

港灣報導



季刊 第68期

要 目

- ❖ 填海造地工程參考作業手冊簡介
- ❖ 台中港建立汽車發貨中心初探
- ❖ 地震作用下板樁式碼頭主樁入土長度安全評估
- ❖ 淺談日本自然調和型漁港之藻場機能技術
- ❖ 淺談親水性堤岸之配置及應用
- ❖ 彌陀漁港改善與海底砂丘浚挖對港域靜穩及海岸保護影響之探討

中華民國九十三年六月出版

港灣報導季刊

第 68 期

交通部運輸研究所

中華民國九十三年六月

目 錄

一、填海造地工程參考作業手冊簡介	1
柯鄉黨 內政部營建署署長	
簡連貴 海洋大學河海工程系教授	
林敏濟 近海防災中心研究助理	
陳其蔽 近海防災中心研究助理	
二、台中港建立汽車發貨中心初探	8
林春福 交通部台中港務局業務組科員	
三、地震作用下板樁式碼頭主樁入土長度安全評估	16
賴瑞應 交通部運輸研究所港灣研究中心副研究員	
賴聖耀 交通部運輸研究所港灣研究中心研究員	
四、淺談日本自然調和型漁港之藻場機能技術	32
張瑞欣 台灣漁業及海洋技術顧問社總經理	
陳炳祺 台灣漁業及海洋技術顧問社工程部經理	
陳昌生 台灣漁業及海洋技術顧問社規劃組組長	
林東廷 台灣漁業及海洋技術顧問社正工程師	
五、淺談親水性堤岸之配置及應用	44
蔡立宏 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員	
張憲國 國立交通大學土木工程學系副教授	
劉勁成 國立交通大學土木工程學系所博士班研究生	
六、彌陀漁港改善與海底砂丘浚挖對港域靜穩 及海岸保護影響之探討	55
賴明松 國立成功大學水工試驗所研究助理	
楊瑞源 國立成功大學水工試驗所副研究員	
許永誠 台灣漁業及海洋工程顧問社正工程師	
許榮庭 國立成功大學水工試驗所副研究員	

填海造地工程參考作業手冊簡介

柯鄉黨 內政部營建署署長
簡連貴 海洋大學河海工程系教授
林敏濟 近海防災中心研究助理
陳其蔽 近海防災中心研究助理

一、前言

台灣為一海島國家，地狹人稠，利用海洋成為經濟發展之重要策略之一，政府有鑑於此，從民國七十年代規劃海岸空間之利用，至目前西海岸海埔地施工中及計劃中之工程即有十四項，規模龐大，其自然條件與國外類似工程有所不同，因此在環境調查、規劃設計及施工技術等方面，除參考國外經驗外，對於填海造地工程可能引發之本土化問題，更應詳加檢討。由於填海造地工程範疇頗為廣泛，待深入探討之項目亦多，據此內政部營建署於民國89年針對海埔地開發工程所推動『海埔地開發工程營建自動化方案規劃』。規劃初期所需達成程目標為：「健全海埔地開發環境調查技術，推動調查分類及自動化指標；建立本土海埔地開發工程資料庫，整合新科技於海埔地開發工程之研發；推動及提昇海埔地開發工程技術之系統化、標準化、自動化及資訊化」。其中，推動及提昇海埔地開發工程技術之系統化、標準化、自動化

及資訊化，即為本文章「填海造地工程參考作業手冊」之緣起。

二、海埔地營建自動化

內政部營建署自民國84年起積極推動『營建自動化計畫』，藉由自動化施工，增加營建產業實力，加速產業昇級，進而提昇國家競爭力。多年來已針對陸上相關重要議題，成立營建自動化策略聯盟、營建自動化施工技術群，整合專家學者之意見與經驗，透過自動化技術推廣及資料庫建置，獲得多項具體成果。而目前台灣海岸持續推動填海造地工程，對於填海造地開發工程所引致規劃、設計、施工及環境保護等課題，政府除需提出相關管理辦法外，更需建立一套海岸開發與海岸國土規劃機制，以有效利用海域空間。內政部營建署於民國89年針對海埔地開發工程所推動『海埔地開發工程營建自動化方案規劃』藉以探討海埔地開發工程自動化之範疇與目標，訂定自動化作業流程，研擬自動化方案及短、中、長期之規劃目標、與執行方式之建議策略等課

題。

民國91年延續方案規劃建議事項持續進行『推動建立填海造地工程規劃設計及施工標準化』，執行成果涵括環境基本資料調查與分析、規劃設計及施工方面之標準化作業技術，以提高開發效率及加強工程品質。同時針對『標準化』之課題進行評析，從標準化基本精神，標準化表達方式，標準化與法令規範之依附性，標準化與創新之衝突，標準化與資訊、科技、人才三者之關聯性等分析探討。

民國92年營建署為落實歷年研究成果。推動第一期三年研究計畫，第一階段計畫「填海造地工程先期規劃工作可行性評估」，為填海造地工程示範區推動初期，須對國內整體海岸開發現況及未來規劃進行分析，先由既有之填海造地工程案例與相關現行法規條文規範取得相關造地經驗資訊，同時延續前期計畫成果，編製「填海造地工程參考作業手冊」提供未來推動海埔地開發工程之參考依據。爰此，於民國92年12月「填海造地工程參考作業手冊」編製完成，期能為填海造地工程豎立標準化施工流程。以作為規劃、設計及施工標準化之依據，建立未來推動海埔地開發工程由標準化延伸為自動化、資訊化、電子化之基礎工作。

三、填海造地工程參考作業手冊

3.1 作業手冊內容介紹

「填海造地工程參考作業手冊」(以下簡稱作業手冊)，內容如下述四

篇，且由此四部份架構而成：1.基本環境資料調查篇：海氣象、地形、地質、工程材料。2.規劃篇：造地、圍堤工程。3.設計篇：堤防工程、造地工程、地盤改良。4.施工篇：圍堤工程、造地工程、地盤改良、施工管理。

1. 調查篇

本篇第壹章引言，第貳章作業目標及適用範圍，旨在確認整體調查分析工作之作業目標，並釐清其適用範圍；第參章法規要求，則在歸納整理內政部營建署「非都市土地開發審議作業規範」第十一編海埔地開發編等既有法規條文，以供實際調查作業參考。第肆章至第柒章，則分別就海象、地形、地質及工程材料等各項基本資料之蒐集、調查與分析等作業，按各該作業項目之作業流程、既有調查資料蒐集、新測調查資料作業、調查資料分析及應用等要項，分別加以說明，以供參考。

2. 規劃篇

本篇第壹章作業目標及適用範圍，旨在確認整體規劃工作之作業目標，並釐清其適用範圍；第貳章法規要求，則在歸納整理內政部營建署「非都市土地開發審議作業規範」第十一編海埔地開發編等既有法規條文，以供實際規劃作業參考。第肆章至第柒章，則分別按各該作業項目之作業要項，分別加以說明，以供參考。

3. 設計篇

本篇內容以填海造地工程最主要

之堤防、造地及地質改良三大部份為主，就其設計作業流程、設計方法及設計上應考量事項加以說明，供設計人員參考引用。

而海域之建設工程與陸地工程截然不同，須特別考慮複雜之海象因素，但目前海岸工程研究，對於海洋環境之不確定性仍無法完全掌握，尤其在長期海域環境資料不易獲得之情況下，須利用經驗公式、試驗分析或數值計算等方法來輔助設計工作。因此，填海造地工程有各種不同設計方法，本篇無法一一涵蓋，僅就國內工程界一般廣為採用之設計方法加以介紹說明。工程設計時，對於設計資料的準確性、分析方法之適宜性及設計考量之周延性，直接影響設計成果品

質。因此，對於設計方法之適用性及限制性應充分瞭解，避免引用失當。填海造地工程設計除參考本手冊外，必要時仍須參考其他相關設計基準或設計手冊，以補本設計手冊之不足。

4. 施工篇

本篇撰寫範圍係針對圍堤、填地為主軸，於可能之範圍內考慮工程對環境災害防止、保全及生態保育、探討填海造地開發工程如何考量工程與環境保護、代替材料及代替工法之介紹引入、檢討法令規範之合宜性及填海造地申請作業流程擬修等方向進行編列。

作業手冊內容，主要項目可整理條列如表 1 所示。

表 1 填海造地工程參考作業手冊工作項目

項目	手冊項目
調查篇	<ul style="list-style-type: none"> ■ 海象－潮位 <ul style="list-style-type: none"> －潮位資料蒐集、調查與分析標準作業流程 －調查作業方法與儀器 －資料分析建檔(參照既定中央氣象局潮位逐時月報表、逐月統計潮位、預測潮位、暴潮偏差推算) ■ 海象－波浪 <ul style="list-style-type: none"> －波浪資料蒐集、調查與分析標準作業流程 －資料分析(參照既定中央氣象局逐時、逐日波浪紀錄表) －颱風設計波浪推算(程序、要項基本原則) ■ 地形 <ul style="list-style-type: none"> －地形資料蒐集、調查與分析作業流程圖 －調查資料分析與應用 －水深地形測量 －近岸淺灘地形 －水深地形圖繪製 ■ 地質 <ul style="list-style-type: none"> －地質與土壤資料蒐集與分析標準作業流程圖 －既有資料蒐集 －探測方法 －地質鑽探深度及孔數 －試驗項目及應用 ■ 工程材料 <ul style="list-style-type: none"> －工程材料資料蒐集與分析標準化作業流程圖 －現地踏勘及試驗 －料源區建議及採運計畫

項目	手冊項目	
規劃篇	<ul style="list-style-type: none"> ■ 造地規劃 — 造地工程規劃標準化作業流程圖 — 造地規模 — 造地料源 	<ul style="list-style-type: none"> — 區址可行性檢討及相關法規要求 — 造地高程 — 分期分區開發
設計篇	<ul style="list-style-type: none"> ■ 堤防工程設計 — 堤防設計標準化作業流程圖 — 堤形選擇 — 外力計算、安定分析 — 親水性及生態工法之應用 ■ 造地工程 — 造地設計標準化作業流程圖 — 浚填工程 — 液化潛能評估 ■ 地盤改良設計 — 地盤改良設計基本方針 — 地盤改良工法之設計 	<ul style="list-style-type: none"> — 設計條件 — 斷面基本設計 — 堤防定案設計 — 造地高程 — 營建剩餘土石回填場地設計 — 地盤改良工法之評估
施工篇	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現行法規 — 非都市土地開發審議作業規範 — 政府採購法 — 其它法規要求 ■ 圍堤工程 — 圍堤工程施工作業流程圖 ■ 造地工程 — 造地工程施工作業流程圖 ■ 地盤改良 — 地盤改良施工作業流程圖 ■ 施工管理、品質管制、勞工安全衛生、環境保護 	<ul style="list-style-type: none"> — 營造業法 — 公共工程施工品質作業要點

3.2 作業手冊特點

1. 收集國、內外相關資料及技術

本項作業手冊以內政部營建署「海埔地開發工程設計手冊」(民國85年5月)為基礎，並加以補充收集國、內外海岸工程之規設基準及研究報告，探討其規劃理念、設計方法、工作執行等過程及實質成效，作為建立本手冊之參考。

2. 考量環境保育因素

隨著以填海造地開發工程因應台灣土地需求之趨勢，相關環境保護及環保問題亦日趨重要。因此，如何考量工程施工與環境災害防止、保全及

生態保育，同時能提供親水空間等因素均極重要，實為不可或缺之考量因素。

3. 落實本土化

考量台灣地區之海岸特性，建立本土化填海造地規劃設計及施工手冊。另外，為因應台灣地區石料缺乏，料源取得不易之問題，近年紛紛引進新工法及研發替代材料，如採用地工沙袋、地工沙管、沙腸等柔性工法、利用平頭消波塊取代卵塊石之不足作為替代材料。對於此一新工法及替代材料，亦將一併納入以作為規劃設計及施工之參考。

4. 專家意見彙整

舉辦顧問會議，邀請政府相關單位、學研機構及產業界代表參加，廣徵各方意見，以求本手冊能符合需實際執行求。

四、填海造地開發之相關法規

填海造地工程，除參考本作業手冊施做外，亦需配合填海造地相關法規；台灣現有海岸相關法規，以法規的功能目的而言，大致可歸納為：

- (1)國家安全(2)自然保育(3)污染防治(4)

災害防護(5)資源開發(6)土地利用(7)營運管理等七大類型。而海岸管理僅僅是法規群中之配角而已，未來海岸法之實施，主要在補充現行海岸管理不足及整合現行海岸管理不一與衝突(圖1)，至於各事業營運等管理規範，仍依照各單行法規規定辦理。有關海岸地區之海埔地開發管理辦法，依內政部營建署所頒佈之法源依據簡述於下：



圖 1 海岸管理法規體系與工作重點關係圖(資料來源：營建署)

1. 海岸法草案 (92.10.29)

為促進海岸地區土地之合理利用，健全海岸管理，內政部爰針對國內現有管理癥結，參酌國外管理制度，擬具本法草案，以整合海岸地區管理事權，統一協調海岸地區各種法令規定，健全海岸管理制度。

2. 海埔地開發管理辦法 (88.10.5)

法對海埔地開發許可之申請、造地施工管理及土地使用管理均加以規範，其項目敘述於下：

- (1)總則。
- (2)開發許可。
- (3)造地施工管理。
- (4)土地使用管理。
- (5)附則。

3. 非都市土地開發審議作業規範 (92.3.13)

此法除對海埔地造地開發工程之規劃設計、應調查蒐集之基本資料項目、財務計畫及土地使用加以規範外，對海埔地開發之區位亦有限制。

五、結語

海埔地之開發遠自十八世紀以來，沿海居民為解決實際生活需要，已陸續在海埔地之高灘地上墾殖，闢成農田、漁塭或鹽田等，並可用以防禦暴潮之海水倒灌。此一階段之規劃設計，著重於工程安全與經濟考量，以防止海水侵入及保護堤後財產之安全為主要目的。

近二十多年來，經濟發展已逐漸轉變為工業型態。在內陸適於開發工業區之土地取得不易及民眾環保意識

高漲之影響下，為國家整體發展需求，開發海埔地供產業使用乃為不可避免之趨勢。目前海埔地之開發利用，已逐漸轉型成工業區開發、遊憩、住宅及建築廢棄物與垃圾掩埋場等用途，此一階段之開發計畫，於滿足土地資源需求下，海埔地開發朝向大型化及深水化發展，帶動相關工程技術之研究發展、提昇施工技術水準及引進新穎之工法外，對於環境保護及環保要求等問題亦逐漸獲得重視。

於可期之未來，填海造地勢必由目前工業用地需求漸漸改變，進階成為因應國土海岸後退、延緩國土流失，及為紓解陸上交通負載過大困境而興建港口(如台北港)，或興建國際港口使台灣成為亞洲運輸樞紐之國際轉運站...等相關問題。而填海造地亦由解決土地需求方面問題，轉化為解決如經濟、防災、生態、休閒方面之問題。而如何於不破壞大自然情況下與海爭地，或確定填海造地工程之必須性，實為填海造地工程實務課題上更需省思之要事。

於現階段，填海造地工程參考作業手冊之建立完成，能使填海造地工程達到減少勞力、增加績效之目標，還可保證品質、強化公共安全，且對於減低環境衝擊及生態保育部分亦有涵蓋，融入環境保育之前瞻概念。

參考文獻

1. J.P. de Waal and J.W. van der Meer ,
“Wave run-up and overtopping at
coastal structures” , ASEC, Proc.
23rd ICCE, Venice, Italy, pp.
1758~1771, 1992。
2. U.S. Army Coastal Engineering Re-
search Center (CERC), “Shore
Protection Manual” , 1984。
3. 填海造地工程先期規劃工作可行性
評估, 2003, 內政部營建署
4. 推動建立填海造地工程規劃設計及
施工標準化, 2002, 內政部營建署
5. 非都市土地開發審議作業規範,
2001, 營建雜誌社
6. 海埔地開發工程營建自動化方案規
劃, 2000, 內政部營建署
7. 建築技術規則建築構造篇基礎設計
規範, 2000, 內政部建築研究所
8. 吳建閩、王鴻基、陳彥良、龔浩
然、洪崇發, “礫石樁應用於抗液
化之設計及施工”, 土工技術雜誌
第 78 期, pp 59~74, 2000. 4
9. 興達發電廠環境監測, 2000, 台灣
電力股份有限公司。
10. 台灣省交通處, 港灣及海岸結構物
設計基準, 1997。
11. 海埔地開發工程規劃設計手冊,
1996, 內政部營建署
12. 填海造地政策規劃之研究, 1995,
行政院科技顧問組。
13. 彰化濱海工業區開發計畫-行政院環
境保護署八十三年度環鏡影評估追
考核, 1994, 經濟部
14. 海埔地開發工程設計標準之研擬,
1993, 內政部營建署。

台中港建立汽車發貨中心初探

林春福 交通部台中港務局業務組科員

一、前言

近十年來，隨著經濟發展與工商進步，國民所得提高，生活品質的要求也隨之提高，國人汽車持有比率不斷攀升；據統計，截至2003年底，國內小客車總數為5,169,733輛，約為1993年總數3,238,754輛的1.6倍；在持有率方面，則由1993年的每千人163.1輛增加至2003年的每千人228.7輛，平均年成長率為4.20%；若以每戶所持有小客車數量計算，則由1993年的每戶0.62輛成長至2003年的每戶0.73輛；可見由於所得增加，購買力增強，造成小客車持有率逐年上升，小客車幾已成為家家戶戶日常的代步工具。

2002年1月，我國已正式成為WTO的會員國，在WTO的規範下，台灣國產汽車市場佔有率正面臨關稅降低、自製率配額取消等因素之直接衝擊，據台經院的調查與車輛工業同業工會的估計，在假設匯率不變的情況下，整車進口關稅調降1%，將促使國產汽車佔有率下降1.5%；以目前整車進口30%關稅降到17.5%來看，將造成國產車市場佔有率約19%的下降；對汽車業者而言，此意味著將有

更多的進口車需求。

另一方面，中國大陸在加入WTO前的汽車進口關稅高達80%~100%，在加入WTO之後逐步調降，至2006年7月1日將降至25%，對台灣汽車業者、零配件產業或貿易商進軍大陸市場將非常有利；而大陸廣大的市場也吸引全球汽車業界的注目，紛紛至大陸尋求投資機會，目前國內的中華、裕隆等多家汽車業者已赴大陸投資；在未來兩岸開放直航之後，將可見到愈來愈多的汽車成品、半成品、零組件在兩岸間進出或轉運；對業者而言，若能就近在港區設立發貨中心，處理所有進出口裝卸、儲存、報關、整備、檢驗、配銷.....等事務，將可大幅降低營運成本，提昇競爭能力。

台中港位處台灣中部，港區土地遼闊，腹地廣及中部八縣市，與對岸福州、廈門等港口僅約4~6小時航程，位置適中，交通便捷，目前已有京揚、福斯等業者設立汽車儲轉倉庫；本文將從台中港進口汽車現況著手，對台中港規劃設立汽車發貨中心之可行性做一初步探討。

二、台中港汽車進口現況

台中港進口汽車自民國70年代初期福斯倉儲公司租用11號碼頭通棧儲放VW汽車開始，後來遷移至14、15、16號碼頭後線空地並合作興建保稅倉庫一棟；接著有中華賓士公司租用德隆公司12號碼頭後線空地儲放進口賓士汽車、京揚公司租用17、18、19號碼頭空地合作興建保稅倉庫，經

營克萊斯勒汽車整備、交車中心；另中華賓士因母公司合併成爲台灣戴姆勒克萊斯勒公司，已於93年1月1日起遷移至京揚公司場區儲放。至此，台中港自16號至19號碼頭後線帶狀區域，進口汽車儲轉中心已儼然成型，茲將台中港最近五年進口汽車數量整理如表2.1：

表 2.1 台中港最近五年進口汽車數量統計

單位：輛

年 別 \ 公 司	福斯公司	德隆公司	京揚公司	合 計
88	4,903	4,688	6,261	15,852
89	7,467	6,305	4,645	18,417
90	6,779	5,271	927*	12,977
91	5,103	4,679	5,336	15,118
92	3,337	4,407	10,001	17,745

*京揚公司於90年發生財務問題，進行重整。

由表中可知，台中港進口汽車數量，民國90年因受經濟不景氣影響且加入WTO在即，民眾購車行爲普遍持觀望態度，出現進口車輛減少情形；民國91年1月正式加入WTO之後，因關稅降低，全年進口汽車數量已顯著回升。

三、港埠物流中心簡介

3.1 物流之定義

「物流」一詞，顧名思義，即是物的流動，係英文"Logistics"之譯稱，最早始於二次世界大戰之軍事體系，提供後勤支援補給，應用於企業界，則指業務後勤。隨著時代之演

進，雖另有「儲運」、「運銷」、「運籌」等譯名，惟其內涵大同小異。

至其定義，由於各學者因其對物流主體之認定不同，發展方向不同而略有不同，目前全球對物流的定義乃以美國物流管理協會(Council of Logistics Management, USA)之定義最爲完整及簡要，並爲全世界各企業及協會所引用，以下爲其中、英文定義。

1998年「美國物流管理協會」之物流定義：

「物流是供應鏈程序之一部份，其專注於物品、服務及相關資訊，從起源點到消費點之有效流通及儲存的

企劃、執行與控管，以達成顧客的要求」。

1998 Council of Logistics Management, USA, Definition of Logistics:

"Logistics is that part of the supply chain process that plans, implements, and controls the efficient, effective flow and storage of goods, services and related information from the point of origin to the point of consumption in order to meet customers' requirements."

中華民國物流協會對物流之定義則為：「物流是一種物的實體流通活動的行爲，在流通過程中，透過管理程序有效結合運輸、倉儲、裝卸、包裝、流通加工、資訊等相關物流機能性活動，以創造價值、滿足顧客及社會需求。」

3.2 物流之內涵

由 3.1 節二種物流定義，可歸納出其共同之內涵有：

1. 物流主要目標在於善用企業及其供應鏈之資源，使貨物能有效流通來達成顧客之要求，是一個以顧客為中心的有效管理工作。
2. 近年來由於電腦及資訊科技的發展，使物流資訊逐漸邁向全球化，企業界可透過網路科技將金流、資訊流、商流與物流等進行整合，達到降低營運成本，滿足顧客之需求。
3. 物流管理涉及顧客、物品（服務）、運輸、倉儲、流通資訊處理等作業管理，其對象則為顧客所需

之物品、服務與相關之資訊。

由上述物流之定義及內涵，可知物流管理是以資訊為基礎，具有運送、裝卸、保管、包裝、加工再出口等基本功能；物流中心除了考慮本身內部之相關作業流程之整合，尚必須考慮與外在活動之間關係，故物流中心之功能在於有效結合及管理商流、金流、資訊流及物流，使整個物流作業得以順暢進行，適時、適量的將物料安全地送至需求處，達成目標。

3.3 港埠物流中心的型態

物流中心 (Distribution Center) 又稱為「配送中心」、「配銷中心」、「發貨中心」，是一種特殊的倉儲設計，目的在於增加貨物流動的速度且避免不必要的儲運成本。就港口而言，稱為港埠物流中心，依經濟部加工出口區管理處（民 85）對「國際港埠物流中心」之定義為：「對港埠中流通的貨載提供加工、分類、整理、倉儲、配銷或推廣等功能性服務，並結合內陸運輸功能將貨物配送至消費市場，或以海運進行再出口（或轉運）至其他區域，以形成一結合貿易、港埠、運輸為一貫作業的物流中心」。

黃文吉（民 90）依據港埠物流服務功能與貨物特性，將國際港埠物流中心可歸納為以下四種型式：

1. 進出口型物流中心：功能類似傳統之貨櫃集散站，其業務多以拆併櫃為主，並且包含裝卸、倉儲等功能。

2. 加工再進口型物流中心：進口貨物可以在此進行加工、組裝後，再配送至國內市場，其概念類似日本之FAZ (Foreign Access Zone)。未來兩岸通航後，此類型物流中心更可將中國大陸當成台灣腹地，加工後再配送至中國大陸各地。
3. 轉口型物流中心：此型物流中心大致有兩種配送路線，一是貨物經由歐美等國輸出，經由港埠物流中心處理後再配送至中國大陸、東南亞及東北亞等國；另一路線則是前述路線的反向運作，貨物由中國大陸、東南亞及東北亞等國運送至歐美各地。
4. 加工再出口型物流中心：產業進口生產時所需要的原物料或半成品經過加工、組裝後再行出口。配送路線如同轉口型物流中心路線，一是貨物經由歐美等國送出，經物流中心加工、組裝後再配送至中國大陸、東南亞及東北亞；另一路線則是在中國大陸、東南亞及東北亞的貨物先運送至物流中心加工、組裝後再配送至歐美各國。

由以上分類可知，進、出口物流將涉及國內港口間的競爭，轉口物流則將涉及與國外鄰近港口（如香港、新加坡、大陸沿海各港）間的競爭。

四、台中港發展港口發貨中心之優勢

在本省四大國際商港中，台中港擁有寬闊的土地、便捷的聯外道路、完善的港埠設施等發展港埠物流中心

必要之三大優勢，若能掌握兩岸通航之先機，提供業者創造低成本、高品質、迅速等核心競爭力，實為非常適合發展多功能物流中心之港口，茲將台中港之地、路、港三大優勢分述如下：

1. 地—發展區域加工再出口之利基

台中港總面積約三、七六〇公頃，其中陸域面積達二、八〇〇公頃，除一般碼頭及倉儲區外，為使「碼頭裝卸」、「貨物儲轉」、「生產加工」三大機能結合為一體，目前已設有工業、電力、高級材料、倉儲轉運、食品加工、高級鋼材、遊憩等共十五個專業區，總面積達一千四百餘公頃，可將港區內、外CFS及加工再出口均集合在港區內作業，這是本省其它港口所罕有的，但卻為未來發展港埠物流中心所必備之條件。

就汽車物流而言，以目前京揚、福斯現有規模，進一步結合整備、組裝、零件等業務，發展汽車發貨中心所需之土地，台中港可完全提供。

2. 路—達成快速運送必要之條件

台中港地處本省中部，距離北部的基隆港和南部的高雄港均約 110 哩，內陸運輸成本最低；又台中港位於東亞航線的中點，與亞太地區五個主要港口（新加坡、東京、上海、馬尼拉、香港）間的平均航行時間最短（約 53 小時），與大陸沿海各港口距離亦最近（台中港距大陸沿海各港口直線距離如表 4.1），兩岸直航後，可縮

短航行時間並降低運輸成本，亦適於大陸沿海貨物之轉運，利於發展近洋之中亞航線，並有機會成為亞太地區及歐、美外商在亞太地區之製造、研發、組合、驗證及發貨中心。

港區聯外交通部分，台中港擁有

五條聯外道路，呈輻射狀連結省道、西濱快速道路及國道高速公路，可迅速通往全省各地，交通便捷；其中特一號道路可快速連接中部國際機場，有利海空聯運。

表 4.1 台中港距大陸沿海各港直線距離

(單位：哩)

港口名稱	距離	港口名稱	距離	港口名稱	距離
福州	132	上海	453	煙台	900
廈門	158	湛江	620	天津	975
汕頭	227	海口	643	大連	958
溫州	240	連雲港	652	秦皇島	997
香港	395	寧波	667	營口	1047
澳門	437	青島	760	葫蘆島	1055
湄州	87	基隆	107	高雄	120

3. 港－提供船貨安全便利的作業環境

台中港位於本省西海岸中部之梧棲鎮，與對岸福州、廈門等港口僅約 4~6 小時航程，包括商港區、工業港區及漁港區，為一綜合性之國際港口，目前營運的有穀類、貨櫃、煤炭、液體貨、石化品等各式碼頭共四十六座，未來視需要可興建萬噸級以上碼頭達 83 座以上。目前更積極進行主航道拓寬浚深工程，將主航道從 200 公尺拓寬為 400 公尺、深度從 -14 米浚深至 -16 米，預計 94 年底可完成，可讓 12 萬 5 千噸「海岬型」(cape size) 散裝輪、4000TEU 貨櫃輪安全進出。

又台中港港區與市區明顯區隔，土地可完整規劃使用，目前已開發營運的約只佔三分之一，尚有深厚的發展潛力。

台中港的倉儲裝卸作業自始即以開放民間投資經營為主，部份碼頭也出租專用，賦予業者高度自主的經營空間，大幅提高港埠的經營效率，增進國際競爭力。

在資訊管理方面，台中港推動航港業務電腦化，已與交通部、關稅局、安檢、衛生、航商、銀行及作業單位連線，提高作業效率，爾後將逐步發展為高附加價值之智慧型港埠。

五、台中港建立汽車發貨中心計畫

由以上台中港汽車進口現況、物

流中心基本概念及台中港發展物流中心之優勢分析後，試研擬台中港汽車發貨中心計畫如下：

(一) 型態：

基於地域因素考量，本計畫所稱發貨中心之型態，將屬於 3.3 節所列各型態物流中心的綜合，亦即將可包括進口、轉口、組裝再進口或出口等業務之綜合性發貨中心。

(二) 位置：

台中港目前有福斯公司承租 16 號碼頭三線、京揚公司承租 17~19 號碼頭二、三線土地經營進口汽車儲轉業

務，惟目前均僅限於整車進口、儲存、配銷；未來成立汽車發貨中心，應擴大其經營範圍，並預留新業者加入之空間，包括汽車進出口裝卸、儲存、整備、檢驗、報關、配銷.....等事務，故建議將 12~15 號碼頭第三線、16~19 第二、三線土地合計約 21 公頃（第一線留做卸船儲轉空間，如圖 5.1），劃設為汽車發貨中心，並配合進行中之自由貿易港區計畫，將該區劃入自由貿易港區範圍，增加誘因，提高業者進駐意願。

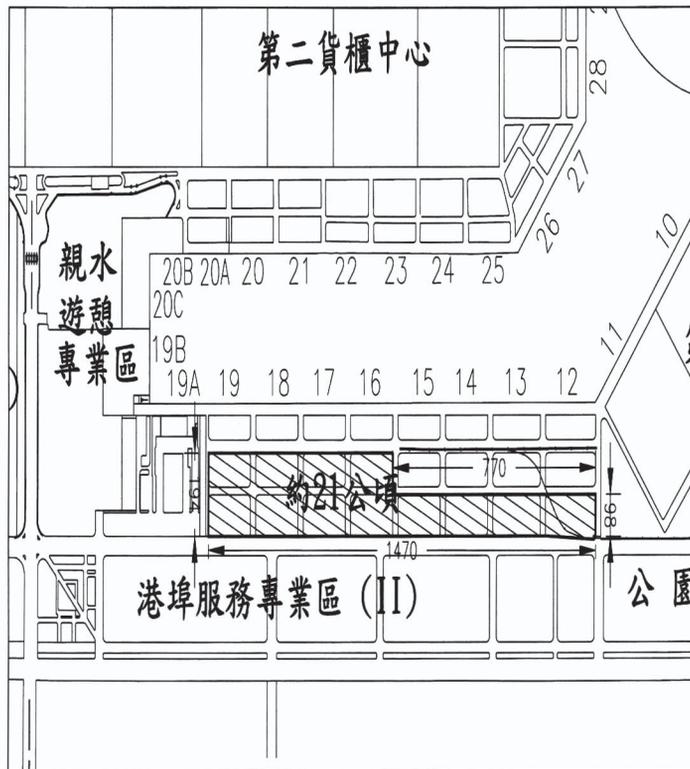


圖 5.1 台中港汽車發貨中心位置圖

(三) 費率：

除港灣費用、土地使用費依規定收取外，有關管理費、保證運量擬議

如下：

1. 管理費：以每部車（不分成品、車架半成品）訂定一單價收取，車架

在區內組裝部分不再收取管理費。而非如目前先把每部車（成品）換算成材積噸（每部車 11~13 噸不等），再訂定每噸收費額度（15~16 元不等），徒增計費手續；因業者進口車型不一，實際材積噸亦從無查核機制。

2. 保證運量：依承租土地面積扣除通道、公共空間後所能停放車輛、組裝空間，以標準停車位大小換算所能儲放車輛數、週轉率等，訂定基本保證量；並採隨量增加，管理費額度遞減的分級方式，以收鼓勵作用。

(四) 碼頭：

因汽車船吃水不深（9~12 米），卸貨快速，除目前使用之 8A 快卸碼頭外，未來可考慮興建 16 號碼頭或規劃第一貨櫃中心遷移後之 11 號碼頭為汽車專用碼頭，以因應未來發展之需。

(五) 限制：

在經濟市場逐漸全球化的趨勢下，各產業實在無法孤立中國大陸廣大的市場，汽車工業亦然，全球各大汽車業紛紛至大陸擴展市場，國內的多家汽車業者也已赴大陸投資；儘管台灣地理位置甚佳，惟因無法與大陸直接通航，將影響業者評估在台灣設立發貨轉運中心之意願，因對物流業而言，運輸成本與時間，絕對是一大關鍵，故加速兩岸通航將是影響本計畫發展的重要因素。

六、結語

隨著國民所得提高，小汽車已成為家家戶戶生活必備的交通工具，在兩岸均加入 WTO 之後，因關稅調降，進口汽車市場正方興未艾，尤其大陸廣大的市場，更是業者急欲開發之處女地。

在港區設立汽車發貨中心，可直接進行新車整備並集中管理、調配，減少非必要的新車移動，提高客戶滿意度且減少運輸成本；零組件進出口捆包和拆箱作業，更可在納入自由貿易港區後，享有快速通關、租稅優惠等多方優勢，可降低營運成本，提高作業效率。

台中港地處台灣中部，擁有絕佳的地理位置，又其港區土地遼闊，交通便捷，港埠設施完善，位於東亞航線的中點，與亞太地區主要港口間的平均航行時間最短，與大陸沿海各港口距離亦最近，非常適於發展近洋之中亞航線，並發展成為亞太地區及歐、美外商在亞太地區之製造、研發、組合、驗證及發貨中心。

目前已有汽車業者在台中港區內設立汽車儲轉倉庫，本文乃從台中港汽車進口現況、港口物流中心基本概念及台中港發展物流中心之優勢進行分析，對台中港設立汽車發貨中心計畫做一初步探討，發現頗為可行，惟應注意兩岸是否直接通航之限制。

七、參考文獻

1. 交通部統計處網頁，<http://www.motc.gov.tw/service/index.htm>。
2. 內政部統計資訊服務網，<http://www.moi.gov.tw/w3/stat/home.asp>。
3. 黃文吉，「基隆港區開辦物流業務行動計畫及運量之開發與分析」，國立海洋大學港埠與物流規劃研究室，90年。
4. 陳育菁，「我國汽車產業供應鏈特性探討」，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士論文，89年6月。
5. 黃正淡，「台灣汽車產業物流系統特性之探討」，私立中原大學工業工程學系碩士論文，91年6月。
6. 陳麗文，「國際物流中心之規劃設計」，國立高雄第一科技大學運輸與倉儲營運學系碩士論文，89年6月。
7. 李懿展，「航材物流中心設立與經營之重要因素研究」，私立台中健康暨管理學院經營管理研究所碩士論文，92年5月。
8. 廖瑞澤，「台灣地區國際港埠物流中心服務屬性與問題之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，89年6月。
9. 蕭丁訓，「台中港成爲國際運籌中心之探討」，港灣報導，59期，91年1月。
10. 賴杉桂，「台灣地區商業物流發展課題與因應策略探討」，1996國際商業物流研討會論文集，85年1月。
11. 經建會，「全球運籌發展計畫」。
12. 交通部運輸研究所，「台灣發展亞太地區海運貨物轉運中心之研究」，80年7月。

地震作用下板樁式碼頭主樁入土長度安全評估

賴瑞應 交通部運輸研究所港灣研究中心副研究員

賴聖耀 交通部運輸研究所港灣研究中心研究員

一、前言

板樁式碼頭在地震力作用下，背填土會引致動態土壓力及動態水壓力，若背填土壤發生液化，亦會產生液化之側壓力，造成板樁式碼頭構造物更加不穩定。本文，首先針對板樁式碼頭的受力機制作說明，接著針對板樁式碼頭受到地震力作用下其主樁入土長度安全性加以探討，並以某老舊之板樁式碼頭入土長度之安全評估實例作說明。

二、板樁式碼頭受力機制

本節將探討板樁式碼頭構造物之受力機制，約可分為下列幾種情況：

1. 平常情況

板樁受力示意圖如圖 1 所示，由圖中可瞭解板樁承受主動土壓力、被動土壓力、殘留水壓力、錨碇力及上載荷重。若不考慮土層滑動及構材的容許強度，該受力機制的板樁穩定條件為錨碇容許拉力與被動土壓力之水平合力要大於主動土壓力、殘留水壓力與上載荷重組成的水平合力。

2. 地震情況

(1) 背填土壤未液化

板樁受力示意圖如圖 2 所示，由圖中可瞭解板樁承受動主動土壓力、動被動土壓力、殘留水壓力、動水壓力、錨碇力及上載荷重。若不考慮土層滑動、錨碇有無失效及構材的容許強度，該受力機制的板樁穩定條件為錨碇容許拉力與動被動土壓力之水平合力要大於動主動土壓力、殘留水壓力、動水壓力與上載荷重組成的水平合力。

(2) 背填土壤部分液化

板樁受力示意圖如圖 3 所示，由圖中可瞭解板樁承受動主動土壓力、動被動土壓力、殘留水壓力、動水壓力、錨碇力及上載荷重，另外加上液化土壤產生的側壓力，包括動流體壓力及超額孔隙水壓力。若不考慮土層滑動、錨碇有無失效及構材的容許強度，該受力機制的板樁穩定條件為錨碇容許拉力與動被動土壓力之水平合力要大於動主動土壓

力、殘留水壓力、動水壓力、上載荷重與陸側液化土層之動流體壓力及超額孔隙水壓力所組成的水平合力。

(3)所有土層液化

板樁受力示意圖如圖 4 所示，由圖中可瞭解板樁承受殘留水壓力、動水壓力、錨碇力及上載荷重，另外加上液化土壤產生的側壓力，包括動流體壓力及超額孔隙水壓力。若不考慮土層滑動、錨碇有無失效及構材的容許強度，該受力機制的板樁穩定條件為錨碇力與海側土層液化所產生的超額孔隙水壓力之水平合力要大於殘留水壓力、動水壓力、上

載荷重與陸側液化土層之動流體壓力及超額孔隙水壓力所組成的水平合力。但原則上此種受力情況，板樁結構早已因錨碇土層的液化造成錨碇失效而破壞，或錨碇鋼索（棒）因承受過大的拉力超過材料容許應力而破壞，即使上述錨碇失效的狀況不發生，海側的土層液化所產生的超額孔隙水壓力對錨碇鋼索（棒）所產生的力矩也無法抵抗圖 4 所示的其他所有水平力對錨碇鋼索（棒）所產生的力矩，所以此情況基本上結構是不可能穩定的，所以本文不列入分析的項目。

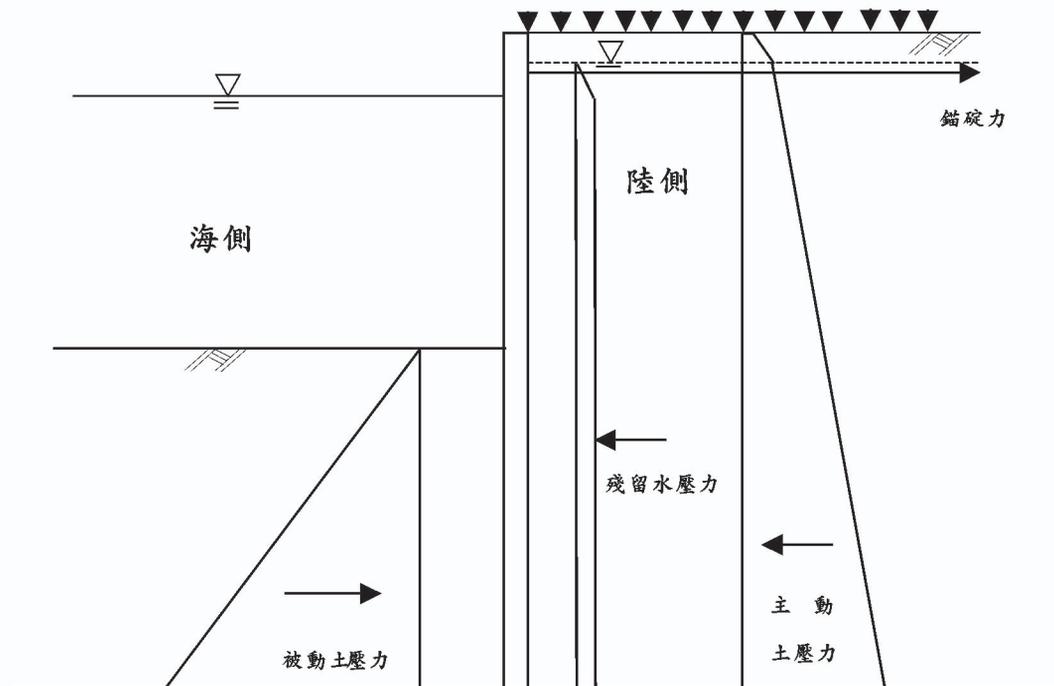


圖 1 常時板樁式碼頭受力示意圖

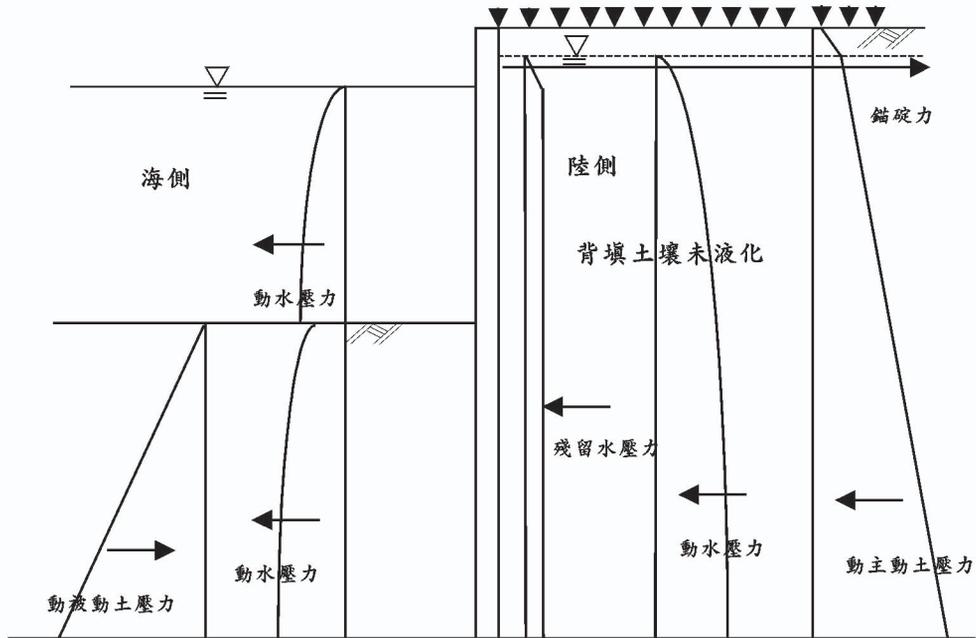


圖 2 地震時背填土壤未液化的板樁式碼頭受力示意圖

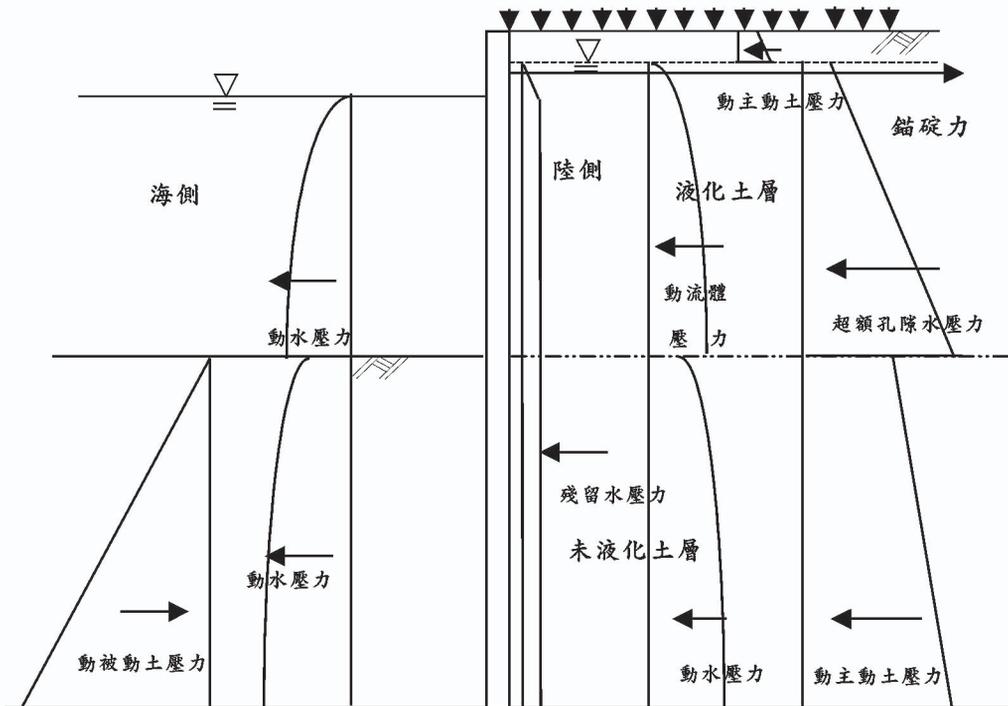


圖 3 地震時背填土壤部份液化的板樁式碼頭受力示意圖

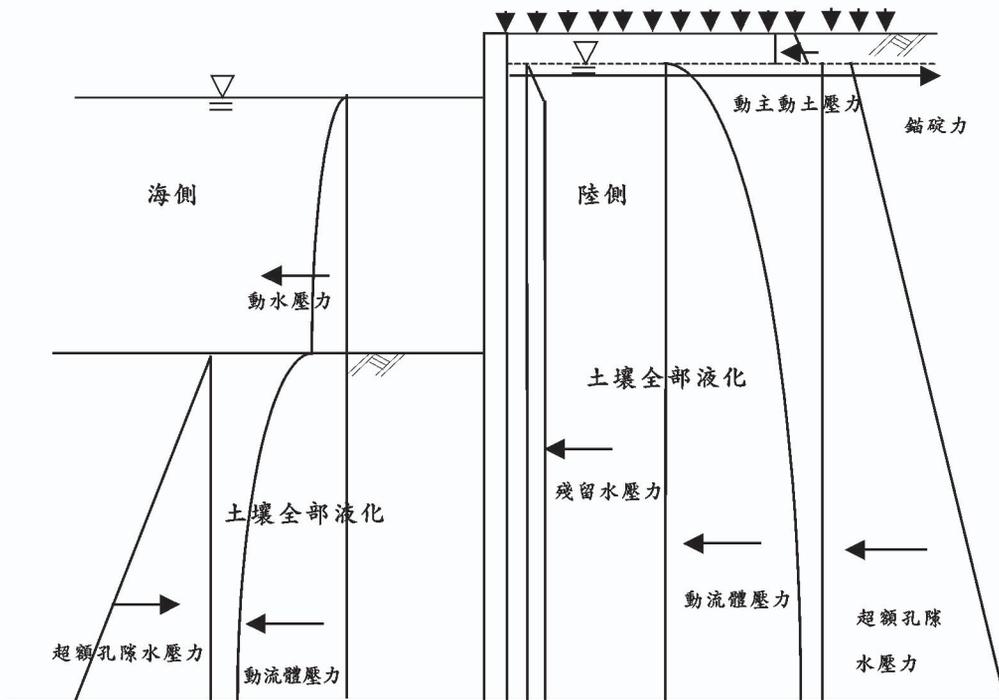


圖 4 地震時土壤全部液化的板樁式碼頭受力示意圖

三、實例探討

從過去地震造成港灣構造物的破壞案例得知，地震產生的土壤液化對港灣構造物的破壞最為嚴重，所以在分析港灣構造物的穩定性時，背填土壤液化所產生的影響實在是不容忽視，所以本節在探討地震力作用下現有板樁式碼頭結構物之安全性檢核時，將以背填土未液化及背填土部分液化兩種情況來分別檢核。本節以老舊鋼板樁碼頭為例作一說明，由於該結構物為30年前所設計，所以當初設計所考量的設計條件如地表地震力的設定、地震作用下產生的動水壓力及土層液化所產生對結構的影響與目前

之設計考量不同，因此導致本文探討的結果可能會與現況有所出入。茲說明如下：

1. 板樁現況與分析條件

由於該碼頭為30年前所設計，所以當初的設計條件已不易獲得，本文依據目前鋼筋混凝土建築物耐震能力評估所設定的檢核地表加速度 $0.1g$ 為檢核的地震力來分析，並將該碼頭現況之斷面圖（如圖5所示）、該碼頭之結構構材強度（如表1所示）及該碼頭民國90年8月地質鑽探所得之碼頭陸上的地質分析資料（如表2所示）合併處理成圖6所示的本文結構物穩定性的分析資料。

表 1 板樁構材相關資料表

	斷面積 A	慣性矩 I	斷面模數 Z	彈性係數 E	降伏強度 σ_y
主樁 FSP-IVA	-	55,200*2	3,150*2	2100000 kg/cm ²	3000 kg/cm ²
錨碇樁 FSP-III	-	16,400	1,310	2100000 kg/cm ²	3000 kg/cm ²
錨碇拉桿	44.18cm ²	-	-	2100000 kg/cm ²	2400 kg/cm ²

表 2 碼頭陸上區土壤參數

深度(M)	厚度(M)	土壤描述	N	rt (T/M ³)	C (T/M ²)	ϕ (deg.)
12	12	灰色沉泥質砂偶夾貝殼	8	2.00	0.	24
16	4	灰色沉泥質黏土	6	1.85	0.5	24
24	8	灰色沉泥質砂或砂質沉泥	22	1.97	0.	31
36	12	灰色沉泥質砂夾砂質沉泥	34	1.99	0.	34
50	14	灰色沉泥質黏土或砂質沉泥	42	2.00	-	-

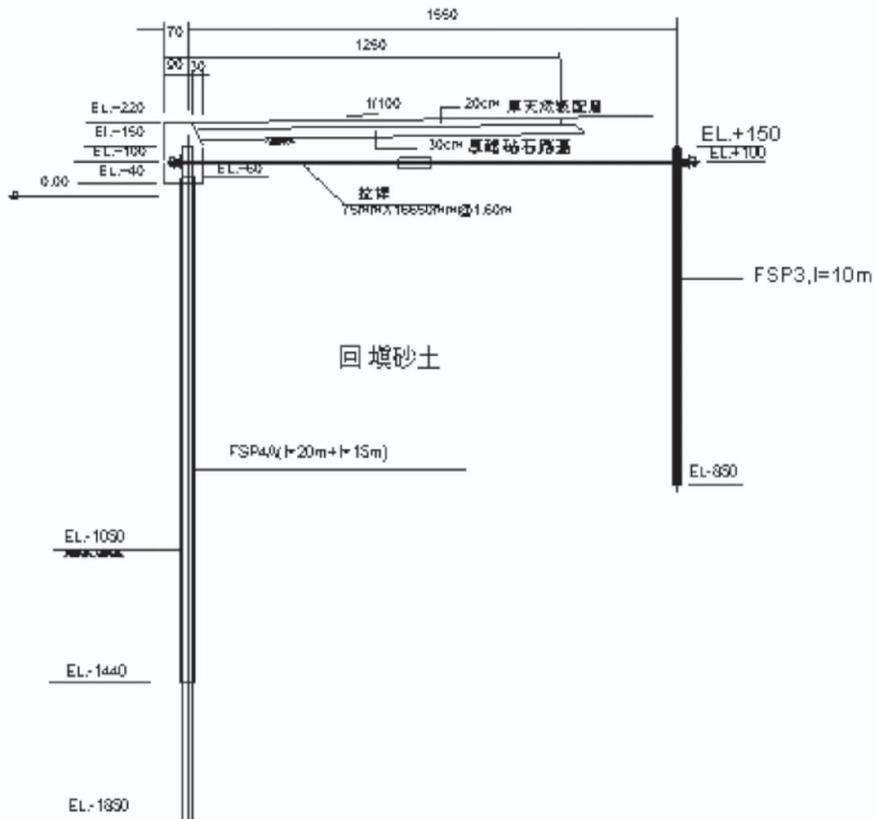


圖 5 老舊碼頭現況斷面示意圖

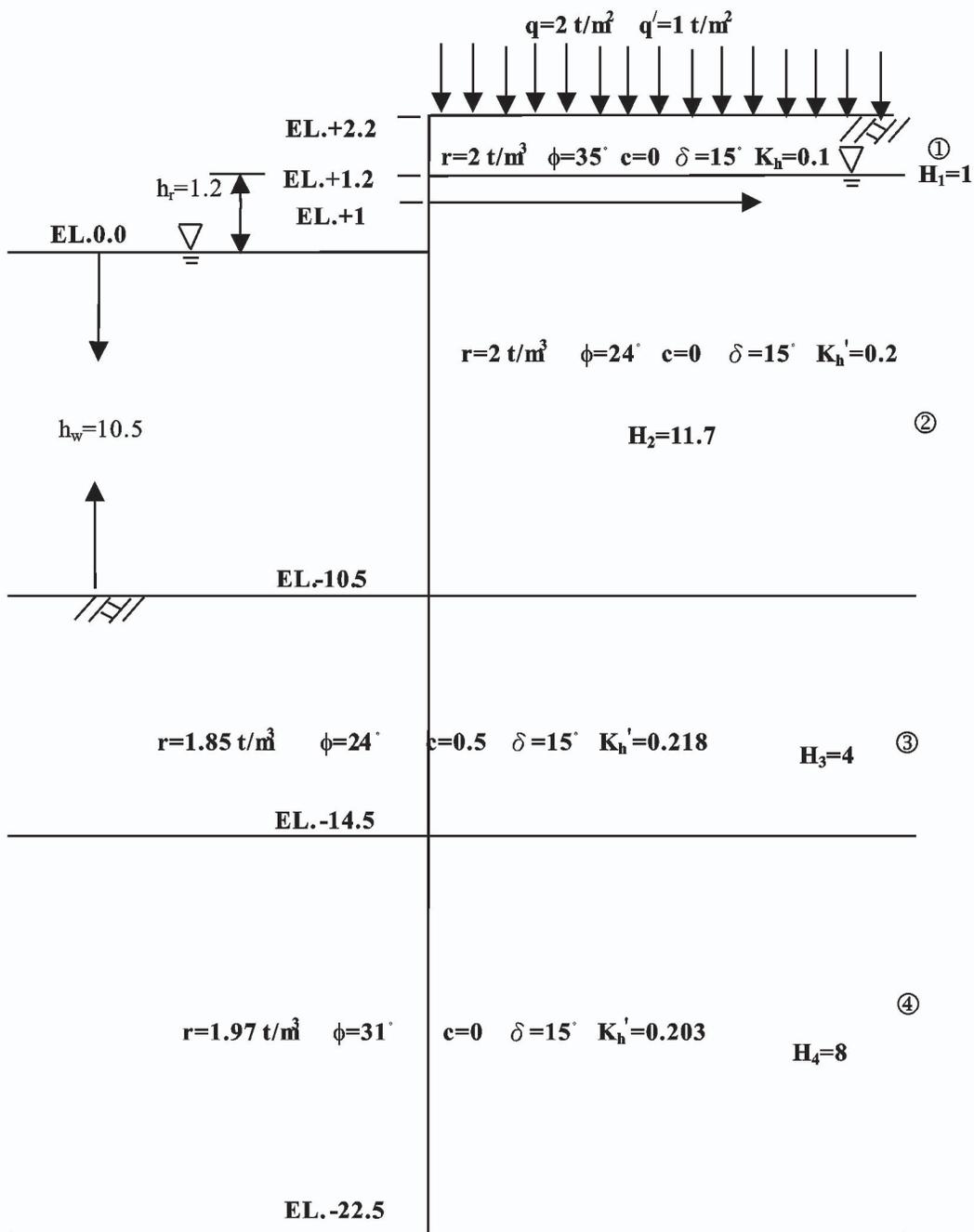


圖 6 老舊碼頭各土層土壤參數示意圖

2. 地震力作用下背填土壤未液化穩定性檢核

本小節針對該板樁式碼頭地震力作用下背填土壤未液化之安全性作一

檢核，以圖 6 所示的各土層參數，配合部頒碼頭設計基準^[2]所規定的公式，計算得各土層地震力作用下之主動土壓力係數 (k_a) 及被動土壓力係數 (k_p)，如表 3 所示。

表 3 各土層地震主動土壓力係數 (ka) 及被動土壓力係數 (kp)

土層	qi'	ri'	φi	ci	δi	Khi	θi (徑度)	Hi(土層厚度)	ka _i	kp _i
1	1	2	35°	0	15°	0.1	0.0997	1	0.306	-
2	1	1	24°	0	15°	0.2	0.1974	11.7	0.558	-
3	1	0.85	24°	0.5	15°	0.218	0.2143	4	0.580	2.866
4	1	0.97	31°	0	15°	0.203	0.2003	8	0.439	4.362

(1)主樁入土長度檢核

依基準規定^[2]，板樁入土長度須滿足下式

$$S.F. \leq \frac{M_p}{M_a} \dots\dots\dots (1)$$

式中

S.F.：安全係數（常時 1.5，地震時 1.2）

M_p：被動土壓力對拉桿裝設點之力矩

M_a：主動土壓力與殘留水壓力對拉桿裝設點之力矩

本文以 Fortran 語言撰寫程式，分

析板樁所需入土長度、錨碇力及板樁最大彎矩，並經由 Excel 試算軟體計算驗證其正確性，在地表加速度 0.1g 安全係數 (S.F.) 為 1.2 的狀況下，如表 4、表 5、圖 7 及 2 式所驗證，所需的板樁入土長度為 21 公尺，由圖 5 板樁現況可以看出，板樁現況入土深度為 20.7 公尺，稍嫌不足基準規定的長度 1.4%。若以安全係數 (S.F.) 為 1.0 來檢核，如表 6、表 7、圖 8 及 3 式所驗證，所需的板樁入土長度為 20.1 公尺，則現況入土長度符合安全係數為 1.0 的情況。

表 4 各土層土壓力計算表

各層主動土壓力值 (t/m)		各層被動土壓力值 (t/m)		土層厚度 Hi (m)	各層主動土壓力 = $\frac{P_{ai1} + P_{ai2}}{2} \times \text{土層厚度}$		各層被動土壓力 = $\frac{P_{pi1} + P_{pi2}}{2} \times \text{土層厚度}$	
P _{a11}	0.296			1	P _{a1}	0.592 (t)		
P _{a12}	0.888							
P _{a21}	1.617			11.7	P _{a2}	55.818 (t)		
P _{a22}	7.924							
P _{a31}	7.501	P _{p11}	1.635	4	P _{a3}	33.815 (t)	P _{p1}	25.369 (t)
P _{a32}	9.406	P _{p12}	11.049					
P _{a41}	7.681	P _{p21}	14.327	4.3	P _{a4}	36.834 (t)	P _{p2}	99.392 (t)
P _{a42}	9.451	P _{p22}	31.902					

表 5 各土層對錨碇拉桿力矩計算表

Pai (t) ①	與拉桿距離 (m) ②	Mai = ①×② (t-m)	Ppi (t) ③	與拉桿距離 (m) ④	Mpi = ③×④ (t-m)
0.592	0.617	0.365			
55.818	6.939	387.318			
33.815	13.575	459.038	25.369	13.995	355.034
36.834	17.724	652.856	99.392	17.922	1781.345

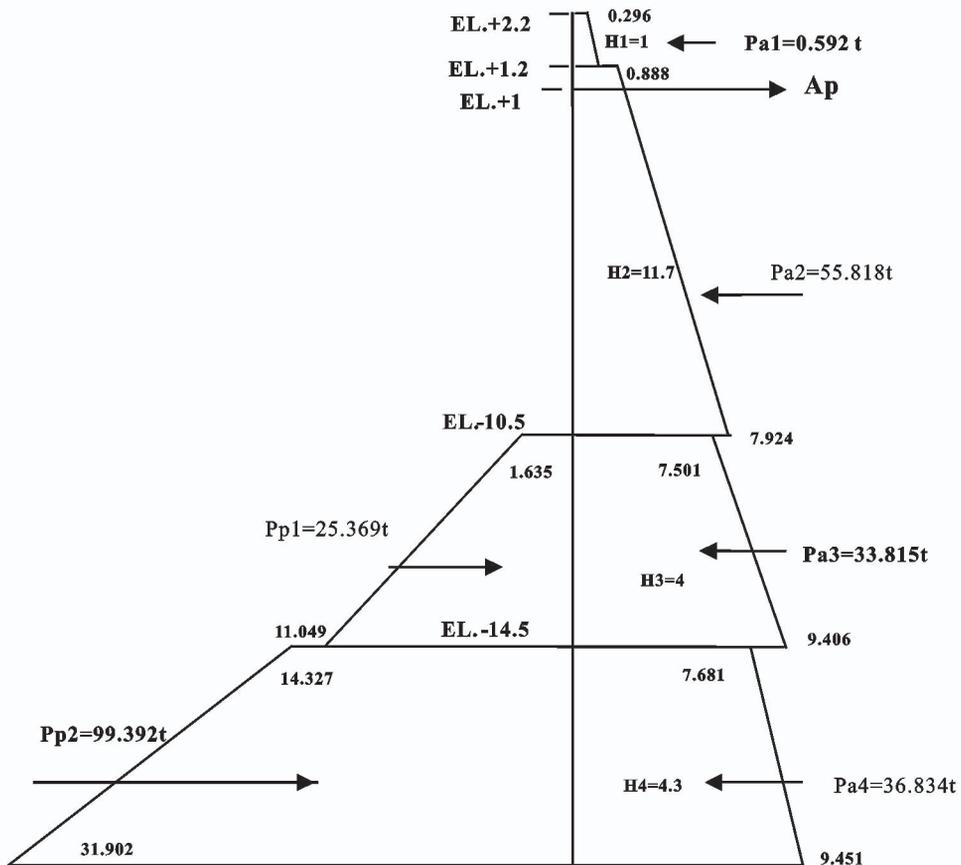


圖 7 安全係數 1.2 板樁土壓示意圖

殘留水壓對拉桿之力矩 (Rwm)

$$Rwm = 0.5 * r_w * h_r * h_r * (h_r * 2 / 3 - 0.2) + h_r * r_w * (h_w + H3 + H4) * ((h_w + H3 + H4) / 2 + 1)$$

$$= 235.056 \text{ t-m}$$

依基準規定^[2]地震時之動水壓力計算式為

$$Pdw = 7/12 * k_{h1} * r_w * h_w^2$$

動水壓對拉桿之力矩 (Dwm)

$$Dwm = 7/12 * k_{h1} * r_w * h_w^2 * (3/5 * h_w + 1)$$

$$= 7/12 * 0.1 * 1 * 10.5 * 10.5 * (3/5 * 10.5 + 1)$$

$$= 46.948 \text{ t-m}$$

$$S.F. = \frac{M_{p1} + M_{p2}}{M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + Rwm + Dwm - M_{a1}}$$

$$= 1.2 \dots \dots \dots (2)$$

表 6 各土層土壓力計算表

各層主動土壓力值 (t/m)		各層被動土壓力值 (t/m)		土層厚度 H _i (m)	各層主動土壓力 = $\frac{P_{ai1} + P_{ai2}}{2} \times \text{土層厚度}$		各層被動土壓力 = $\frac{P_{pi1} + P_{pi2}}{2} \times \text{土層厚度}$	
P _{a11}	0.296			1	P _{a1}	0.592 (t)		
P _{a12}	0.888							
P _{a21}	1.617			11.7	P _{a2}	55.818 (t)		
P _{a22}	7.924							
P _{a31}	7.501	P _{p11}	1.635	4	P _{a3}	33.815 (t)	P _{p1}	25.369 (t)
P _{a32}	9.406	P _{p12}	11.049					
P _{a41}	7.681	P _{p21}	14.327	3.4	P _{a4}	28.495 (t)	P _{p2}	72.335 (t)
P _{a42}	9.081	P _{p22}	28.224					

表 7 各土層對錨碇拉桿力矩計算表

P _{ai} (t) ①	與拉桿距離 (m) ②	M _{ai} = ① × ② (t-m)	P _{pi} (t) ③	與拉桿距離 (m) ④	M _{pi} = ③ × ④ (t-m)
0.592	0.617	0.365			
55.818	6.939	387.318			
33.815	13.575	459.038	25.369	13.995	355.034
28.495	17.247	491.464	72.335	17.385	1257.554

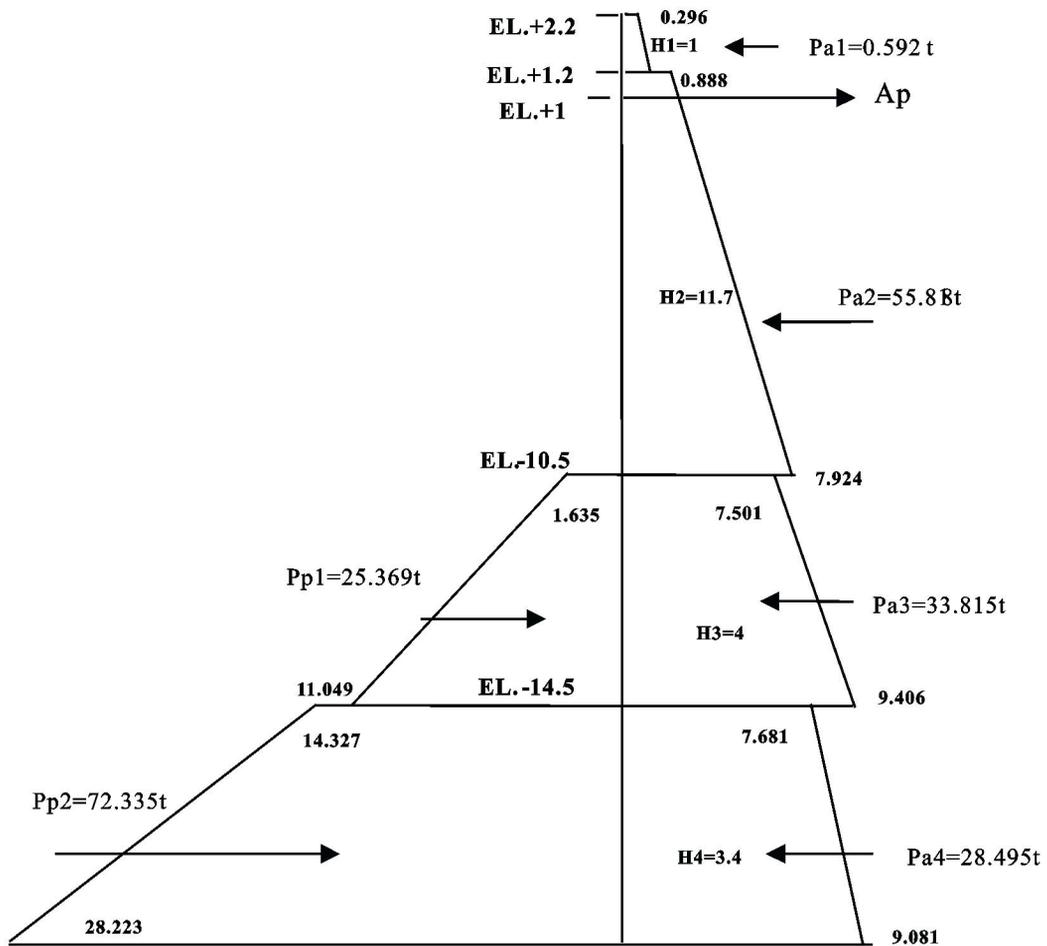


圖 8 安全係數 1.0 板樁土壓示意圖

殘留水壓對拉桿之力矩 (Rwm)

$$Rwm = 0.5 * r_w * h_r * h_r * (h_r * 2/3 - 0.2) + h_r * r_w * (h_w + H3 + H4) * ((h_w + H3 + H4) / 2 + 1)$$

$$= 214.158 \text{ t-m}$$

動水壓對拉桿之力矩 (Dwm)

$$Dwm = 7/12 * k_{h1} * r_w * h_w^2 * (3/5 * h_w + 1)$$

$$= 7/12 * 0.1 * 1 * 10.5 * 10.5 * (3/5 * 10.5 + 1)$$

$$= 46.948 \text{ t-m}$$

$$S.F. = \frac{M_{p1} + M_{p2}}{M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + Rwm + Dwm - M_{a1}}$$

$$= 1.0 \dots \dots \dots (3)$$

(2) 主樁最大彎矩與錨碇力檢核

依基準規定^[2]作用於板樁之最大彎矩，係假設板樁為以拉桿裝設位置及海底面為支承之簡支樑，而以海底面以上之土壓力、動水壓力及殘留水壓力為載重，如圖 9 所示，來計算錨碇力 (Ap)，進而求取主鋼板樁之最大彎矩。經由 Fortran 程式計算及 Excel 試算軟體驗證，板樁錨碇力為 31.545 噸，最大彎矩發生在距板樁頂

點 7.5 公尺處的彎矩 111.37 噸-公尺。

主動土壓力對 A 鉸點之力矩(Pam)

$$Pam = P_{a1} * ((2 * P_{a11} + P_{a12}) / (P_{a11} + P_{a12})) * H1 / 3 + H2) + P_{a2} * ((2 * P_{a21} + P_{a22}) / (P_{a21} + P_{a22})) * H2 / 3$$

$$= 0.592 * 12.117 + 55.818 * 4.561$$

$$= 261.757 \text{ t-m}$$

殘留水壓對 A 鉸點之力矩 (Rwm)

$$Rwm = 0.5 * r_w * h_r * h_r * (h_r / 3 + h_w) + 0.5 * r_w * h_r * h_w * h_w$$

$$= 73.998 \text{ t-m}$$

動水壓對 A 鉸點之力矩 (Dwm)

$$Dwm = 7 / 12 * k_{hl} * r_w * h_w^2 * (2 / 5 * h_w)$$

$$= 7 / 12 * 0.1 * 1 * 10.5 * 10.5 * (2 / 5 * 10.5)$$

$$= 27.011 \text{ t-m}$$

$$A_p = \frac{Pam + Rwm + Dwm}{11.5} = 31.545$$

$$A_p * \text{鋼棒間距} = 31.545 * 1.6$$

$$= 50.464 \text{ t} < 0.6 * f_y * \text{鋼棒斷面積}$$

$$= 0.6 * 3000 * 44.18 = 63615 \text{ kg}$$

$$= 63.615 \text{ t} \quad (\text{O.K.})$$

經由程式運算得最大彎矩發生在距板樁頂點 7.5 公尺處。Mmax=111.37 噸-公尺

$$M_{max} < 0.6 * f_y * z = 0.6 * 3000 * (2 * 3150)$$

$$= 113.4 \text{ 噸-公尺}$$

(O.K.)

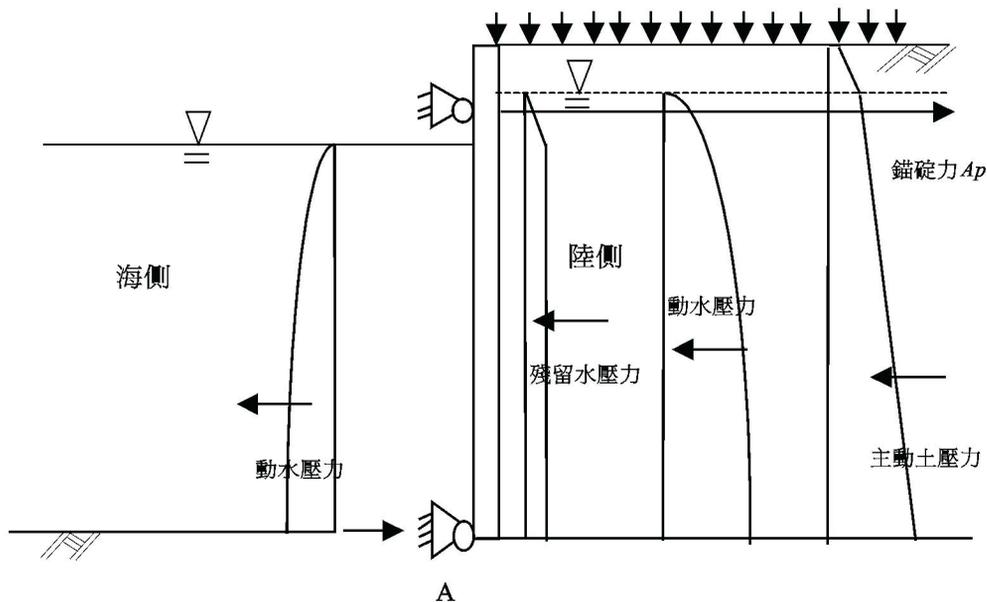


圖 9 板樁最大彎矩計算示意圖

3. 地震力作用下背填土壤部分液化穩定性檢核

依據本所謝研究員明志用 Seed 液化潛能評估理論，以 GIS 軟體模擬該老舊碼頭所在港區的液化風險度，在

地震規模 $M=7$ ，地表加速度 $PGA=0.1g$ 的條件下，該碼頭依 Seed 的定義已達液化的程度，所以本節將針對該老舊碼頭地震力作用下背填土壤部份液化之安全性作一檢核。由分析結果背填土在海底面以上之土層可能已液化，而第一層土層為級配料及碼頭鋪面，所以第一層土層應不致液化，故本文檢核之碼頭受力示意圖如圖 3 所示。

(1)主樁入土長度檢核

以 Excel 試算軟體檢核，在安全係數 (S.F.) 為 1.2 的狀況下，如表 8、表 9、圖 10 及 5 式所驗證，所需的板樁入土長度為 22.3 公尺，以板樁現況入土深度為 20.7 公尺，不足基準規定的長度 7.2 %。若以安全係數 (S.F.) 為 1.0 來檢核，如表 10、表 11、圖 11 及 6 式所驗證，所需的板樁入土長度為 21.2 公尺，則現況入土長度仍嫌不足 2.4 %。

表 8 各土層土壓力計算表

各層主動土壓值 (t/m)		各層被動土壓值 (t/m)		土層厚度 H_i (m)	各層主動土壓力 $=\frac{P_{ai1}+P_{ai2}}{2} \times \text{土層厚度}$		各層被動土壓力 $=\frac{P_{pi1}+P_{pi2}}{2} \times \text{土層厚度}$	
P_{a11}	0.296			1	P_{a1}	0.592 (t)		
P_{a12}	0.888							
P_{a31}	7.501	P_{p11}	1.635	4	P_{a3}	33.815 (t)	P_{p1}	25.369 (t)
P_{a32}	9.406	P_{p12}	11.049					
P_{a41}	7.681	P_{p21}	14.327	5.6	P_{a4}	49.469 (t)	P_{p2}	144.318 (t)
P_{a42}	9.986	P_{p22}	37.216					

表 9 各土層對錨碇拉桿力矩計算表

P_{ai} (t) ①	與拉桿距離 (m) ②	$M_{ai} = ① \times ②$ (t-m)	P_{pi} (t) ③	與拉桿距離 (m) ④	$M_{pi} = ③ \times ④$ (t-m)
0.592	0.617	0.365			
33.815	13.575	459.038	25.369	13.995	355.034
49.469	18.422	911.304	144.318	18.715	2700.840

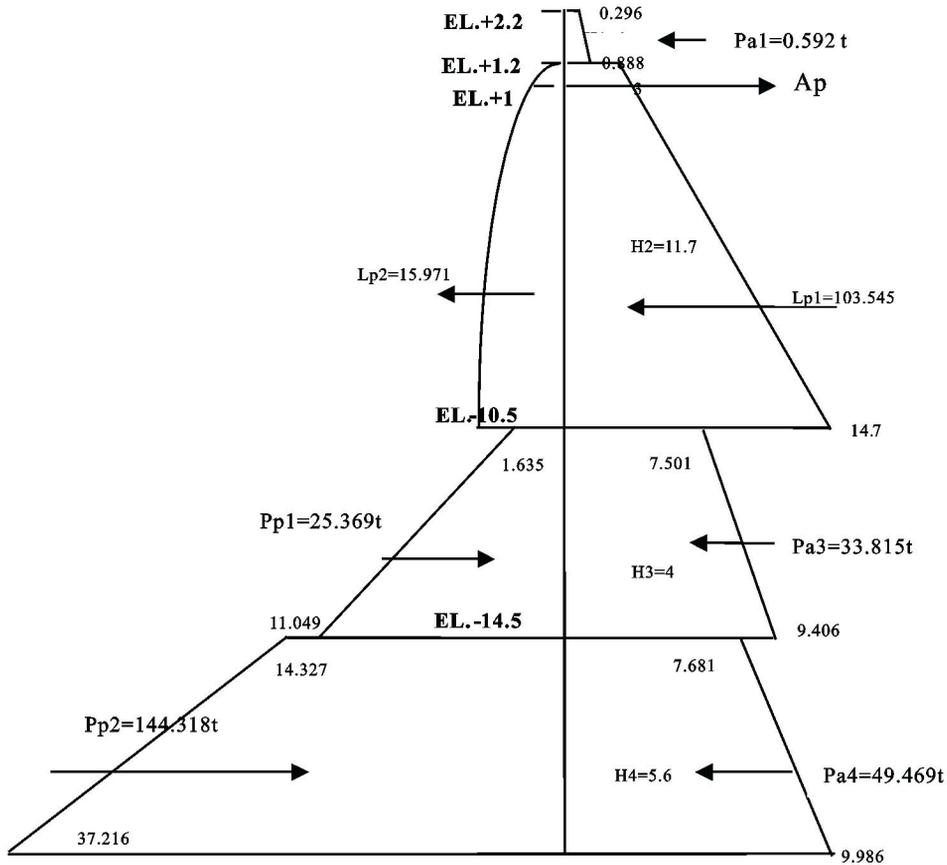


圖 10 安全係數 1.2 板樁土壓示意圖

液化土層之側壓力

= 液化之超額孔隙水壓力(Lp1) + 液化時之動流體壓力(Lp2)

液化時之超額孔隙水壓力 (Lp1 = 土壤之有效總應力)

$$Lp1_1 = q' + r_1 * H_1 = 3 \text{ t/m}$$

$$Lp1_2 = q' + r_1 * H_1 + r_2 * H_2 = 14.7 \text{ t/m}$$

$$Lp1 = 0.5 * (Lp1_1 + Lp1_2) * H_2 = 103.545 \text{ t}$$

液化時之動流體壓力(Lp2)

$$Lp2 = 7/12 * k_{h1} * (r_2' + r_w) * H_2 * H_2 = 15.971 \text{ t}$$

液化土層對拉桿之力矩 (Lpm)

$$Lpm = Lp1 * (((Lp1_1 + 2 * Lp1_2) / (Lp1_1 + Lp1_2)) * H_2 / 3 - 0.2) + Lp2 * (3/5 * H_2 - 0.2)$$

$$= 718.497 + 108.919$$

$$= 827.416 \text{ t-m}$$

殘留水壓對拉桿之力矩 (Rwm)

$$Rwm = 0.5 * r_w * h_r * h_r * (h_r * 2/3 - 0.2) + r_w * h_r * (h_w + H_3 + H_4) * ((h_w + H_3 + H_4) / 2 + 1) = 266.958 \text{ t-m}$$

動水壓對拉桿之力矩 (Dwm)

$$Dwm = 7/12 * k_{h1} * r_w * h_w^2 * (3/5 * h_w + 1) = 7/12 * 0.1 * 1 * 10.5 * 10.5 * (3/5 * 10.5 + 1) = 46.948 \text{ t-m}$$

$$S.F. = \frac{M_{p1} + M_{p2}}{Lpm + M_{a3} + M_{a4} + Rwm + Dwm - M_{a1}} = 1.2 \dots \dots \dots (5)$$

表 10 各土層土壓力計算表

各層主動土壓 值 (t/m)		各層被動土壓 值 (t/m)		土層厚度 H _i (m)	各層主動土壓力 $= \frac{P_{ai1} + P_{ai2}}{2} \times \text{土層厚度}$		各層被動土壓力 $= \frac{P_{pi1} + P_{pi2}}{2} \times \text{土層厚度}$			
P _{a11}	0.296			1	P _{a1}	0.592 (t)				
P _{a12}	0.888									
P _{a31}	7.501	P _{p11}	1.635	4	P _{a3}	33.815 (t)		P _{p1}	25.369 (t)	
P _{a32}	9.406	P _{p12}	11.049							
P _{a41}	7.681	P _{p21}	14.327	4.5	P _{a4}	38.733 (t)		P _{p2}	105.854 (t)	
P _{a42}	9.534	P _{p22}	32.720							

表 11 各土層對錨碇拉桿力矩計算表

P _{ai} (t) ①	與拉桿距離 (m) ②	M _{ai} = ① × ② (t-m)	P _{pi} (t) ③	與拉桿距離 (m) ④	M _{pi} = ③ × ④ (t-m)
0.592	0.617	0.365			
33.815	13.575	459.038	25.369	13.995	355.034
38.733	17.831	690.635	105.854	18.043	1909.945

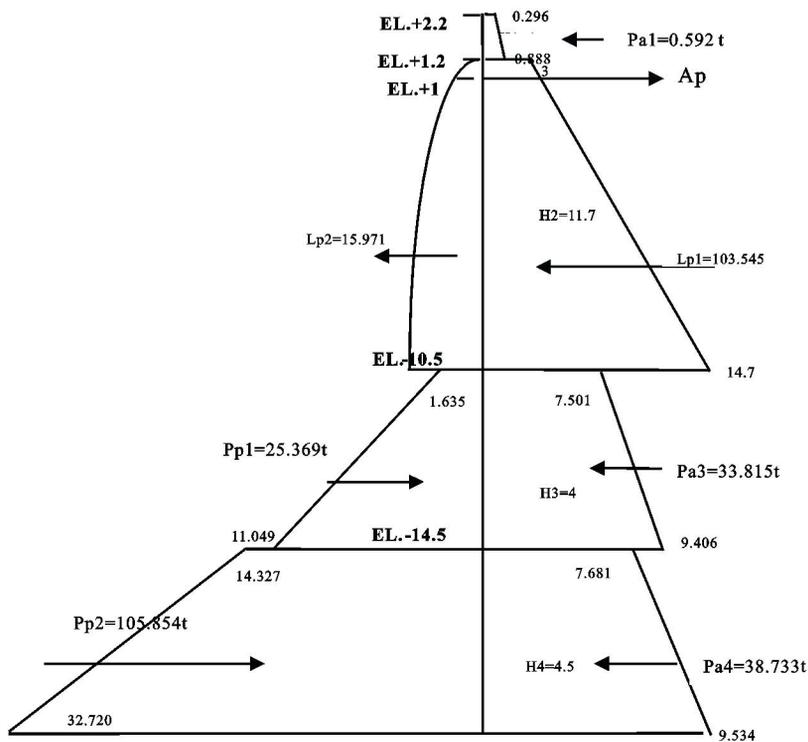


圖 11 安全係數 1.0 板樁土壓示意圖

殘留水壓對拉桿之力矩 (Rwm)

$$Rwm = 0.5 * r_w * h_r * h_r * (h_r * 2/3 - 0.2) + r_w * h_r * (h_w + H3 + H4) * ((h_w + H3 + H4)/2 + 1)$$

$$= 239.832 \text{ t-m}$$

動水壓對拉桿之力矩 (Dwm)

$$Dwm = 7/12 * k_{hl} * r_w * h_w^2 * (3/5 * h_w + 1)$$

$$= 7/12 * 0.1 * 1 * 10.5 * 10.5 * (3/5 * 10.5 + 1)$$

$$= 46.948 \text{ t-m}$$

$$S.F. = \frac{M_{p1} + M_{p2}}{L_{pm} + M_{a3} + M_{a4} + Rwm + Dwm - M_{a1}}$$

$$= 1.0 \dots \dots \dots (6)$$

(2) 主樁最大彎矩與錨碇力檢核

依前面小節基準規定之計算方式，以 Excel 試算軟體計算得板樁錨碇力為 56.973 噸，最大彎矩發生在距板樁頂點 8.1 公尺處的彎矩 231.91 噸-公尺。

背填土壓力對 A 鉸點之力矩 (Pam)

$$Pam = P_{a1} * (((2 * P_{a11} + P_{a12}) / (P_{a11} + P_{a12})) * H1/3 + H2) + LP1 * ((2 * LP1_1 + LP1_2) / (LP1_1 + LP1_2)) * H2/3 + LP2 * (2/5 * H2)$$

$$= 0.592 * 12.117 + 103.545 * 4.561 + 15.971 * 4.68$$

$$= 554.184 \text{ t-m}$$

殘留水壓對 A 鉸點之力矩 (Rwm)

$$Rwm = 0.5 * r_w * h_r * h_r * (h_r/3 + h_w) + 0.5 * r_w * h_r * h_w * h_w$$

$$= 73.998 \text{ t-m}$$

動水壓對 A 鉸點之力矩 (Dwm)

$$Dwm = 7/12 * k_{hl} * r_w * h_w^2 * (2/5 * h_w)$$

$$= 7/12 * 0.1 * 1 * 10.5 * 10.5 * (2/5 * 10.5)$$

$$= 27.011 \text{ t-m}$$

$$A_p = \frac{Pam + Rwm + Dwm}{11.5} = 56.973$$

$$A_p * \text{鋼棒間距} = 56.973 * 1.6 = 91.157 \text{ t} > 0.6 * f_y * \text{鋼棒斷面積}$$

$$= 0.6 * 3000 * 44.18 = 63615 \text{ kg} = 63.615 \text{ t} \quad (\text{N.G.})$$

$$\frac{91.157 - 63.615}{91.157} = 30.2\%$$

錨碇力不足 30.2%

經由 Excel 軟體運算得最大彎矩發生在距板樁頂點 8.1 公尺處。

$$M_{max} = 231.906 \text{ 噸-公尺} > 0.6 * f_y * z$$

$$= 0.6 * 3000 * (2 * 3150) = 113.4 \text{ 噸-公尺} \quad (\text{N.G.})$$

$$\frac{231.9 - 113.4}{231.9} = 51.1\%$$

最大彎矩強度不足 51.1%

四、結論與建議

由第三節之檢核結果，如表 12 所示，在背填土層未液化之狀況下，除了主樁入土長度在 F.S.=1.2 的情況下長度略顯不足外，其餘檢核都安全，其原因可能為當初之設計條件與本文分析之條件不同所致，包括設計地震力、設計載重及土壤參數、分析方法等。

在背填土層部分液化的情況下，本文檢核的結果顯示，所有檢核項目均不足，其主要原因為當初設計時應沒有考慮到土層液化的影響，才導致所有檢核項目安全性均不足。

在檢核不足的部分，由研究顯示，板樁入土長度檢核在 F.S.=1.2 的

情況下，土層未液化的條件不足 1.7%，土層部分液化的條件下不足 7.2%，入土長度不足相差不大。但在錨碇力的部分，土層未液化的情況下錨碇力足夠，在土層部分液化的情況下，錨碇力則嚴重不足 30.2%，也導致主樁之最大容許彎矩強度由土層未液化之足夠轉為土層部分液化之嚴重不足 51.1%，由此比較得知，土層液化所產生對結構構件的影響以錨碇系統影響最大。

綜觀各國國際港之現況碼頭大都建築在一、二十年前，當初設計的耐震強度是否符合現況基準，是否有考慮

到土層液化的影響，嚴重影響各港未來承受地震力之能力，所以當務之急應儘早評估現有構造物之耐震能力，對於強度不足或背填土層可能液化之碼頭給予適當之結構系統補強或地盤改良，才能因應下一個強震。

本文礙於時間因素，只針對錨碇鋼板樁式碼頭之耐震性探討主樁入土長度、主樁材料強度及錨碇力三個部份，至於錨碇樁入土長度、錨碇樁材料強度、錨碇距離及基礎地層滑動的安定性則未予探討，未來可以針對這些項目加以探討。

表 12 板樁式碼頭構造物穩定性檢核結果一覽表

	土層未液化		土層部分液化	
	F.S.=1.2	F.S.=1.0	F.S.=1.2	F.S.=1.0
主樁入土長度檢核	N.G.	O.K.	N.G.	N.G.
	O.K.		N.G.	
主樁容許最大彎矩檢核	O.K.		N.G.	
錨碇力檢核	O.K.		N.G.	

參考文獻

1. 賴聖耀等，"港灣地區地震監測與土壤液化潛能評估之研究"，交通部運輸研究所，民國 91 年 2 月。
2. 交通部，「港灣構造物設計基準-碼頭設計基準及說明」，民國 86 年 7 月。

淺談日本自然調和型漁港之藻場機能技術

張瑞欣 台灣漁業及海洋技術顧問社總經理
陳炳祺 台灣漁業及海洋技術顧問社工程部經理
陳昌生 台灣漁業及海洋技術顧問社規劃組組長
林東廷 台灣漁業及海洋技術顧問社正工程師

摘要

國內近年來積極推動公共工程採用生態工法，並訂定相關推動期程及達成率目標，首期(91至93年)選定之工程類型以環境保育、景觀休閒、建築、土石流崩塌地防治、山坡地開發、河溪整治等為主，而港灣工程則列為第二期(94至96年)推動項目，惟其相關研究開發尚處起步階段，具體實施方法與技術仍有待建立。故本文旨在介紹日本發展自然調和型漁港之藻場機能技術及其近十年推動概況，俾供國內建立本土化港灣生態工法之借鏡與參考，以促進海岸自然環境之永續發展。

一、前言

因應21世紀為國際環境之世紀，減少環境破壞及確保資源永續利用已成為世界發展潮流，故強調師法自然之生態工法近年來漸受重視，並廣泛應用於各項公共工程。國內於民國87年引進生態工法，並於89年大規模運用在921重建區之土石流及崩塌地整

治(郭，2002)，早期生態工法多應用於溪流整治、野溪復育、水利工程及水土保持等，近年來已有較多元化之發展。以生態工法在港灣工程之應用可謂尚處起步階段，除農業委員會漁業署完成漁港工程先導性研究(中華大學，2003)，及烏石漁港南端防波堤增建、安平港海岸整治等少數應用工程外(焦等，2004)，相關研究及實施案例並不多。依據政府推動生態工法之期程上，已將港灣工程列為第二期(94至96年)項目，如何在近期內建立本土化港灣生態工法之應用技術，俾利未來執行與推動，正是目前國內港灣工程界亟待深思與努力之課題。鄰國日本應用相當我國所謂之生態工法於漁港工程已有將近十年經驗，迄2002年所實施案例中以附加藻場機能為最多約佔68%(全國漁港漁場協會，2003；焦等，2004)，可供國內發展港灣生態工法之參考。

二、藻場

藻場為海洋大型海產植物之群落，一般分為海藻與海草兩種，行底

棲性固著生活方式，除提供海洋動物之食物來源，生產有機質與氧氣外，亦為海洋生物之良好棲地與蔽護場所，對漁業資源之保育有很大貢獻，且具食用、飼料、肥料及工業等用途。

(一)藻場之機能

藻場可提供海洋生物攝食與生息空間，形成豐富之生態系，主要具有下列機能(張等，2002)：

- 1.行光合作用供給水中氧氣
- 2.提供魚介貝類之棲息、育成、隱蔽及產卵場所
- 3.藻食性動物與其他食物網中生物之食物來源
- 4.穩定海洋環境及保育漁業資源
- 5.吸收營養鹽淨化水質

(二)藻場生長底質之分類

藻場為海藻、海草之群落，按其生長之棲地環境概分為岩礁性藻場與砂泥性藻場。一般海藻多著生於固定基質，所形成群落屬岩礁性藻場；部份海草生長於砂泥地，其群落屬砂泥性藻場。

(三)藻場形成之阻害要因與對策

藻場機能設計上須依據漁港周邊之藻場分佈環境調查，檢討建設工址可能阻害藻場形成之要因，研擬藻場持續形成之技術，主要為漁港構造物之斷面與平面配置、水深與基質之改變，必要時可實施母藻之投入、移植等改善措施，以去除藻場形成之阻害要因，包括藻食動物之食害、其他附著生物之競合、光量不足、激浪造成剝離、卵子(孢子、種子)之流失與輸

送、基質之移動與傾倒、漂砂掩埋與磨損、浮泥之堆積、退潮之裸露乾燥等。有關主要藻場形成之阻害要因與對策如下(全國漁港漁場協會，2003)：

1.食害問題

藻食動物之食害為沿岸藻場直接減少之要因，包括藻食性之底棲生物(如海膽、卷貝)、魚類(如象魚、鯛)、鳥類等，其防止對策可考慮流速之增加及砂地之利用。當流速超過底棲生物之攝食界限可抑制其攝食活動，保護海藻避免食害，另底棲生物在砂地上移動較困難，亦有抑制作用；鳥類潛水攝食海草有其上限水深限制，調查鳥類攝食之界限水深，進一步檢討造成海草場所之砂面高，可避免鳥類食害。

2.與附著生物之競合問題

著生基質上之優勢附著生物(動物、海藻等)亦會阻害對象藻場之形成，生物間之競爭關係由附著基質之裸地開始，隨著生物群集之遷移，最適合該生長環境之生物將漸佔優勢。於基質投入時期遭目的外之附著生物著生，可能長期阻害海藻之生育，可利用對象藻種孢子之放出期間投入人工基質，以確保群落之形成。

3.光量不足問題

一般光量不足成為限制藻場分佈之直接要因較少，但於透明度較低之內灣海域，有些海草類之分佈下限會受光量之限制，由於改變海水透明度通常較難，可考慮投入基質改變其生長水深。

4. 底質之移動與堆積問題

對於岩礁性藻場之造成場合，由於底質之移動致漂砂淤積或侵蝕而埋沒基質，將構成群落形成之阻害要因，故推定漂砂之影響程度，以決定基質距離海底面之高度係有必要。另外，對於適合生長於波浪穩靜砂地之海草類，為防止漂砂移動可考慮設置消波構造物，而為防止河川輸砂堆積則可考慮導流堤設施。

5. 孢子等流失與輸送問題

海藻孢子大量放出時，為使擴散範圍寬廣，於既有藻場之周邊投入新基質俾供海藻著生，部份海藻之卵較大不易在母藻附近基質之平坦面著生，部份卵不易在基質之傾斜面著生等，皆須依對象海藻之繁殖著生特性加以考慮。

6. 浮泥堆積問題

於內灣、河口海域，受到陸源濁水之影響，浮泥易堆積於基質上而妨礙海藻孢子之著底，或藻體遭覆蓋枯死等情形，通常可考慮設置海水導水工，以增加水流流動防止浮泥堆積，有利藻場形成。

三、藻場造成型漁港構造物之設計

所謂「藻場造成型漁港構造物」(如圖 1)係在確保漁業設施機能之基礎下，考慮周邊天然藻場之環境特性，附加漁港構造物之藻場形成機能，以維持沿岸之水產資源及生物多樣性，改善並創造海岸生態環境。

(一) 建設檢討流程

藻場造成型漁港構造物之建設係

藉由事前調查周邊良好天然藻場之水深、波浪、海流等環境，模仿天然藻場特性，研擬促進藻場形成之斷面構造及施工方法，並於施工過程及完工後實施成效追蹤調查，不斷改進累積技術，其建設檢討流程如圖 2 所示。

(二) 設計流程

藻場造成型漁港構造物之設計流程如圖 3 所示，主要係於一般漁港構造物之設計過程考慮藻場造成條件，並於基本斷面之假設上涵括利於藻場形成之斷面形狀、平面配置等，其餘設計計算大致無異。

(三) 構造型式

藻場造成型漁港構造物之構造型式須考慮自然條件、材料條件、施工條件、經濟性等，檢討堤體與被覆材(著生基質)之安定性，設計類似天然藻場之基礎平台、潛堤等。以日本所發展之技術而言，主要考慮附加潛堤之複式防波堤、延伸防波堤基礎平台之寬廣拋石平台混成堤、潛堤、人工潛礁等型態，其構造型式大致如下(圖 4)：

1. 混成堤

- (1) 附加潛堤混成堤
- (2) 附加前面小段消波工混成堤
- (3) 前面寬廣拋石平台混成堤
- (4) 背後寬廣拋石平台混成堤

2. 傾斜堤

- (1) 附加前面小段傾斜堤
- (2) 附加背後小段傾斜堤

3. 潛堤、人工潛礁

- (1) 一般潛堤、人工潛礁
- (2) 前小段高式複斷面潛堤、人工潛礁
- (3) 前小段低式複斷面潛堤、人工潛礁

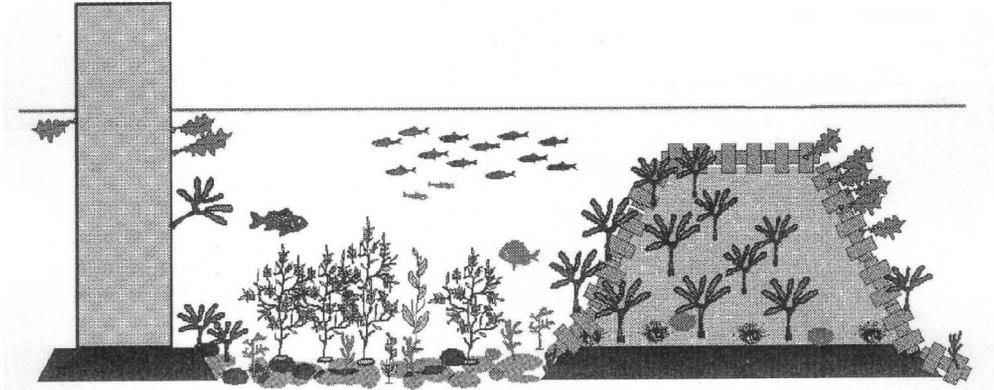


圖 1 藻場造成型漁港構造物示意圖

(資料來源：全國漁港漁場協會，2003)

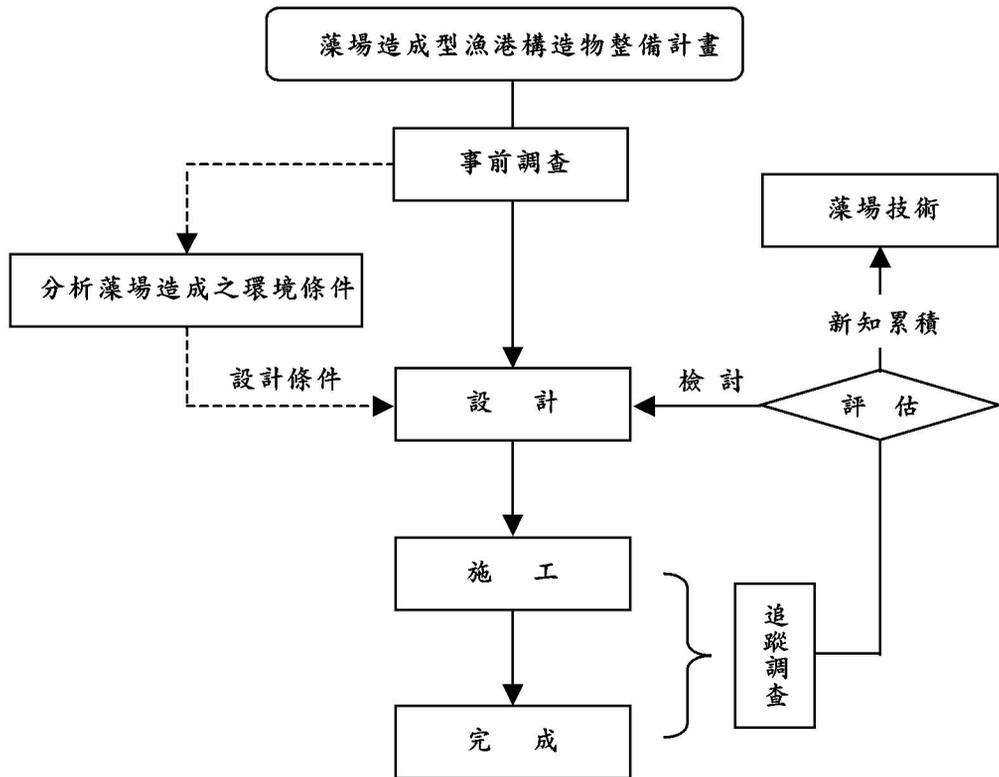


圖 2 藻場造成型漁港構造物建設檢討流程

(資料來源：全國漁港漁場協會，2003)

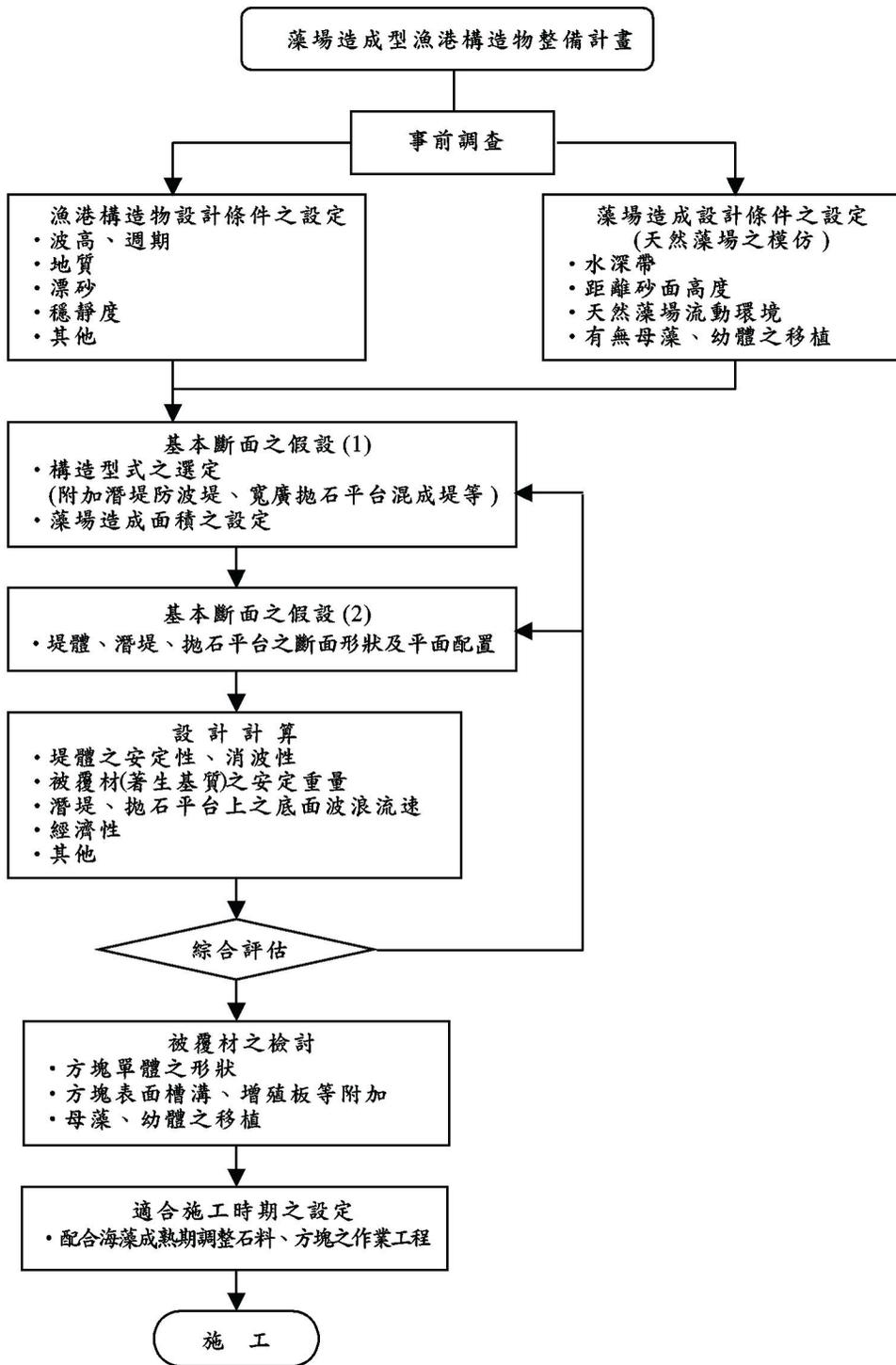


圖 3 藻場造成型漁港構造物之設計流程

(資料來源：全國漁港漁場協會，2003)

四、推動開發概況

日本近年來鑑於地球環境問題之愈益重要，亦相當重視開發與環境之共生共存，在漁港建設方面於1994年起推動「自然調和型漁港推進事業」，主要以漁港構造物附加藻場、海水交換、干瀉等機能為發展重點，至2002年全國計有42個漁港實施(全國漁港漁場協會，2003；焦等，2004)，其中以附加藻場機能為目的者佔最多計有37個(68%)，如表1所示。茲將日本推動自然調和型漁港附加藻場機能之實施概況說明如下：

(一)實施對象設施

所實施漁港案例中，主要以防波堤、護岸、人工潛礁等設施為主，其中以防波堤為實施對象設施者計有32個(佔78%)，以護岸為對象者有7個(佔17%)，以人工潛礁為對象者有2個(佔5%)，而同時實施防波堤、護岸為對象者有4個。

(二)實施工法

所實施工法中，以漁港構造物附加寬廣拋石平台、潛堤及被覆生態型方塊、消波塊、藻礁等為主。

(三)示範漁港實施概要

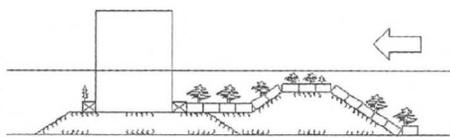
依據ITANKI等示範漁港之實施過程(如表2)，由確立計畫目的後，依序進行事前環境調查(藻場、底棲動物、魚類、流況、水質、底質等)，將調查結果納入設計考慮事項，並於施工期間及完工後實施完整之成效追蹤調查。由上述示範漁港之追蹤調查結

果顯示，所設計藻場平台上之海藻現存量多逐年增加(如圖5)，並有底棲生物與魚類棲息情況，實施成效良好。

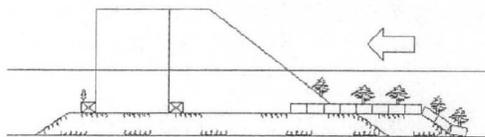
五、結語

近年來國內因長期經濟開發建設導致環境失衡問題愈益嚴重，在關心環境人士之倡議下，逐漸喚醒國人對生存環境之重視，政府亦積極推動各項公共工程採用生態工法，謀求改善環境失序現象，促進各項建設與自然環境和諧共生。港灣工程開發不免對生態、景觀及親水產生相當程度之影響，一直為大家所關心及垢病之處，在進入21世紀國際環境之世紀，應有新時代新思維及新作法，謀求降低港灣開發對環境之破壞，改善傳統工法合乎生態理念，使港灣工程融為海岸自然環境之一環，以符合時代潮流。國內港灣生態工法之發展尚處起步階段，相關實務作法與工程規範仍待建立，亟待港灣工程界共同集思努力。在觀摩日本漁港工程相關發展之際，部份經驗值得國內借鏡參考：

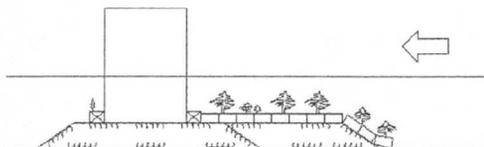
(一)日本結合產官學界之力量投入港灣工程與環境共生技術之研究開發，首重海岸環境之基礎調查，以自然調和型漁港之藻場機能技術發展而言，於1994年開始推動實施，1999年編製技術手冊(水產廳漁港部，1999)，2003年出版技術專書(全國漁港漁場協會，2003)。



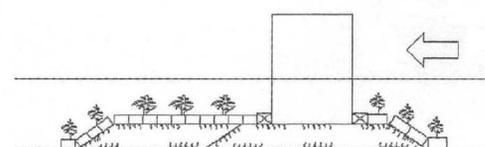
(A)附加潛堤混成堤



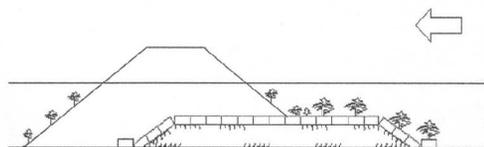
(B)附加前面小段消波工混成堤



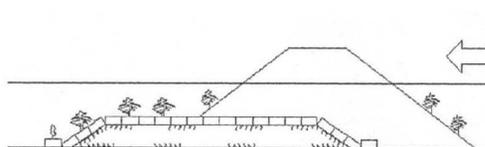
(C)前面寬廣拋石平台混成堤



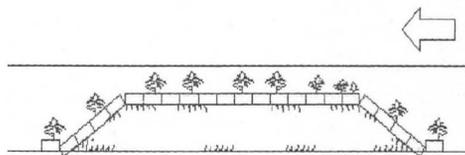
(D)背後寬廣拋石平台混成堤



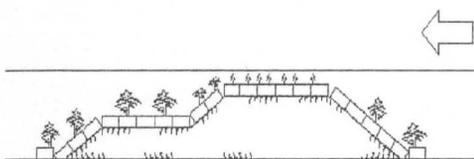
(E)附加前面小段傾斜堤



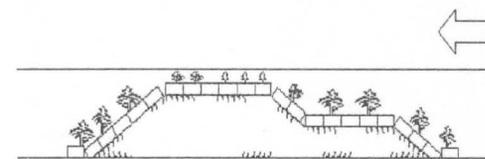
(F)附加背後小段傾斜堤



(G)一般潛堤、人工潛礁



(H)前面小段高式複斷面潛堤、人工潛礁



(I)前面小段低式複斷面潛堤、人工潛礁

圖 4 藻場造成型漁港構造物之構造型式

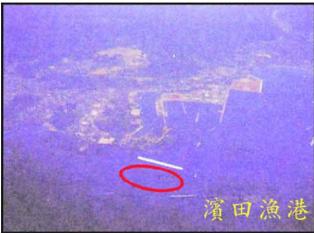
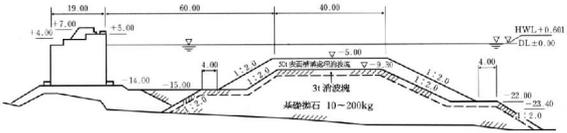
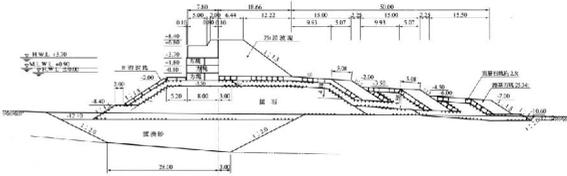
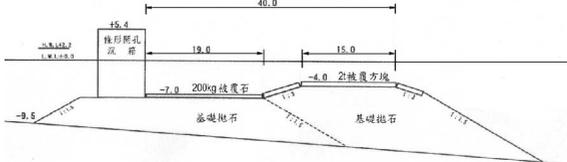
(資料來源：全國漁港漁場協會，2003)

表1 日本自然調和型漁港附加藻場機能迄 2002 年實施概況

都道府縣	漁港名稱	指定年度	實施對象設施	工 法
開發局	元地	1996	防波堤	寬廣平台傾斜堤
開發局	福島	1996	防波堤	被覆孔洞式方塊(魷魚產卵礁)防波堤
開發局	壽都	1994	防波堤	寬廣平台傾斜堤
開發局	江良	1994	防波堤	既有防波堤前側寬廣平台傾斜堤
開發局	樣似	1994	護岸	寬廣平台傾斜堤
北海道	ITANKI	1996	防波堤	傾斜堤、寬廣拋石平台
北海道	禮文	1994	防波堤	寬廣拋石平台傾斜堤
北海道	別刈	1996	防波堤	寬廣拋石平台
岩手	堀内	1994	防波堤	
秋田	金浦	1994	防波堤、護岸	
秋田	八森	1996	防波堤	附加離岸式消波工防波堤
千葉	乙濱	1996	防波堤	寬廣拋石平台、被覆槽溝方塊
新潟	高千	1994	防波堤	傾斜堤、寬廣拋石平台、被覆槽溝方塊
富山	藪田	1994	防波堤、護岸	附加潛堤護岸、寬廣拋石平台
石川	富來	1996	防波堤	附加潛堤寬廣拋石平台
石川	庵	2002	防波堤	
三重	和具	1996	防波堤	附加增殖機能防波堤
三重	神島	1994	防波堤、護岸	寬廣拋石平台、拋石式潛堤
京都	浦島	1996	防波堤	附加槽溝消波塊
京都	間人	1996	防波堤	附加槽溝消波塊
大阪	深日	1997	護岸	拋石式緩傾斜
兵庫	石見	2002	防波堤	多段式拋石潛堤
兵庫	坊勢	2001	防波堤	寬廣拋石平台
兵庫	丸山	1998	防波堤	附加潛堤多段式平台、水產協調型被覆方塊
和歌山	田邊	1996	人工潛礁	拋石被覆方塊
島根	濱田	1994	防波堤	潛堤、附加槽溝方塊
廣島	大地藏	2001	防波堤	附加潛堤防波堤
山口	奈古	1997	防波堤	寬廣拋石平台
香川	馬篠	1996	防波堤	寬廣拋石平台
高知	小才角	1994	防波堤	附加增殖板被覆方塊
佐賀	向島	1996	防波堤	寬廣拋石平台
長崎	□浦	1996	防波堤	寬廣拋石平台
長崎	有喜	1994	防波堤	多段式寬廣拋石平台、附加槽溝被覆方塊
熊本	大江	1996	人工潛礁	傾斜堤寬廣拋石平台
大分	泊内	1996	防波堤	附加潛堤寬廣拋石平台
沖繩	川滿	1994	防波堤、護岸	傾斜堤拋石平台、球形藻礁
沖繩	宜野座	1998	護岸	球形藻礁

資料來源：全國漁港漁場協會(2003)

表 2(續) 日本藻場造成型示範漁港實施概要

漁港別及實施位置	計畫概要	設計條件	標準斷面
 <p>濱田漁港</p>	<p>對象設施：防波堤 480m 工法：附加潛堤防波堤 對象海藻：Ecklonia kurome Sargassum spp. 事前調查設計：1995~1996 年 施工：1995~2002 年 追蹤調查：1996~2001 年</p>	<p>颱風波向：N 波高：9.5m 週期：12.6s 設置水深：-23~-30m 設計波高：7.2、7.3m 設置地盤：岩盤</p>	
 <p>有喜漁港</p> <p>http://www.n-suisan.jp/</p>	<p>對象設施：離岸防波堤 120m 工法：附加小段消波工被覆堤 對象海藻：Ecklonia kurome Sargassum spp. 事前調查設計：1994~1995 年 施工：1995~1998 年 追蹤調查：2000~2002 年</p>	<p>颱風波向：SW 波高：12.3m 週期：14.9s 設置水深：-10.7m 設計 波高：4.7m 設置地盤：砂</p>	
 <p>泊内漁港</p>	<p>對象設施：防波堤 60m 工法：附加潛堤寬廣拋石平台 型防波堤 對象海藻：Ecklonia kurome Sargassum spp. 事前調查設計：1995~1996 年 施工：1997~2000 年 追蹤調查：1999~2002 年</p>	<p>颱風波向：ENE 波高：4.1m 週期：6.8s 設置水深：-17.0m 設計波高：3.2m 設置地盤：砂</p>	

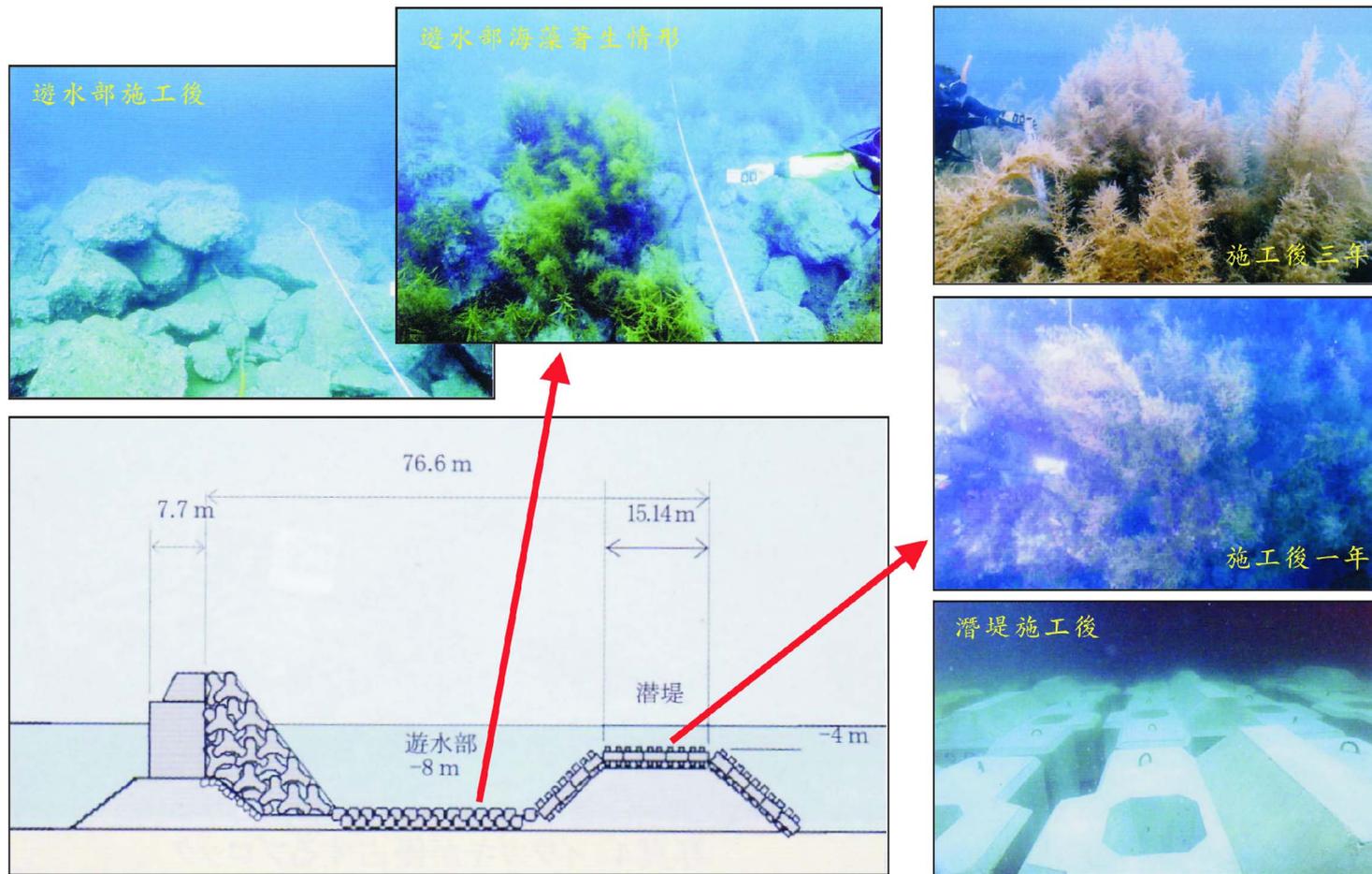


圖 5 富來漁港藻場造成型防波堤成效追蹤調查 (資料來源：安藤，2002)

- (二)由日本發展漁港工程附加藻場機能之歷程觀之，其規劃設計皆以事前之環境調查為基礎，並配合施工期間及完工後之成效追蹤調查，不斷累積改進相關技術。
- (三)日本在港灣生態工法之經驗固可供國內觀摩學習，縮短發展歷程，惟兩國海岸自然環境仍有差異，參考之際不宜全然比照模仿，應建立符合我國情之本土化技術。

參考文獻

1. 郭清江，「生態工法之發展趨勢與推動機制」，2002生態工法研討會論文集，91年11月。
2. 中華大學水域生態環境研究中心，「委託辦理生態工法應用於漁港港灣工程類別、分析與建議工作」，92年12月。
3. 焦正清、張瑞欣、陳炳祺、林東廷，「淺談生態工法於國內與日本港灣工程之發展」，港灣報導第67期，第17~26頁，93年2月。
4. 張瑞欣、林東廷、林綉美，「海岸結構物附加藻場機能之規劃調查設計」，港灣報導第61期，第1~19頁，91年7月。
5. 社團法人全國漁港漁場協會，藻場造成型漁港構造物調查・設計ガイドライン，2003年8月。
6. 水產廳漁港部，「自然調和型漁港づくり技術マニュアル—藻場機能の付加」，1999年4月。
7. 安藤亘，「自然調和型漁港づくりについて」，第35回全國漁港講習會，2001年12月。
8. 安藤亘，「自然調和型漁港づくり事業の現状—石川縣富來漁港」，水產土木建設技術センター會報No.62，2002年4月。

淺談親水性堤岸之配置及應用

蔡立宏 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
張憲國 國立交通大學土木工程學系副教授
劉勁成 國立交通大學土木工程學系所博士班研究生

一、前言

近年來，由於國民所得大增以及受世界潮流衝擊，國人環保意識高漲，對遊憩休閒設施需求逐漸殷切，海洋環境已成為民眾生活之一部份，致使海岸空間利用規劃必須滿足更高之期望。日本在2000年4月頒定新的海岸保護法，要求海岸保護及海岸環境改善等海岸空間利用必須走向軟式的海岸保護措施，並提供人們最舒適親水的空間。海岸結構物之設置，從過去防止海浪侵蝕破壞，保護海岸地區生命財產安全的單純目的，轉變成包含景觀美化與遊憩行為並重等多功能的目標。當前，工程與景觀的調和及親水性設計已成為設計海岸保護設施時必須考慮的條件。因此結合海岸工程技術與景觀工程技術去創造親水性海岸結構物，以建立兼顧遊憩行為、景觀與安全性綜合考量的親水性結構物設計為台灣海岸工程很重要的課題。

親水性港灣構造物設施一般分為：防波堤、護岸、突堤、堤防、防砂堤、防潮堤及導流堤等。本研究的目

的為建立一套設計親水性堤岸的原則。內容包括：收集國內及日本既有的親水性堤岸實例，依堤岸的斷面型態作整合和分類，並綜合堤岸在安全上的考量以及堤面的景觀美化與遊憩功能，探討親水性堤岸的設計原則；亦即在安全性的基礎下，提出適合的遊憩行為和堤岸型式以及堤岸的景觀美化的一般性設計原則，作為往後從事親水性堤岸之海岸工程者的因循與參考。

二、定義

親水性堤岸意指，結構物本身能發揮保護海岸之外，必須兼顧遊憩與景觀美化等功能。一般可利用堤岸上部或堤岸斜坡，提供民眾觀景、散步、海釣及親近海洋等遊憩功能。

三、設計考量

在緩傾斜堤的適用性的研究方面：青木等(1989)，在「緩傾斜堤的設計手法」中提到，緩傾斜堤適用的海岸環境為(1)在廣闊前灘且海底坡度平緩，或者在直立型護岸前面增設，作為機能改良補強之用；(2)在海底坡

度比較平緩的地方，代替直立型護岸前的消波工；(3)直立型護岸前較深水域有離岸堤或消波堤存在時；(4)海底坡度相當緩的海岸，堤腳水深稍大，可設在護岸前，作為改良或補強。不適用的地區包括急遽侵蝕的海岸、漂沙活動顯著的海灘及前灘狹窄且海灘坡度大的海岸。

就堤岸的防災性來說：青木等(1989)以四種不同海堤堤面的粗糙度及透水性做實驗，結果顯示堤面的粗糙度與透水性越高，波浪的溯升與反射率則越小。高(1999)以模型試驗探討斜面式與階梯式緩坡堤岸的水理特性，發現階梯式緩坡斷面在反射率、相對溯升及越波量都有較佳的特性。

在堤體安全性來看：青木等(1989)指出緩傾斜堤在工程設計上必須注意的事項，包括在堤體中不要設置隔板，避免海水侵入造成堤體崩壞；堤面的被覆工需注意重量與厚度；緩傾斜堤堤腳若設在水際線附近，堤面易受揚力而受損；為避免堤面磨損及堤身內部材料被淘出，坡面被覆至少要 50cm 以上，且內部材料的粒徑應由上層至下層逐漸變小，下層和上層的粒徑比 $d_1/d_2 > 0.15$ 。在防止海堤的堤趾沖刷方面，當海灘坡度緩於 1:30 時並不會發生堤趾沖刷，但若要在侵蝕的海岸建築緩傾斜堤，且結構物必須建於海中時，在基礎工的設計方面，必須讓基礎工承受侵蝕後的坡度不能大於 1:2，以防止堤趾沖刷。涂(1996)以實驗研究海堤坡度與堤趾刷深值的關係，發現堤趾刷

深度隨著坡度變緩而降低。此外，蔡和張(1996)以模型實驗研究堤面粗糙度對堤趾刷深的影響，結果顯示，粗糙堤面能大幅削減水流強度，可防止堤趾發生劇烈的地形沖刷。

在堤面坡度的影響方面：杉浦(1994)針對緩傾斜堤的研究顯示，堤岸坡度越緩時，抑制波浪的效果愈好。相較於傳統堤岸，緩傾斜堤具有較佳的海岸保護效果，而且兼具較高的親水性及景觀美化；曾(1999)對於緩坡堤岸最佳面坡的研究中指出，在緩傾斜堤岸與傳統堤岸具有相同的水理條件下，降低緩坡堤岸的堤高，可以大幅減低緩坡堤岸的建造成本，所以就安全性與經濟性的考量下，緩傾斜堤的最佳面坡設計在 $\cot\beta = 4 \sim 8$ 間（此時的海灘設計坡度為 1:30）。

對於堤面提供遊憩行為方面：磯部(1998)，在「海岸的環境創造」書中，提出海岸的自然條件與遊憩行為的相關性，包括海水浴場、風帆船及海釣等遊憩行為的適用條件以及波浪靜穩度對於遊憩行為的影響。翁(2000)在海下技術季刊「漫談親水護岸之配置」及張等人(2003)在港灣報導「淺談親水性港灣構造物之規劃設計」，均提及親水護岸的平面配置主要以人的方便性、舒適性及安全性為考量；在斷面的配置應考慮護岸附近之環境，斷面形狀則以軟性為主要訴求；護岸的材料除了耐久性外，必須兼具與環境的協調性。

四、分類

堤岸的斷面型式影響堤岸所能提供的遊憩行為及舒適性，本文將親水性堤岸依據堤面的斷面型式做分類。將堤岸分為：斜面式、台階式、混合式及直立式。其中斜面式又依照堤面坡度的不同，將坡度大於1:3的堤岸分為陡坡斜面式，坡度小於1:3為緩傾斜式。在緩傾斜式中，因為堤面平緩，可以讓遊客自由在堤面上散步，在整體的設計上比較沒有拘束的感覺；在建造成本方面，因堤岸坡度緩，相對於陡坡堤岸，成本就比較高，但在與陡坡堤岸相同的水理條件下，可降低堤高以減少建造成本；不過緩傾斜式只適用海底坡度極平緩處。

台階式的斷面堤岸，依照台階的踏面寬將小於45公分者分為階梯式，大於80公分者為階段式。階段式依照踏面的製作方式分為組合階段式和整砌階段式，而組合階段式又依踏面的型式分為鏤空及無鏤空兩種型式。在相同的堤面坡度下，此種堤岸斷面型式的建造成本比斜面式高，但具有較好的消波效果，在景觀設計的變化上也比較多。

混合式斷面為斜面式與台階式的混合，此種型式綜合了斜面式與台階式在親水性的優點，遊憩行為與景觀變化更多，但成本更高，在堤身安全性上，要特別注意堤面型式變化的交接處。

上述依斷面型的分類示如圖1所示。各形式堤岸依型態、適用性、遊憩行為、安全性及親水性分述如下：

(一)斜面式

a. 型態：

斷面型式為一個平緩的斜面。因為緩坡海堤的適用性，所能提供的遊憩行為與傳統陡坡海堤有極大的不同，依照片平(1996)定義緩坡海堤坡度為 $\cot\beta \geq 3$ 。因此，本文將堤面坡度大於1:3的斜面分為陡坡斜面式，如圖2所示，而坡度小於1:3的緩傾斜式如圖3所示。

b. 適用性：

在堤岸“親水性”的利用上，通常堤面坡度越緩越好，所能提供的遊憩行為也會增多。但並不是所有的自然條件都適合構築緩傾斜堤，根據青木等人(1989)的研究結果指出，不適用的自然環境有：正急速侵蝕或海岸線漂沙顯著的海岸；或者前灘較小，設置緩坡堤岸可能會有大量越波的場所。所以在此種自然條件下應採用陡坡斜面式。在安全性的考量上，緩傾斜堤具有廣闊前灘，海底坡度平緩的海岸或有離岸堤消波設施的場所，適合緩傾斜堤設置。緩傾斜式的堤岸斷面，大多用在海灘坡度極為平緩的地方。

c. 遊憩行為：

陡坡斜面式，因為坡度較陡，所以大多只能在堤頂散步、觀景及堤釣。緩傾斜式，可提供觀景、休息、散步、坐臥、輕微的跑步、戲水及風帆船等。另外，緩坡堤岸在不同面坡的設計下，使

得民眾在堤岸上所從事遊憩行為的可行性及舒適性亦有所差異。因此，日本多年使用緩坡堤岸的經驗，歸納整理出與海堤面坡相配合之遊憩活動規劃參考指標示如圖 4。

d. 安全性：

在堤岸對於堤後土地的防災性來看，當堤面的坡度愈小時，波浪的溯升、反射率以及越波率就愈小，所以在堤高不降低的原則下，當斜面式的堤面坡度越緩，安全性即愈高。

e. 親水性：

陡坡式的堤岸，因堤面坡度陡，所以堤面並不能提供遊憩行為，只能利用在堤頂觀景、散步及堤釣等，所以親水性較低。

堤岸若使用緩傾斜式，當堤面坡度愈緩，則可以提供越多的遊憩活動。曾（1999）指出相同抑制波浪與海岸保護的水理效果下，減緩堤面的坡度，可以降低堤岸堤高，對於遊客在海岸整體的視覺上比較沒有隔閡，心理情緒上也較舒適，而且緩坡堤成本雖然比陡坡堤昂貴，但在降低堤高時，也可同時降低成本。所以緩坡堤岸對於親水性及經濟效益上都有正面的效果。若同時考慮緩坡堤岸的建造成本與堤岸的親水性，建議堤岸坡度為 1：6。

緩傾斜式斷面在遊憩行為上，最

大的優點是可以讓遊客自由的漫步在堤面上，而比較沒有拘束的感覺，且景觀上較具完整性；但由於人在坡度大於 1：10 的地方行走較吃力，所以在設置緩傾斜式時，如堤面坡度能緩於 1：10 感覺較為舒適。

(二) 台階式

以踏面寬度大小分為階梯式與階段式兩種，踏面寬度小於 45 公分為階梯式，如圖 5 所示；踏面寬大於 80 公分為階段式，階段式依照踏面的製作方式分為組合階段式和整砌階段式，而組合階段式又依踏面的型式分為鏤空及無鏤空兩種型式，如圖 6~8 所示。

1. 階梯式

a. 型態：

堤面斷面型式為階梯狀。在設計階梯式時，必須注意階梯高度 (R) 及階梯踏面寬 (T) 的設計，斷面示意如圖 9，兩者間設計準則如式 (1)：

$$2R+T=60\sim 65\text{cm} \quad (\text{老人或小孩約 } 57\text{cm}) \quad (1)$$

基本上根據人體舒適感、安全性及景觀上的考量，設計時應注意階梯高應大於 10 公分，小於 18 公分；而階梯踏面寬應大於 26 公分，小於 45 公分。表 1 為堤面坡度與階梯高、階梯踏面寬設計的參考值（河川的親水規劃與設計，1995）：

表 1 坡度與階梯高、踏面寬的參考值

(單位：公分)

坡度	成人				小孩、老人	
	2R+T=65		2R+T=60		2R+T=57	
	R	T	R	T	R	T
1 : 1.0	21.7	21.7	20.0	20.0	19.0	19.0
1 : 1.5	18.6	27.9	17.1	25.7	16.3	24.4
1 : 2.0	16.3	32.5	15.0	30.0	14.3	28.5
1 : 2.5	14.4	36.1	13.3	33.3	12.7	31.7
1 : 3.0	13.0	39.0	12.0	36.0	11.4	34.2

b. 適用性：

根據階梯設計準則，此種斷面較適用於陡坡堤岸，主要為提供遊客上下堤岸。堤岸堤面坡度約為 1 : 1.5~1 : 3 左右，常佈置於堤前有沙灘或礫灘的海岸，讓遊客可輕易走到海灘上。

c. 遊憩行為：

在階梯上休息、觀景及走下海灘活動。

d. 安全性：

在相同坡度，同樣堤面材質下，消波功能比斜面式斷面來的好；但此型堤面材質大多以人工的混凝土堤為主，與其他材質（如天然石塊）相較透水性較差，所以反射率較大，需注意堤基沖刷，造成堤體崩壞，如花蓮南濱海岸（許和張，2001），如圖 10 所示，故在台灣東部容易受颱風大波浪侵襲地區，常須於堤岸前加設消波設施，如離岸堤或離岸潛堤等。亦可將斷面做成透水性增加消波效果，但在工程上需注意堤

面下材料的淘空。

e. 親水性：

此斷面形式設計，只能提供遊客利用堤面走下，所能提供遊憩行為較少，階梯在景觀的設計利用，較不具景觀效果。

2. 階段式

a. 型態：

斷面亦成階梯狀，但踏面寬至少大於 80 公分。通常 n 個人可以散步的步道寬 T 為：

$$T=(60 \times n)+20+(n-1) \times 10 \quad (2)$$

所以 1 個人可散步的寬度為 80 公分，兩個人的寬度則為 150 公分。

b. 適用性：

此種堤岸斷面也為緩傾斜堤的一種，所以適用性與緩傾斜式相同，日本一般在設計緩坡堤岸時，海灘坡度緩於 1:30 時即可適用。消波效果比緩傾斜式好，且在遊客舒適性上，堤面所需坡度不需像緩傾斜式這麼緩，所以適用性也較高。

- c. 遊憩行爲：
可休息、觀景、散步及坐臥等。
- d. 安全性：
在堤岸堤面坡度相同的情況下，台階式斷面對於抑制波浪、防止越波及溯升等防災力比緩傾斜式好，而階段式又比階梯式佳（高，1999）；此種堤面材質大部分是用混凝土塊，若在設計時讓各土塊間互有空隙，增加堤面的透水性，可以加強堤岸的消波效果，並減低堤體的崩壞，但需注意濾層的材料及佈置方式，避免洶洗。
- e. 親水性：
階段式的設計相較於階梯式，可提供較多的遊憩功能，且堤面的景觀美化上也有較多的變化，如階段的顏色及造型等。同時考量成本經濟性與工程安全性下（曾，1999），階段式最佳堤面坡度建議為 1：4~1：8。但若堤前常與海水接觸，階段上可能有青苔，造成遊客戲水的危險。

（三）混合式

- a. 型態：
分為階梯混合式-斜面式與階梯式交互並排的混合式，如圖 11 所示；階段混合式-斜面式與階段式的混合，如圖 12 所示，其中包括兩型交互並排，或上為階段式，下為斜面式的混合。
- b. 適用性：
階梯混合式的適用性與階梯式相同，而加入斜面式的利用可以增

加堤岸造型的變化。階段混合式可以提供多樣化的遊憩行爲，適用於利用率較高的海岸地區，增加堤岸的景觀變化及堤岸的親水性。

- c. 遊憩行爲：
休息、觀景、散步、坐臥、戲水及風帆船等。
- d. 安全性：
堤岸的防災力介於台階式與斜面式之間；但就堤體本身的安全性來看，在施工設計上，應要注意台階式與斜面式的交接處，避免堤身的崩塌與一些工程上的問題。
- e. 親水性：
混合式包含了前述各種斷面型式的優點，增加了堤岸的遊憩功能及景觀上的多樣化。但在階段式下設置斜面式的斷面型式，要注意遊客人身的安全性，避免戲水滑倒。

（四）直立式

直立式護岸依實際須防禦的海象條件及使用之功能，分為有消波工及無消波工兩種，如圖 13 及圖 14 所示。有消波工的設置由於必須抵禦較強波浪或潮流，無消波工設置由於當地波浪或潮流較小，或者在堤岸之前有沙灘化及其他消波設施如離岸堤。

- a. 型態：
堤身為傳統的直立壁。
- b. 適用性：
用於堤前水深大，或不適宜建緩傾斜堤的海岸地區，如防波堤、

防洪牆及碼頭等地區。

c. 遊憩功能：

堤頂上散步、瞭望、釣魚或乘遊艇等。

d. 安全性：

傳統混凝土之直立堤，即以安全為最主要之考量，對於海岸地區有一定的保護功效。

e. 親水性：

堤體上設置輔助設施，能提供許多遊憩功能，可以達到親水性的要求。如在直立堤上設置人工步道及遊艇碼頭等；或在防洪牆上設置台階及欄杆，讓遊客安全在堤上觀景及散步等。但此種型式都較為人工化，遊客也無法真正接觸到海水。

五、結語

國內親水性堤岸的發展仍屬起步階段，本文收集國內以及日本既有的親水性堤岸實例，依堤岸的斷面型態作整合和分類，並綜合堤岸在安全上的考量及堤面的景觀美化與遊憩功能，探討親水性堤岸的設計原則。茲歸納本文之結語如下：

1. 親水性堤岸依照堤面的斷面型式可分類為斜面式、台階式、混合式及直立式，相關圖例如文中所列。
2. 親水性堤岸的設計須考量的項目包括斷面型態、適用性、遊憩行為、安全性以及親水性。根據上述對於各種斷面堤岸的描述，整理如表 2 所示。

表 2 親水性堤岸分類比較表

型式		型態與適用性	遊憩行為	特徵
斜面式	陡坡斜面式	堤面坡度陡於 1:3，用於前灘太小、漂沙顯著、或設置緩坡堤會有大量越波的地區。	堤頂散步、觀景及堤釣。	建築於不適用緩坡堤處，親水性較低，成本也較低。
	緩傾斜式	堤面坡度緩於 1:3，適用於具有廣闊前灘、海堤坡度極為平緩、或有離岸堤或其他保護工法的海岸。	觀景、休息、散步、坐臥、輕微的跑跳、戲水或風帆船等。	確保水陸域的連續性，親水性高，防災力與堤體穩定度好，成本較高。
	階梯式	適用於陡坡堤岸，或前有沙灘處，一般以局部性使用較多，堤面坡度約 1:1.5~1:3。	在階梯上休息、觀景、走下海堤活動。	屬陡坡堤，但防災力、親水性比陡坡堤好。
台階式	階梯式	組合階段式 鏤空	休息、觀景、散步、及坐臥等。	親水性較高，在應用上也有較多的變化，成本高。
		無鏤空		
	整砌階段式	屬於緩傾斜堤，適用性與緩傾斜堤大致相同，但海灘坡度緩於 1:30 時即可使用，適用性較高。		
混合式		與台階式相同，適用於利用率較高的地區。	觀景、休息、散步、坐臥、輕微的跑跳、戲水、走下堤岸活動或風帆船等。	混合式綜合了上述兩式的優點，但在合併處應考慮工程上協調性的問題。
直立式	有消波工	用於堤前水深大或不適宜建立緩傾斜堤的海岸地區。	堤頂散步、瞭望、釣魚或乘坐遊艇等。	建築於堤趾水深大的海岸等，親水性很低，景觀上有生硬的感覺。
	無消波工			

參考文獻

1. 青木東雄、森吉尚、宇多高明 (1989) 「緩傾斜堤之設計手法」，海岸工學演講會論文集，第 34 回，日本，第 447-451 頁。
2. 杉浦國男 (1994) 「緩傾斜護岸工法」，海洋開發論文集第 10 卷，日本，第 343-347 頁。
3. 財團法人河前整備中心 (1995) 「河川的親水規劃與設計」，山海堂，日本。
4. 片平和夫、世田彰、板村浩、森川高德 (1996) 「消波工使用於緩傾斜埋立護岸之越波特性相關實驗的研究」，海洋開發論文集第 12 卷，日本，第 285-290 頁。
5. 涂盛文、林漢文 (1996) 「海堤最佳面坡之三維試驗研究」，第十八屆海洋工程研討會論文集，台灣台南，第 721-727 頁。
6. 蔡清標、張百欣 (1996) 「粗糙海堤面對堤趾沖刷之影響」，台灣水利期刊第 44 卷第 4 期，台灣，第 47-60 頁。
7. 磯部雅彥 (1998) 「海岸的環境創造」，朝倉書店，日本。
8. 曾子祥 (1999) 「親水性緩坡海堤最佳面坡及休憩功能之研究」，國立交通大學土木工程學系碩士論文，台灣新竹。
9. 高慶忠 (1999) 「平面式及階梯式緩坡海堤之水理特性比較研究」國立交通大學土木工程學系碩士論文。
10. 翁文凱 (2000) 「漫談親水護岸之配置」，海下技術季刊第十卷第一期，台灣，第 23-25 頁。
11. 許泰文、張憲國 (2001) 「永續的鑽石海岸」，經濟部水利署。
12. 張瑞欣、陳昌生、林東廷 (2003) 「淺談親水性港灣構造物之規劃設計」，港灣報導，台灣，第 63 期，第 1-17 頁。

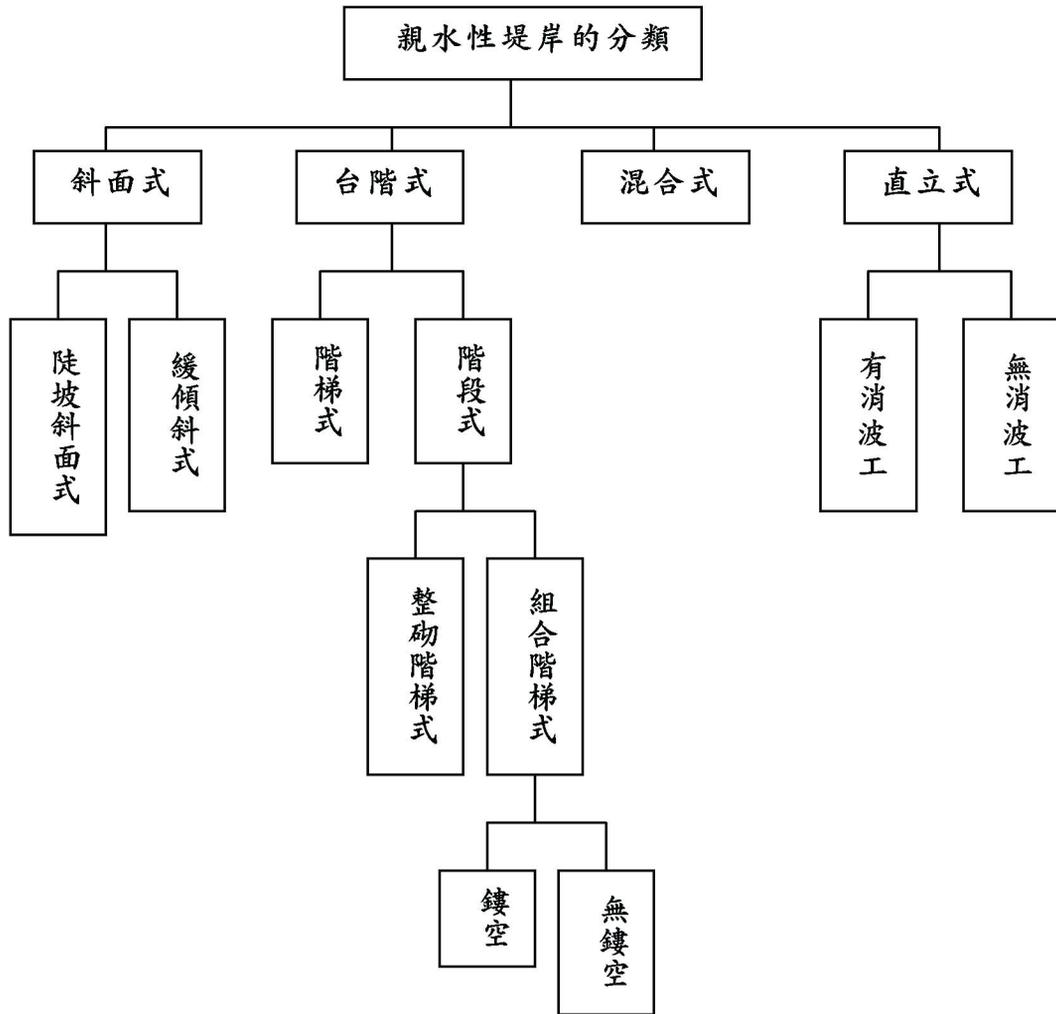


圖 1 親水性堤岸斷面型的分類



圖 2 日本沖繩縣金武灣堤岸
(斜面式-陡坡斜面式)



圖 6 日本福井縣和田港堤岸
(組合階段式-無鏤空)



圖 3 花蓮縣新城鄉堤岸
(斜面式-緩傾斜式)



圖 7 日本熊本縣茂木根港堤岸
(組合階段式-鏤空)

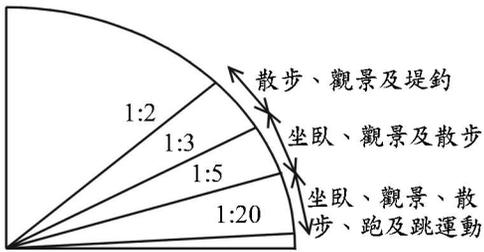


圖 4 堤面從事之遊憩活動參考指標



圖 8 日本宮城縣鹽釜港堤岸
(整砌階段式)



圖 5 日本靜岡縣松崎港堤岸
(階梯式)

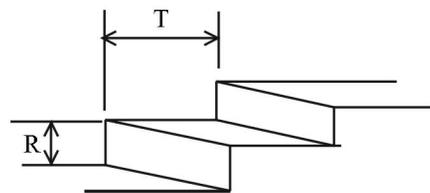


圖 9 階梯示意圖

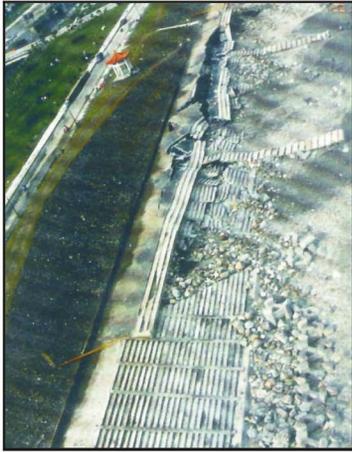


圖 10 花蓮市南濱親水性堤岸受颱風波浪破壞情形



圖 13 日本福井縣福井港堤岸
(直立式-有消波工)



圖 14 日本石川縣小木港堤岸
(直立式-無消波工)



圖 11 澎湖縣馬公市風櫃堤岸
(階梯混合)



圖 12 日本香川縣內海港堤岸
(階段混合式)

彌陀漁港改善與海底砂丘浚挖對港域靜穩及海岸保護影響之探討

賴明松 國立成功大學水工試驗所研究助理
楊瑞源 國立成功大學水工試驗所副研究員
許永誠 台灣漁業及海洋工程顧問社正工程師
許榮庭 國立成功大學水工試驗所副研究員

一、前言

高雄縣彌陀漁港位於高雄縣彌陀鄉南寮村，地理位置詳圖 1 所示，於民國 72 年完成規劃並動工興建。目前港灣設施已大致完成，港口由外廓南、北防波堤及南北突堤形成遮蔽水域面積約 6.75 公頃，並以南北內堤束縮港口，增加港內靜穩，泊地面積約 4.52 公頃，水深約 3.0m，港內現況穩靜仍不足致影響船隻進出作業。近年來彌陀漁港港內泊區每逢颱風來襲期間，仍於港口出現碎波現象，不僅威脅漁船返港安全且延誤颱風過後漁撈之良好時機，而海岸結構物之設置與鄰近海岸地形變遷息息相關，為了解此等問題本文結合水理數值演算模式及水工模型試驗來檢視與探討港口改善及海底砂丘浚挖對港域靜穩及海岸保護之影響，以研擬最適性之港口改善計畫及定案配置。

二、海岸漂砂地形變遷研析

(一) 海域地形變遷情況

針對彌陀漁港鄰近海域近年來之

地形變遷分析，本文蒐集成功大學水利系於民國 87 年至 90 年間於本區海域所進行之地形水深量測，範圍則完全涵蓋本計畫預定進行之區間。而本文於民國 92 年 7 月亦在本區海域進行情形水深量測。在此為了可以在數值模擬及水工模型試驗進行規劃之初即能較有效掌握彌陀海域之漂砂地形變遷趨勢，故乃將所蒐集之近年來量測資料及民國 92 年新量測之地形資料作侵淤趨勢之比較分析。



圖 1 高雄縣內漁港分布圖

民國 90 年 5 月至 92 年 7 月期間，其海域地形侵淤情況如圖 2 所示。此圖所表示為最近 2 年之地形水深變化，整體而言，在彌陀漁港之南北兩側近岸處皆有淤積之情形。其北側部份，離岸堤除較靠近漁港之三座後方有些微侵蝕外，其餘前後方皆有淤積且聚沙情況良好之現象，而水深 0~4m 變化不大，北側海域之侵淤主要在水深 5m 附近變化較大，由圖中可看出近兩年來在彌陀漁港西北側之地形有明顯海底沙丘，高程約至水深 5m，部份有至水深 4m，在此區由侵淤圖可明顯看出其淤積態勢，另一方面在港口處則有明顯侵蝕情況。在南側海域部份，南防波堤南側有明顯之聚沙效果產生，水深 3m 內之淤積情況明顯，然在水深 4~5m 處則呈現侵淤互現情況，更往南處之赤崁高地則幾乎在高地前緣近岸處皆有侵蝕發生，較外側處 5m 內則變化不大侵淤互現。由此侵淤圖大致可看出在漁港之南側淤積量明顯大於北側，研判本區漂砂優勢方向大致呈由南往北之趨勢。

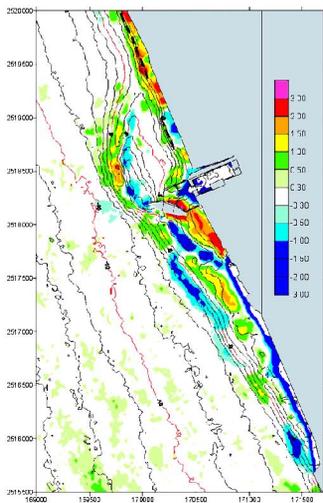


圖 2 90 年 5 月~92 年 7 月海域地形侵淤圖

(二) 彌陀外海海底沙丘變化趨勢

依據本文於民國 92 年針對彌陀海域所測量之結果確實有一處由北往南延伸，高程約水深 5m 之突出沙丘。故在此亦藉由所蒐集之地形資料作侵淤圖比較，對此沙丘地形近幾年之變化作一探討。

首先由圖 3 可看出彌陀漁港西側偏北處(即目前海底沙丘位置處)等深線 5m 地方在民國 88 年~90 年有些微淤積情形，淤積高度約在 1.5m 以內，而在港口西側則呈現南防波堤端淤積、稍外側處出現侵蝕情況，然比較近四年來民國 88 年~92 年較長時間之趨勢，由圖 4 可看出彌陀漁港西側偏北海底沙丘位置處，近四年來淤積情況為淤積高度共約在 3m 以內，而南防波堤端則呈現較無變化、稍外側處之侵蝕情況亦與前述相當。此兩圖所含之意義，大致可看出沙丘呈現至成長穩定趨勢，而港口處之侵蝕在近兩年則較無太大變化。

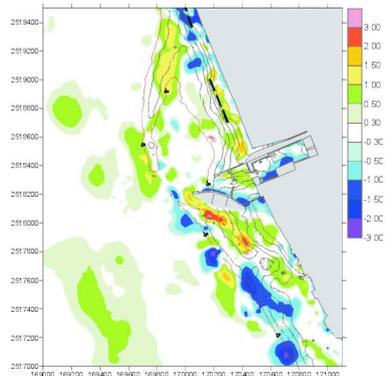


圖 3 88 年 4 月~90 年 5 月海域地形侵淤圖

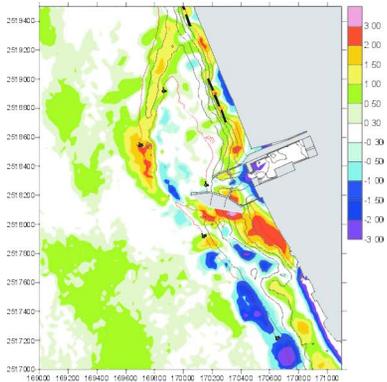


圖 4 88 年 4 月~92 年 7 月海域地形侵淤圖

三、漁港現況分析與改善對策研擬

彌陀漁港位處高雄縣彌陀鄉，屬於第三類漁港。地理位置上，彌陀漁港北距中油 LNG 港與阿公店溪出海口約 6 公里，在阿公店溪至彌陀漁港之間尚有鹽埕排水與海尾排水；於其南側約 4.5 公里即為蚵子寮漁港，再往南約 3.5 公里則為左營軍港。距離主、次要河川(如阿公店溪、高屏溪)出海口尚遠，又有港灣及導流堤等結構物阻擋，因此由彌陀漁港至後勁溪之海岸段受河川輸砂影響不大，反倒是每年夏季颱風來襲，巨浪侵蝕該岸段是危及該區海岸之主要動力來源！

(一)港口現況問題探討

彌陀漁港北側水深 5.0m 附近有一寬約 600 公尺之沙洲地形存在，詳圖 5 所示；受此沙洲地形的影響，漁船進出航道易受碎波影響航行之安全性，另外，由於本港現有泊區水域呈狹長型，現有之內外港口相互遮蔽性不足，在較大颱風作用時，港內穩靜亦待加強改善。

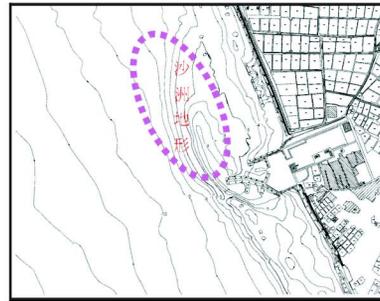


圖 5 港口外側沙洲地形分佈圖

(二)漁港港口改善對策

考量工程經濟性、可行性及本港港口外側沙洲地形，建議採直線或轉折適當角度後延長南防波堤及配合外海沙洲疏浚方式予以改善，其中南防波堤延長方案經考量漁船航行及港區穩靜改善成效，規劃包括與現有南防波堤堤線採直線方向及轉折 200。方向延長之甲、乙兩個方案，延長之長度考量經濟性及舊有防波堤段之銜接處理，初步以延長 56 公尺為考量(其中 6m 為銜接段處理)，如圖 6 及圖 7。另外考量本港外側沙洲地形對漁船筏進出航行的影響，擬採人為迂迴供砂方式將外海沙洲地形疏浚清除，疏浚後之土沙則以養灘方式處理，規劃需疏浚之範圍如圖 8 所示，疏浚範圍包括長度 500 公尺、寬度 100 - 50 公尺，預計浚挖水深為 7.0 公尺，浚挖土方量約 100,000 立方。有關各改善工程之成效，將以水理數值演算模式及水工模型試驗予以分別驗證。

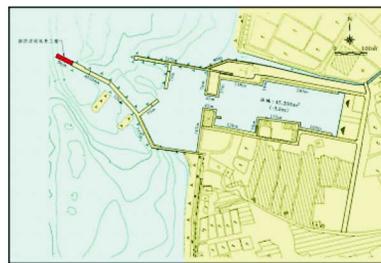


圖 6 港口改善方案甲

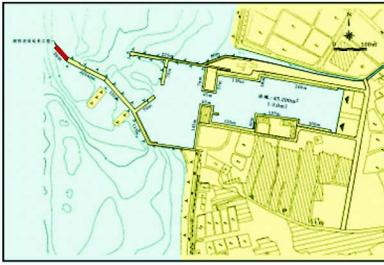


圖 7 港口改善方案乙

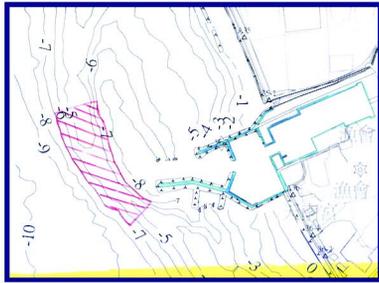


圖 8 港口外沙洲疏浚建議位置圖

四、港域靜穩對策之試驗探討

本文對於彌陀漁港港口改善工程之南堤延長及港口外海處海底沙丘之狀況所進行之平面遮蔽試驗，乃為尋求改善颱風來臨及過後湧浪影響港域靜穩度以及改善彌陀漁港港口航道前方因有海底沙丘存在導致易生碎波影響漁船操航之安全問題。在依據福祿得相似率及考量試驗場地之規模與選定目標區域之大小來決定模型與原型間各種物理量之比例關係後，將各種南堤改善配置及有海底沙丘與模擬浚深抽砂後之地形佈設於平面試驗水池，再依主要影響該港域之波浪條件進行試驗，其試驗結果經彙整分析研判後作為港口改善工程之參考依據。

(一)遮蔽試驗原理與分析方法

平面遮蔽水工模型試驗首先需蒐集計畫區及其鄰近海域之現場背景環

境資料作為試驗研究規劃之參考，而於模型製作時參考現場勘查之海岸地貌特徵一併納入模型之建構中。試驗時則考慮季風波浪及颱風波浪之不規則波浪的影響，並搭配不同潮位條件。規劃配置方案並依照試驗範圍、場地大小及模型律規劃試驗比尺。試驗資料之收錄分析則以了解試驗重點區如彌陀漁港港口前海底沙丘範圍區、碇靠碼頭及港內碇泊容許波高限度，故試驗結果之呈現係以等波高分佈圖、波高衰減係數 K_d 圖來說明。

(二)遮蔽試驗比尺

根據民國 92 年 7 月測量之彌陀海域地形實測資料，於試驗水池內建構等比模型(Undistorted Model)，試驗縮尺採用 1/60 之試驗模型。

(三)遮蔽試驗條件

1. 波浪條件

試驗中造波模擬的波浪係採用不規則波，並考慮季風波浪及颱風波浪之不同影響，波浪試驗條件分別採西(W)向及西南西(WSW)向為主要波浪之方向，其中季風波浪以W波向、波高 1.5 公尺、週期 7 秒為試驗條件，而試驗颱風波浪條件則採用中華顧問工程司統計民國 29 年~90 年左營、蚵子寮區域外海各方向各迴歸期設計波高分析資料中 10 年迴歸期深海颱風波浪條件：W 向波高 4.2 公尺、週期 8.9 秒，WSW 向波高 4.9 公尺、週期 10.0 秒；及 50 年迴歸期深海颱風波浪條件 W 波向、波高 5.4 公尺、週期 9.5 秒，WSW 向波高 7.2 公尺、週期 11.1 秒。

2. 潮位條件

季風波浪試次參照蚵子寮漁港實測值平均潮位為+0.201m。而颱風波浪則考慮極端水位對海岸及防波堤工程之可能影響，參考該區之平均水位後分別得到所採用之10年颱風暴潮位為+1.43m，50年颱風暴潮位為+1.54m。

3. 配置方案

- (1)配置方案 A—南防波堤現況+有海底沙丘。
- (2)配置方案 B—南防波堤沿堤線延長 56 公尺+有海底沙丘。
- (3)配置方案 C—南防波堤轉折 20 度延長 56 公尺+有海底沙丘。
- (4)配置方案 D—南防波堤沿堤線延長 56 公尺+抽砂後。
- (5)配置方案 E—南防波堤轉折 20 度延長 56 公尺+抽砂後。

四 遮蔽試驗結果與討論

1. 季風波浪試驗模擬

彌陀漁港在受 W 向季風示性波高 1.5m，示性週期 7sec 作用下，各水域波高係數(Kd 值)分佈之靜穩特性如圖 9 所示。在三個配置情形下，其 Kd 值在內港之分布皆在 0.1 以下，而在外港區之 Kd 值除了南、北內堤後方水域在 0.1 以下外其餘皆在 0.1~0.3 之間，而在港口水域之 Kd 值約在 0.1~0.7 之間，此三種配置在季風作用下波高分佈情況大致相同；另一方面有無抽砂情況對內、外港區之 Kd 值變化皆不明顯，然在北堤北側靠近岸 5m 等深線之 Kd 值會變大。整體而言，彌陀漁港鄰近海域在季風作用

下，其北防波堤北側及較外海側水深 5m 處(即海底砂丘位置)之 Kd 值達 0.9~1.1 之間，故漁船航行此處水域時宜多加注意。

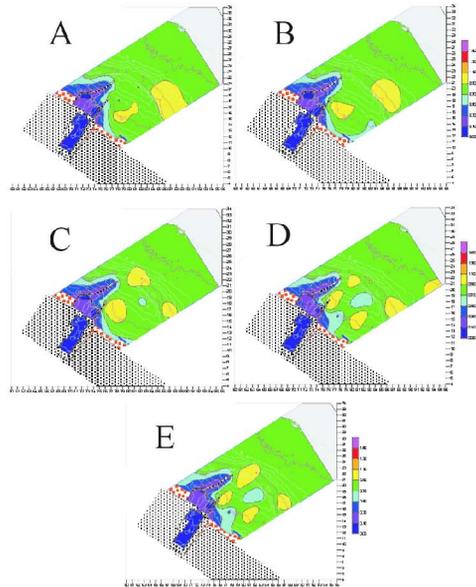


圖 9 各配置方案受 W 向季風波浪作用 2.10 年迴歸期颱風波浪試驗模擬

就現況對於彌陀漁港港口開口方向而言，W 向波浪屬於直接侵襲彌陀漁港之波向，故波浪方向若愈偏南則彌陀漁港之南防波堤愈能提供較佳之遮蔽效果。在此分別以 W 向及 WSW 向 10 年迴歸期波浪作遮蔽試驗。由圖 10 中及從模型試驗之過程觀測，10 年迴歸期 W 向波浪($H_0=4.2\text{m}$, $T=8.9\text{sec}$)大約在水深 5m 附近水域碎波，亦即在海底沙丘附近產生碎波現象。在此波浪條件下，在內港之波高分佈以 0.5m 以下居多，而其中在南護岸後方水域之波高值在 0.5~1.0m 之間，以三種配置來說以南防波堤轉折 20°延建 56m 對內港靜穩度較佳，沿堤線延建 56m 之方案次之，現況較差。而外港區之

波高則介於 0.5~2m 之間，其中南北內堤內側有較好之遮蔽，波高分佈在 0.5~1m。此情況和 WSW 波向 10 年迴歸期颱風試次情況類似，內港波高皆在 0.5m 以下，外港靜穩度以有轉折 20°之配置較佳，而由於入射角度之不同，整體而言，WSW 向 10 年迴歸期颱風試次下，若對海底沙丘抽沙浚深皆會對港池內波高有增大之影響。尤其在 W 向 10 年颱風作用時碎波帶位置會由原海底沙丘(較外海水深 5m 處)移至較近岸水深 5m 處，在 W 向颱風波浪時需特別注意北防波堤堤端及其北側海域之波高分佈。

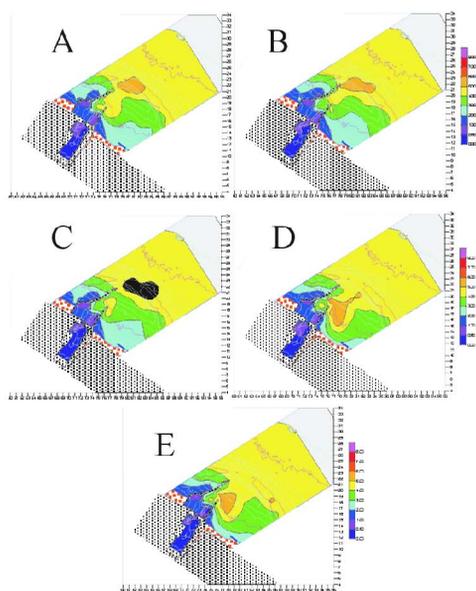


圖 10 各配置方案受 W 向 10 年迴歸颱風作用

3. 50 年迴歸期颱風波浪試驗模擬

在 50 年迴歸期距之颱風波浪作用下(W 向颱風 $H_0=5.4m$, $T=9.5sec$ ，而 WSW 向颱風波浪 $H_0=7.2m$, $T=11.1sec$)，雖然波高較大，但因已在較深之外海處發生碎波，故至近岸

處時對海底沙丘水深 5~7m 浚深至水深 7m 之效應，較無法充分反應出影響效果，相同地三種配置之港內靜穩特性亦無太大之差異。是以在此試次下(如圖 11 所示)，有無抽沙情況下，對港池內、外港域之靜穩度影響皆不明顯，而砂丘浚沙則僅對北防波堤北側水域波高變化較有影響。

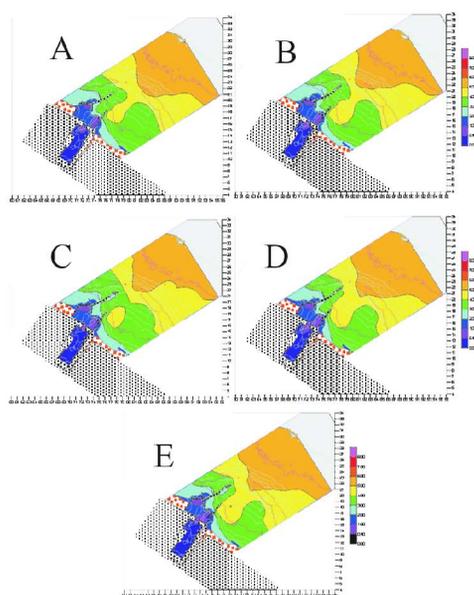


圖 11 各配置方案受 W 向 50 年迴歸颱風作用

故在這些試次中另一探討重點為，在比較大颱風波浪侵襲作用下，現況、南堤延建 56m 及南堤轉折 20°延建 56m 之對於漁港靜穩影響。在 W 向及 WSW 向試次時現況與直線延建對內港水域計穩效應差不多，而轉折 20°延建 56m 之配置則可提供較佳之遮蔽效果。至於在外港水域部份則不論 W 或 WSW 波向皆差不多。而在港口處水域當 W 向試次時三種配置皆獲致相同效果，然在 WSW 向試次時轉折 20°延建 56m 與沿堤線延建 56m 之

配置皆較現況有較佳之遮蔽效果。

五、海岸地形變化之分析研究

(一)海岸地形變化數值模擬

1. 模式理論與架構

本文對於海岸水理演算與海岸地形變化數值模擬工作，採用海岸開發與管理模式(Costal Reclamation and Management Model 簡稱CRM模式)，該模式之水理流場演算架構採用二維平均水深，模式功能包含：二維水理演算、二維波浪折繞射演算、海流與波浪漂砂地形變化演算。

2. 地形變化模式驗證

於地形變化模式驗證上，採用2001年5月實測地形水深作為起始地形條件，並以2001年5月至2003年7月期間實測地形變化量作為驗證目標，即圖12所繪製之地形侵淤量。

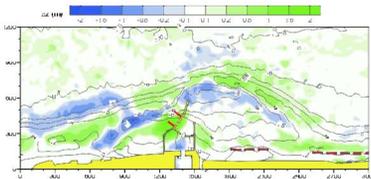


圖12 1999年至2003年彌陀漁港附近海岸地形年平均侵淤量

由於彌陀漁港附近海域缺乏長期波浪觀測數據，因此地形變化驗證過程採用組合波浪條件，即分別採用西南西方向波浪與西北方向波浪，於不同波浪規模與作用時間條件下，利用CRM地形變遷模式計算得到彌陀海域地形侵淤量，並且與實測地形侵淤量比對。圖13即是採用下列波浪條件所得到之地形變化量模擬結果：

- (1) WSW方向、波高1m、週期6秒波浪作用20天。
- (2) WSW方向、波高3m、週期8秒波浪作用12小時
- (3) WSW方向、波高4m、週期9秒波浪作用12小時
- (4) NW方向、波高1m、週期6秒作用10天
- (5) NW方向、波高2m、週期7秒作用24小時

比對圖12實測值與圖13模擬值，可以看出漁港南側侵淤區域與侵淤量實測值與模擬值有不錯之吻合度，而漁港北側地形變化量吻合度則差強人意。發生侵淤量差異之主要原因，在於所採用之波浪條件與實際波浪條件之差異。

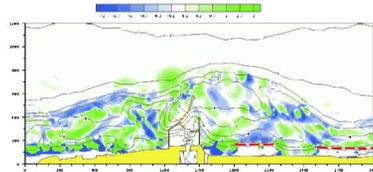


圖13 以2001年實測地形作為起始地形之年地形變化量模擬結果

3. 南防波堤擴建對地形變化影響

為了解彌陀漁港南防波堤擴建對鄰近海岸地形變化之影響，在採用2003年實測地形水深，以及上述中地形變化數值模擬驗證結果之組合波浪條件進行分析，採用與地形變化驗證過程相同之波浪條件進行地形變化計算。於現況、現況外加南防波堤原方向延伸56m，以現況外加南防波堤原方向偏北20°延伸56m等三種配置下，年平均地形變化量之分析結果如

圖 14 所示，而不同配置方案之間地形變化差異如圖 15 至圖 17 所示。茲將分析結果說明如下：

- (1) 數值模式分析結果顯示於 2003 地形水深條件下，漁港南側海岸地形變化趨勢與 2001 年分析結果接近，即漁港南側地形侵淤區位與侵淤趨勢於短期中不會有顯著差異。
- (2) 現況地形配置下漁港航道有明顯淤積情形，此淤積量於南防波堤延伸 56m 後有明顯之改善。
- (3) 南防波堤原方向或原方向偏北 20°，對於漁港航道侵淤量並無顯著差別。
- (4) 南防波堤延伸 56m 後，對於漁港南側地形變化量影響範圍主要集中於南防波堤堤頭附近，特別是漁港北側水深 5m 至 6m 區域，地形侵淤量將更為顯著。
- (5) 分析結果顯示南防波堤延伸 56m 後，對於近岸 2m 水深以內區域地形變化並無顯著影響。

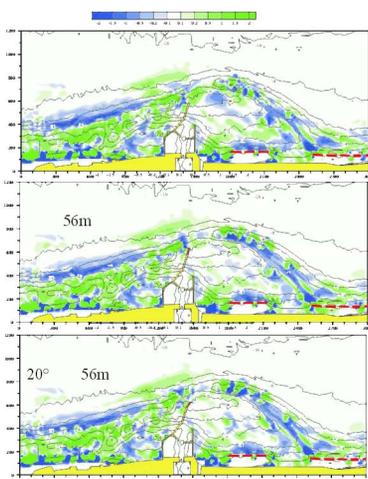


圖 14 以 2003 年實測地形作為起始地形之年地形變化量模擬結果

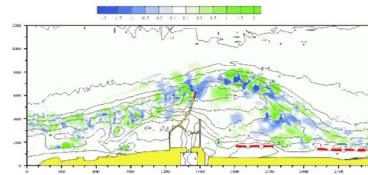


圖 15 南防波堤原方向延長 56m 後年地形變化量差異(與現況條件比較)

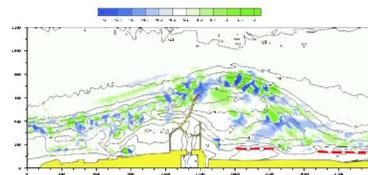


圖 16 南防波堤原方向偏北 20°延長 56m 後年地形變化量差異(與現況條件比較)

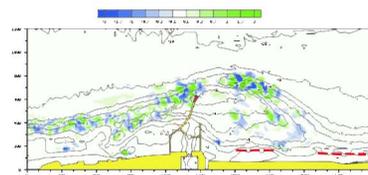


圖 17 南防波堤延長 56m 原方向與原方向偏北 20°之年地形變化量差異分析

(二) 海岸地形變化水工模型試驗

本文彌陀漁港改善方案主要係延伸南防波堤工程之開發行為，需預估其對海域上下游地形可能之影響，利用平面漂砂水工模型試驗可預先了解海岸開發行為之可能影響程度，並提供設計上關於防治措施之適當與否，規模大小與功效如何等之參考。

1. 漂砂試驗模型相似與時間比尺

本試驗中乃是利用 Ou 與 Hsu (1985) 考慮碎波帶可動數與深海波浪尖銳度在原型與模型需相似之條件下所推導之模型律作為試驗起始遵循之模型律。

漂砂時間比尺之決定乃是整個動床漂砂試驗成敗之關鍵，究竟現場作用一年或是一段期間該如何對等於試

驗室之多長作用時間？截至目前為止還是一個難題。當現場若有充份而足夠之歷年實測地形資料可供驗證，則可不經由理論相似性為考慮，而係以模型地形之歷次變化與現場作比較，進而以地形再現之驗證性當成擇定漂砂時間比尺之依循，按此法所求之漂砂時間比尺將可較理論式之決定方法更具代表性及說服力。

2. 漂砂試驗條件與試驗比尺

(1) 潮位條件

季風波浪試次係以平均潮位+0.201m 為基準，而颱風波浪試次則以平均高潮位+0.551m 為試驗條件。

(2) 波浪條件

試驗波浪條件以 SW 波向、波高 1.5m，週期 7sec，並配合海域地形再現性之結果，決定此模型之長期地形變遷漂砂時間比尺及加砂量條件等。至於短期性地形變遷則以 SW 向及 WNW 向颱風波浪為考慮，擇取 10 年迴歸期颱風波浪，以波高 5.2m、週期 11sec 及波高 3.7m、週期 8.5sec 作為試驗條件。

(3) 底質粒徑

取底床質中值粒徑 D_{50} 為 0.3mm、比重 2.65 為試驗之底質粒徑條件。

(4) 試驗比尺

試驗採用水平比尺 1/100，垂直比尺為 1/100 之等比縮尺模型。

3. 漂砂試驗步驟

平面動床漂砂水工模型試驗如同

平面遮蔽試驗，皆需蒐集計畫區及其鄰近海域之現場背景環境資料作為試驗研究規劃之參考。而於模型製作時參考現場勘查海岸地貌特徵一併納入模型之中。試驗之進行係依決定試驗比尺與試驗模擬分析範圍，擇定模型砂，決定試驗條件，佈設建構模型，量測與校核初始地形，進行海域地形再現性試驗—求取漂砂時間比尺，然後進行港口改善方案之海域地形變遷試驗等步驟。

4. 漂砂試驗結果與分析

(1) 漂砂時間比尺之決定

欲預測海岸地區長期地形變遷之趨勢，有賴於海域地形再現性之詳細驗證，並借助漂砂時間比尺關係之推求，方可達到目的。本預備試驗之起始地形為民國 88 年 4 月，目標地形則為民國 92 年 7 月。所進行之預備試驗各試次中可獲得最適化之地形再現結果，因此主配置方案長期性地形變遷之正式試驗，將根據下列試驗條件進行。

波向	SW
波高	1.5m
週期	7.0sec
加砂量	0.054kg/min
水位	平均潮位+0.20m
漂砂時間比尺	28 分鐘(模型)÷1 年(實體)

至於受颱風波浪作用之情況，因向、離岸漂砂目前尚無普遍之公式可資應用，其漂砂時間比尺之決定根據 Hughes(1983)研究之建

議式，SW 波向及 WNW 波向短期性地形變化之正式試驗則根據下列試驗條件進行。

波向	WNW / SW
波高	3.7m / 5.2m
週期	8.5sec / 11sec
加砂量	0.2 / 0.24(kg/mim)
水位	平均高潮位+0.55m
漂砂時間比尺	1 小時(模型) ÷ 10 小時(實體)。

(2) 海域地形長期變遷預測

海域地形長期變遷預測試驗，係根據前述預備試驗結果，進行有關彌陀漁港現況與南防波堤原方向偏北 20° 延建 56m 及沙丘浚挖之二種正式試驗。試驗起始地形為民國 92 年 7 月所測之水深地形。

圖 18 為彌陀漁港現況在季風波浪作用達 140 分鐘(相當於現場 5 年)後，本區海域地形之等深線變化及相對應之地形侵淤圖。由分析結果顯示，在彌陀漁港口海側及南防波堤前緣(水深 4~6m 處)有侵蝕現象產生，且延等深線-4~-6m 間向南延伸，而在港口海側及南防波堤前緣(水深 6~9m 處)則有少量淤積現象產生。至於彌陀漁港北側部份，離岸堤後方有淤積且有繫砂現象，而水深 0~9m 變化不大，在南側海域部份，南防波堤南側有明顯之聚沙效果產生，水深 4m 內之

淤積情況較明顯，然在水深 4~6m 處則呈現侵淤互現情況。

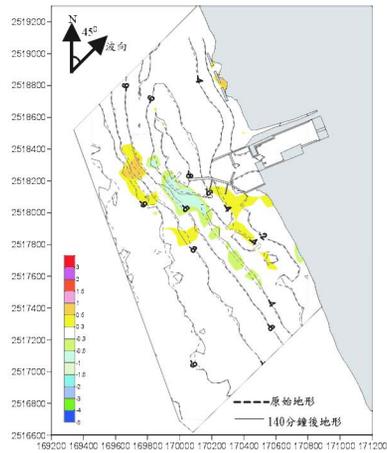


圖 18 SW 波向季風波浪作用 140 分鐘之侵淤與等深線變化圖(彌陀漁港現況)

圖 19 則為彌陀漁港南防波堤原方向偏北 20° 延建 56m 及沙丘浚挖後，本區海域地形變遷其等深線變化及地形侵淤變化情形。由圖中分析可知，沙丘浚挖後彌陀漁港港口海側及南防波堤前緣，於現況下產生侵蝕之情形已減緩，而南防波堤堤頭處則造成侵蝕，侵蝕現象則延等深線-4~-6m 間向南延伸，而在港口海側及南防波堤前緣(水深 6~9m 處)亦有少量淤積現象產生，但較現況下往南移動至浚砂區位南側外邊坡處。至於彌陀漁港北側部份，與現況之海域地形變化趨勢一致，由此看來沙丘浚挖只對南堤前緣與堤頭處之海岸地形產生變化，對其他海域地形則未造成太大影響。

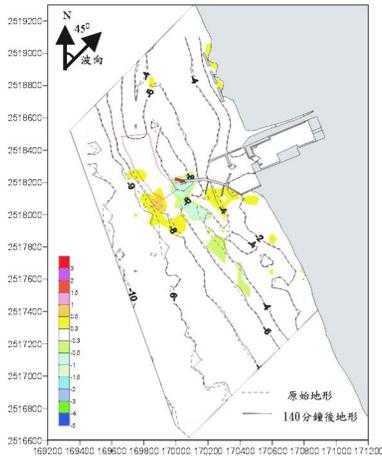


圖 19 SW波向季風波浪作用 140 分鐘之侵淤與等深線變化圖(南防波堤延建及沙丘浚挖)

(3)海域地形短期變遷預測(SW 向 10 年迴歸期颱風波浪作用結果)

圖 20 為彌陀漁港現況在 SW 向颱風波浪作用 3.0 小時(相當於現場 30 小時)後，本區海域地形之等深線變化及相應之地形侵淤變化圖。由分析結果顯示，在彌陀漁港港口海側及南防波堤堤頭(水深 4~8m 處)有侵蝕現象產生且延等深線 -4~-8m 間向南延伸，漁港外港有淤砂的產生，少量的淤沙會被帶至內港，另在港口海側及南防波堤前緣(水深 8~9m 處)則有少量淤積現象產生。至於彌陀漁港北側部份，離岸堤後方有淤積且聚沙之情況，而水深 0~4m 變化不大，北側海域之侵淤主要在水深 5~8m 附近變化較大，在南側海域部份，南防波堤南側有明顯之聚沙現象產生，水深 4m 內之淤積情況較明顯，然在水深 4~8m 處則呈現侵淤互現情況。

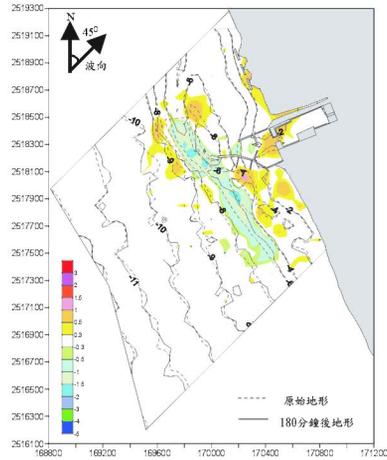


圖 20 SW波向颱風波浪作用 180 分鐘之侵淤與等深線變化圖(彌陀漁港現況)

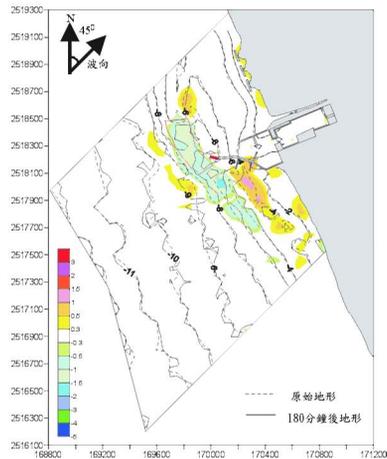


圖 21 SW波向颱風波浪作用 180 分鐘之侵淤與等深線變化圖(南防波堤延建及沙丘浚挖)

圖 21 為彌陀漁港南防波堤原方向偏北 20°延建 56m 及沙丘浚挖後，受 SW 向颱風波浪入射作用下，本區海域地形等深線及侵淤變化預測之情形。由圖中可知在彌陀漁港南防波堤延建及沙丘浚挖完成後，在港口海側及南防波堤前緣(水深 8~9m 處)之少量淤積現象已較現況下減少，漁港外港之淤積情形亦較現況與南防波

堤延建下趨於減緩。

(4) 海域地形短期變遷預測(WNW 向 10 年迴歸期颱風波浪作用結果)
彌陀漁港現況受 WNW 向 10 年迴歸期颱風波浪作用 3.0 小時(相當於現場 30 小時)後, 本區海域地形之等深線變化及相應之地形侵淤變化如圖 22 所示。由分析圖型結果顯示, 在彌陀漁港北側海域及港口海側, 等深線-6m~-8m 間有連續侵蝕現象產生, 北側海域部分區域等深線-4m~-6m 及港口海側-8m~-9m 處有明顯的淤積產生。至於南側海域部分, 由圖中可看出海域地形變化不大, 近岸處有輕微的侵蝕產生, 南防堤堤趾附近海岸及等深線-2m~-4m 間則有少量的淤積產生。

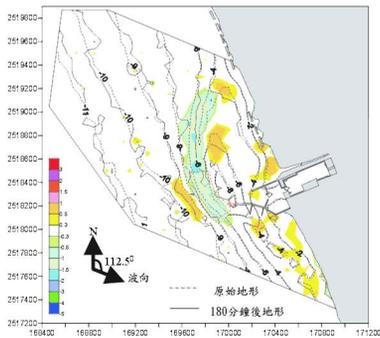


圖 22 WNW 波向颱風波浪作用 180 分鐘之侵淤與等深線變化圖(彌陀漁港現況)

圖 23 為彌陀漁港南防波堤原方向偏北 20°延建 56m 及沙丘浚挖後, 受 WNW 向颱風波浪入射作用下, 本區海域地形等深線及侵淤變化預測之情形。由圖中試驗結果可知, 南防波堤延建及沙丘

浚挖後, 對鄰近海岸地形產生之變化與現況下並無顯著的差異產生。

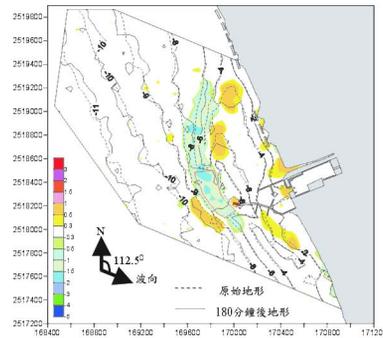


圖 23 WNW 波向颱風波浪作用 180 分鐘之侵淤與等深線變化圖(南防波堤延建及沙丘浚挖)

六、結論與建議

經由本文相關試驗項目內容之探討分析, 茲將有關彌陀漁港改善方案的結論與建議歸納如下:

1. 藉由平面遮蔽水工模型試驗, 有關彌陀漁港改善方案港域靜穩之分析結果顯示, 南防波堤依方案乙所採用之轉折 20°延建 56m 的配置方案下, 可在港口處及港內、外水域獲致較佳之港域靜穩特性。而當進一步考慮外海砂洲疏浚時, 則於港口處水域不論受季風波浪或是颱風波浪作用下, 均較未疏浚砂洲時為大, 尤以颱風波浪影響下更為明顯, 其北防波堤堤頭鄰近水域之波高變大現象至為明顯, 因之疏浚外海砂洲是否會造成防波堤結構物安全之影響, 值得更深入之探討。
2. 綜合漂砂 CRM 演算數值模式及長期地形變遷與 SW 波向及 WNW 波向颱風波浪之短期地形變遷動床漂

砂試驗結果顯示，沙丘浚挖(含南防波堤延建)對鄰近海域地形之影響，南堤前緣與堤頭處受影響產生較明顯地形變化，而其他鄰近海域地形之變化，則與現況下有相同的侵淤趨勢，而港內淤積情形於SW波向颱風波浪作用下，較現況可對港內淤積現象有所改善。

3. 彌陀漁港港口改善方案在經配合水工模型試驗及相關數理計算結果，並檢討漁民意願、航行安全、港內靜穩及鄰近海岸影響等因素下，建議採現有南防波堤轉折 20°方向延長 56m 之乙方案進行之，至於規劃之外海砂洲疏浚區位，雖對港內淤砂及航行安全有些助益，但從遮蔽水工模型試驗之結果卻顯示，可能於颱風波浪來臨時，造成港口處波浪變大並可能影響防波堤等結構物。因之建議近期內仍應持續觀測砂丘是否持續成長，再進一步審慎評估浚砂之可行性。

七、謝誌

本研究經費由高雄縣政府(計畫案號：農漁 920321)輔助完成，另財團法人台灣漁業及海洋技術顧問社提供港口改善規劃方案，在此一併誌謝。

八、參考文獻

1. 財團法人台灣漁業及海洋工程顧問社(1997)，“彌陀漁港及鄰近地區綜合發展計畫”。
2. 郭金棟、簡仲和(1996)，“彌陀海域潮汐及暴潮之特性研究(III)” ，國立成功大學水利系。
3. 郭金棟等(1993)，“彌陀海岸侵蝕防治之研究(二)” ，國立成功大學水利系。
4. 簡仲和等(2001)，“蚵子寮海岸侵蝕防治對策研究(III)-蚵子寮及赤崁海岸” ，國立成功大學水利系。
5. 財團法人台灣漁業及海洋工程顧問社(1999)，“蚵子寮漁港港口改善研究規劃報告”。
6. 高雄縣政府(1998)，“蚵仔寮漁港港區劃定規劃報告”。
7. 歐善惠、許泰文(1987)，「漂砂時間比尺之試驗研究」，第九屆海岸工程研討會論文集，pp.535~569。

ISSN 1019-2603



9 771019 260006

GPN 2007700020

定價 100 元