圖、污水下水道系統圖及輸油管線系統圖等，提供港灣工程維護、港灣工程管理、地下管線管理、建築管理等功能。

(五) 其他

如圖資管理、環境影響評估、用地取得等。

六、結論

(一) 國內自引進 GIS 以來，其應用層面逐漸由初期的地形圖生產與資料統計查詢，擴張為設施與環境之管理，近期則更擴及公共工程規劃。近年來，大型公共工程規劃案中，大部分街附帶有 GIS 的工作項目，所以 GIS 在工程上的應用已是必然的趨勢。

(二) GIS 具有同時處理和展示空間資料及屬性資料的功能，運用 GIS 工具，再繁瑣的資料，亦易於查詢，且查詢結果可以結合空間資訊加以展現，清楚易懂。

(三) 港灣各項設施工程，規模日趨浩大，工程之規劃、設計、施工程序、管理維護也日趨複雜，若能運用 GIS 之技術與工具加以規劃

、管理，則對港灣工程之推展應有莫大的助益。

參考文獻

1. "Understanding GIS : The ARC/INFO Methods," ESRI, (1992) .
2. 地理資訊系統研習班講義」，台大地理系 GIS 中心，台大地理系，(1989)。
3. 「國土資訊系統推動現況報告」，國土資訊系統研討會，內政部資訊中心，(1994)。
4. 施保旭，「地理資訊系統」，儒林圖書公司，台北市，(1997)。
5. 「整合式地理資訊系統本土化軟體可行性研究」，內政部資訊中心，(1993)。
6. 李釗，陳繼藩，黃書猛，夏桂華，「地理資訊系統在剛性鋪面上的應用」，第十屆鋪面工程學術研討會論文集，基隆市，第407頁，(1999)。

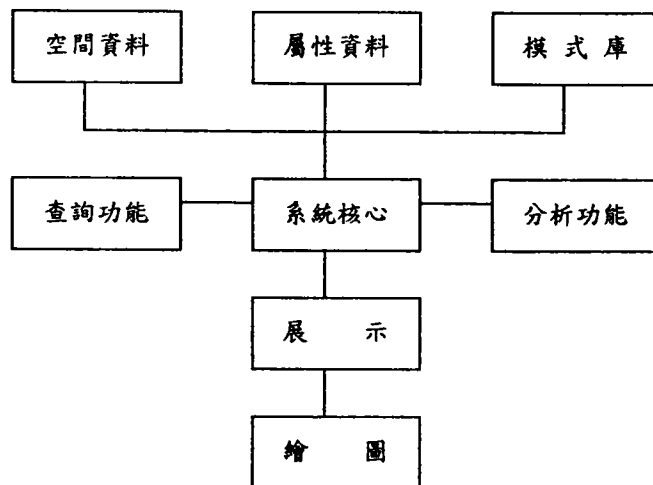


圖 1 GIS 組織架構圖[2]

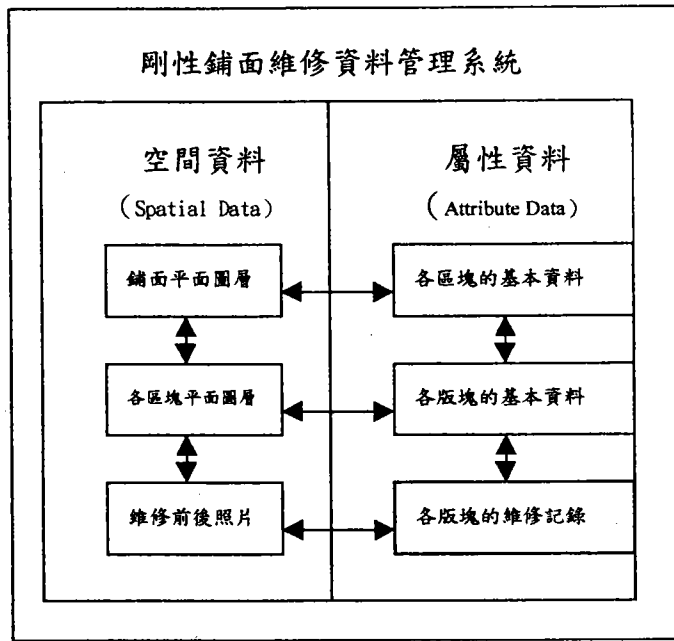


圖 2 剛性鋪面維修資料管理系統架構圖

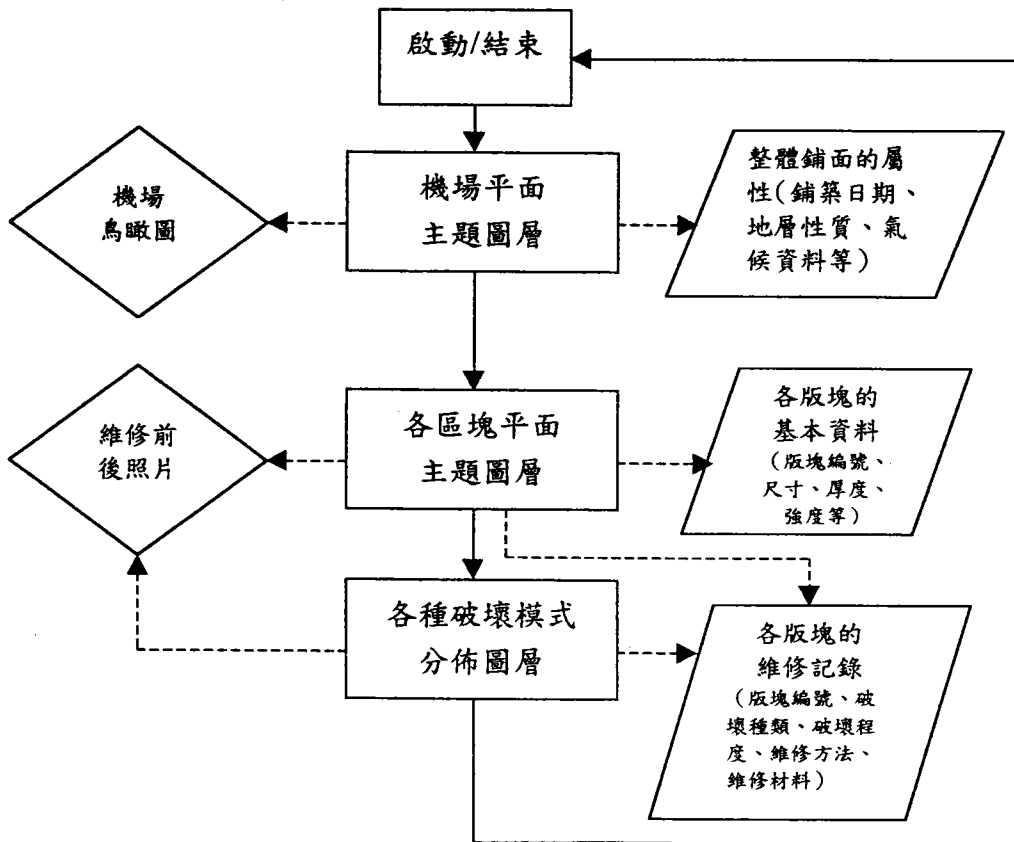


圖 3 剛性鋪面維修資料管理系統作業流程

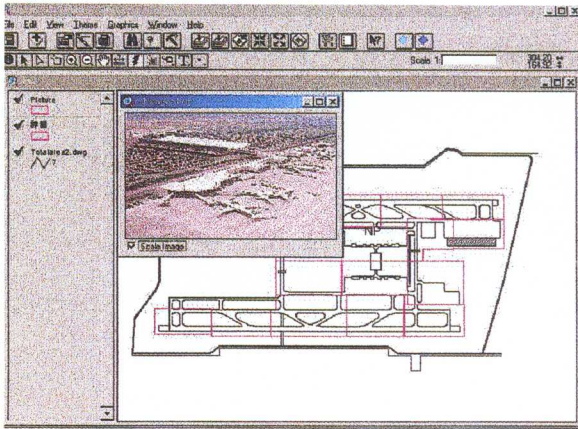


圖4 系統起始畫面和NP鳥瞰照片

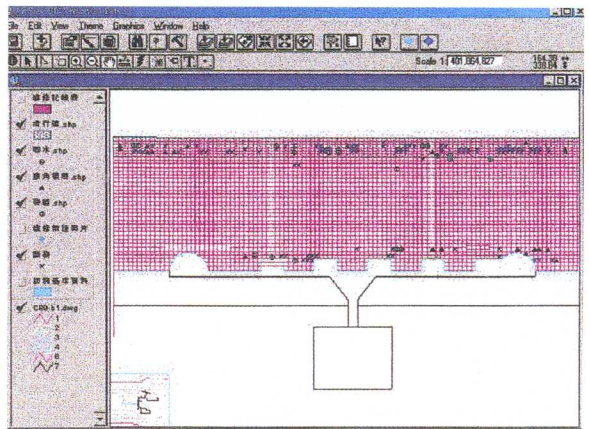


圖5 各種損壞模式分佈圖

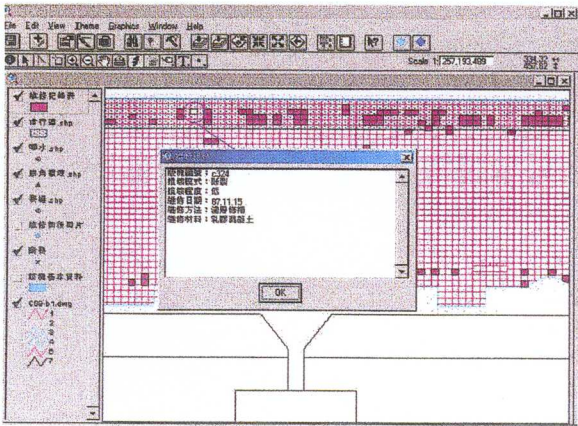


圖6 查詢版塊基本資料畫面

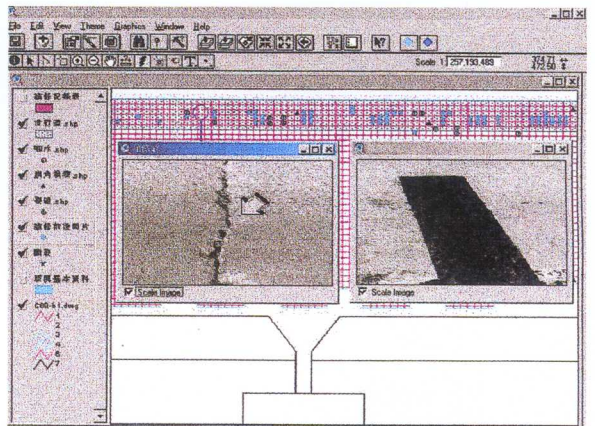


圖7 損壞版塊維修前後照片展示畫面

表1 國內主要政府營建單位GIS發展近況[5]

單 位	推 動 狀 況	主 要 計 畫 類 型
內政部營建署	1. 資料多委外生產 2. 目前無大型GIS及應用軟體 3. NGIS之「區域及都市計畫基本資料庫」及「公共設施管線基本資料庫」的負責單位	1. 資料分組規劃、標準化試辦 2. 區域計畫敏感區評估委託研究及資料生產 3. 區域計畫分組試辦 4. 應用SPOT資料作環境監測
交通部國工局	多以交通規劃計畫委託發展GIS	1. 北宜高速公路規劃 2. 南橫高速公路規劃 3. 國道東部公路規劃，並於本計畫委由中興社建立該局GIS系統及自動化路廊研選系統
經濟部工業局	在工業區規劃設計計畫內委託發展GIS	於彰濱工業區開發案內，委由中興社及成大水工所建立工業區GIS系統
台北市工務局	1. 大量委外開發應用軟體及資料建檔 2. 養工處已建立「道路挖掘管理系統」	1. 地下線資料建檔 2. 地形圖建檔 3. 大量委外應用軟體發展 4. 已有GIS及圖形系統之整體規劃
台北市捷運局	以圖形資料查詢、管理及路網規劃為主	1. 委託成大建立捷運沿線資料庫 2. 自行發展路網規劃應用系統
台北市交通局	以交通標記管理為主	委託中華顧問工程司建立交通標誌管理系統
高雄市工務局	南區資策會協助發展GIS	1. 生產1/1000地形圖 2. 委託生產1/1000街廓圖 3. 委託建立道路挖掘系統 4. 配合油氣單位建立網管資料庫
台中市工務局	基本圖、門牌及部分地籍圖與設施圖已建立資料庫	委託康大公司發展GIS試辦系統
中華電信局	北中南都會區之地下管線設施大多已建檔	例常性維護及新地區建檔外包
台灣電力公司	以設施管理、工程圖資料管理及運作管理為主	委託震嘉公司在台北市試作
省自來水公司	南區管理局配合高雄市GIS試辦建立GIS系統，以地下管線建檔及設施營運管理為主	委外建檔

美國加州國王港區之地震災害與重建措施

陳圭璋 港灣技術研究中心副研究員

一、前言

西元1994年元月17日美國加州北嶺(Northridge)地區發生規模6.6級之地震，在洛杉磯地區造成廣大之災害，雖然災害大都集中於震央附近地區，但距震央數十公里遠之數個地區仍有明顯之地表變形與結構物損壞等災害發生，位於震央南方42公里Redondo海灘之國王港區(King Harbor)亦發生嚴重之土壤液化現象，包括水平之大變形及沈陷，雖然發生災害地區有多處，但有嚴重損壞者限於B突堤之中間區域，嚴重破壞區其範圍約長150公尺寬50公尺，其它港埠設施亦損壞嚴重。

去年國內發生921集集大地震時，台灣西部有多處發生土壤液化現象，尤其西部沿海地區如台中港區、彰濱工業區等由水力回填形成之新生地，均有災害發生，本文願就美國加州國王港區遭受北嶺地震所引致之土壤液化災害現象、液化潛能評估及災後重建措施等作一說明，供國內處理類似災害重建措施之參考。

二、災區之地理位置與開發過程

Redondo海灘區(如圖1及圖2)在開發前為一西南西向之海邊斜坡，岸邊背面為低矮之砂丘，海下峽谷(Submarine canyon)沿著Redondo海岸線分佈，最早之防波堤是興建於海下峽谷之北端，其走向是先垂直於海灘然後再轉南平行於海岸線，由於防波堤之興建使沿岸海流轉成離岸流，防波堤對沙灘上南向之堆積形成阻礙，緊鄰防波堤南邊之沙灘仍面對湧浪之作用，該湧浪形成沿岸海流但阻斷沙灘砂源之補充，海灘南端受嚴重之沖刷，興建B突堤前海底是先整平成向南傾斜1.5~2.0%之斜坡。

B突堤(如圖2)是由砂土填築而成，砂土是取自工地南方1.5公里之古老砂土堆，填築材料是利用卡車載至工地傾倒，然後由推土機推入港區，其施工是沿垂直海岸淺之東西向進行，由施工照片可知砂土料含有羽毛等不潔物質，砂土內所含較細顆粒之沈泥及黏土成份於填築過程可能被沖洗掉，且填築至水面以上部份才使用機械夯實填土層，其它A、C，及D等突堤亦

是以類似方法興建。

B突堤填築完成後之斜坡其高程為平均海平面上+3公尺 MSL，而周圍斜坡整理成1.5:1（水平：垂直之坡度）以備填築塊石護坡，於砂土層坡面先填置一層由粗礫石組成之岩石濾層，然後再加一層厚度1.2公尺之護坡塊石，於護坡塊石上又填置一層岩石濾層填塞縫隙作為海堤牆 (Seawall) 之基礎，其高程為+0.6公尺MSL，海堤牆之施工採場鑄方式，其高度為1.5公尺，地震破壞時港池斜坡 (basin slope) 若包括其上之擋土牆總高度為7.5公尺。整個B突堤大約是650公尺長40公尺寬，為服務附近之碼頭，於突堤上興建有休息室、淋浴及貯藏等設施，在此等建物間及周圍均有A C鋪面供車輛通行及停放。

三、災區之地質狀況

災後三個星期於B突堤上進行六個地質鑽探孔，探查結果之地層斷面如圖3所示。災區基礎土層大致可區分為四個層次，說明如下：

1. 人工填築層：位在最上層為細至中顆粒之砂土，其粒徑分佈如圖4所示，此回填土層之厚度在破壞區為6.4公尺而在海側之部份為8.0公尺，此土層屬於極疏鬆至疏鬆之砂土層。
2. 海灘堆積層 (Beach deposits): 堆積時間少於11000年，在B突堤之中南區域回填土是直接置於湖積土層上，但在人工回填層下有

一薄楔形之海灘堆積層，其厚度是越往東北向越厚，本砂土層之稠度為疏鬆至緊密，N值是隨深度而增加。

3. 湖積土層 (Lagoonal deposits)：為古老年代靜水環境下所形成，本土層基本上是由棕灰色到灰綠色之黏土或沈泥所組成，其間有少量沈泥質黏土或砂質沈泥之薄層，整個堆積層是成薄狀堆積，其厚度為0.5~3.0公尺，在破壞區湖積土層之最大深度在8.0~11.7公尺，本湖積土層其稠度從很軟弱至堅硬均有。
4. 洪積土層 (pleistocene deposits)：為均勻之細砂或中細砂，不含貝殼，其稠度屬於緊密至極緊密，貫入試驗時於深度到達11~14公尺時其貫入阻力將顯著增大，表示進入此較緊密之洪積土層。

四、地震時災區之地表加速度

雖然在Redondo海灘沒有強地動觀測站 (strong motion recording station) 之設置，但在南洛杉磯地區有數個觀測站，美國EERC於1994年曾出版北嶺地震期間等量水平最大地表加速度分佈圖 (如圖5)，根據位於災區北方4.5公里 (指向震向位置) 觀測站之紀錄，其最大水平地表加速度為0.16g，因之B突堤附近之地表最大加速度經評估應約為0.15g，但應注意者是B突堤為一細長條山脊狀之地形，其走向與地震時地表震動主要

分量之方向垂直，加上B突堤區之填土層為位在水面下之疏鬆砂土層，對地震時地表之最大加速度可能有放大作用。

五、地震災害現象

地震期間B突堤區有災害現象者大都集中於中間區域並往遠離震央之南方發展，而發生水平變形者則集中於兩個類似因擴展撕裂形成之長條形破壞區（如圖6及圖7），其走向與突堤平行，發生砂土噴騰現象(Sand boil)之地點也大都位於兩個破壞區之範圍內，由於地層之水平擴展（Lateral extension）造成突堤中間有一公尺深之下陷，但兩個長條形破壞區之沈陷量高達1.5~2.0公尺，多項港埠設施亦嚴重受損。

B突堤南邊之海堤牆(bounding Seawall)，由於地層之位移形成向外之弓形（如圖8），其最大之水平變形量達5.5公尺，在發生最大擴展之地區，海堤牆發生0.5公尺之沈陷，平行於牆之綠化區向南位移形成平滑之弧形狀，北邊海堤牆亦形成輕微弓形，其最大變形量為30~50公厘。破壞區外圍之港池斜坡其坡度為2:1~3:1，破壞區內之水平位移造成相鄰海堤些許陡化或凸出，但坡址處僅有小量或未移動。

位於靠近破壞區東西兩端附近之混凝土結構物由於支撐土層之變形及沈陷顯現嚴重之破壞，在西端之結構物其差異沈陷（由西到東）

為0.7公尺，而東端結構物之差異沈陷量較小，同時地板亦顯現南北向之傾斜。

六、災區地層之液化潛能

根據破壞區範圍內外之鑽探資料顯示其間差異不大，因此可假設破壞前後回填土層其性質改變不多，圖9為破壞後SPT之試驗結果，其N值為2~10，平均值為6，N值若經Seed(1985)建議之方法加以修正，其修正後 $(N_1)_{60}$ 之平均值為6。

以Seed(1982)建議之經驗法則，根據土層之 $(N_1)_{60}$ 結果值6及前述地震時地表之最大加速度0.15g，可評估上層之液化潛能，分析結果顯示B突堤區回填土層地震時發生液化之安全係數小於1.0，依災區之地質資料，地表最大加速度只要0.07~0.09g土層便會產生液化，因此於北嶺地震期間B突堤區0.15g之地表加速度使土層發生液化現象是可預期的。

七、災區地層地震時發生變形之潛能

在B突堤區試驗結果顯示破壞區範圍內外土層之SPT $(N_1)_{60}$ 並未有明顯之差異，因之本文下面所討論之地表損壞(ground deformation)潛能，在考慮承受相同程度之地表震動時應可應用於地震前後之狀況。

若以Tokimatsu及Seed(1987)建議之簡化方法評估破壞區土層於

北嶺地震期間產生之沈陷量，分析是根據 6.6 級之地震規模及災區 $(N_1)_{60}$ 之試驗結果加以計算，則災區地層之體積應變量為 4%，而沈陷量為 0.25 公尺，該分析結果較災區實際發生之沈陷量 0.5~1.0 公尺為小，但大部份沈陷量觀測地區地層均有發生液化變形現象，根據此等結果，可知觀測之體積應變量為分析評估結果之 2-3 倍，但須注意者是前述之比較分析並非在考慮破壞區內所有土層體積之嚴謹情況下進行。另外地表之震動雖可將土層密實，但由破壞區範圍外有限之試驗數據顯示地震後 $(N_1)_{60}$ 並未有明顯之增加。

Bartlett 及 Youd 於 1995 年研發一用以分析因液化引致水平擴展 (Lateral spread) 後其地層水平變形量之經驗法則，該分析模式是根據美國及日本發生地震之 15 個案例資料經複合線性迴歸分析 (multiple linear regression analyses) 之結果，該分析模式認為水平或稍傾斜之表面經地震後將形成斜坡或自由面 (free face)，而其水平變形量與自由面之高度及距自由面之長度兩參數間有良好之相關性，Bartlett 及 Youd 曾將發生於 1964 年日本 Nigata 之地震於 Shinano 河流之實測數據繪製地表水平變形量 (Horizontal displacement) 與距自由面長度之關係圖。若將 B 突堤破壞區靠近中間之地表變形量點繪於前述關係圖上加以分析比較，顯示兩個地區之數據均有相同之情況。

若使用合適之參數，經 Bartlett 模式分析 B 突堤之地表變形量為 0.2 公尺。Bartlett 分析模式於研發時所使用之個案數據其自由面高度與斜坡坡址至破壞中心之比均小於 0.2，因此 Bartlett 認為分析模式應用於很靠近自由面之位址時應小心處理（因該處之比例超過 0.2），環繞 B 突堤四周之斜坡其高度將使 B 突堤區內之所有地點其自由面高度與距離之比例超過 0.2，因此發生於 B 突堤區內各種不同方向與程度之破壞現象若解釋為液化引致之崩坍 (slumping) 或斜坡之損壞可解釋為水平擴散現象為佳。

八、與其它突堤區之比較

根據現有鑽探資料顯示國王港區內其它同以回填土築成之 A、C、D 突堤，其土壤顆粒之組成與稠度均與發生災害之 B 突堤區相似，因此該等地區之地震破壞潛能似乎應相似，但實際上在其它回填突堤區發生明顯液化現象者，僅限於 D 突堤上一鹽水湖游泳池周圍地區，該區位於 B 突堤南方 600 公尺，於湖之周圍附近有數處發生砂土噴騰現象，並產生局部之沈陷，其最大量約為 0.5 公尺，在湖北邊觀測到之水平變形量為 50-80 公厘。

B 突堤破壞區與其它突堤區比較有三個基本不同特點，說明如下：

1. B 突堤為細長山脊狀地形，突堤走向與地表震動主要分量之方向成垂直。

2. B突堤南邊在回填上層下有一向南傾斜1.5~2.5%之原來地面，該斜坡方向是遠離震央。
3. 在B突堤回填土層之底層處及其附近存有細顆粒之黏土質湖積土，該土壤具有低摩擦阻抗及不良之排水特性。上述任一項或數項因素將使B突堤之中央部份於北嶺地震期間產生不同程度之嚴重破壞，任何一項特點對斜坡穩定均有不良之影響。

九、救災與重建措施

(一)一般重建措施

首先對計畫用以改良地層之礫石柱(Stone column)及夯實灌漿(compacting grouting)兩種工法進行現地試驗。緊接著進行鑽探及SPT試驗證實該二種工法對增加土層密實性及減低液化潛能具有相當成效。

完成地層改善工法之試驗後，重建工作依下列順序依次展開(1)發生明顯變形之擋土牆及海堤予以敲除。(2)移除損壞之建物及鋪面，公用管線由於需維持服務因此先予以暫時固定，移除損壞之污水抽取站後又新建。(3)沿著突堤北邊之海牆其底下及附近之土壤，易受礫石柱施工震動而損壞，因此使用夯實灌漿方法密實土層。(4)其它破壞地區使用礫石柱工法，由突堤北邊向南施工。(5)重建斜坡，並新建一海岸保護設施以取代原來之擋土牆與拋石

堤組成之海堤系統。(6)其它重建設施包括淋水系統、休息室、貨物貯藏室及公用管線等。(7)新建AC鋪面停車場、景觀工程及其它美化設施。

(二)夯實灌漿

夯實灌漿之改善工程施行於B突堤北邊之海堤後線，面積達1900平方公尺，該區域緊鄰嚴重破壞區，此區選定夯實灌漿方法主要著眼於海堤及其附近之污水抽水站易受礫石柱施工引致之震動影響，本工法之施工是以高壓將由沈泥質砂、水泥及水混合而成類似水泥砂漿之低坍度混合物灌入有問題之土壤內，灌漿孔位之間距為2.2公尺，灌漿是將10公分口徑之鋼套管壓入到深度約11~14公尺之緊密或極緊密之砂土層內，套管之壓入是利用吊車所吊之震動錘為之，灌漿是由底部向上分段進行，每階段進行之長度為1.2公尺，施工規範要求灌漿須持續進行至壓力達28 kg/cm²或地面頂起2.5mm才能停止。由於海牆於漿液灌入時顯現較敏感，因此灌漿過程海牆之變位監測成為施工時安全監測重心。灌漿使用遙控開關以便於變位量達到之瞬間能將灌漿馬達關閉，施工時擋土牆頂端之總位移量未超3-5mm。

若以改善相同面積之施工費用加以比較，夯實灌漿之費用約為礫石柱施工之3倍，因此夯實

灌漿僅限於易受震動影響之海牆及污水抽水站等處。

(三) 礫石柱

礫石柱改善工法之施工面積達 5500m²，礫石柱間距最先選定為 2.75 公尺，間距之決定是按照 Seed 及 Booker(1977) 建議之公式並參考過去使用類似材料之經驗。

礫石柱之施工是先進行一現地試驗評估其成效，再根據試驗階段獲得之資料修正設計數據，施工時承包商認為全程利用震動管將礫石料置入直至完成效率最高，另外為助於貫入黏土質之湖積土層或其它偶遇之緊密土層，噴水設施被認為是需要的。現地試驗後並未改變原先選定之間距。

礫石柱施工其石料之供應是使用底部供料法 (bottom feed method)，該法是將礫石料由上部之供料漏斗倒入然後經由中間管路再送至震動管之底部，礫石柱之底部須貫入湖積土層下方較緊密之砂土層，該砂土層之貫入阻力將有明顯之增加。礫石柱之深度一般是 11~14 公尺，震動管貫入時之阻力是藉由設於吊車操作室內之安培計來量測，震動管向下貫入時其量測到之電流一般是 150~180 安培，震動管先貫入至孔底位置，然後向上提升一公尺，此時由供料口倒入碎石料，並利用震動管將碎石料向下

壓實，壓實後震動管再提升 1.0~1.5 公尺，上述過程重複進行直至完成，於壓實過程量測到之電流為 220~250 安培。

礫石柱施工所使用之碎石料其粒徑分佈如表 1，每一礫石柱所使用之碎石料體積約為 5.3~17.4 立方公尺，此等體相當於直徑為 0.7~1.4 公尺之礫石柱，典型之礫石柱直徑為 1.0~1.3 公尺，通常每一礫石柱所需之粒料體積將隨礫石柱之數量而減少。礫石柱之周圍於施工過程會產生一公尺深之凹陷，該沈陷區最後須填碎石料並加以壓實。

篩網大小 (mm)	過篩百分比
50	100
38	95-100
10	0-5

十、重建後地層狀況之評估

地震後但尚未進行任何地層改良前地質鑽探結果其 SPT—N 值如圖 9 所示，於礫石柱工法現地試驗後進行之 SPT 試驗結果亦會繪於圖 9 加以比較，改良後之試驗數據不多，其土層之平均 N 值由未改良前之 6 提升至試驗後之 20~30。改良前後類似之 CPT 試驗結果亦顯示於圖 9。在回填土層下之湖積土層其 SPT—N 值及 CPT 之錐頭阻力於改良後並未增加，該現象可能因湖積土層之細顆粒特性導致，但湖積土層內夾雜之砂土薄層

仍顯現較為緊密之效果。

災區重建後最後必須根據該地區將來可能發生之地震規模等資料評估分析地震時之行為。距國王港區最近及最活躍之斷層是 Palos Verders 斷層，位在 B 突堤之南方 1.9 公里，該斷層可能發生地震之最大規模為 7.0 (Slemmons 1982)，雖然用最大可能地震分析是較保守，但對重建後地層狀況之分析評估，它是一種有效之假設。

有多種衰減關係式可用以估求距震央不同距離處之地表加速度，為評估分析 B 突堤區地震時地層之行為，使用 Mualchin 及 Jones 1992 年建議之衰減關係式估求最大地表水平加速度結果為 0.63g，Bolt (1973) 評估其強地動週期為 28 秒。

根據 Seed 及 Idriss 1971 年建議之方法，地表因地震引致之反復剪應力比如下式：

$$SSR = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_0}{\sigma'_0} \cdot r_d$$

此處 a_{max} = 地表最大加速度，
(0.63g 由上可知)

σ_0 = 總覆土壓力

σ'_0 = 有效覆土壓力

r_d = 深度縮減係數，若考慮
上面 10 公尺之土層。

則 $r_d = 1 - 0.12Z$, Z = 深度 (公尺)

B 突堤地區其回填之較疏鬆砂土層在前述之地震作用時被認為會產生液化，其引致之地震反復剪應

力 $SSR = 0.38$ ，應用 Seed 1985 年建議之修正公式，將圖 9 內之 N 值修正成 $(N_1)_{60}$ 其值約為 26，在前述地震規模 7.0 之地震作用下，若不考慮礫石柱之存在，則 $(N_1)_{60}$ 為 26 之乾淨砂土層在反復剪應力為 0.31 時將產生液化現象。於圖 9 內之 CPT 錐頭阻力若使 Stark 用及 Olson (1995) 年之有效覆土壓力修正因素加以修正，再根據 Stark 建議之乾淨砂土發生起始液化現象之 SSR 與修正錐頭阻力之關係圖可估求 SSR ，此法求取之 SSR 值與前述利用 N 值求取者是相近的，因此若未考慮礫石柱額外之排水能力與剪力阻抗，則對所選定 7.0 地震規模其所估求之 SSR 值為將產生液化現象時之 1.2 倍，其安全係數即約為 0.8。

Seed 及 Booker 1977 年所建議之方法為包含考慮礫石柱之額外排水能力之分析公式，該分析過程需有透水係數 K 、三向度之體積壓縮係數 M_{v3} 及礫石柱之直徑與施工間距等資料。根據礫石柱承包商進行之室內透水試驗其結果係數為 $2.5 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ ，Lee 及 Albaisa (1974) 估計乾淨砂土之體積壓縮係數約為 $1.35 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{KN}$ ，雖然 M_{v3} 沒有試驗資料，但 Seed 認為 M_{v3} 數據之誤差對分析不會產生大影響。

Seed 及 Booker 曾繪製 N_{eg}/N_1 與地震期間引致之最大孔隙水壓比 r_g 及排水系統參數 a/b 之關係圖，其中 N_{eg} 為將地震作用力轉換成等量之均勻反復應力作用次數，而 N_1 發生液化之反復應力作用次數， a 為

礫石柱直徑， b 為礫石柱間距。前曾述及地震時之SSR為產生液化時SSR之1.2倍，因此分析時使用 $N_{eq}/N_e=2$ 圖表為合理的，由B突堤區礫石柱 a/b ($a=1.25$ 公尺， $b=2.75$ 公尺)可求得地震時之最大孔水隙水壓比為0.2，亦即地震時引致之孔水隙水壓將不會超過發生液化時孔水隙水壓之0.2倍，該狀況相當於安全係數為5.0，此等保守結果是因考慮地層土壤性質與可能發生地震特性等之不確定性。由以上之分析評估B突堤區經重建措施後，將來若遭遇前設定7.0規模之地震時將會完好。

十一、參考文獻

1. Bartlett, S.F., and Youd, T. L. (1995). "Empirical prediction of liquefaction-induced lateral spread." *J. Geotech. Engrg., ASCE*, 121(4), 316-329.
2. Bolt, B.A. (1973). "Duration of strong ground motion." *Proc., 5th World Conf. on Earthquake Engrg., Earthquake Engrg. Res. Inst.*, 13-18.
3. Lee, K.L., Albaisa, A. (1974). "Earthquake induced settlements in saturated sands." *J. Geotech. Engrg., ASCE*, 100(4), 387-406.
4. Mualchin, L., and Jones, A.I. (1992). "Peak acceleration from maximum credible earthquakes in California." *California Division of Mines and Geology, Open-File Rep.* 92-1.
5. Scott, T.K. and James, J.S. (1997). "Liquefaction failure and remediation: King harbor Redondo beach, California." *J. Geotech. Engrg., ASCE*, 123(8), 760-769.
6. Seed, H.B., and Booker, J.R. (1997). "Stabilization of potentially liquefiable sand deposits using gravel drains." *J. Geotech. Engrg., ASCE*, 103(7), 757-768.
7. Seed, H.B., and Idriss, I. M. (1982). "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes." *Earthquake Engrg. Res. Inst., Berkeley, Calif.*
8. Seed, H.B., Tokimatsu, K., Harder, L. F., and Chung, R. M. (1985). "Influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations." *J. Geotech. Engrg., ASCE*, 111(12), 1425-1445.
9. Slemmons, D.B. (1982). "Determination of design earthquake magnitudes for microzonation." *Proc., 3rd int. Microzonation Conf., Volume 1.*
10. Stark, T. D., and Olson, S.M. (1995). "Liquefaction resistance using CPT and field case histories." *J. Geotech. Engrg., ASCE*, 121(12), 856-869.

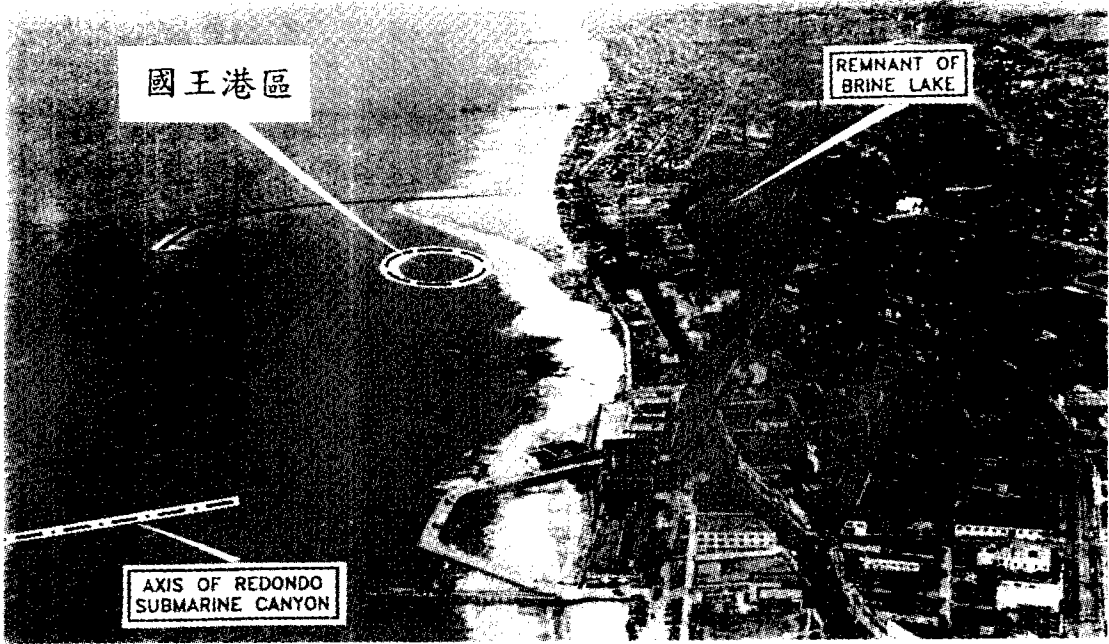


圖 1 美國加州 Redondo 海灘國王港區地理位置圖

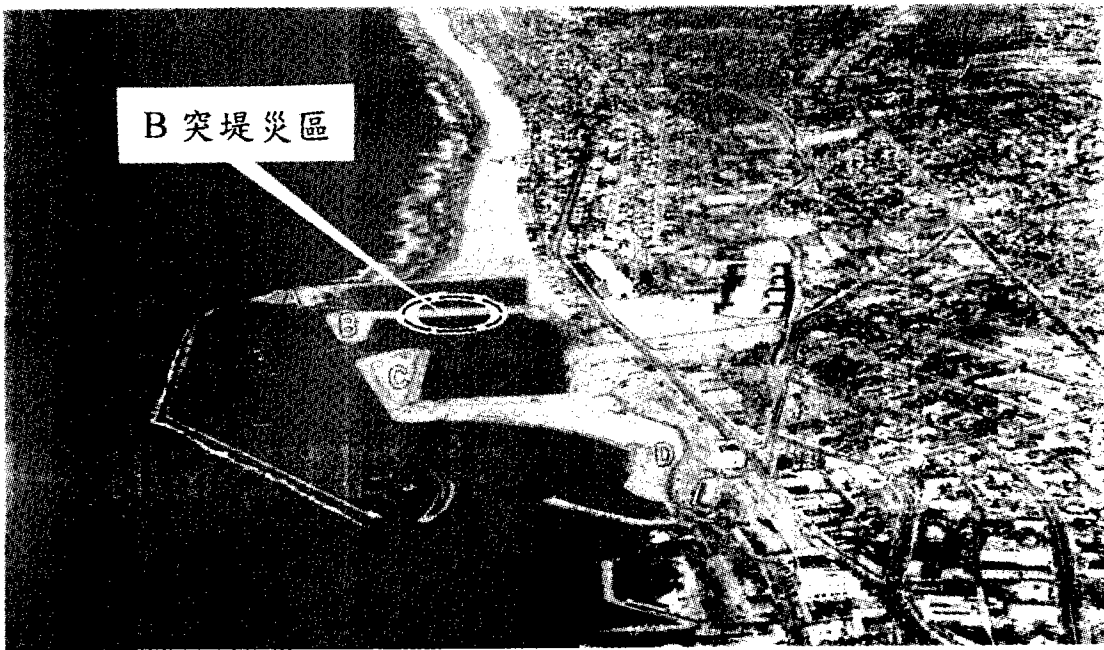


圖 2 美國 1994 年北嶺地震國王港區 B 突堤災區位置圖

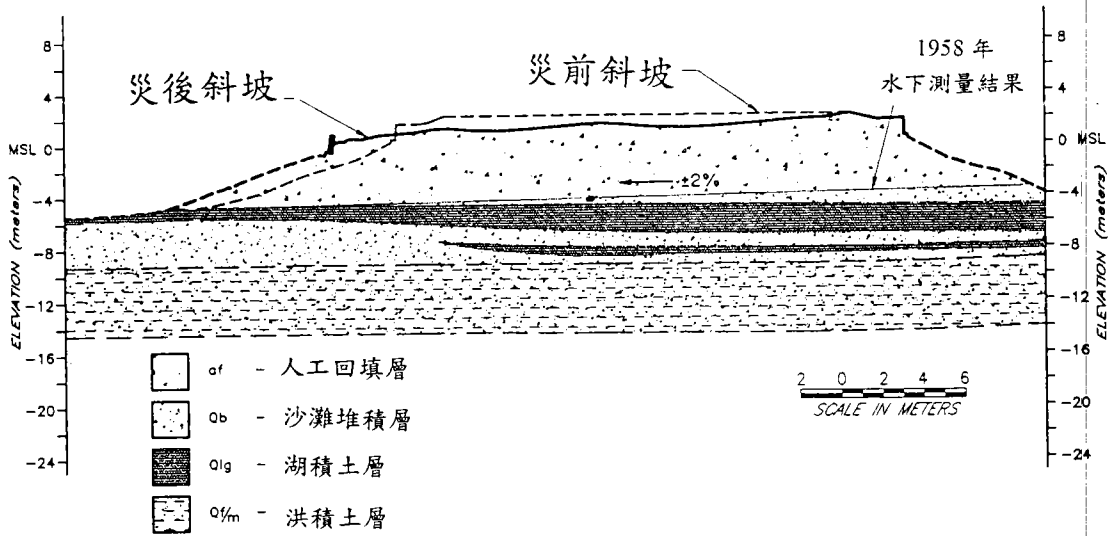


圖 3 B 突堤區地面下土層斷面圖

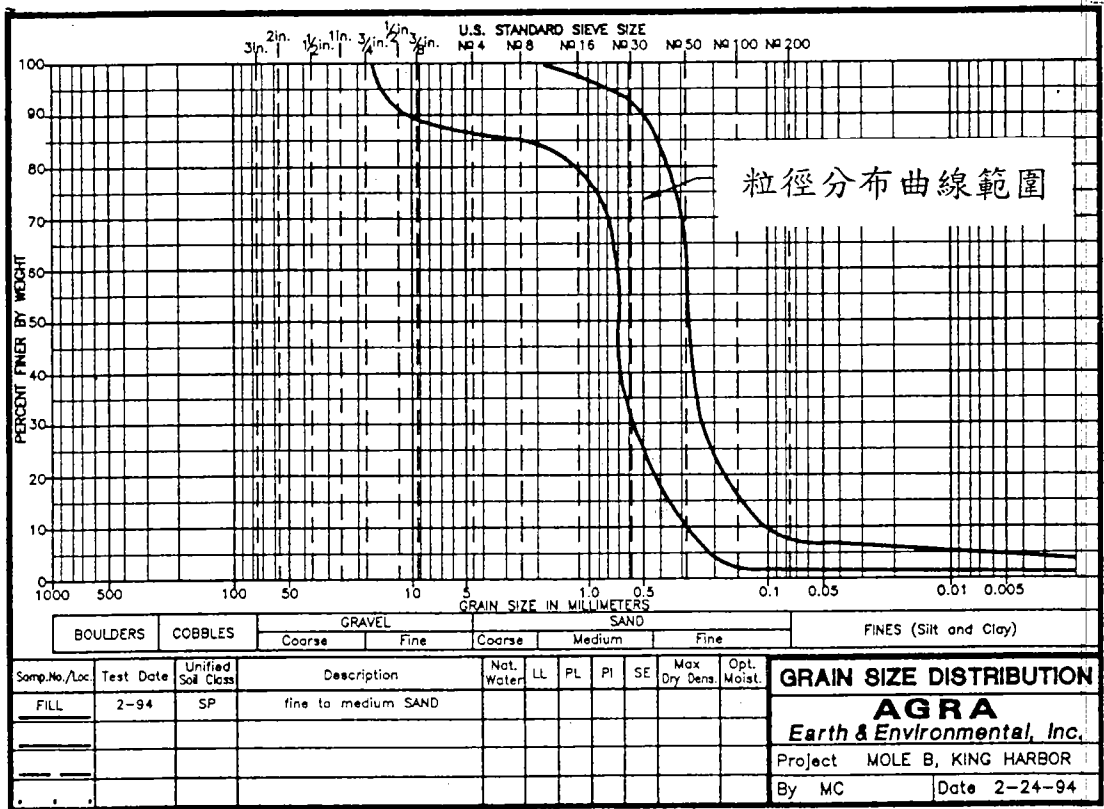


圖 4 B 突堤區回填砂土層粒徑分佈圖

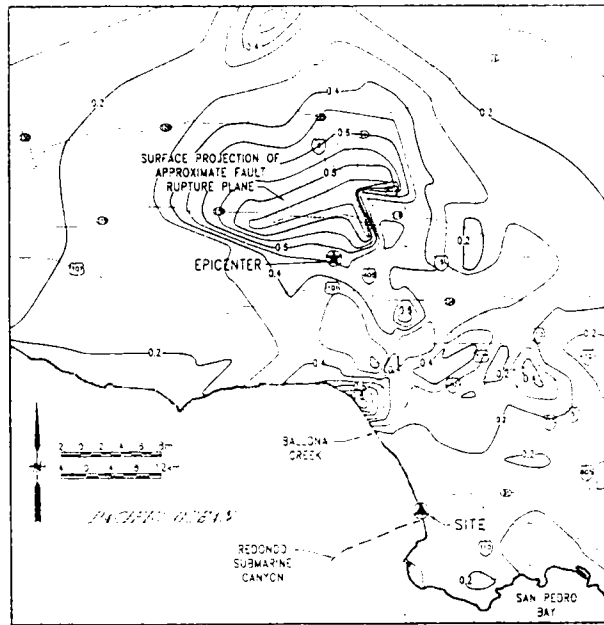


圖 5 北嶺地震期間等量水平最大地表加速度分佈圖

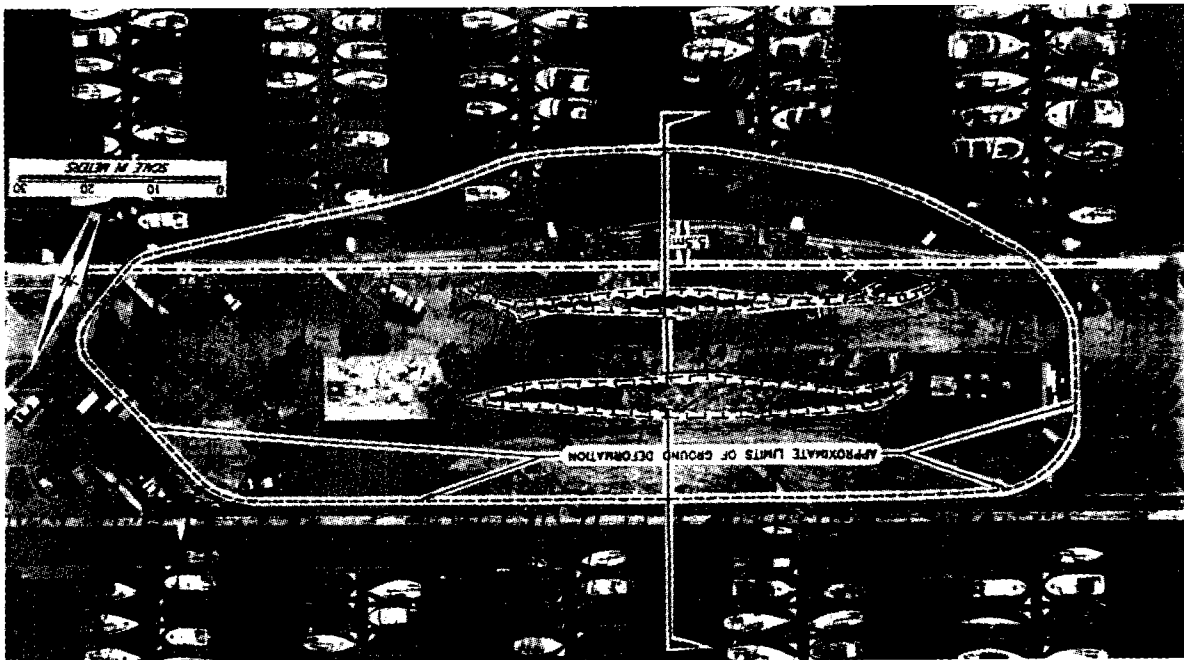


圖 6 B 突堤中央嚴重破壞區



圖 7 B 突堤中央長條形破壞區

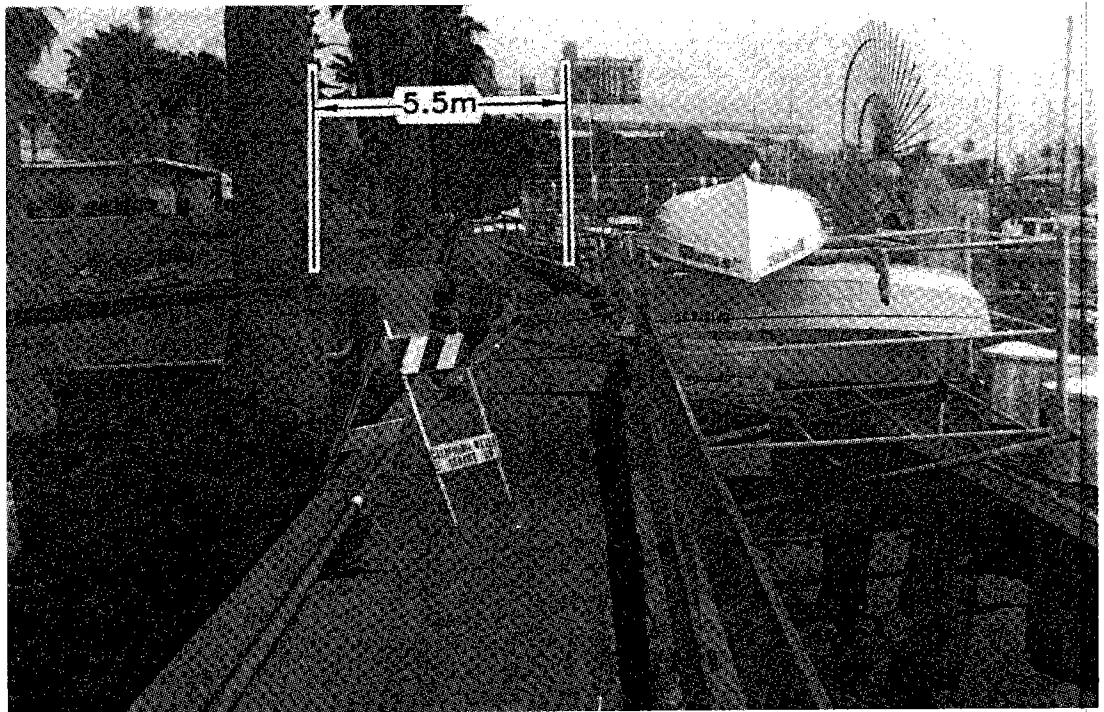


圖 8 B 突堤區海堤牆地震變形為弓形

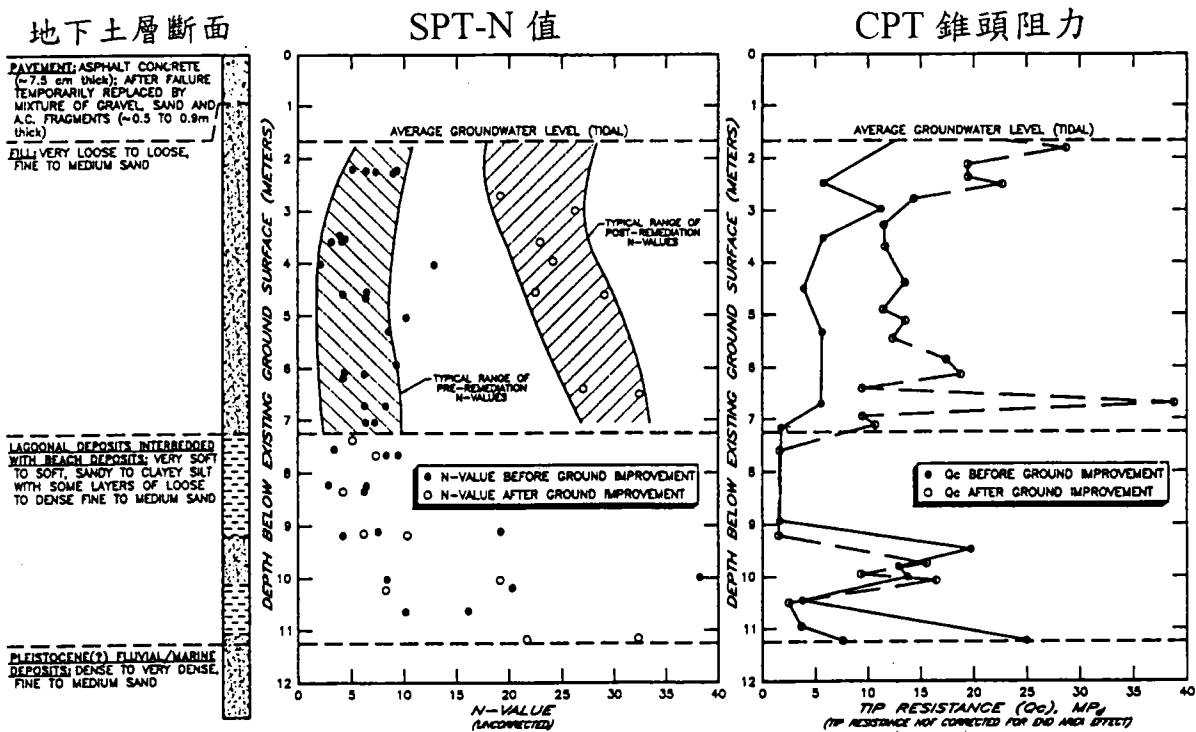
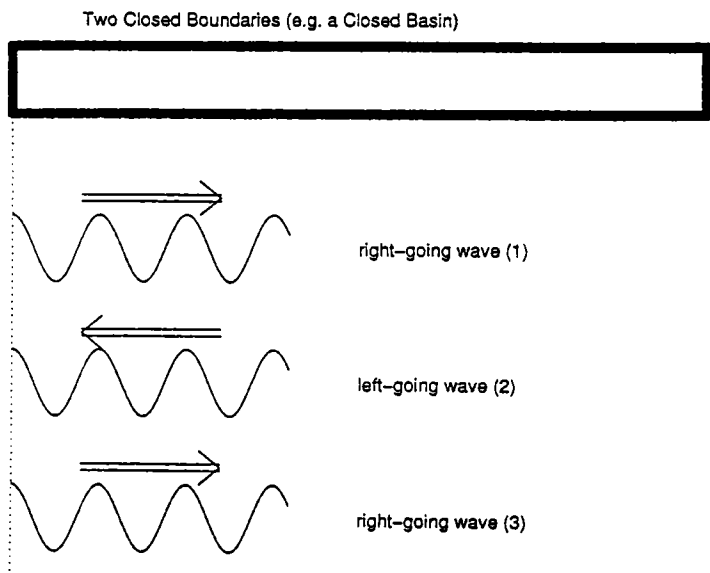


圖 9 B 突堤區回填土層於改良前後 SPT-N 值與 CPT 錐頭阻力之試驗結果

更正啟事

本刊第 52 期第 35 頁[圖 1]更正如下：



亞洲地區主要港埠之行銷網頁介紹(Ⅲ)

單誠基 港灣技術研究中心副研究員

一、新加坡海事港務局

網址：www.mpa.gov.sg這是政府網站。主要服務就是港區船舶引水和拖船指引與推薦。全區使用差分全球衛星定位系統(DGPS)，也就是GPS接收機可收到基地台送出校正值，使誤差不超過5公尺。出版電子航道圖，座標系統為國際通用WGS 84。還有一般航政業務。如圖1、圖2。

二、新加坡港務公司

網址：www.psa.com.sg，這是新加坡港務公司，負責營運業務。網頁內容非常豐富可看性高。新加坡港與香港在貨櫃裝卸量是同級的，世界排名屬一屬二。網路與通信完善有非常大貢獻。網頁上列有五個網路資料庫分別為Shipping Information、Maritime Directory、PORTNET、Shipping Links、和Reefer資訊。四個貨櫃碼頭中心，物流中心(Distriparks)包括相關碼頭，都有詳細介紹。另外有訓練課程代訓橋式起重機司機，使用模擬機為其特色。

新加坡港務公司為企業集團，

其子公司(Subsidiaries)和關係企業(Associated Company)觸角遍及世界各地。主要業務為顧問公司專營港埠主體工程，經營管理、資訊技術、或實際參與投資興建。其他業務包括空運物流、海運物流、保險、倉儲，港勤作業等。如圖3、圖4。

三、美國馬里蘭州巴爾的摩(Baltimore)港

巴港在貨櫃裝卸量而言，並不是大港。這裡介紹有二個原因。第一、貨櫃碼頭採用先進科技，可說是自動化程度非常高，企圖心旺盛。網站：www.mpa.state.md.us，網頁內Seagirt Marine Terminal貨櫃中心於1990年起用，進出口櫃報關使用不同車道自動檢查貨櫃與車架是否受損及電腦化貨櫃起重機裝卸等著墨甚多。也是該港引以為傲的。如圖5、圖6。另一個原因就是其老舊內港更新，成為當地著名觀光勝地，不僅吸引該市居民也吸引外州人士闖家前來一遊，常為國內顧問公司提出觀摩的對象。網站：www.harborplace.com，這網頁是典型商業行銷用途。其中

"The Gallery" 為一個購物中心名字。網頁前段說明港地 (harbor-place) [應該是指內港附近商家] 和購物中心位於巴爾的摩著名內港心臟地帶，鄰近晶瑩(sparkling)港區水域，等等。的確，港池水質好到可以玩雙腳踩槳的遊樂船。加上終年不斷多樣性商業活動才會持續繁榮興旺。如圖7、圖8。

四、美國運作的海洋資料產品和服務中心

網站：co-ops.nos.noaa.gov，網頁由美國海洋大氣局〔NOAA〕屬下國家海洋服務處〔NOS〕，和大學、工業界、州政府、聯邦政府合作計畫，電腦伺服器設在NOS。提供美國主要港口歷史與即時觀測和預測資料，包括水位〔water levels〕、延岸流〔coastal currents〕和其他氣象、海象資料。資料庫稱為"PORTS" 進入前要向當地NOS付費訂閱。建立網頁目的是防止船難〔擱淺與相撞〕發生，造成海洋環境污染和保險公司、

船東巨額損失。如圖9、圖10。

結論：

1. 英文網頁是國際行銷重要媒體，提供的資訊比紙本宣傳小冊子多又新。參加國際組織資料上都需填網址，有英文版才夠誠意。尤其網站網址有.gov的政府機構，更要重視。內容可以簡單，但是圖樣設計精緻美觀，一樣受歡迎。
2. 國內四個國際商港，只有港務局網頁，略顯單薄。如果交通部網頁也能以自己立場介紹四港，加上碼頭裝卸公司也能提供網頁，再加上以該港為母港船公司也能有網頁介紹，這樣一來四港網頁整體內容就非常豐富。韓國釜山港是例子可參考。
3. 國內與海洋環境有關產官學也能整合資源，建立如同美國NOS等合作計畫"PORTS" 在網頁提供四個國際商港海、氣象即時與預測資料。不僅實用也是實力展示。



圖1. 新加坡海事港務局

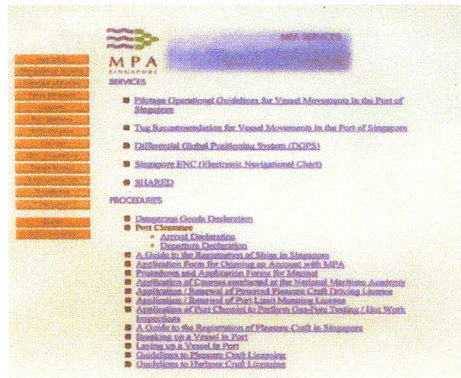


圖2. 新加坡海事港務局



圖3. 新加坡港務公司

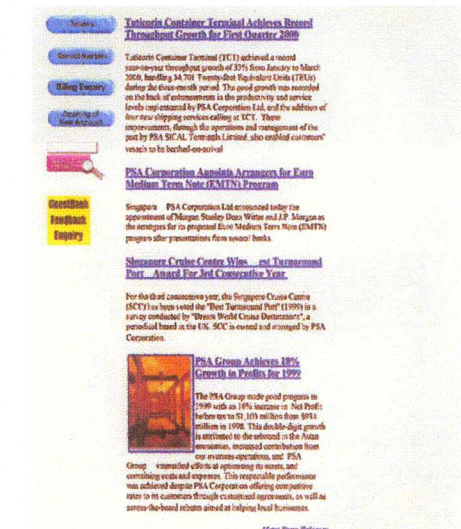


圖4. 新加坡港務公司

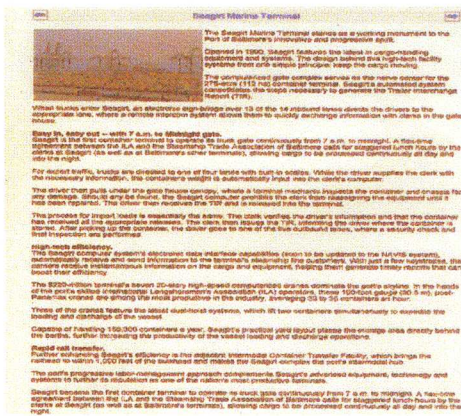


圖5. 巴爾的摩港貨櫃中心介紹

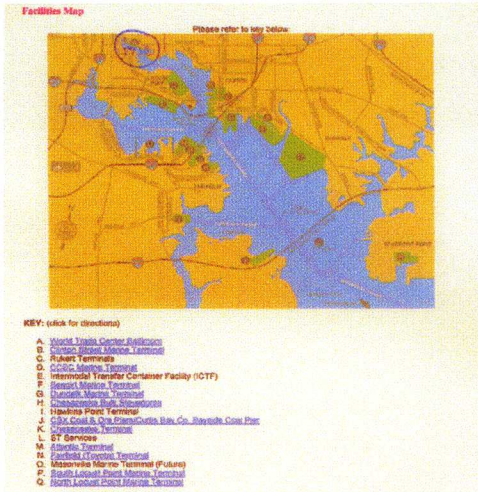


圖6. 巴爾的摩港區碼頭佈置

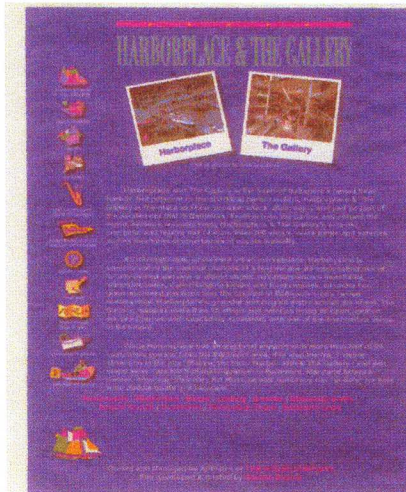


圖7. 巴爾的摩港內港網頁

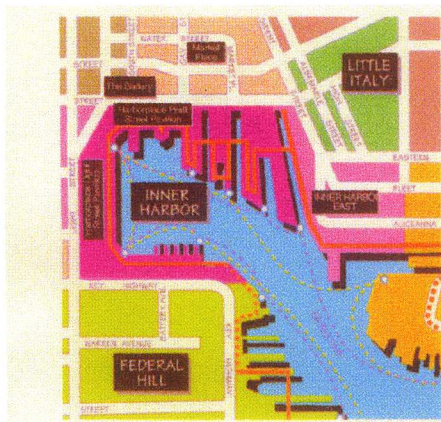


圖8. 內港佈置

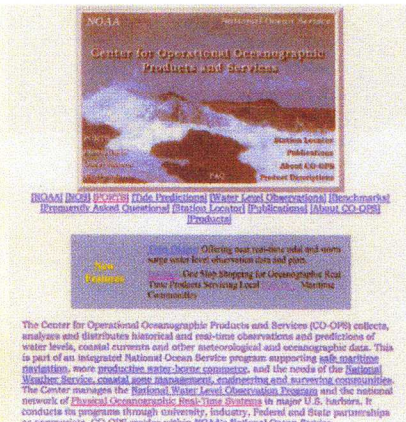


圖9. 美國海洋資料服務中心

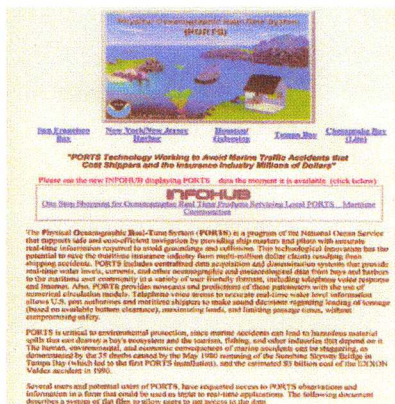


圖10. 美國海洋資料服務中心