

# 港灣報導季刊

第 65 期

交通部運輸研究所

中華民國九十二年七月

# 目 錄

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 一、海岸工程新工法—地工織布適用功能與經濟應用實例探討..   | 1  |
| 郭石盾 高雄港務局副總工程司                  |    |
| 二、防舷材破壞模式及原因之探討 .....           | 25 |
| 鍾英鳳 高雄港務局工務組設計科科长               |    |
| 鄭智文 高雄港務局工務組設計科工程司              |    |
| 三、西南海岸結構物之海藻著生初步調查 .....        | 38 |
| 張瑞欣 台灣漁業及海洋技術顧問社總經理             |    |
| 林東廷 台灣漁業及海洋技術顧問社正工程師            |    |
| 林綉美 國立海洋生物博物館助理研究員              |    |
| 四、新加坡商港和新加坡港務集團(PSA)之發展前景 ..... | 57 |
| 陳文樹 中華郵政公司技術處研究員                |    |

# 海岸工程新工法—地工織布適用功能與經濟應用實例探討

郭石盾 高雄港務局副總工程司

## (一)美國北卡諾萊納州禿頭島海灘養護 / 突堤工程地工織布應用案例：

### 摘要

禿頭島 (Bald Head Island) 是靠近北卡諾萊納東南角之一個天然島式防波堤。其向南海灘於 1970 年代早期即遭受非常嚴重的侵蝕。到 1994 年，問題已接近緊急狀況，鄰近建築及海岸建物隨時都有被浪波摧毀的可能。因此，大規模的養灘計劃配合突堤工程開始興建，才使問題暫時獲得舒解。

此一結合養灘 / 突堤工程之施工計劃雖然不是唯一或獨特的工法，但面對北卡諾萊納非常嚴格的環保法規，則別無選擇。為同時克服前述海岸侵蝕及環保的問題，一種嶄新的施工方法，就是以大型地工砂管 (Geotextile Material Tubes) 作為突堤的施工方法被選擇應用，結果成效顯著。

### 1.簡介：

Bald Head Island 屬三公里長，面向南方的島式防波堤，靠近北卡諾萊納東南端之 Cape

Fear 岬灣。該島東方面對大西洋及 Frying Pan Shoals，西方則處 Cape Fear River 出海口。自從 1970 年代以來，其面向南方的海岸即遭受嚴重的侵蝕，尤其，當美國兵工署 (US Army Corps of Engineers) 在該島西端點浚深一 40 英尺深航道時，立刻加速問題的嚴重性。該一航道為北卡諾萊納 Port of Wilmington 之主航道。

該島之東南端被稱之“Cape Fear”，該稱號是來自早期被發現時命名者。Frying Pan Shoals 從該端點向東南延伸約 20 公里。Bald Head Island 西端屬 Cape Fear River 入口，寬約一哩，把 Bald Head Island 和西側之 Oak Island (or Caswell Beach) 分開。有無數淺灘 (Jay Bird Shoal) 向南延伸數哩，一直到聯邦航道之西方河流入口。另外，較次要之淺水區 (Bald Head Shoal) 則從 Bald Head Island 西端向南延伸約一哩 (詳圖 1-1 所示)。

## 2.背景資料：

早在 1970 年代前幾十年，Bald Head Island 的南海灘是相當穩定的，僅存在些微海岸侵蝕，該一結果歸究於連接該島西端海岸的 Bald Head Shoal 提供保護功能。直到 1972~1974 年，因颱風，該一連接淺水區及海岸淺灘受到侵襲，接著分離後，使漂沙及沿岸流增強，不斷挾帶砂源流入鄰近 40 英尺深航道，才使問題逐漸惡化。結果，原本穩定的海灘，從原有之每年 2~3 英尺的退縮加劇到每年 25~40 英尺，其受侵蝕範圍則從南海岸之中間到西端部位。

到 1992 年，在 Bald Head Island 南海岸約有 10,000 英尺範圍回填以 360,000 立方碼之良質砂土，由兵工署依 Section 933 Project 授權利用浚深航道土方填拋。但該些回填砂，連帶從上游而來之受侵沙源，居然在 18 個月內完全消失，才發現問題的嚴重性。

有關 Eric Olsen Associates of Jacksonville, Florida 和美國兵工署先前對 Bald Head Island 侵蝕問題的前期研究指出，任何海岸養灘必須兼做突堤設施，俾利攔砂。依據侵蝕問題的嚴重性以及上述提示，Bald

Head Island Village Council 便尋求許可新措施，以養灘及突堤工事同時進行。

基本上，前述提案應該是直截了當且是簡單的，然因在州海岸管理條款規定下，北卡諾萊納的海岸資源委員會法律絕對禁止“硬體結構(Hardened Structure)”之設置出現某些爭議，但最後仍由 Bald Head Island Village Council 委託 CENTURY / Von Oesen Consulting Engineering of Wilmington, North Carolina 提出申請新海岸養灘並同突堤攔砂計劃執行。

## 3.擬議工程計劃：

CENTURY / Von Oesen 顧問公司的觀念擬定以“柔性突堤(Soft Groins)”系統配合傳統的養灘，因此，地工砂管(Geotextile Fabric Tubes)就被中選應用。在 Florida 海灘工程計劃所使用之“Longard Tubes”被選用作為本計劃試驗產品。當規劃開始進行，以 100 英尺長、直徑 70 英吋之地工砂管做基本設計構想。在突堤方面，估計 14~16 突堤(砂管)設置於南海岸(South Beach)的西端約 7,000 英尺受侵蝕最嚴重地點。該一設計長度係依據先前 CENTURY / Von Oesen 顧問



公司報告所分析風與波浪資料而定。預測新淨漂沙分散節點大概將發生於 South Beach 西端三分之一處。在西端淨漂沙向西進行。另三分之二淨漂沙則向東推進，如附圖 1-2 所示。本計劃預定填砂 350,000 立方碼，砂源同樣來自附近 Cape Fear River 航道挖泥，依兵工署核定之 Section 933 Project 辦理。根據法律規定，Bald Head Island 應該付比兵工署估價更高價款做海岸養灘，因為一般的浚淤泥海拋比較便宜之故。

一項海域地區管理條款申請向北卡諾萊納的海岸管理辦公室和美國兵工署提出，期能讓州或聯邦審理單位同時審定。

有關申請強調，有證顯示現有緊急狀況已有數棟海邊房屋及財產遭受損失或破壞，需重新安置或遷移。同時，位於海岸後方，主要橫跨 Bald Head Island 的公路已被快速侵蝕，其他財產也受到威脅。通往東部的公路也已受損，尤其許多環保林區也將波及。

依據有關對設置“硬體結構”限制，有爭議的是擬議的“柔性突堤”計劃應該是“試驗性”且是“易於移動的”，應

不至於有不良後果及環保的衝擊。同時也提出，鄰近聯邦航道工程明顯地影響到侵蝕問題也是事實。審核中，州政府審核單位及兵工署均接受此一前提。但於審查與核准過程尚遭遇其他的困難，結果於數月後 CRC 與 Corps of Engineers 終於有條件的通過該一申請案。

其中最困難者，則是規定甚為緊迫之施工期限。所有的挖泥與回填限定在一“Dredging Window”，其限期限制在 11 月中旬到隔年之 4 月中旬完成。所有工作從開始到結束必須在此一限定期限內完成，對整個設計與施工過程增加不少壓力。

#### (1) 施工計劃與規範研擬：

初期的規劃設想把“Longard Tubes”置於海灘“海床上 (On Grade)”向海側延伸到 -4~-5 英尺 (平均低潮水位) 深處。Upper Beach 部分，向陸側延伸淺埋到大約離地表面下 25 英尺深度。而砂管與砂管間距約 400 英尺，當砂管放定位，突堤間即填砂養灘。

當計劃進行後，最後設計測量顯示整個前灘被侵蝕到原有高度 3~6 英尺以下。

原計劃打算拋填

350,000 立方碼砂後所建立之施工斷面，於前灘處可達 +6 英尺 NGVD，並保持有相同高度的 Berm（岸肩）寬 80 ~ 100 英尺。其他部分則可向海側以 1:20 形成海床坡度。該一構想很快就反應出把砂管放置天然海床上，經回填後所有砂管將被回填砂（Over-fill Material）埋沒數英尺深。如此，該些回填砂則同樣地容易受到侵蝕而恢復原有狀況。很明顯，此一設計與施工必須重新考量。

施工時最重要的考量是海灘必須恢復到大約是海岸陸地高程。因此，首需考慮砂管之直徑夠大以及完成後突堤所需高度。很顯然，有關突堤的施工，決不能以“突堤先做，養灘在後”的過程實施。

根據此一結論，養灘必須先回填到設計高程，再掘溝鋪設地工砂管，形成突堤。如此，才能發揮擋砂功能。同時，也顯示必須採用大斷面地工砂管，原設計之 70 英寸直徑不敷使用。最後決定，至少需 9 英尺直徑之地工砂管才能符合本工程設計功能。

經過廣泛的尋求適用產

品，才選用 Nicolon Corporation（Erosion Control Group of Norcross, Georgia）製造之特殊地工砂管。該砂管採用高強度地工織布（Nicolon MDR1000 Woven Polyester Fabric）裝造砂管。每一砂管由兩塊織布，沿兩端及兩邊雙縫製成。不論是材質或縫線部位廣泛測試，確保符合品質。鋪設地工砂管時，先在底下鋪設 24 英尺寬襯墊（Bedding Mat），兩端縫以直徑 36 英寸之壓席管（Ballast Tubes）。填砂入管以專利抽砂設備將含砂帶水（Sand-Slurry）的液狀混合物經由特殊設計灌裝孔（Loading Ports）灌入砂管內。廢水則經由織布濾孔流出，直到灌滿砂為止。

## (2) 施工：

本工程養灘砂源來自 Bald Head Island 西端航道之浚渫淤泥。兵工署原來同意依 Section 933 Project 工程並辦，然而，兵工署發現不能依進度供應。因此，Bald Head Island 當局決定全部自行付費辦理。兵工署也同意從聯邦航道挖取足夠砂料供應。因當時屬紐澤西州之 Weeks Marine Company of Camden

正在附近作業，因此，Corps 同意釋出 Bald Head Project 給 Weeks 承攬，工程合約包含養灘及突堤工程。於 1996 年元月份開工，工程內容包括填砂 650,000 立方碼於 12,000 英尺海灘，依原設計斷面施工（實際完成數量 756,000 立方碼）。

由於時間限制因素及對利用地工織布砂管做突堤經驗不足，合同規定於填砂養灘未完成前，突堤就應開工興建。合同也規定，填砂應從工程西端開始，向東進行。相同地，突堤施工亦然。亦即於西端完成填砂隨時進行突堤修築。

Nicolon 負責製造底層墊蓆及地工砂管，材料到場需配合施工進度辦理。依據合同規定，為了保持地工砂管鋪設坡度，下包應負責挖掘鋪管溝槽，適時鋪設砂管。

當溝槽完成，隨即鋪底部墊蓆，墊蓆沿著溝槽底部鋪設，從陸地上灘（Upper Beach）延伸至平均低水位（MLW）-4 英尺處。一般而言，在 Bald Head Island，冬天季節水位氣候均很難掌握。有時墊蓆及地工砂管均不能施工。

當墊蓆和砂管整條鋪放於水中而未填砂前，海側端點必須以砂袋將其錨定。同時，也必須打設木樁將墊蓆及砂管加以固定。在墊蓆兩側之墊壓管（Ballast Tube）必須以砂填滿，俾利固定砂管。然後，儘速的將砂灌入。灌砂時，以特製灌砂邦浦作業。基本上，是連續將砂泥同時灌入。另外，有一獨立輸水邦浦配合作業，確保砂管內填砂均勻分佈於其內。灌砂孔間距依擬灌砂粒粒徑、泥水之水含量、重量以及砂料之固結特性而定。灌砂管和灌砂孔直徑皆為 8 英寸。灌砂時之壓力強度以不超過 8psi 為宜。輸水邦浦之水管是可調整的，以利維持 1：4 之泥水混合物，必須的話，灌砂孔可多設幾處。以本工程而言，大概每 25 英尺設灌砂孔一處。整個砂管之灌砂量可達容積之 80%。

一般而言，灌砂完成，砂管會呈橢圓形，平均高度可達 5 1/2 英尺。可預測的，靠海側端點之墊蓆和砂管會因波浪或海流作用而呈現部分被掩埋狀態。此一狀況，對固定砂管，阻止因波浪及暴風雨造成的位移有幫助。

該一現象，亦可幫助部分尾端填砂沿突堤端緩慢通過，減緩下游區之沖刷效應。

當地工砂管鋪設、灌砂完畢，開挖溝槽之砂土可用以回填，恢復其原設計剖面。依照設計，在陸側約有 25~30 英尺之錨定區，接著 80~100 英尺之岸肩段，全部以回填砂覆蓋。其他海側之砂管，則呈暴露狀態。

很顯然，每一突堤施工時間是不一樣的，依氣候及海況而定。在可接受的條件，每單一突堤約需在 1~2 天內完成。本工程之突堤工程，始自 3 月 1 日，完工日期為 5 月 31 日，也就是在合同規定時間內完成（其中 30 天延展，只同意突堤施工部分）。整個工程施工時及完工後之鳥瞰圖如附圖 1-3 所示。工程進行中，兵工署籌措 100,000 美金，提供作為維持聯邦航道水深費用。有關突堤工程，包括材料與施工，總共花費 550,000 美金。整個工程花費 2,934,000 美金，其中有 100,000 美金是兵工署付給之獻金。

#### (3)最後試驗：

工程完成後數月內，該工程經歷兩度強烈颱風侵

襲。Berths 颱風於 7 月 11 日橫掃 Cape Fear，向北方移動。而 Fran 颱風於 1996 年 9 月 6 日直撲 Cape Fear 和 Bald Head Island。該二颱風均屬 Category 3，風速 111~130mph，波高 9~12 英尺，破壞程度一廣泛的。颱風過後，經檢查結果，地工砂管絲毫未移動，損失極微，雖受重創，回填砂損失有限，全部消失砂量僅 100,000 立方碼。

#### 4.結論：

採用地工砂管做突堤是實際可行之事，也是防止海岸侵蝕最快速、經濟的施工方法。雖然，其長期效果尚不明朗，必須再加以觀察。然而，地工織布系統在世界許多其他地區已有長期成功之例。其中包括經常飽受暴風侵襲之歐洲北海海岸地區。

此一系統，顯然能夠抵抗因颱風所造成之突堤移位或損害。然而，對挾帶廢棄物或殘體之波浪或暴風之侵襲，可能會對地工織布造成損害。因此，假如能採用某些高強度保護層加以保護，對漂浮殘體之撞擊所造成之損害即可減輕其程度。

#### (二) 美國德州 Matagorda Bay

## Sundown Island 侵蝕控制工程實例

### 1.背景資料：

Sundown 島保育區也稱之“鳥島 (Bird Island)”，是於 1962 年以浚渫淤泥填築之低地，面積約 20 公頃。該島位於 Matagorda Bay，靠近 Matagorda 航道與海灣海岸水道交叉處。也就是在德州海灣 O'Connor 港以東，Lavaca 港東南位置。

Bird Island 從 General Land Office 租得。由 National Audubon Society's Texas Coastal Sancturaries 計劃案管理。該島主要為鳥類保護區，有一般鳥類及瀕臨絕種者，包括棕色鵜鶘鳥。

### 2.問題：

由於該島附近水流湍急，加上各類船舶造成之波浪，致使海岸受到嚴重的沖刷，鳥群受到影響，該島的面積也愈來愈小。

### 3.解決辦法：

為了永久保護該島海岸及加強保育生態，台塑公司的工程司與德州 Lavaca 港 King Fisher Marine Services, Inc, 合作，設計地工砂管之侵蝕保護計劃，以 3 條 7 英尺高地工砂管形成掌式突堤保護。如附圖 2-2 所示。地工砂管由 Nicolon

公司提供。砂管長度分別為 250、300 及 375 英尺。由 Formosa Plastics Corporation 承辦，分包給 King Fisher Marine 施工。工程於 1985 年 2 月底開始，總共花 4 天完成。Nicolon 地工砂管以 Bird Island 外海浚渫泥沙填築。

地工砂管鋪設岸上淺溝部分約長 50 英尺，其餘則延伸至海中。地工砂管間距約 300 英尺。有關地工砂管設計斷面及施工後颱風侵襲後之實景，請詳附圖 2-1~2-4 所示。

地工砂管之材料，選用高強度之聚丙烯織布，特殊設計供地工砂管用。特殊高強度縫線則提供更大保證地工砂管填砂不會破裂。

該項地工砂管海岸保護計劃是在德州環保局 (EPA)、德州天然資源保護委員會 (NRCC)、General Land Office、德州公園及野生動物管理處 (PWM)、美國兵工署 (Corps of Engineers)、National Audubon Society 以及美國魚類野生動物保護組織 (U.S. Fish and Wildlife) 等單位共同協議下完成。

### 4.結論：

到目前為止，該計劃已經完全成功。不僅侵蝕停止，甚

至造成海岸堆積現象。因此，在該島東北方，也計劃以相同方式加以保護。對地工砂管而言，是鳥兒們喜歡的建築，如附圖 2-4 所示。

### (三)美國費城 Atlantic City Sand Dune 興建工程實例：

#### 1.問題：

從 1993 年元月到 1994 年元月 12 個月期間，美國費城 Atlantic City 某些地區沖失了 100 英尺長之海灘。原設計之砂丘是用以保護該城之百老匯步道以及沿岸住家、商店、旅館以及賭城等。但每當颱風來襲，該海灘就被破壞，甚至完全被沖刷。此一問題，尤其當高潮時最為嚴重，經常由大西洋入侵颱風帶來波浪沖刷該區之海灘及砂丘。

#### 2.解決方法：

傳統補救方法包括海灘及砂丘區之養灘，有時每年需花費數百萬美元。因此，一項經濟有效、長治久安之方法是有其必要的。

Nicolon 代表於是在 1994 年秋天拜訪該城之工程師，推薦有關地工砂管並說明已經成功採用的不同案例。於是設計以地工砂管為核心的砂丘因應而生，詳圖 3-1、3-2 所示。設計之基本觀念是考慮填砂砂管

之穩定作用。主要構想，地工砂管於颱風來襲不加保護，且容許地工砂管前（海側）有部分砂料被沖走，但地工砂管後方（陸側）之回填砂必須保持。Atlantic City 工程師最後決定採用圓周為 30 英尺之地工砂管施工，其近似斷面如附圖 3-1 所示。可獲得足夠之保護。

此一解決方法比預測的獲得更快速的測試。

#### 3.規範、製造與鋪設：

於施工計劃與規範擬妥後，本工程即於 1995 年 2 月公告發包。由 PHA. Inc. 成功得標。工程於 1995 年 5 月開工，總共鋪設 6,000 英尺地工砂管，沿著海岸延伸約一公里，創造出可抵抗颱風侵蝕之砂丘，防止海岸進一步被沖刷。

本工程地工砂管以 Nicolon GT-500 織布製造，是一種特殊之聚丙烯織布。圓周約 30 英尺，長度從 40~910 英尺不等。灌砂孔沿砂管上方設置，每 25 英尺設一處。

當地工砂管鋪設完成，Atlantic City 工作人員便將砂管以砂覆蓋並種植草皮。完成後形成自然景觀，比原有天然砂丘美感許多，詳附圖 3-3 所示。

#### 4.測試：

在 1995 年夏天，也就是該

工程完成後之第三個月，Luis 颱風橫掃東南海岸，攜帶 40mile/hour 風速以及 10~12 英尺波浪侵襲該海岸。經歷三天的侵襲，只見地工砂管前緣砂丘被沖刷（詳圖 3-4 所示）與設計概念完全一致。此一即時性之鋪設地工砂管，替該城節省不少復建費用。事後 Atlantic City 媒體報導，稱之：僅憑一條地工砂管，颱風已無法再越雷池一步。此一報導顯示了此項地工砂管之完全成功。

#### (四) 荷蘭馬肯湖 (Lake Marken) 防波堤地工砂管施工計劃實例：

##### 1. 背景資料：

荷蘭馬肯湖 Lake Marken 是非常有名的內陸大湖，由於蓄水量豐富，只需一半之量即可供應全荷蘭包括農作之各種用水，因此，早在幾十年前，就在湖中建一長達 30 多公里之陸堤將其約分為二，打算將陸堤一側之範圍填築成為陸地。因此，該陸堤修築，一邊打算回填，沒加任何保護，而另側因暴露廣大湖區，暴風來襲時，可能波浪會損及陸堤，於是做了永久性保護。

陸堤完成後，沿堤 30 多公里之兩岸頓成數以萬計野生動物居地，居於環保生態理由，而且荷蘭未開拓之低地尚多，

因此，原擬填築之一半便決定保留，不再回填。

但因原擬回填之半，因堤側未加保護，於是常受暴風波浪影響，時有被沖刷可能，非但陸堤難保，如被沖刷，連野生動物棲地也被破壞，於是荷蘭政府便決定加做離島式防波堤。一則保護陸堤，二則提供更完善水域供野生動物棲息。

保護立意甚佳，唯因陸堤太長，工程浩大費時曠日，必須尋求經濟、快速施工方法實施。於是地工砂管能符合上述原則，便被中選採用。該工程依實際需要，分段分區進行，現已大部完成，真正提供安全、快速、經濟之原則。

##### 2. 工程設計與施工：

為利美觀、生態保育以及防風防波效果，防波堤以離岸堤方式設計，並成弓形狀。除首尾兩端加以封閉，其餘不連續弓形防波堤之堤與堤間均留有出入口。

本工程地工砂管聚丙烯織布由荷蘭公司 Nicolon 提供。設計地工砂管尺寸直徑 2.65 公尺，每管長 180 公尺，鋪放灌砂完成後，作為防波堤之核心，然後外圍拋填塊石保護而成。

因在水中施工，每管長 180

公尺地工砂管解開後，於未灌砂前，必須由先前依防波堤位置打好樣樁繫繩固定之。俟完成灌砂後便呈穩定狀況，以本工程之尺寸，每 180 公尺之砂管約施工二天完成，灌砂時以特製邦浦施灌，灌砂孔約每 10 公尺設一處。本工程之工期，順利執行完成，以每公尺約 15,000 元台幣造價施工（僅砂管部分，不含保護石塊）。有關馬肯湖防波堤地工砂管施工計劃斷面及施工情形，以及施工後之實景，請參附圖 4-1~4-4 所示。

#### (五)德國 EMS 河河堤工程施工實例：

##### 1.背景條件：

以地工織布（Geotextile）處理水利工程，除了前面數個案例談及地工砂管（Geotubes），尚有地工砂袋（Geocontainer）和其他。以 Geotubes 和 Geocontainers 比較，一般在海岸工程或港灣工程，如水深在 3 公尺以下，可以 Geotube 施工，但若水深大於 3 公尺以上者，應以（而可能僅能）地工砂袋（Geocontainer）實施。

德國 EMS 河河堤工程，水深大於 3 公尺以上，因此，不宜以地工砂管執行，而改採地工砂袋。地工砂袋依工程特性

及可使用器材之取得，如底部開裂駁船之大小，其大小種類很多，一般從 150~1000 立方不等。以德國 EMS 河之地工砂袋，每袋容量約 240m<sup>3</sup>。

地工砂袋一般與地工砂管一樣，如防波堤或突堤之施工，一般僅作為堤心部分，代替傳統式之碎石級配。由於施工時容量大，也可就地取材，既經濟又快速，自從 Geocontainer 問世以來，在歐洲已相當普遍採用，像荷蘭，現可能 100% 使用，傳統式的碎石級配核心應已成歷史。

##### 2.工程計劃：

EMS 河河堤工程地工砂袋共使用 200 個，每袋 240m<sup>3</sup>，採用荷蘭 Nicolon 聚丙烯織布 HD625 共 8000m<sup>2</sup>。本工程地工砂袋作為河堤之核心，於地工砂袋鋪設後，再於其頂上加拋塊石，繼續完成所需之高度與寬度。有關本工程設計斷面及施工情形請詳附圖 5-1~5-4 所示。

#### (六)德國 Leybucht 北海海堤工程實例：

##### 摘要

水利工程施工，尤其是在海面上或海水面下者，對工程師均屬一種挑戰。本文將說明在 Leybucht 為何需修築該堤，以及施工時鋪設 15



公里地工砂管之理由。除此之外，也特別說明為何在不考慮每天兩次潮流各注入 400 萬  $\text{m}^3$  之潮水事實，而第一次以地工砂管設計該河道出入口封口段工程。

#### 1.簡介：

颱風於 1953 年及 1962 年造成北海洪水氾濫，死亡約 2000 人左右。在德國及荷蘭北部，還對陸地及財產構成威脅。因此，許多主要防禦工程包括改善颱風水閘功能，加高、加強堤防等工作便積極辦理。

最近在德國 Leybucht 曾經建設一條長達 7 公里之拋石堤，於 1992 年完成。到 1995 年 3 月間，相關堤基、水閘、堰閘等也都已完成。請參圖 6-1 及 6-3A。

此段海岸低地部分，每年秋天至次年春天必遭暴風侵襲，於 1962 年元月一次暴風侵襲，水位高出平均高水位 4.65 公尺以上。而在 1976 年元月 3 日又來了一次與 1962 年規模相同者。

Leybucht 面積約 31 平方公里，平常水位在 2.7 公尺左右。該地點是 100,000 種鳥類之棲地，鄰近海岸集水區約 350 平方公里，水位約高出 MSL 1 公尺，以 8 公尺高海堤保護，旨

在防止內陸遭洪水侵襲，海堤包圍長度約長 31 公里。

#### 2.設計與施工：

設計主要考量：

- (1)施工於潮間帶，非常軟弱泥地。
- (2)必須防止 Greetsiel 漁港淤沙，該港約 30 艘漁船進出，且關係到很多百姓生計問題。
- (3)維護內陸排水功能。
- (4)維護鄰近海灣及沼澤區生態價值，蚌及其他海產為其特產。

此一河堤之設計，提及基礎本身是以天然砂土填築，而每天兩次之潮間帶淹沒區則以地工砂管填砂構築，砂管採用 Nicolon 之地工織布製品，同時由荷蘭水工部、Delft 土壤試驗室和德國水資源與污水管理局合作辦理。

Leybucht 新河堤主要的核心及堤岸以填砂構築，堤內側表面鋪以黏土層。而海側堤上部分以 250mm 厚瀝青混凝土保護，堤趾表層以大塊石保護，而下層填砂填至地工砂管為止。

堤內側（陸側）堤趾亦鋪以地工砂管，如此，亦可將基礎及靠近排水溝邊之公路結成一體。

從附圖 6-2 所示，可見該河堤高 8.8 公尺，而基座底寬 112 公尺（內側基趾到外側基趾，包括拋石部分之寬度）。

在河堤封口段，大約有長 40~50 公尺、寬約 100 公尺之進、出水道，堤趾與護岸均加以保護，將石塊壓制柴網墊席沉入海底做保護基礎之用。柴網墊席以重型地工織布固定於交叉之加強柴捆上構成。每一墊席尺寸大概為 30 公尺×40 公尺，製妥後使浮於水面，然後拖到現場以加石塊使沉，如圖 6-4。

本工程之河道封閉是很受重視的，因為是第一次使用地工砂管，加拋石塊保護而成的工法施工。由於每天兩次受 400 萬  $m^3$  海水排入的事實，每天只能趁低潮時工作幾小時而已。因此，工程之成功歸究於地工砂管施工之妥當安排與簡便施工程序，也就是地工砂管灌砂後，接著立刻安排拋放石塊，連貫施工完成。

### 3.地工砂管：

在德國 Leybucht 施工之地工砂管，填砂後，直徑約 1.7 公尺，以 400 公尺長，5.3 公尺寬之 Geolon 織布，依縱向縫成每一 400 公尺砂管於捲放於鐵軸後，便直接運往工地，灌砂

管推薦以 500mm 者行之，孔距在工廠做好約為 75 公尺設置一處。

假如砂管太長運送不便，可分段運往，到達工地後，再以手持縫紉機將其縫合。不論每一捲砂管及鐵軸重量多寡，一捲約重 1100 公斤，其運送到工地，或在工地作業，均無困難，並且各階段作業均能配合得宜。

### 4.地工砂管鋪設：

地工砂管展開後，便接以挖泥船抽砂管。大約以 1:4 之砂與水之比例之泥漿灌入管內，其中之過剩水即從砂管滲出或由另一個附設於地工砂管上之減水管流出。

一般而言，當地工砂管被鋪設時，在陸側淺開挖後鋪以塑膠席襯底。此一用途，在防止遇有沖刷時，底層細料不會流失，此一作用，於填砂時，由滲流水造成。

### 5.結論：

對 Leybucht 堤防而言，使用高強度、低應變、屬織布，設計有適合透水性之地工砂管施工，經證明是“最經濟、最有效且可耐用”的施工方法。

在工廠裡做好砂管成品，運送到工地後，可迅速加以連接，於鋪設並完成水力灌砂，

不必花費太多時間再做其他配合工作，即可立即完成所需工作。

地工砂管已經證明於數個不穩定施工期，可安全抵擋主要設計颱風、波浪、急流及退潮急速潮流之侵襲，（參圖 6-5）。

在 Leybucht 工地，地工砂管已第一次施工成功。完成 Leybucht 河道進、出封口段之工程施工，提供水利工程一套完整的新技術。

#### (七)總結：

目前歐美盛行之地工織布，以聚丙烯原料製成，壽命可達 100 年，主要應用於海岸工程之產品包括地工砂管及地工砂袋。

目前歐美使用較大型的地工砂管，可在水深 3 公尺以下水中，或岸邊及陸上通用。一般均以就地取砂填灌，以完成  $6\text{m} \times 3\frac{1}{2}\text{m}$  斷面之砂管而論，以特製灌砂邦浦為之，則：

\*長約 80 公尺砂管只需二天即可完成。

\*每一公尺造價（材料帶施工）

約僅 15,000 元（台幣）。

\*完成後之砂管，依設計及實際需要可拋石塊保護或不保護。

與傳統工法施工相比，可收快速、廉價之效。

至於地工砂袋，適用於水深大於 3 公尺以上之海事工程，一般只能在海上施工，作為防波堤或海堤之核心，取代傳統之級配料填心。通常以開底式駁船施工：

\*地工砂袋容量，依使用船舶噸位，可從  $150\text{m}^3$  -  $1000\text{m}^3$  不等。

\*每天可施工  $1500\text{m}^3$  -  $2000\text{m}^3$ ，依取土地點及使用船舶大小而定。

\*施工定位可藉測量儀器或 GPS 定位輔助，施工快速、經濟、可靠。

目前，在歐美，此一工法已經提出，非常盛行，也有甚多成功之例，傳統工法幾乎完全被取代，實用性甚高。尤其，地工砂袋可達環保需求，已廣泛應用浚渫淤泥海拋，事業廢棄物海拋，甚至高污染性衛生污泥儲存等，可達多功能用途，建請國內研究採用，達成經濟與環保目標。

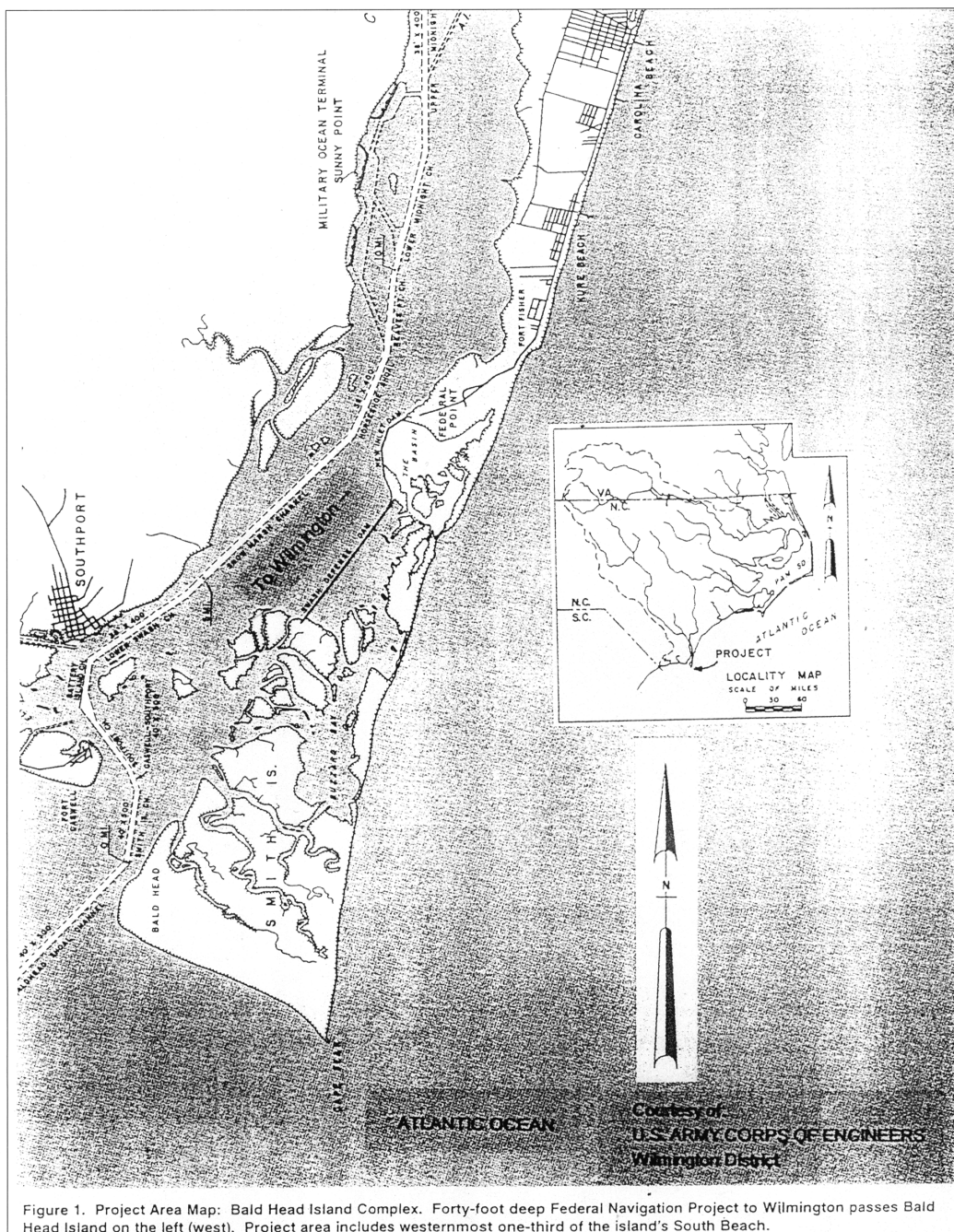


Figure 1. Project Area Map: Bald Head Island Complex. Forty-foot deep Federal Navigation Project to Wilmington passes Bald Head Island on the left (west). Project area includes westernmost one-third of the island's South Beach.

圖 1-1 工程計劃圖，Bald Head Island 及其他設施示意

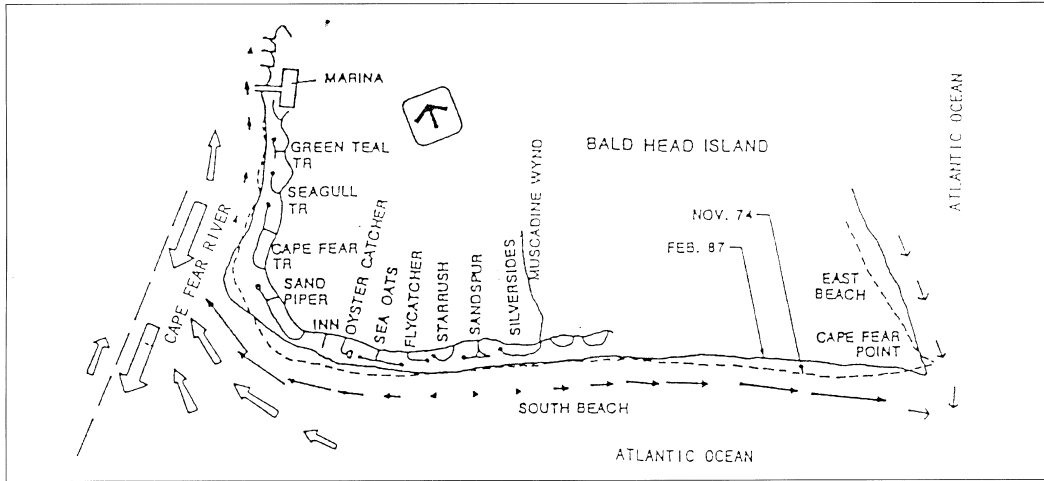
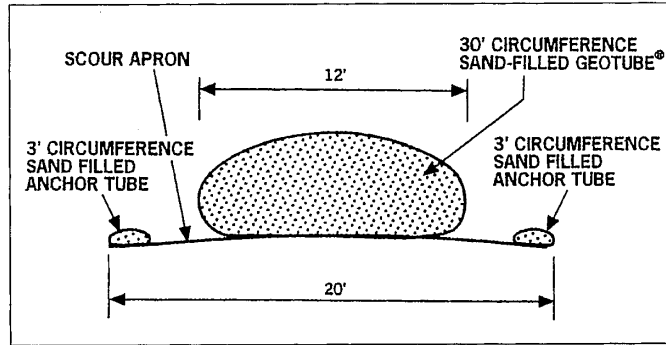


圖 1-2 由波浪產生之沿岸漂沙示意(實體箭頭)，沿 Bald Head Island 潮流方向(外圍箭頭方向)



圖 1-3 完成後之地工砂管突堤，朝西方向 (Bald Head Island)





*Cross section of Nicolon Geotube and scour apron as installed.*

圖 2-1 使用於 Matagorda Bay 之地工砂管及墊席 Anchor Tube 斷面示意



圖 2-2 在 Matagorda Bay 西側，地工砂管鋪設完成之鳥瞰圖



圖 2-3 地工砂管及沖刷帶設置完成後之情況



圖 2-4 土工砂管鋪設後六個月變成最佳鳥類棲地

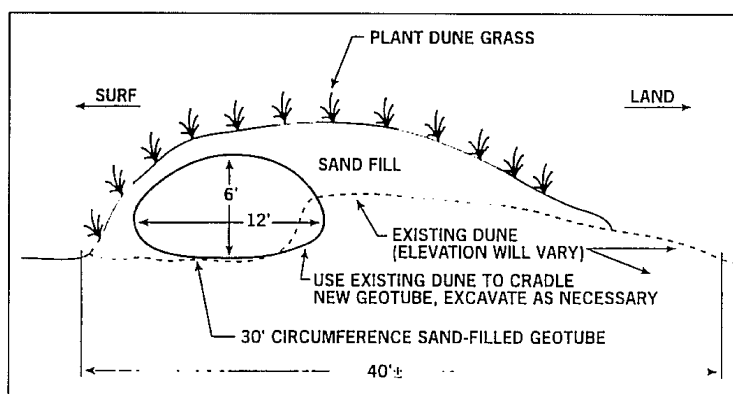


圖 3-1 美國紐澤西州 Atlantic City 沙丘土工砂管施工標準斷面



圖 3-2 土工砂管灌砂孔每 25 英尺設一處





圖 3-3 地工砂管完成後，市政府人員種植草皮情形



圖 3-4 強烈颱風侵襲後，Atlantic City 地工砂管發揮功能，僅砂管前側之砂如預期被沖刷，後側則保留完整

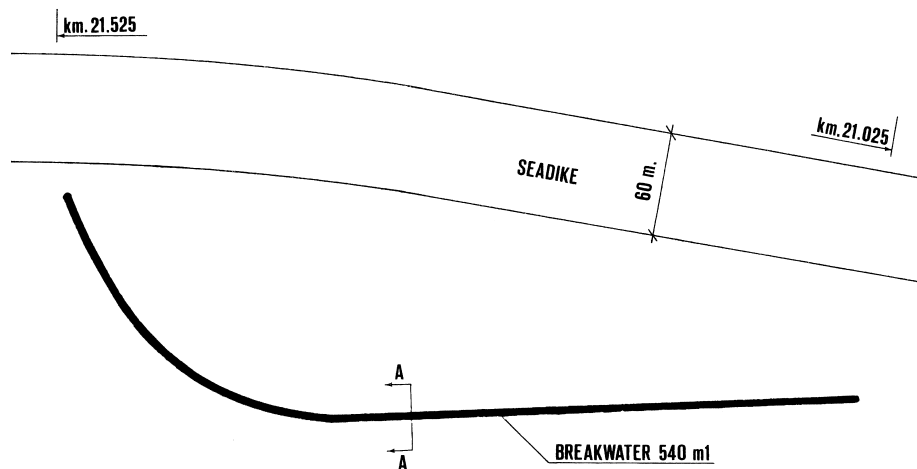


圖 4-1 荷蘭馬肯湖防波堤平面佈置示意



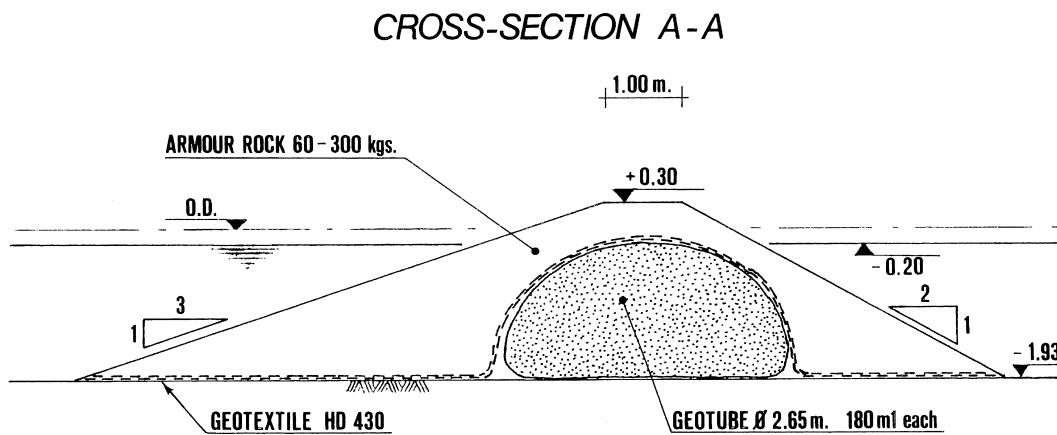


圖 4-2 荷蘭馬肯湖防波堤地工砂管斷面示意

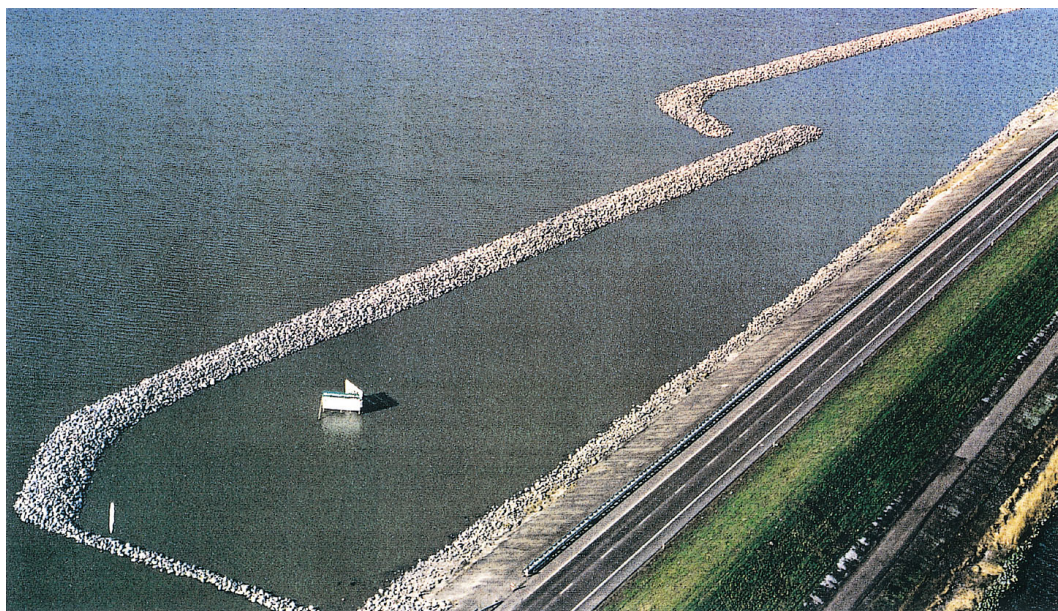


圖 4-3 荷蘭馬肯湖防波堤完成後示意



圖 4-4 荷蘭馬肯湖防波堤完成後之實景，已成鳥禽最佳棲地



圖 5-1 德國 EMS 河河堤地工砂袋計劃位置

GEOCONTAINERS IN THE CORE  
VISIBLE AT LOW TIDE



圖 5-2 德國 EMS 河河堤地工砂袋拋放後，退潮可見之情況





CAPPING THE CORE

圖 5-3 德國 EMS 河河堤地工砂袋頂部加拋石塊完成實景

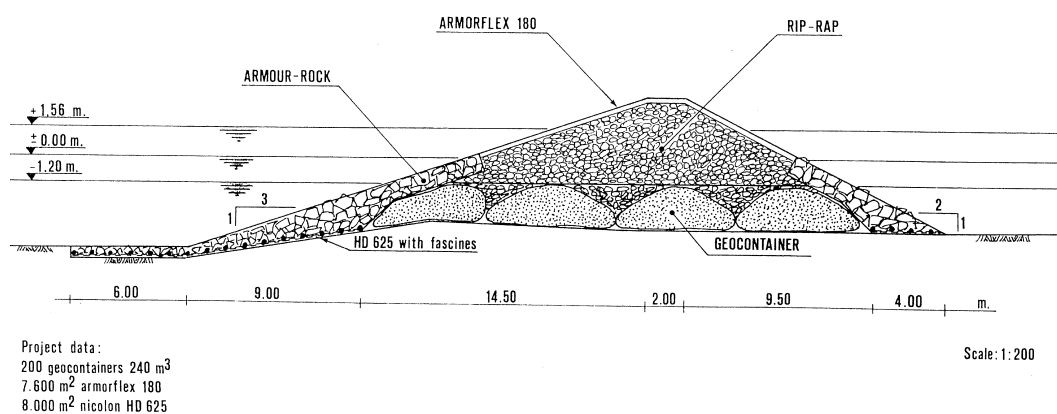


圖 5-4 德國 EMS 河河堤斷面示意，核心為地工砂袋

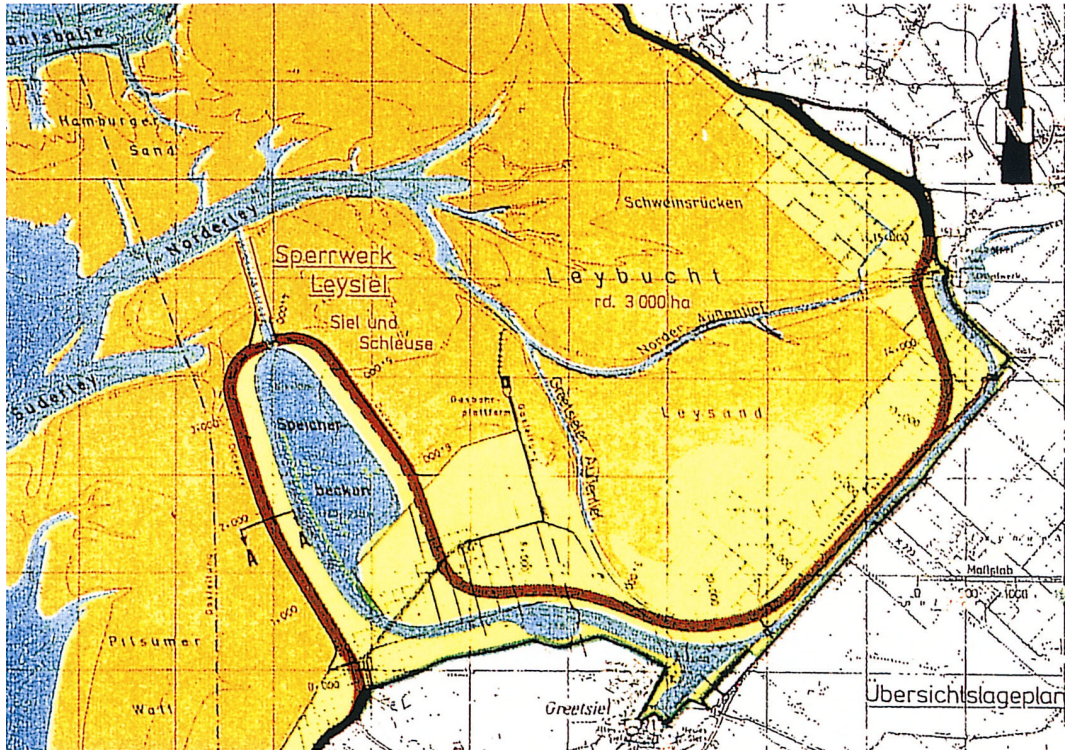


圖 6-1 德國 Leybucht 河河堤地工砂管施工位置圖，如棕色所示

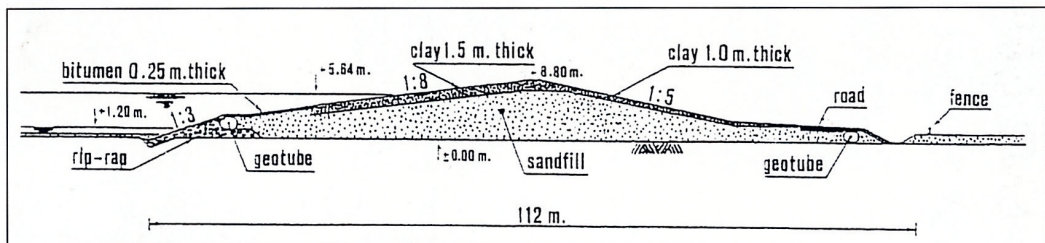


圖 6-2 德國 Leybucht 河河堤 A-A 斷面



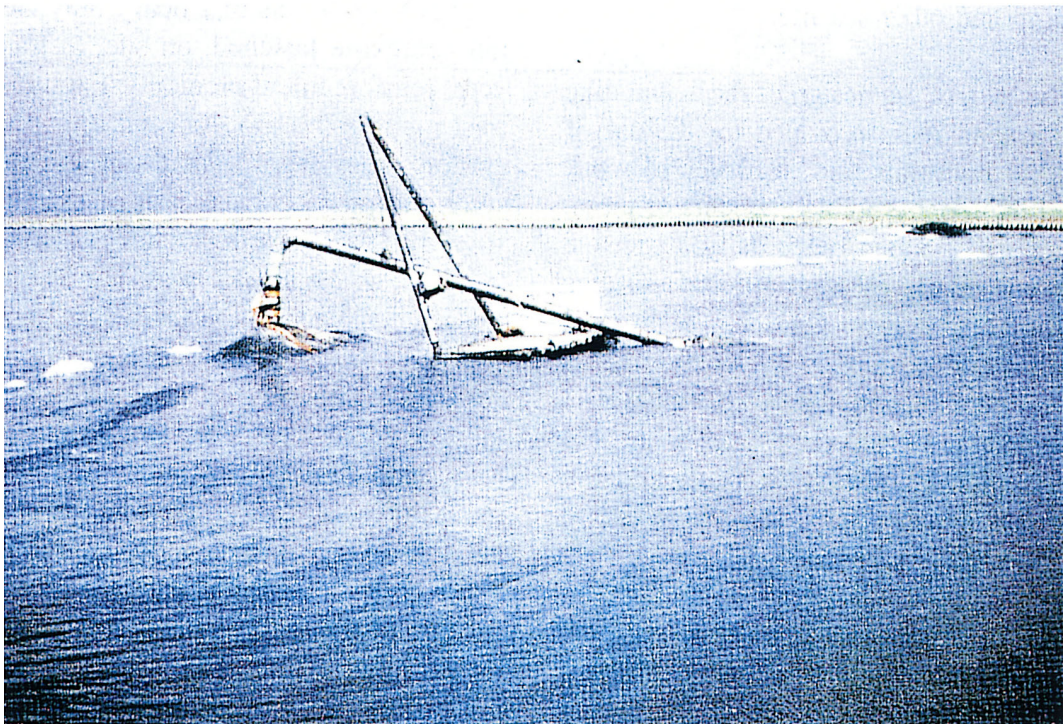


圖 6-3 地工砂管最後階段灌砂，砂管已潛沒水中

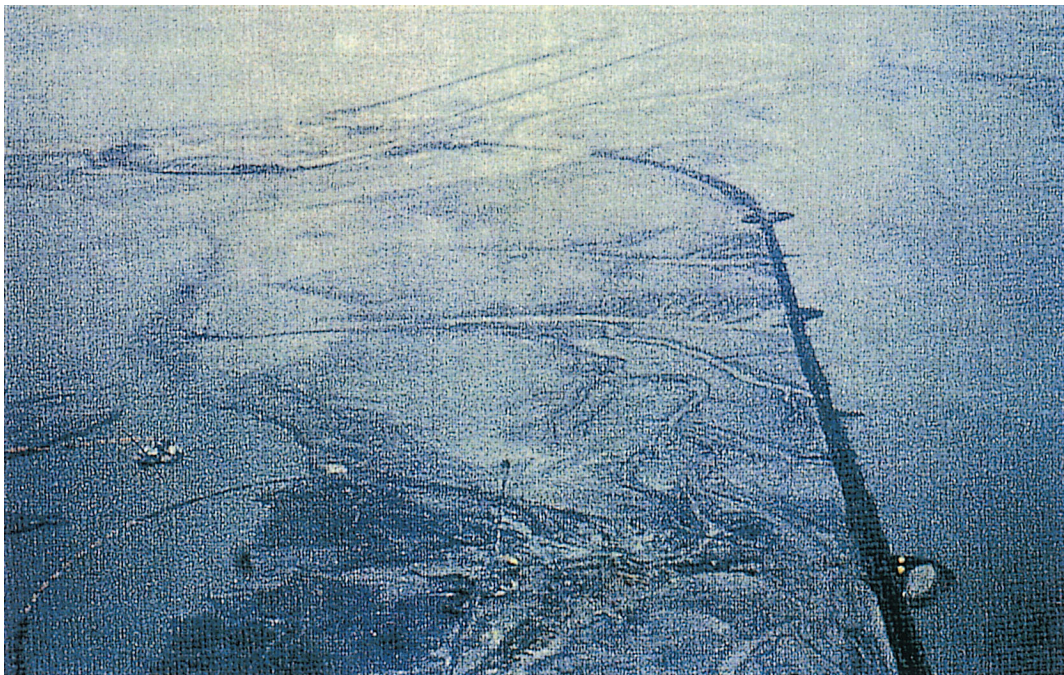


圖 6-3A Leybucht 河堤施工鳥瞰圖



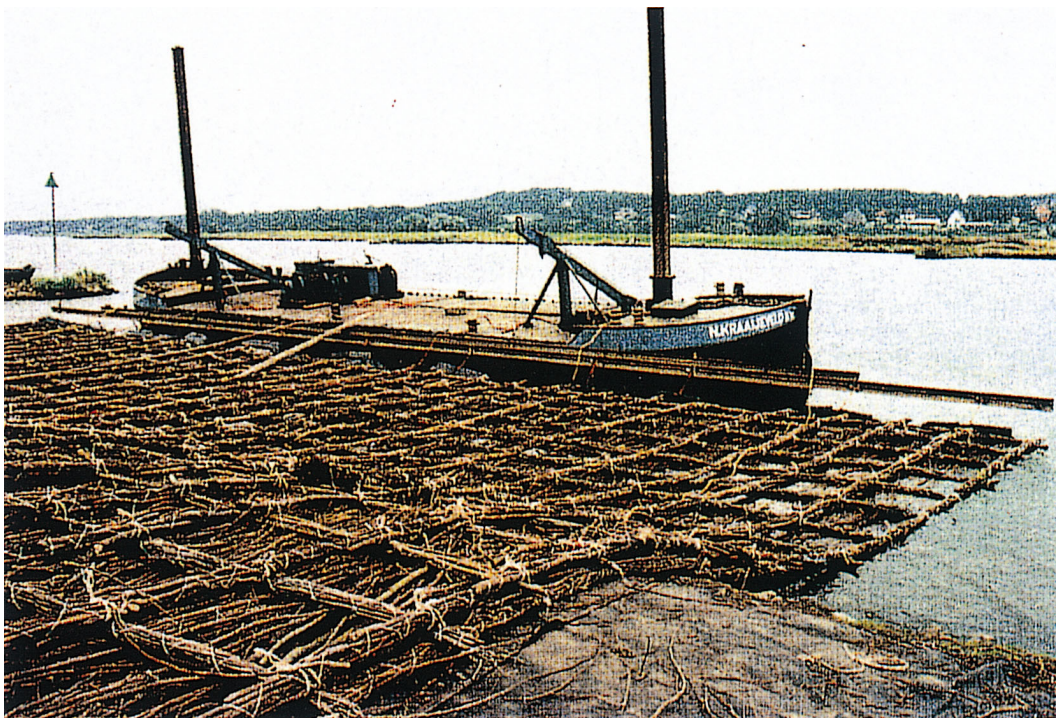


圖 6-4 標準柴細墊席完成，準備施放

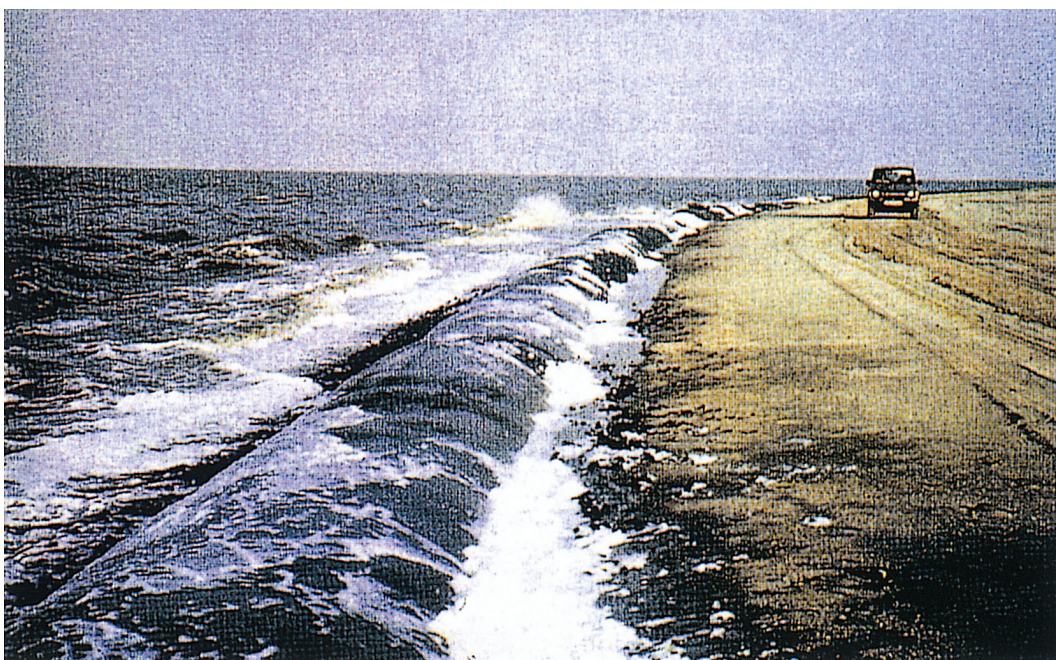


圖 6-5 Leybucht 河堤地工砂管經過一夜颱風侵襲，把地工砂管上方覆蓋石塊吹離，但砂管本身絲毫未受損



# 防舷材破壞模式及原因之探討

鍾英鳳 高雄港務局工務組設計科科長  
鄭智文 高雄港務局工務組設計科工程司

## 一、前言

碼頭岸壁為鋼筋混凝土製，而船舶為鋼鐵所製成，當二個剛性極大之物體碰撞在一起，將產生甚大之力量而可能使船舶及碼頭破壞。因此需在此一碰撞之介面間設置一柔性且摩擦係數較小的物體以減少碰撞時產生之反力及摩擦力，此一設施即為防舷材(Fender)，又稱護舷材、碰墊。當船舶靠岸時，防舷材利用本身之結構性挫曲及材料的彈性變位來吸收能量以降低船舶之衝擊力，並加設較低摩擦係數的面版，利用面版與鋼鐵間較小之摩擦係數，來降低側向摩擦力造成之損壞，以達到保護碼頭及船殼之目的。

防舷材使用一段時間後常會損壞，造成損壞的原因及損壞的模式因組成防舷材之材料、形狀不同及靠泊船型、方式而有差異。早期防舷材常由木、竹製成，漸漸演變到以橡膠、灌填充氣、填充物或油壓等不同之材料製作而成，型式亦隨之多樣化。經過調查，相同使用時間且相近之防舷材型式，其耐久性

有時卻差異頗大。另船舶大型化後，防舷材之尺寸亦逐漸增大。防舷材大型化之結果，其破壞之形式亦有所變化；且因重量及體積日漸變大，防舷材也由單純之單一材料組成，漸漸增加面版、鍊條等附屬物，以降低側向剪力所造成之破壞。有關防舷材之破壞，經維修單位多年之經驗，大型防舷材損壞之機率較小型者為大，使用的壽年較短，此一現象造成碼頭造價及維護經費、時間的大幅增加。基於確保營運之順暢、提供航商優良之作業環境、降低港灣維護費用及提昇港埠競爭力，必須加以瞭解防舷材破壞之成因與模式，以作為未來設計、施工及訂定使用規則之依據。

## 二、防舷材之構造及型式

防舷材依所使用材質、設計觀念及用途之不同，而有不同之構造及型式。通常防舷材分為封閉式及開放式兩種型式，封閉式其外觀形狀有呈現圓筒形、梯形（如 A、V、DH 型）、矩形（或口型）、半圓形（如 D 型）、圓柱形及圓錐截斷形等；開

放式通常出現在大型防舷材中，由兩肢橡膠本體與面版藉由螺栓結合而成（如 $\pi$ 、HP 型）。實用上，小型防舷材常採封閉型且由橡膠單一材料所組成，而大型防舷材因反力較大，為有效降低與船殼接觸時之力量及摩擦力，常於接觸面版之剛構架表面再貼上塑膠之面版以降低摩擦係數。另大型防舷材因高度較大，懸掛在岸壁時常因本身自重產生變形，因而設置鍊條加以輔助，並減少防舷材之側向變位以降低側向剪力，及避免因側向變形而減少壓縮變形量導致吸收能量之降低。

高雄港建港迄今已有五十年之久，港內有各種不同水深及功能之碼頭，亦隨水深不同提供各種不同型式與噸位之船舶靠泊。基於採購時採用功能性之設計，在規範中僅規定防舷材之高度、吸收能量及最大反力值，因此港內碼頭之防舷材種類呈現多樣化之情形。又因靠船頻率之不同，造成同一碼頭之防舷材亦呈現新舊雜陳及型式多樣之現象。茲將目前高雄港所使用之防舷材類型做一概略之區分統計（如圖 1），由其中可知其型式概分為 V、D、O 及 $\pi$ 型，另由圖 2 高雄港貨櫃碼頭防舷材統計圖中，可看出目前高雄港貨櫃碼頭以 $\pi$ （或 HP）型居多。

### 三、防舷材破壞之探討

防舷材之破壞需由防舷材本身

及使用二方面來考量，而防舷材本身則需檢討自然損壞及人為製作或安裝過程不當二者。對於防舷材的自然損壞，除了橡膠材料本身的彈性、硬度、抗拉強度、撕裂強度、耐候性、抗酸鹼鹽、硫化物、油、抗老化等之外，尚需考慮面版鋼構架及接觸面版的材質，包括強度、耐腐蝕性、摩擦力、抗老化等項。人為因素則有防舷材本體之設計、型式、螺栓、底板及製作之品質、安裝及維護之情形。對於使用則主要在於船舶靠泊之速度、角度、方式、維護及船舶噸位之情形等。

#### （一）材料性質

首先對於橡膠防舷材本身的材料性質，由行政院工程會訂定之施工綱要規範[2]中規定防舷材需做橡膠材質老化前後之硬度、抗拉強度、伸長率之檢驗，及橡膠材料本身的撕裂強度、耐磨量及壓縮永久變形等來探討：

1. 老化試驗：老化試驗中可知橡膠材料老化後硬度會增大，但伸長率及抗拉強度則降低，而硬度增大則橡膠之彈性係數（E）值亦隨之增大，會產生較大之反力，但抗拉強度、伸長率、撕裂強度、耐磨量、壓縮永久變形則仍降低，加上老化後摩擦係數之增大，將使摩擦力及剪力增大，導致防舷材本體之破壞。

| 防舷材型式       | 碼頭數目 |        |
|-------------|------|--------|
| D -type     | 28   | 25.9%  |
| V -type     | 59   | 54.6%  |
| $\pi$ -type | 20   | 18.5%  |
| O -type     | 1    | 0.9%   |
| 總計          | 108  | 100.0% |

註：部份碼頭同時採用兩種以上型式之防舷材。

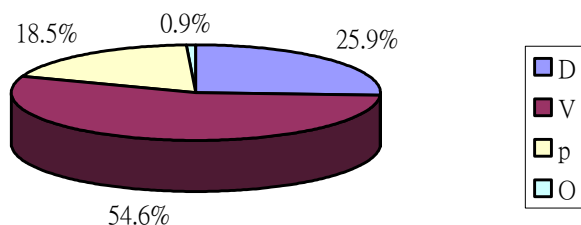


圖1.高雄港現有防舷材型式統計

| 防舷材型式       | 碼頭數目 |        |
|-------------|------|--------|
| D -type     | 4    | 12.1%  |
| V -type     | 11   | 33.3%  |
| $\pi$ -type | 17   | 51.5%  |
| O -type     | 1    | 3.0%   |
| 總計          | 33   | 100.0% |

註：部份碼頭同時採用兩種以上型式之防舷材。

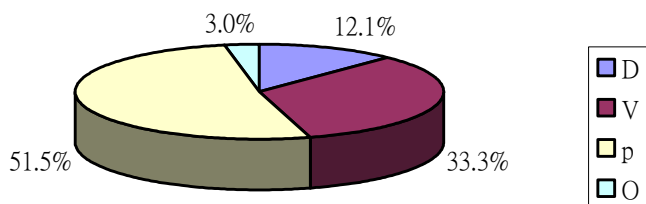


圖2.高雄港貨櫃中心防舷材型式統計

2.耐磨試驗：其係對橡膠表面因靠船時產生摩擦，其為防舷材耐久之條件之一。依據 Bridgestone 之設計手冊[1]顯示，鐵與橡膠之摩擦係數為 0.3，與人工合成物如尼龍 (Nylon)則為 0.2。

3.壓縮永久變形：壓縮永久變形將影響防舷材之吸收能量及反作用力，且減少防舷材受力後實際可提供之壓縮變形量，亦減少防舷材可吸收之能量，並

造成反力升高之情形。

另外造成防舷材損壞之原因在天然因素方面，橡膠主體及塑膠面版部分因受太陽光中紫外線照射、海水及浮油浸泡、本身自重及船舶反覆靠泊與波浪之作用所產生之疲勞、彎曲、體積膨脹或老化等現象，而造成裂縫或損壞。又若塑膠面版或橡膠材質有老化現象，其所能承受之張力及伸長率均降低，但因表面粗糙度增加而加大摩擦係數，導致摩擦

力及剪力之增大。

鍊條及面版鋼構架為鐵製並經過熱浸鍍鋅或環氧樹脂塗佈，但隨著使用年份增加，及不斷的反覆作用及碰撞下，鍍鋅或油漆面將磨損或掉落，使鋼鐵產生鏽蝕而導致強度降低或斷裂損毀之現象。

## (二)構造及型式部分

圓筒長條型、空氣式防舷材及其他封閉式或開放式的防舷材，除採用鍊條直接懸掛於碼頭外，其他防舷材通常需設有底板以供螺栓固定在碼頭上。依據工程會施工綱要規範[2]規定：「橡膠防舷材使用天然橡膠製成，其外表包以厚 3mm 之合成橡膠；防舷材底版為一整塊之結構，鑲入銅板，其寬度及長度略小於護舷材底部，銅板須整塊製成不可焊接，並留有適當數目之小孔，供橡膠包裹連成一體，並使其具有防水性，以避免銅板腐蝕」。因底板包含銅板故其強度（抗拉及抗撕裂）較強，但肢體與底板間橡膠斷面積因銅板之故而較小，如銅板與橡膠結合性不佳且結合力小於橡膠本身之撕裂強度，則該處將成為抗剪力弱面。

每一種防舷材均有其特性，其受力吸能及反力的行為均不相同。梯型、中空之半圓形及開放式之防舷材，因橡膠主體形狀、位置

及角度之關係，於較大變形時易生結構性挫曲，且易於橡膠主體局部點產生應力集中之現象(buckling point)（如圖 3）[1]，此點亦為容易裂損及破壞之處。此類防舷材其可變形之百分比比較小，其變形-反力曲線於彈性變形段之斜率較大，故其為較硬之防舷材。第二種係以樁之型式作為防舷材，其變形-反力曲線呈現直線狀態；第三種如空氣式防舷材(pneumatic fender)，其變形反力曲線類似向上開口之拋物線，其為較軟之防舷材。各種不同型式防舷材其反力及變位圖如圖 4 所示[4]。

對於防舷材型式性能而言，在同一高度下吸收能量與反力之比值 ( $E/R$  值) 越大則越佳，要得到較大之吸收能量則其壓縮值需越大，而壓縮變位通常與防舷材之型式有極大之關係，且一般在 45%~60% 之間。另一影響吸收能量者為橡膠本身之彈性係數，彈性係數越大吸收能量及反力均會放大。

目前所使用之小型防舷材型式以梯型、矩型、半圓形居多，其反力與變位關係曲線通常為先急速增加，到兩側肢體局部產生挫屈變形期間反力呈現緩慢下降，到肢體壓縮到橡膠碰到橡膠或螺栓後，此後之壓縮變成純為橡膠本身之壓縮變形，此時反力



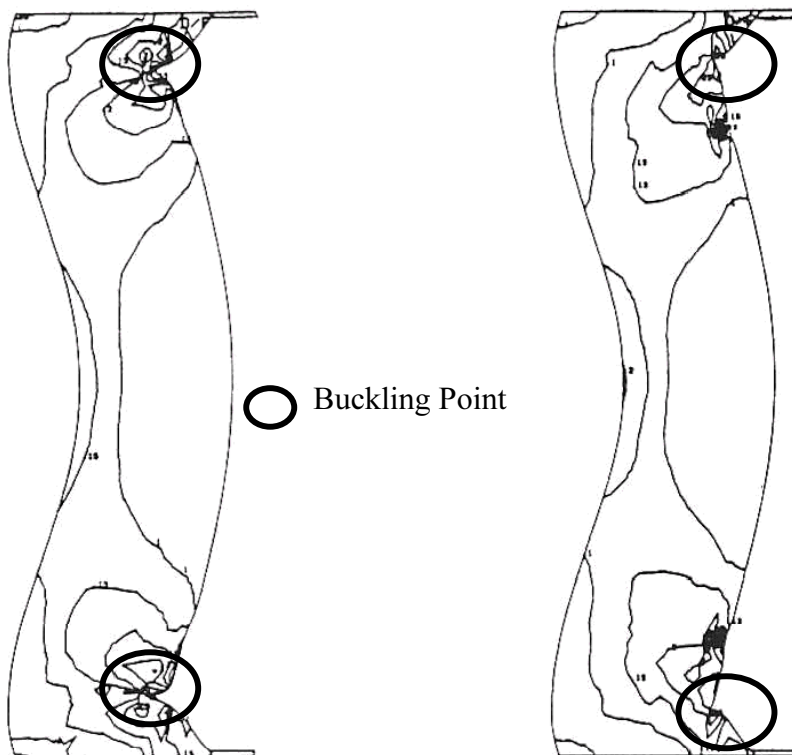


圖 3. Buckling Point

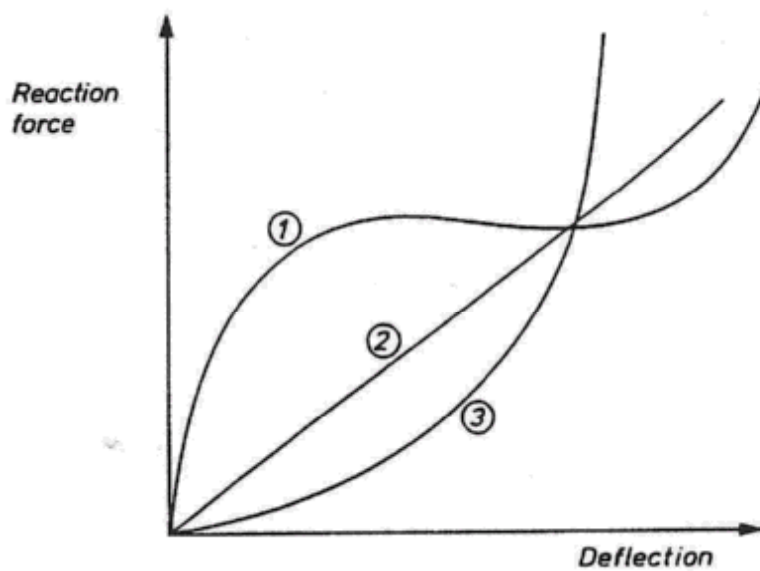


圖 4. 不同型式防舷材之反力-變位關係圖

呈現急速上升之趨勢。吸收能量曲線除開始處呈現曲線外，當防舷材壓縮產生變形時，該曲線呈現線性方式增加。如以  $E/R$  值與變位所繪製之曲線(如圖 5)可知，其為一拋物線；當  $E/R$  值達到最大時，該點為規範規定選用之防舷材其最大反作用力及最小吸收能量之點，此處之變位稱之 Rated deflection。故規範中規定「橡膠防舷材成品應依規格需求作物理性能試驗（含吸收能量及反作用力）進行最大反作用力及最小吸收能量等性能試驗。其中最大反力  $R$  及最小吸收能量  $E$ ，其值設訂於  $E/R$  之比值為最大時之變形點上」。

另依規範規定「... $\pi$  型及 H 型等非一體成形，非閉合式（及非 D 型、V 型或圓形）之防舷材，採購時其  $E$  值應除以設計值之 90%，以增加其抗剪能力」。此一規定主要非因其形狀之因素，而是因剪力之因素。當船舶靠泊時通常存在角度，造成防舷材非正常之正向壓縮，而是略有偏斜，其中心點之壓縮變位將因偏斜使壓縮量小於正向壓縮而使吸收能量減小所致。

### (三)使用方面

船舶靠泊時，通常有一角度，越大之船舶，設計時靠泊角度及速度越小。當船舶靠岸時之

運動結合了橫向及縱向運動及繞著重心之旋轉；因而船以定速靠泊時，有向碼頭方向之速度，及繞船舶重心旋轉之速度兩種。隨著防舷材之壓縮，船舶靠岸速度逐漸減為 0，此時是防舷材最大變位之點，但此時船之旋轉速度仍在並繼續進行。

船舶靠泊之速度，依據交通部港灣構造物設計基準-碼頭設計基準及說明中，並無規定船舶靠泊之速度值，其值需視船型、載貨量、海氣象條件、碼頭結構、靠泊位置及拖船之有無決定。一般靠船之速度依船舶大小而區分，小船允許較大的靠泊速度，通常在  $0.1\text{m/s}\sim 0.3\text{m/s}$  之間，10000～50000 噸之船舶靠泊速度在  $0.1\text{m/s}\sim 0.2\text{ m/s}$  之間，超過 50000 噸靠泊速度在  $0.1\text{m/s}\sim 0.15\text{m/s}$  之間。上述為設計值，但依據日本實際量測結果其速度均小於上述值，唯設計時需考量以最不利之情況進行設計。

船舶對防舷材之作用力包括有靠泊時瞬間之衝擊力，靠泊時平行碼頭方向移動時所產生之剪力，停泊作業時因風、海流、波浪（尤其是長浪）、潮汐之漲退、或裝卸作業所產生之擺動、其他船舶通過時波浪作用造成船舶之移動所引起之壓縮、扭曲等現象。作用力之大小與船舶之噸位

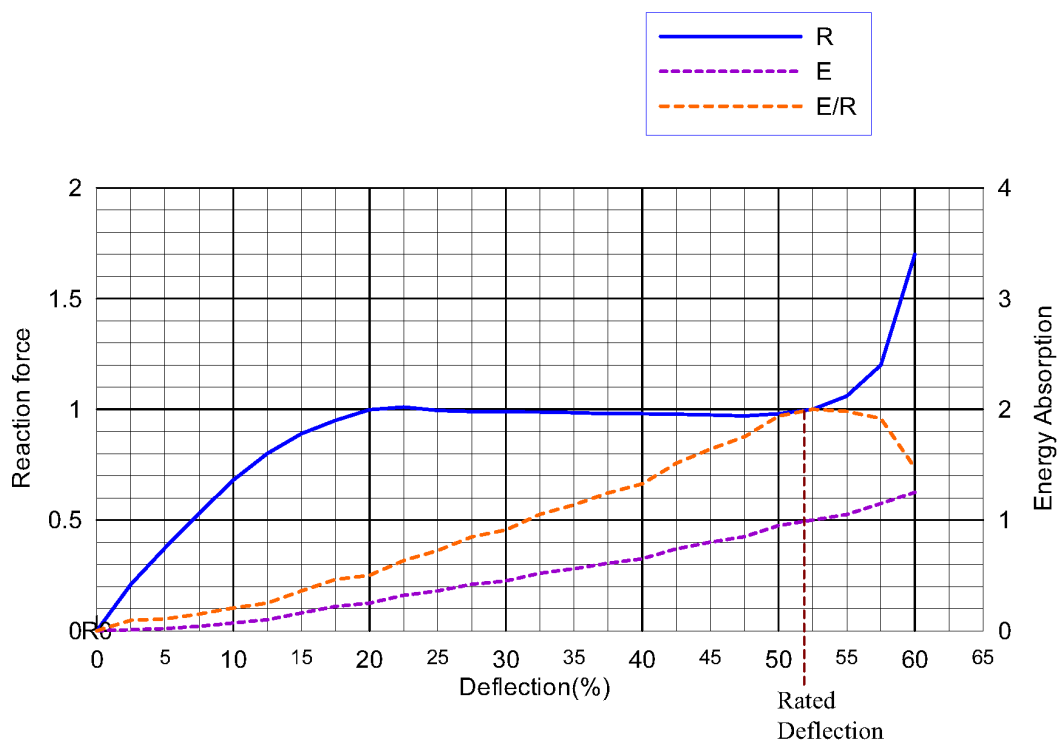


圖 5.  $\pi$  型防舷材之反力-變位關係圖

| 防舷材型式       | 換修數量 |        | 常見損壞情形           |
|-------------|------|--------|------------------|
| D -type     | 6    | 10.9%  | 裂損、逾使用年限         |
| V -type     | 33   | 60.0%  | 裂損、逾使用年限         |
| $\pi$ -type | 16   | 29.1%  | 左肢(或上肢)裂損、面版鋼架腐蝕 |
| 總計=         | 55   | 100.0% |                  |

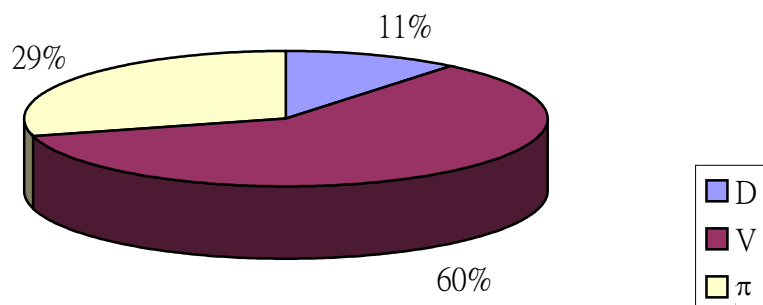


圖6.高雄港今年防舷材換修型式統計

、靠泊速度、角度、受風面積、水下面積、水流之速度、角度及波浪之波高、潮汐之高低等均有相當之關係。

#### (四)人為因素

除上述材質本身因天然之因素造成防舷材破壞之原因外，尚有下列人為因素所造成之因素：

- 1.防舷材本身設計不當：不良之型式造成壓縮時應力太集中，E/R 值太小，面版鋼構架鋼板厚度不足，焊道不足。
- 2.製作品質之缺陷：面版、橡膠與鋼板結合不良、鋼構架鋼板厚度及強度不足、橡膠老化或品質不良、型式之缺陷……。
- 3.安裝不當：未確實安裝，如螺栓未拴緊、螺栓漏拴、螺栓斷裂、安裝位置不正確造成殘餘應力，方向位置不恰當使自重或靠泊時造成應力集中破壞。
- 4.維護不佳：螺栓斷裂、減損、脫落未及時更換，造成應力行為及分佈與設計時不同，最大應力承受點改變，使自重或靠泊時造成應力集中破壞。
- 5.靠泊不當之撞損：其包括靠泊超過設計噸位之船舶、靠泊角度過大、靠泊速度過大、利用繫船柱拉船使船貼著防舷材移動、靠泊位置不正確，如直接衝擊防舷材側邊而成大剪力。
- 6.工程設計：

甲、未考量長度效應之折減值。當防舷材太長時，基於船舶與防舷材接觸點非屬全面密接之狀況，故並非全長均能呈現均一壓縮量，故吸收能量將較設計值減少，而使設計能量不足。

乙、設計時未考量船舶靠泊角度所需之折減。

丙、未考量老化後之折減數。

丁、未考量反力對防舷材及碼頭之影響。

7.防舷材本身設計或製作品質之缺陷所造成之破壞：

甲、面版、橡膠與鋼板結合不良。

乙、鋼構架鋼板厚度及強度不足。

丙、橡膠品質不良或不均勻，造成弱點。

丁、設計型式缺陷：該型式在船靠泊時產生甚大之集中作用力，造成型式上之弱點而撕裂。

戊、橡膠品質施做品管不良。

#### 四、防舷材破壞之模式及探討

本文藉由觀察及統計分析目前高雄港所採用的防舷材類型及今年以來的換修情形之統計結果（如圖6），並至現場瞭解防舷材破壞之情形、位置及模式，將該等防舷材損



壞的相關資料，彙整出防舷材的破壞現象、位置，並初步瞭解造成該等損壞之原因，並檢討在製造、設計或安裝過程中可改進之處。

依據觀測結果防舷材常見之破壞情形在橡膠部分有橡膠本體老化龜裂、橡膠剝落或挖起、底板與肢體交界處開裂、底板剪力裂縫、底板鋼板與橡膠脫離、肢體部分剪裂、整體剪斷、兩端剪力開裂、整體斷裂破壞、變形，在面版部分有鋼板腐蝕、塑膠面版脫落、老化龜裂、面版變形，螺栓部分有螺栓脫落、剪斷、鏽蝕等，鍊條部分有斷裂、扣環斷裂、拉拖等現象。依據目前觀測所得之資料將各型式破壞之位置及情形繪製如表 1 所示。

## 五、結論與建議

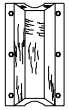
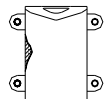
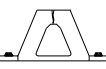
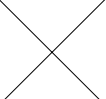
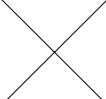
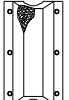
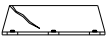
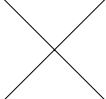
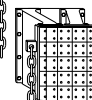
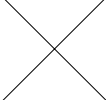
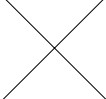
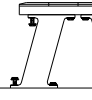
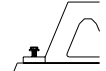
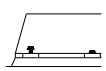
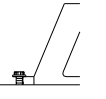
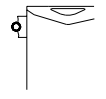
防舷材之損壞在小型防舷材方面，其損壞以屬自然老化後逐漸損壞及遭不當靠泊所造成之損壞居多；在防舷材本身之設計及工程設

計時選用錯誤者應屬罕見之現象；主要小型防舷材多屬封閉型，且剪力破壞之情形較少。但對於大型防舷材，由鍊條斷裂、肢體與底板之間脫落、肢體開裂等現象顯示，大型船舶造成之剪力效應是極不可忽視。因而對於未來大型防舷材之型式設計、使用者之選用，除對於吸收能量外，剪力效應應予以考量。

## 六、參考文獻

1. Bridgestone, "Marine Fender Design Manual"
2. 行政院公共工程委員會，"施工綱要規範"，第 02394 章碼頭附屬設施。
3. "Report of the International Commission for Improving the Design of Fender Systems", Bulletin No. 45 (1984) (PIANC).
4. Carl A. Thoresen, "Port Design - Guidelines and Recommendations", (ISBN 82-519-0839-6)

表1. 不同型式之防舷材破壞位置及類型：

| 防舷材型式<br>破壞位置            | p 型                                                                                 | 梯型                                                                                  | 半圓型                                                                                 | 破壞成因                                                                       |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 橡膠材料表面<br>老化裂損           |    |    |    | 1. 長期受紫外線照射、海水及油浸泡、表面化學物質附著等。<br>2. 反覆應力作用。                                |
| 橡膠材料與背<br>襯鋼板剝離          |    |    |    | 1. 橡膠與背襯鋼板銜接處承受相當大之反覆應力，易疲勞老化而剝離。<br>2. 鋼板與周圍包覆之橡膠接合不良。                    |
| 肢體基部開裂                   |    |    |    | 1. 靠泊應力過大。<br>2. 該處橡膠厚度不足。<br>3. 若橡膠表面已有老化現象，則更易開裂。                        |
| 梯型及半圓型<br>肢體前端裂損         |    |    |    | 前端常為受力時變形曲線之反曲點，於內側及外側分別產生極大之拉應力及壓應力，故易生裂縫。若橡膠已有老化現象，加上裂縫處應力集中，則開裂更迅速嚴重。   |
| 肢體懸垂變形                   |    |    |    | p 型或HP型等開放式的防舷材，其左右二肢體若改為上下豎向配置時，因防舷材本身之自重及船舶停泊時受潮汐及波浪上下作用下，其肢體易下垂而產生永久變形。 |
| 橡膠遭外力撞<br>擊剝落或挖起         |   |   |    | 與船體接觸之橡膠材料表面，因受靠船時之外力撞擊，或於撞擊時有堅硬物體位於防舷材表面與船體之間，造成橡膠材料剝落或挖起，影響橡膠材料整體厚度。     |
| 橡膠材料受力<br>過大剪力破壞         |  |  |  | 受過大或速度過快之外力撞擊，其肢體中段之橡膠材料所承受之剪力過大且速度過快，導致肢體本身剪力破壞，必須更換肢體或防舷材整座換新。           |
| 面板裂損或鋼<br>架腐蝕            |  |  |  | 因受海水浸泡及長時間承受反覆撞擊，易導致面板固定螺絲腐蝕脫落或面板受撞擊損壞掉落，面板鋼架亦因受海水浸泡，易產生腐蝕現象。              |
| 剪力鍊條斷裂                   |  |  |  | 鍊條受海水浸泡腐蝕或靠泊時產生之側向剪力過大，有時易導致鍊條斷裂。                                          |
| 鍊條固定環扣<br>斷裂             |  |  |  | 鍊條環扣與面板銜接處常因焊接強度不足，或與環扣焊接之鋼架鋼板太薄，當防舷材承受側向剪力需鍊條協助抵抗時，往往鍊條毫髮無傷而此連結之鋼架鋼板已遭拉斷。 |
| 固定基座或錨<br>錠螺栓周圍混<br>凝土損壞 |  |  |  | 靠泊時反力過大，或防舷材已達最大壓縮量而船舶速度仍未降至零時，致混凝土基座直接承受撞擊而產生裂縫。另錨錠螺栓周圍填充之混凝土強度不足時，亦易生裂縫。 |
| 基座或面板固<br>定螺栓鬆脫          |  |  |  | 固定螺栓若於防舷材製作或現場安裝時未予以拴緊，當防舷材承受反覆之靠泊應力時，螺栓易有鬆拖之現象，尤以不銹鋼製更易鬆拖，需立即予以拴緊或更換。     |
| 鋼板螺栓孔處<br>腐蝕斷裂           |  |  |  | 螺栓鬆拖時，固定鋼板之螺栓孔周圍與螺栓間即產生間隙，於靠泊時螺栓與螺栓孔之抗腐蝕保護層易遭撞擊磨損，螺栓與鋼板腐蝕加劇，導致螺栓或鋼板於此處斷裂。  |

附註：防舷材損壞照片



橡膠材料表面老化裂損



橡膠材料與背襯鋼板剝離



橡膠材料與背襯鋼板剝離



肢體基部開裂



肢體基部開裂



梯形及半圓形肢體前端裂損

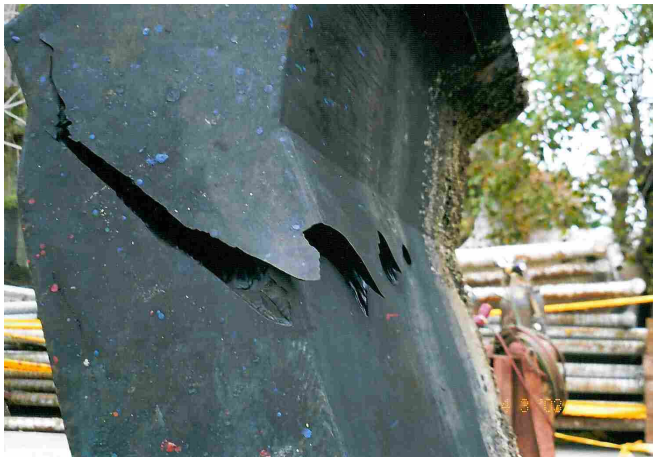




梯形及半圓形肢體前端裂損



肢體懸垂變形



橡膠材料受力過大剪力破壞



橡膠材料受力過大剪力破壞



橡膠材料受力過大剪力破壞



鍊條固定環扣斷裂





固定基座混凝土損壞



基座固定螺栓鬆拖



鋼板螺栓孔處斷裂

# 西南海岸結構物之海藻著生初步調查

張瑞欣 台灣漁業及海洋技術顧問社總經理  
林東廷 台灣漁業及海洋技術顧問社正工程師  
林綉美 國立海洋生物博物館助理研究員

## 摘要

因應世界發展潮流與國內整體環境變化，謀求工程建設與自然環境和諧共生乃時代發展趨勢，推行海岸生態工法已是必行之方向。海岸結構物附加藻場機能係以安全、實用為前題，兼具藻場機能，屬生態型海岸結構物之一，其規劃設計須以海岸環境構成要素之調查為基礎，包括生態、海象、氣象、地象之自然環境及社會環境等調查。故本文初步調查本省西南海岸結構物之海藻著生狀況，俾供國內未來發展生態型海岸結構物之參考。本調查分別於 91 年 4 月、7 月、10 月及 92 年 1 月等四個不同季節，觀察鹽水溪口至典寶溪口間主要防波堤、離岸堤、突堤、導流堤等 10 處海岸結構物之消波塊、拋石於潮間帶之海藻著生狀況，共計發現 2 門 14 屬 18 種海藻，包括綠藻門之石蓴、裂片石蓴、腸蕨苔、指枝藻、盾葉蕨藻、杉葉蕨藻、羽藻、硬毛藻、粗硬毛藻、芮氏松藻、網葉藻等 11 種，及紅藻門之亞洲蜈蚣藻、縱胞藻、

藍子藻、魚棲苔、刺邊龍鬚菜、鹿角沙菜、長枝沙菜等 7 種。

## 一、前言

人類各項開發行為固然改善生活環境、促進經濟發展及擴大活動空間，然而在長期累積擴展下，不免發生環境污染、衝擊及災害回噬等環境失序狀況，影響生存環境與威脅生命安全，而漸喚醒重新思考調整利用自然資源之心態與方式，建立尊重自然、愛好自然，進而親近自然。傳統工程建設「安全但僵硬、快速但違反生態原則、易維護但不易親近（林、邱，2001）」之缺點已不合時代趨勢，因應 21 世紀國際環境之世紀，未來各項開發建設必須積極謀求資源永續利用，並與自然環境相調和等均衡發展，將安全、生態、永續之概念付諸於工程建設中。

### (一)自然調和型海岸工程

傳統海岸工程多以防災機能為主要考量，對海岸環境之影響與自然生態之衝擊時有所聞，隨著環保意識之提高及地球環境問

題之愈益受重視，必須重新思考當前防護措施與長遠規劃方向，謀求海岸工程建設與自然環境和諧共生，自然與人類共存共榮。未來海岸工程應進一步考慮與自然環境相調和，融入具有復育、復建、改善及創造環境特性之生態工法（Ecological Engineering Methods），即「基於對生態系統之深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以生態為基礎、安全為導向的工程方法，以減少對自然環境造成傷害（行政院公共工程委員會，2002）」，以維護海岸自然環境之永續利用。

## (二)海岸生態工法

生態工法師法自然法則，藉由工程方法以維護或修復自然生態環境，維持生態環境之永續發展。生態工法所重建之近自然環境，具有提供親水遊憩空間、各類生物棲息環境、維護自然環境景觀等功能。

海岸工程建設除發揮原有計畫功能（如安全確保、利用等）外，並兼具復育、改善、創造自然生態環境之效果，如促進人工藻場繁殖（一般稱海中海藻或海草群落繁茂之場所為藻場，如圖1），提供附著性生物、洄游魚類、岩礁性魚類等生息繁殖場所等，此種有別於傳統海岸工法多就安

全性、實用性、經濟性、功能性等考量者，即為海岸生態工法之精神與意涵。

國內在海岸生態工法之應用尚處起步階段，參考國外相關具體作法如人工藻場、人工濕地、人工灘地、人工養灘、人工岬灣、人工沙丘、迂迴供砂、植栽（編籬）定砂、生態型海岸結構物等實例，可供國內借鏡與學習。

## (三)生態型海岸結構物

傳統海岸結構物多以防潮禦浪之功能為主，建設時往往造成藻場、漁場、濕地等海岸環境之破壞，對於自然環境與生態之影響較為忽視。為達到海岸環境之維護與永續利用，未來海岸結構物之規劃設計除防災功能與結構安全之考量外，應進一步融入生態理念，研擬合適之工程斷面，兼具復育、改善、創造生態環境之效果。

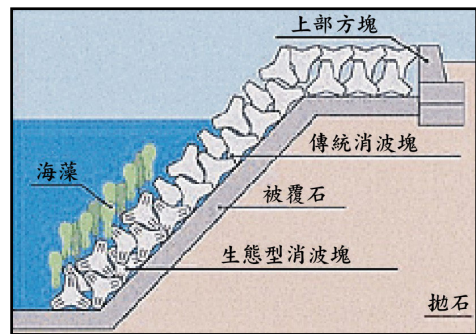
國內在生態型海岸結構物之實務經驗仍頗為欠缺，參考國外相關開發案例大致有下列具體作法：

### 1.生態型消波塊、方塊之應用

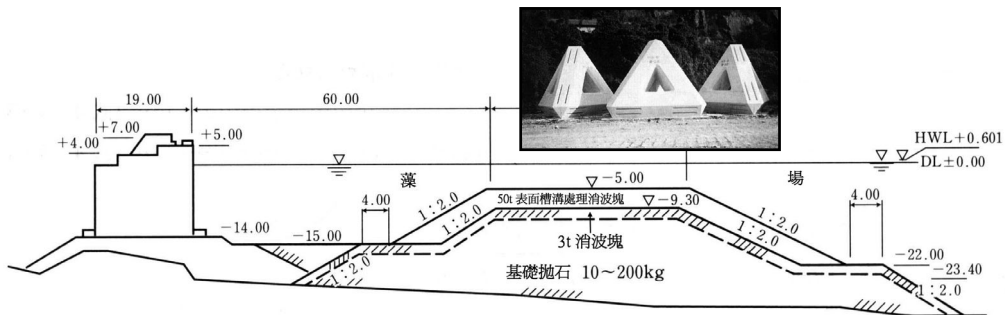
海岸結構物為維護結構安定、減少越波及防止基礎沖刷等，常使用消波塊、方塊等混凝土型塊，而傳統型塊之設計主要以發揮抗浪、抗流作用，達到保護結構物之功能。採用



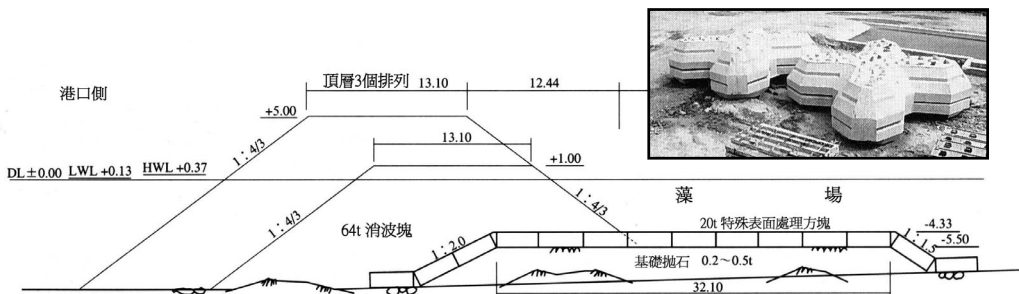
圖1 海洋中之藻場 (<http://www.pref.mie.jp/>)



(A)大阪關西國際機場護岸 (<http://www.cdit.or.jp/>)



(B)島根縣濱田漁港防波堤 (社團法人全國漁港協會, 1997)



(C)新潟縣高千漁港防波堤 (社團法人全國漁港協會, 1997)

圖2 應用生態型消波塊、方塊之海岸結構物



生態型海岸結構物之設計，則可附帶考慮消波塊、方塊之生態機能，為形成安定之藻場與生息環境，於消波塊根部或方塊表面設置槽溝（如圖 2），以提高海藻草類與生物之附著能力。

生態型消波塊、方塊（在日本稱為環境共生型消波塊、方塊）係改良既有型塊，設計上須考慮必要之重量與容易施工等原則，設置凹凸狀表面以改善即使在惡劣之海象狀況仍能確保海藻草類著生與生物附著之機能。型塊上所附加槽溝之寬度、深度及角度等，須視對象海藻草類之根部大小與對象生物之種類以決定形狀。而以海藻草類著生為主之生態型消波塊、方塊之槽溝位置，主要考慮設置於型塊受光面。

## 2. 生態礁之應用

海岸工程斷面結合生態礁之設計，如藻礁、魚礁、產卵礁（如圖 3）等，以提供海藻草類與生物之著生、棲息及繁殖場所，為生態型海岸結構物之一。

## 3. 工程斷面改善

改善傳統海岸結構物設計，以適於海藻草類之著生成長，兼具藻場生態機能，亦為生態型海岸結構物之一。改善

現地環境不利藻場形成之限制要因，一般所採用之改善工法如下（水產廳漁港部，1999；張等，2002）：

### (1) 基質之投入

於原有海岸工程斷面投入適合海藻草類著生之基質（如石塊、混凝土型塊等）至生育水深帶，構成藻場生長之基盤，如圖 4(A)。

### (2) 緩坡度消波工

對於附加消波工之海岸結構物，可藉由緩和消波工之坡度，以達海藻草類適合之生育水深，如圖 4(B)。

### (3) 緩坡度傾斜堤

改善直立堤或混成堤部份為傾斜堤，並緩和傾斜堤坡度至海藻草類生育水深，如圖 4(C)。

## 二、調查動機

近年來隨著自然環境受到人為之破壞變遷，已逐漸威脅到生態資源與平衡，啟發保護自然環境，合理利用自然資源之共識，促進各項開發建設漸趨結合生態工程理念，採用生態工法之設計手法，以減低對環境之衝擊，並具有創造生態環境之效益。因此海岸工程建設亦亟思突破傳統設計方法，兼具生態機能之海岸生態工法遂漸被開發應用，例如海中綠化、海洋構造物綠化等技術已漸趨成熟，不乏人工海

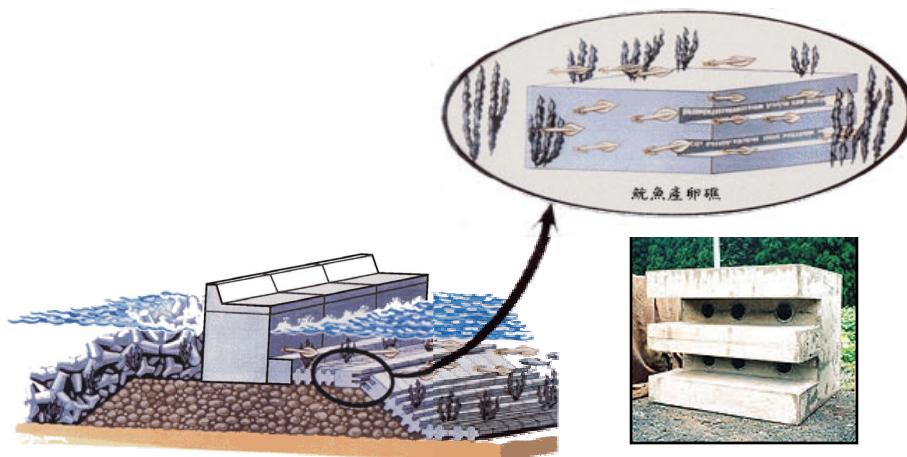


圖3 應用生態礁之海岸結構物 - 北海道福島漁港防波堤 (<http://www.hkd.mlit.go.jp/>)

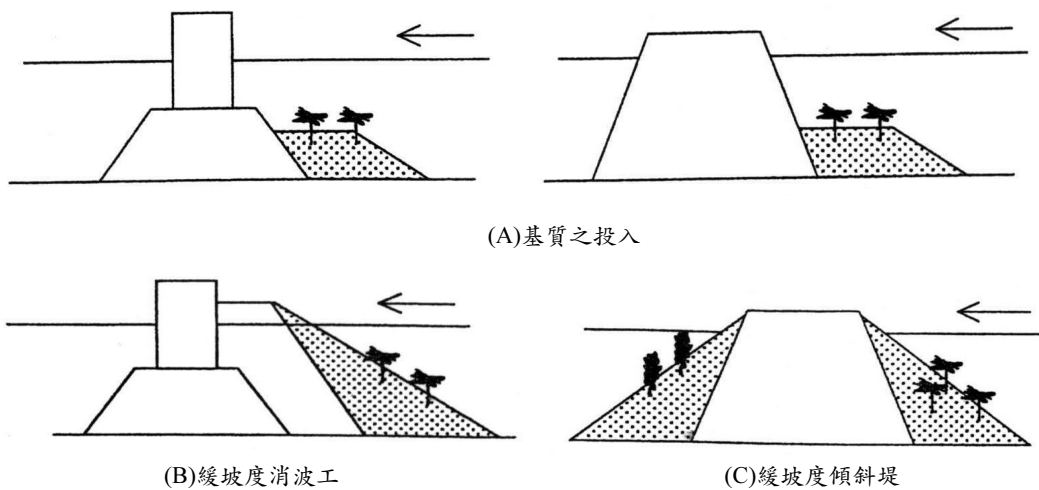


圖4 改善工程斷面之海岸結構物 (水產廳漁港部, 1999)



圖5 關西國際機場周邊之人工海中林 (<http://www.kyuei.co.jp/>)



圖6 長崎縣鰐浦漁港之綠色防波堤 (<http://www1.pref.nagasaki.jp/>)

中林(如圖 5)、綠色海岸結構物(如圖 6)等成功開發案例。

謀求工程建設與自然環境和諧共生已是時代趨勢，未來海岸結構物附加藻場機能，形成所謂綠色海岸結構物將成為海岸工程重要之一環。由於大型海藻草類行底棲性固著生活方式，因此附加藻場機能海岸結構物之建設，即藉由形成岩礁性環境，促進人工藻場之繁殖，進而豐富海岸生態系。而人工藻場之形成宜附近存在天然藻場，成為藻類孢子等供給場所，降低人工栽植之費事與成敗，惟無論利用自然著生或人工培育方法，均需瞭解對象海藻草類之生長環境與特性，俾利設計適合著生之安定基質與設置條件。

台灣南部、北部、東部及各離島海岸多岩礁地形，為天然海藻生長較豐富之地區，而西部多屬沙質海岸，天然海藻相對較少。因此對西部海岸而言，附加藻場機能海岸結構物之開發更具生態意義，惟海岸結構物附加藻場機能之規劃設計須以海岸環境構成要素之調查為基礎，包括生態、海象、氣象、地象之自然環境及社會環境等調查。故本調查以本省西南海岸結構物為對象，初步觀察其自然著生之海藻狀況，瞭解本海域之海藻生態，俾供未來綠色海岸結構物規劃設計之參考。

### 三、調查地點

所進行西南海岸結構物之海藻著生調查地點，北自台南市鹽水溪口，南迄高雄縣典寶溪口，沿岸約 33 公里之主要防波堤、離岸堤、突堤、導流堤等下列 10 處海岸結構物(如圖 7)。

- 1.鹽水溪口導流堤
- 2.安平漁港防波堤
- 3.茄萣離岸堤
- 4.興達漁港防波堤
- 5.永新突堤
- 6.永新漁港防波堤
- 7.彌陀離岸堤
- 8.彌陀漁港防波堤
- 9.蚵子寮漁港防波堤
- 10.蚵子寮突堤

### 四、調查海域自然環境概況

自然環境為構成海藻生長之條件，有關本省西南海岸之環境特性概述如下：

#### (一)潮汐

本區海岸潮汐屬半日潮型態，每日有二次海水漲落變動，以中潮系統而言，平均潮位約 +0.2m，平均高低潮位介於 +0.5 ~ -0.1m 左右，平均潮差約 60 公分內，並不算大。

#### (二)波浪

本區夏季期間西南風盛行，海上波浪以風浪為主，示性波高大多在 1.5 公尺以下，週期以 4~



圖 7 西南海岸海藻著生調查之對象結構物



8 秒為主。台灣海峽冬季盛吹東北季風，海岸風速因地形在新浮崙汕以南呈喇叭狀，風力因分散而減弱，波浪多呈湧浪性質；本區在天然地形屏障下，冬季示性波高大多在 1.0 公尺以下，週期以 3～6 秒為主。

### (三)海流

本區近岸海域於漲潮時段之潮流方向多為 NW 向，退潮時段多為 SE 向，大致與海岸線平行，潮流受陸地邊界之影響較大，流速約 0.1～0.6m/s。

### (四)海域水質

依國內海域環境分類（環保署，2001），本省西南沿海屬乙類海域，主要水質項目之標準值如酸鹼度為 7.5～8.5，溶氧量為 5.0mg/L 以上，生化需氧量為 3.0mg/L 以下。根據相關現場調查結果顯示（如表 1），本區各季海域水質大致上均符合乙類海域水質標準。

### (五)海岸地形與底質

本省西南海岸自鹽水溪口以南迄典寶溪口止，海岸線大致平直呈西北－東南走向，海岸底質屬沙岸，缺乏礫石、岩石、礁石、海蝕平台等豐富地形景觀與不同之生態環境。

## 五、調查方法

本調查係利用退潮時觀察海岸結構物之消波塊、拋石於潮間帶之

海藻著生情形，記錄附著之基質，並採集樣本鑑別種類及量測，以初步瞭解調查海域著生於海岸結構物潮間帶之海藻分佈與生長狀況。

## 六、調查結果

海洋中藻類之分布極廣，係具有簡單生殖構造之隱花植物/原生生物，一般分為十大門。就藻類生活環境之特點及與環境之相互關係而言，可分為浮游性藻類與底棲性藻類，一般浮游性藻類之體型較小，以單一或群體細胞存在，而底棲性藻類之體型變異較大，由單細胞藻至大型海藻均有。通常稱大型海洋藻類為海藻，除能生產有機質與氧氣外，可供海洋生物之棲地與蔽護場所，對漁業資源之保育有很大貢獻，並可作為食用、飼料、肥料及工業上用途等。海藻共可分為綠藻、褐藻及紅藻等三大門，在水深垂直分佈上，潮間帶上部多為綠藻類，潮間帶中部以褐藻類居多，而低潮線附近及深海部份則多為紅藻類。除了地形、生長基質及光線之外，在海洋中，水溫的變化、潮汐、海浪波動、風、洋流、營養鹽、污染物、動物的掘食及活動、藻類間的相互競爭等，都是影響海藻生長與分佈的因子（黃，2000）。

海岸結構物所設置之混凝土消波塊、方塊或拋石等形成人工岩礁性環境，提供海藻著生基質與生物棲息場所，常為沙質海岸中生態群

表 1 西南海域近岸水質概況

| 季別   | 水質項目        | 鹽水溪口海域         | 安平海域           | 茄苳海域            | 興達海域            | 永安海域            |
|------|-------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 第一季  | 溫度(°C)      | 22.0–22.5      | 22.7–23.0      | 24.0–24.5       | 23.8–24.5       | 23.4–24.5       |
|      | 鹽度(‰)       | 32.8–33.0      | 32.9           | 33.18–33.43     | 33.30–33.37     | 32.49–33.27     |
|      | 酸鹼度         | 8.15–8.21      | 8.23–8.24      | 7.72–7.76       | 7.80–7.84       | 7.79–7.87       |
|      | 溶氧量(mg/L)   | 6.8–7.1        | 6.3–6.5        | 5.80            | 5.60            | 5.40–5.60       |
|      | 生化需氧量(mg/L) | 1.58–1.89      | <1.0–1.59      | 1.30–2.30       | 1.60–2.00       | 0.54–2.00       |
|      | 懸浮固體(mg/L)  | –              | –              | 32.0–37.0       | 30.0            | 13.0–22.0       |
|      | 矽酸鹽(mg/L)   | –              | –              | <0.048–0.066    | <0.048          | <0.048          |
|      | 磷酸鹽(mg/L)   | –              | –              | 0.087–0.100     | 0.053–0.057     | 0.043–0.057     |
|      | 硝酸鹽氮(mg/L)  | –              | –              | <0.014          | <0.014          | <0.014          |
| 第二季  | 溫度(°C)      | 26.0–26.3      | 25.9–26.2      | 26.5–26.8       | 30.0–30.3       | 25.9–26.1       |
|      | 鹽度(‰)       | 34.2–34.3      | 34.2           | 33.50           | 33.50           | 33.50–33.70     |
|      | 酸鹼度         | 8.00–8.17      | 8.07–8.09      | 8.26            | 8.23–8.25       | 8.24–8.25       |
|      | 溶氧量(mg/L)   | 7.0–7.4        | 6.9–7.5        | 6.90–7.20       | 5.20–6.50       | 5.30–5.40       |
|      | 生化需氧量(mg/L) | 1.00–1.02      | <1.0           | 1.30–1.70       | 1.20–2.10       | <0.2–0.2        |
|      | 懸浮固體(mg/L)  | –              | –              | 13.0–20.0       | 11.0–24.0       | 11.0–12.0       |
|      | 矽酸鹽(mg/L)   | –              | –              | 0.040–0.080     | 0.060–0.080     | 0.110–0.130     |
|      | 磷酸鹽(mg/L)   | –              | –              | <0.007          | <0.007–0.010    | <0.007          |
|      | 硝酸鹽氮(mg/L)  | –              | –              | 0.550–0.560     | 0.580           | 0.540–0.580     |
| 第三季  | 溫度(°C)      | 27.6–27.9      | 28.3–28.5      | 30.3–30.4       | 30.3–30.5       | 29.6–29.7       |
|      | 鹽度(‰)       | 33.3–33.4      | 34.1–34.2      | 33.60–33.70     | 33.40–33.80     | 33.40–33.60     |
|      | 酸鹼度         | 8.08–8.15      | 8.15–8.17      | 8.21–8.22       | 8.19–8.20       | 8.23–8.24       |
|      | 溶氧量(mg/L)   | 6.5–6.9        | 5.4–6.6        | 6.40–6.60       | 7.20–7.30       | 5.90–6.20       |
|      | 生化需氧量(mg/L) | <1.0–1.15      | <1.0           | 0.20–0.40       | 0.40–0.50       | 0.30–0.40       |
|      | 懸浮固體(mg/L)  | –              | –              | 30.0–35.0       | 33.0–42.0       | 20.0–25.0       |
|      | 矽酸鹽(mg/L)   | –              | –              | <0.02–0.040     | <0.02–0.050     | <0.02–0.020     |
|      | 磷酸鹽(mg/L)   | –              | –              | <0.007–0.030    | <0.007          | <0.007          |
|      | 硝酸鹽氮(mg/L)  | –              | –              | 0.540–0.560     | 0.550–0.590     | 0.560           |
| 第四季  | 溫度(°C)      | 24.9–26.1      | 24.3–25.0      | 28.2–29.3       | 28.0–29.7       | 27.0            |
|      | 鹽度(‰)       | 33.4–33.5      | 33.3–33.4      | 35.80–36.10     | 34.90–35.20     | 35.10–36.90     |
|      | 酸鹼度         | 8.35–8.38      | 8.30–8.39      | 8.10–8.40       | 8.20–8.30       | 8.30–8.50       |
|      | 溶氧量(mg/L)   | –              | –              | 6.50–6.80       | 5.80–6.30       | 5.50–6.40       |
|      | 生化需氧量(mg/L) | <1.0           | 1.77–1.92      | <0.2–0.30       | 0.20–0.30       | 0.30–0.40       |
|      | 懸浮固體(mg/L)  | –              | –              | 17.0–22.5       | 18.0–33.0       | 30.0–34.5       |
|      | 矽酸鹽(mg/L)   | –              | –              | 0.260–0.280     | 0.250–0.270     | 0.280–0.360     |
|      | 磷酸鹽(mg/L)   | –              | –              | 0.010–0.015     | 0.010–0.013     | 0.015–0.023     |
|      | 硝酸鹽氮(mg/L)  | –              | –              | 0.430–0.440     | 0.410–0.450     | 0.420–0.450     |
| 資料來源 |             | 參考文獻 4<br>測點 1 | 參考文獻 4<br>測點 2 | 參考文獻 5<br>測點 10 | 參考文獻 5<br>測點 26 | 參考文獻 5<br>測點 20 |

聚資源較豐富之區域。為瞭解本省西南海岸結構物之海藻自然著生情形，分別於民國 91 年 4 月、7 月、10 月及 92 年 1 月等四個不同季節觀察前述 10 處海岸結構物，茲將調查結果（如表 2、圖 8）分述如下。

### (一)海藻組成

本調查計觀察到 2 門 14 屬 18 種海藻著生於西南海岸結構物之消波塊、拋石上，包括綠藻門之石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、指枝藻、盾葉蕨藻、杉葉蕨藻、羽藻、硬毛藻、粗硬毛藻、芮氏松藻、網葉藻等 11 種，及紅藻門之亞洲蜈蚣藻、縱胞藻、藍子藻、魚棲苔、刺邊龍鬚菜、鹿角沙菜、長枝沙菜等 7 種。

### (二)季節分佈

在四個調查季節中，以 92 年 1 月所發現之海藻物種數較為豐富（如圖 9），其中石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、亞洲蜈蚣藻等於各季皆有發現。

#### 1. 91 年 4 月

本季觀察到石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、指枝藻、盾葉蕨藻等 5 種綠藻及亞洲蜈蚣藻 1 種紅藻。

#### 2. 91 年 7 月

本季觀察到石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、指枝藻等 4 種綠藻及亞洲蜈蚣藻 1 種紅藻。

#### 3. 91 年 10 月

本季觀察到石蓴、裂片石

蓴、腸澣苔、盾葉蕨藻、杉葉蕨藻、羽藻、硬毛藻、粗硬毛藻等 8 種綠藻，及亞洲蜈蚣藻、縱胞藻、魚棲苔等 3 種紅藻。

#### 4. 92 年 1 月

本季觀察到石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、盾葉蕨藻、杉葉蕨藻、羽藻、硬毛藻、粗硬毛藻、芮氏松藻、網葉藻等 10 種綠藻，及亞洲蜈蚣藻、縱胞藻、藍子藻、魚棲苔、刺邊龍鬚菜、鹿角沙菜、長枝沙菜等 7 種紅藻。

### (三)空間分佈

於 10 處海岸結構物所發現之海藻物種中，石蓴、腸澣苔出現於所有調查地點，可作為西南海岸結構物海藻群聚之主要代表。在物種數方面，以茄荳離岸堤發現 15 種海藻最高，其次為興達漁港防波堤、永新突堤、彌陀離岸堤、蚵子寮漁港防波堤等分別發現 7 種。

#### 1. 鹽水溪口導流堤

四個季節共發現石蓴、裂片石蓴、腸澣苔等 3 種綠藻，其中以 4 月之裂片石蓴生長最為繁茂，長約 30 公分、寬約 1 公分。

#### 2. 安平漁港防波堤

調查期間共觀察到石蓴、裂片石蓴、腸澣苔等 3 種綠藻，其中以 4 月時石蓴、裂片石蓴之著生最為茂盛，將防波堤點

表 2 西南海岸結構物之海藻著生初步調查結果

| 海藻名錄<br>(學名及中文名)                                  | 91 年 4 月 |         |       |         |      |         |       |         |          |       | 91 年 7 月 |  |    |    |   |  |  |  |  |  | 91 年 10 月 |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------------------|----------|---------|-------|---------|------|---------|-------|---------|----------|-------|----------|--|----|----|---|--|--|--|--|--|-----------|--|--|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                                   | 鹽水溪口導流堤  | 安平漁港防波堤 | 茄萣離岸堤 | 興達漁港防波堤 | 永新突堤 | 永新漁港防波堤 | 彌陀離岸堤 | 彌陀漁港防波堤 | 蚵子寮漁港防波堤 | 蚵子寮突堤 |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <b>Chlorophyta 綠藻植物門</b>                          |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Ulva lactuca</i> 石莖                            |          | ++      |       |         | +++  |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Ulva fasciata</i> 裂片石莖                         | +++      | +++     | △     |         | +++  | +       | ++    | +++     |          | ++    |          |  | ++ | ++ |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     | ++  | +++ |
| <i>Enteromorpha intestinalis</i> 腸蕪苔              |          | ++      | +     | +       | ++   |         |       | ++      | ++       |       |          |  | ++ | ++ |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     | +   | ++  |
| <i>Valoniopsis pachynema</i> 指枝藻                  |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    | +  | △ |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     | +++ | +++ |     |
| <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>peltata</i> 盾葉蕨藻 |          |         | △     |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     | +++ | +++ |     |     |
| <i>Caulerpa taxifolia</i> 杉葉蕨藻                    |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  | +++ | +++ |     |     |     |
| <i>Bryopsis plumosa</i> 羽藻                        |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  | +   | +   |     |     |     |
| <i>Chaetomorpha antennina</i> 硬毛藻                 |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     | ++  | +++ |
| <i>Chaetomorpha crassa</i> 粗硬毛藻                   |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Codium reediae</i> 芮氏松藻                        |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Sirivea</i> sp. 網葉藻                            |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <b>Rhodophyta 紅藻植物門</b>                           |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Grateloupia asiatica</i> 亞洲蛭蚣藻                 |          |         | △     |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Centroceras clavulatum</i> 綫胞藻                 |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Spyridia filamentosa</i> 藍子藻                   |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Acanthophora spicifera</i> 魚棲苔                 |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Gracilaria spinulosa</i> 刺邊龍鬚菜                 |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Hypnea cervicornis</i> 鹿角沙菜                    |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |
| <i>Hypnea charoides</i> 長枝沙菜                      |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |          |  |    |    |   |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |     |     |     |     |     |

(符號說明) 1. +: 較少, ++: 普通, +++: 較多; 2. △: 發現於附近沙灘。



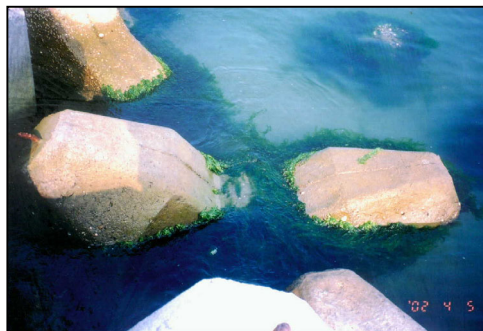
表 2 (續) 西南海岸結構物之海藻著生初步調查結果

| 海藻名錄<br>(學名及中文名)                                 | 92 年 1 月 |         |       |         |      |         |       |         |          |       | 合 計  |         |       |         |          |
|--------------------------------------------------|----------|---------|-------|---------|------|---------|-------|---------|----------|-------|------|---------|-------|---------|----------|
|                                                  | 鹽水溪口導流堤  | 安平漁港防波堤 | 茄荳離岸堤 | 興達漁港防波堤 | 永新突堤 | 永新漁港防波堤 | 彌陀離岸堤 | 彌陀漁港防波堤 | 蚵子寮漁港防波堤 | 蚵子寮突堤 | 永新突堤 | 永新漁港防波堤 | 彌陀離岸堤 | 彌陀漁港防波堤 | 蚵子寮漁港防波堤 |
| <b>Chlorophyta 綠藻植物門</b>                         |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |      |         |       |         |          |
| <i>Ulva lactuca</i> 石莖                           | +++      |         |       |         |      | △       | ++    | +       |          | +++   |      |         |       | ○       | ○        |
| <i>Ulva fasciata</i> 裂片石莖                        |          |         | +     |         |      |         |       | +       | +        | ++    |      |         |       | ○       | ○        |
| <i>Enteromorpha intestinalis</i> 腸澀苔             |          | +       |       | +       | +    |         | +     |         |          | +     |      |         |       | ○       | ○        |
| <i>Valoniopsis pachynema</i> 指枝藻                 |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |      |         |       | ○       | △        |
| <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>peltata</i> 盾葉藻 |          |         | +++   | +++     |      |         |       |         |          |       |      | ○       |       |         |          |
| <i>Caulerpa taxifolia</i> 杉葉藻                    |          |         | +     | +       | ++   |         |       |         |          |       | ○    |         |       |         |          |
| <i>Bryopsis plumosa</i> 羽藻                       |          |         |       |         | ++   | +       | ++    |         | +        | ++    | ○    |         | ○     |         | ○        |
| <i>Chaetomorpha antennina</i> 硬毛藻                |          |         |       |         |      |         | +++   | ++      | +++      | ++    |      |         | ○     | ○       | ○        |
| <i>Chaetomorpha crassa</i> 粗硬毛藻                  |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |      |         |       |         |          |
| <i>Codium reediae</i> 芮氏松藻                       |          |         | +     | +       |      |         |       |         |          |       | ○    |         | ○     |         |          |
| <i>Struvea</i> sp. 網葉藻                           |          |         | +     | +       |      |         |       |         |          |       | ○    |         | ○     |         |          |
| <b>Rhodophyta 紅藻植物門</b>                          |          |         |       |         |      |         |       |         |          |       |      |         |       |         |          |
| <i>Grateloupia asiatica</i> 亞洲蜈蚣藻                |          |         | +++   | +++     |      | +       | +++   |         |          | ++    |      |         |       |         | ○        |
| <i>Centroceras clavulatum</i> 縱胞藻                |          |         | +++   | ++      |      | ++      | ++    |         |          |       | ○    | ○       | ○     |         |          |
| <i>Spyridia filamentosa</i> 藍子藻                  |          |         |       |         | +++  |         |       |         |          |       | ○    |         |       |         |          |
| <i>Acanthophora spicifera</i> 魚棲苔                |          |         | +     |         |      |         |       |         |          |       |      |         |       | ○       |          |
| <i>Gracilaria spinulosa</i> 刺邊龍鬚菜                |          |         | +     |         |      |         |       |         |          |       |      |         |       | ○       |          |
| <i>Hypnea cervicornis</i> 鹿角沙菜                   |          |         | +++   | +++     |      |         |       |         |          |       |      |         |       | ○       |          |
| <i>Hypnea charoides</i> 長枝沙菜                     |          |         |       | +++     | +++  |         |       |         |          |       |      |         |       |         | ○        |

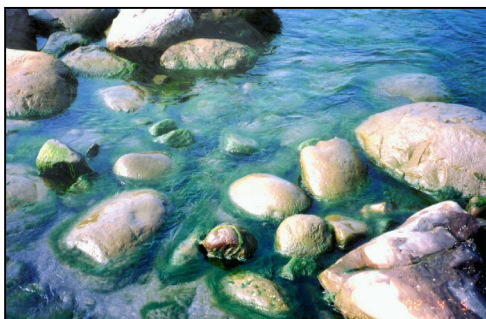
(符號說明) 1. +: 較少, ++: 普通, +++: 較多; 2. △: 發現於附近沙灘; 3. ○: 四季中曾發現者。



(A)石蓴 - 鹽水溪口導流堤91年7月



(B)裂片石蓴 - 安平漁港防波堤91年4月



(C)腸游苔 - 安平漁港石料堆置場91年4月



(D)芮氏松藻 - 茄苳離岸堤92年1月



(E)盾葉蕨藻 - 茄苳離岸堤91年10月



(F)杉葉蕨藻 - 茄苳離岸堤91年10月



(G)硬毛藻 - 蚵子寮突堤92年1月



(H)粗硬毛藻 - 茄苳離岸堤91年10月

圖 8 西南海岸結構物之海藻著生情形

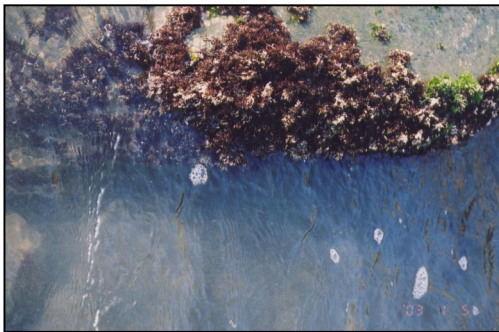




(I)亞洲蜈蚣藻 - 茄苳離岸堤91年10月



(J)縱胞藻 - 茄苳離岸堤91年10月



(K)匍匐石花菜 - 彌陀離岸堤92年1月



(L)藍子藻 - 永新突堤92年1月



(M)安平漁港南防波堤91年4月之海藻著生



(N)蚵子寮突堤92年1月之海藻著生

圖 8(續) 西南海岸結構物之海藻著生情形

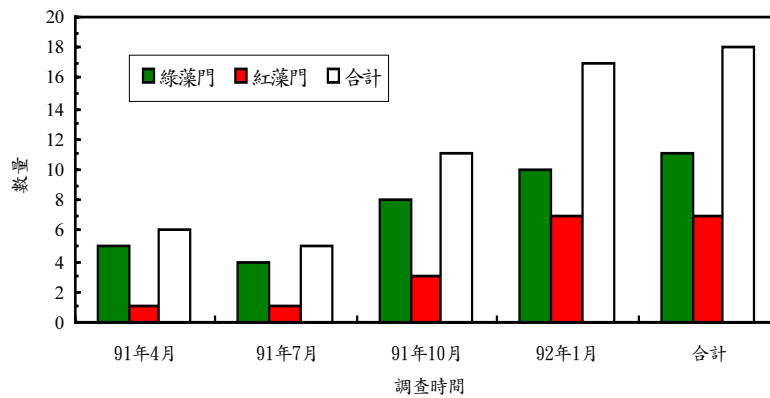


圖 9 西南海岸結構物著生海藻物種數之季節分佈

綴成宛如綠色結構物。至 10 月、1 月消波塊表面大多為貝類所附著，海藻著生情形急遽減少。

### 3.茄苳離岸堤

調查期間共發現石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、指枝藻、盾葉蕨藻、杉葉蕨藻、羽藻、粗硬毛藻、芮氏松藻、網葉藻等 10 種綠藻，及亞洲蜈蚣藻、縱胞藻、魚棲苔、刺邊龍鬚菜、鹿角沙菜等 5 種紅藻，為出現海藻物種數最多之地點，又以 1 月較豐富。其中指枝藻係發現於附近沙灘，據推測應是受浪流作用脫落後被沖至岸上，由於著生數量不多，而未能進一步於消波塊、石塊上明顯被發現。

### 4.興達漁港防波堤

調查期間共觀察到石蓴、腸澣苔、盾葉蕨藻等 3 種綠藻，及亞洲蜈蚣藻、縱胞藻、鹿角沙菜、長枝沙菜等 4 種紅藻，以 1 月物種數較多，其他各季海藻著生狀況較為貧瘠。

### 5.永新突堤

調查期間共發現石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、杉葉蕨藻、羽藻等 5 種綠藻，及亞洲蜈蚣藻、藍子藻等 2 種紅藻，其中以 4 月之石蓴、裂片石蓴生長最為碩大，1 月之藍子藻最為繁茂。

### 6.永新漁港防波堤

調查期間共觀察到石蓴

(發現於附近沙灘)、裂片石蓴、腸澣苔、羽藻等 4 種綠藻，及亞洲蜈蚣藻、縱胞藻等 2 種紅藻，各季海藻著生狀況較為貧瘠。

### 7.彌陀離岸堤

調查期間共發現石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、羽藻、硬毛藻等 5 種綠藻，及亞洲蜈蚣藻、縱胞藻等 2 種紅藻，其中以 1 月之海藻物種相較豐富。

### 8.彌陀漁港防波堤

調查期間共觀察到石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、指枝藻、硬毛藻等 5 種綠藻，以 4 月之裂片石蓴生長最為繁茂。

### 9.蚵子寮漁港防波堤

調查期間共發現石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、指枝藻(發現於附近沙灘)、羽藻、硬毛藻等 6 種綠藻及亞洲蜈蚣藻 1 種紅藻，其中以 4 月之裂片石蓴(長約 35 公分、寬約 3 公分)及 10 月、1 月之硬毛藻等著生最為繁茂，而 10 月之海藻物種相較豐富。

### 10.蚵子寮突堤

調查期間共觀察到石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、羽藻、硬毛藻等 5 種綠藻，及亞洲蜈蚣藻 1 種紅藻，亦以 4 月之裂片石蓴著生最為繁茂，1 月之海藻物種相較豐富。

## (四)相似度



根據所調查海岸結構物於四個季節所發現之海藻種類，分別以共有種率（Rosenberg，1973）與 Czekanowski 相似度係數（Odum，1971），分析各調查地點間之海藻種類相似度關係（中華大學水域生態環境研究中心，2002），如表 3、表 4 所示。

#### 1. 共有種率

$$PS = \frac{C}{A+B-C} \times 100\%$$

式中 A：測站 1 之種類數

B：測站 2 之種類數

C：測站 1、2 間之共有種類數

#### 2. Czekanowski 相似度係數

$$CZ = \frac{2C}{A+B} \times 100\%$$

#### 3. 計算結果

依共有種率計算結果，鹽水溪口導流堤（St.1）與安平漁港防波堤（St.2）間之共有種率為 100%，即二者所發現之海藻種類完全相同；其次為永新漁港防波堤（St.6）與彌陀離岸堤（St.7）、彌陀離岸堤（St.7）與蚵子寮突堤（St.10）、蚵子寮漁港防波堤（St.9）與蚵子寮突堤（St.10）等之共有種率均為 85.7%，彌陀離岸堤（St.7）與蚵子寮漁港防波堤（St.9）之共有種率為 75%，亦有較高之相似度。而由 Czekanowski 相似度係數計算結果，各調查地點

間之相似度關係亦呈相同趨勢。

綜合上述兩項相似度參數分析，西南海岸著生海藻種類較相似之地點分別為鹽水溪口導流堤與安平漁港防波堤，及永新漁港防波堤與彌陀離岸堤、蚵子寮漁港防波堤、蚵子寮突堤等。

#### (五) 水深分佈

調查海域著生海藻之生長水深，綠藻大多分佈在潮間帶下部以上，其中石蓴、裂片石蓴、腸澣苔、指枝藻、硬毛藻、粗硬毛藻等主要分佈於潮間帶上部，尤以腸澣苔於飛沫帶仍可發現，顯示其抗旱性較高，而盾葉蕨藻、杉葉蕨藻、羽藻、芮氏松藻、網葉藻等以潮間帶下部為主，另屬紅藻之亞洲蜈蚣藻、縱胞藻、藍子藻、魚棲苔、刺邊龍鬚菜、鹿角沙菜、長枝沙菜等則主要分佈於潮間帶下部以下。

#### (六) 著生基質

所發現海藻除粗硬毛藻係纏繞於流刺網外，其他主要以假根附著於海岸結構物之消波塊、石塊之表面，著生基質包括消波塊、石塊、鋼筋（消波塊吊筋）等。另調查同時發現，於蚵架竹桿、織布纖維、尼龍繩等材質亦有海藻著生之情形。

#### (七) 著生位置

據觀察海藻主要著生於消波塊、石塊之頂部、側面及斜面等

表 3 調查地點間之共有種率（單位：%）

|       | St.1  | St.2 | St.3 | St.4 | St.5 | St.6 | St.7 | St.8 | St.9 |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| St.2  | 100.0 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| St.3  | 20.0  | 20.0 |      |      |      |      |      |      |      |
| St.4  | 25.0  | 25.0 | 37.5 |      |      |      |      |      |      |
| St.5  | 42.9  | 42.9 | 37.5 | 27.3 |      |      |      |      |      |
| St.6  | 50.0  | 50.0 | 40.0 | 44.4 | 62.5 |      |      |      |      |
| St.7  | 42.9  | 42.9 | 37.5 | 40.0 | 55.6 | 85.7 |      |      |      |
| St.8  | 60.0  | 60.0 | 25.0 | 20.0 | 33.3 | 37.5 | 50.0 |      |      |
| St.9  | 42.9  | 42.9 | 37.5 | 27.3 | 55.6 | 62.5 | 75.0 | 71.4 |      |
| St.10 | 50.0  | 50.0 | 31.3 | 30.0 | 62.5 | 71.4 | 85.7 | 57.1 | 85.7 |

註：St.1 鹽水溪口導流堤，St.2 安平漁港防波堤，St.3 茄萣離岸堤，  
 St.4 興達漁港防波堤，St.5 永新突堤，St.6 永新漁港防波堤，St.7 彌陀離岸堤，  
 St.8 彌陀漁港防波堤，St.9 蚵子寮漁港防波堤，St.10 蚵子寮突堤。

表 4 調查地點間之 Czekanowski 相似度係數（單位：%）

|       | St.1  | St.2 | St.3 | St.4 | St.5 | St.6 | St.7 | St.8 | St.9 |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| St.2  | 100.0 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| St.3  | 33.3  | 33.3 |      |      |      |      |      |      |      |
| St.4  | 40.0  | 40.0 | 54.5 |      |      |      |      |      |      |
| St.5  | 60.0  | 60.0 | 54.5 | 42.9 |      |      |      |      |      |
| St.6  | 66.7  | 66.7 | 57.1 | 61.5 | 76.9 |      |      |      |      |
| St.7  | 60.0  | 60.0 | 54.5 | 57.1 | 71.4 | 92.3 |      |      |      |
| St.8  | 75.0  | 75.0 | 40.0 | 33.3 | 50.0 | 54.5 | 66.7 |      |      |
| St.9  | 60.0  | 60.0 | 54.5 | 42.9 | 71.4 | 76.9 | 85.7 | 83.3 |      |
| St.10 | 66.7  | 66.7 | 47.6 | 46.2 | 76.9 | 83.3 | 92.3 | 72.7 | 92.3 |

註：St.1 鹽水溪口導流堤，St.2 安平漁港防波堤，St.3 茄萣離岸堤，  
 St.4 興達漁港防波堤，St.5 永新突堤，St.6 永新漁港防波堤，St.7 彌陀離岸堤，  
 St.8 彌陀漁港防波堤，St.9 蚵子寮漁港防波堤，St.10 蚵子寮突堤。

受光處，即使光滑之混凝土、石塊表面亦可發現，顯示其著生能力相當強，惟受浪流作用亦易脫落漂流於海水中或被沖至沙灘上。

## 七、結論與建議

因應世界發展潮流與國內整體環境變化，謀求工程建設與自然環境相調和乃時代發展趨勢，近年來政府農業、水利、內政等部門積極鼓勵推動生態工法、綠營建、綠建築等綠色營建技術，未來海岸工程建設亦責無旁貸，推行海岸生態工法已是必行之方向。海岸結構物常形成岩礁性環境，提供人工藻場繁殖及生物群聚場所，因此兼具生態機能之生態型海岸結構物漸成新發展趨勢，具有改善與創造海岸生態效果。海岸結構物附加藻場機能屬生態型海岸結構物之一，其規劃設計須以海岸環境構成要素之調查為基礎，包括自然生態環境與社會環境等調查，故本文初步調查本省西南海岸結構物於潮間帶之海藻著生狀況，以瞭解本海域之海藻生態，俾供未來發展綠色海岸結構物之參考。茲歸納本調查之結論與建議如下：

### (一)結論

1.調查期間計觀察到2門14屬18種海藻著生於海岸結構物上，包括綠藻門之石蓴、裂片石蓴、腸浒苔、指枝藻、盾葉蕨藻、杉葉蕨藻、羽藻、硬毛藻、粗硬毛藻、芮氏松藻、網葉藻

等11種，及紅藻門之亞洲蜈蚣藻、縱胞藻、藍子藻、魚棲苔、刺邊龍鬚菜、鹿角沙菜、長枝沙菜等7種。

2.於91年4月、7月、10月及92年1月等四個不同調查季節中，包括海岸結構物上著生海藻及沙灘上所出現海藻，分別於91年4月發現5種綠藻與1種紅藻，91年7月發現4種綠藻與1種紅藻，91年10月發現8種綠藻與3種紅藻，92年1月發現10種綠藻與7種紅藻。

3.於10處海岸結構物調查中，以茄苳離岸堤共發現15種海藻，物種數最豐富，其次為興達漁港防波堤、永新突堤、彌陀離岸堤、蚵子寮漁港防波堤等皆發現7種，而鹽水溪口導流堤與安平漁港防波堤分別發現3種海藻，物種數相對較少。

4.調查地點間著生海藻種類較相似之海岸結構物分別為鹽水溪口導流堤與安平漁港防波堤，及永新漁港防波堤與彌陀離岸堤、蚵子寮漁港防波堤、蚵子寮突堤等。

5.海岸結構物上所著生海藻之生長水深，綠藻主要分佈於潮間帶下部以上，而紅藻多著生於潮間帶下部以下。

6.海藻主要以假根附著於海岸結構物消波塊、石塊之頂部、側面及斜面等受光表面處，著生

基質包括消波塊、石塊、鋼筋(消波塊吊筋)等。

## (二)建議

- 1.生態工法具跨學門、跨領域之特質，因應海岸生態工法之新發展趨勢，未來須加強海岸構成要素及生態環境調查，多徵詢生態專家意見及協助參與，並培養兼具海岸工程與生態專長之專業人才。
- 2.國內海岸結構物施工後之監視多偏重於外觀與安全性檢查，未來宜擴大將海藻著生、生物棲息繁殖等生態效果亦列為基本調查項目，俾供生態型海岸結構物規劃設計之參考。
- 3.本調查初步觀測西南海岸結構物於潮間帶之海藻著生狀況，部份受觀察日期與時間非當月最大潮與當日最低潮之影響，恐有遺漏海藻之虞。對於更具生態重要性之潮下帶海藻著生情形，海藻著生過程、生長環境等機制，有待進一步深入研究，並擴大至螺貝類等動物性生態環境調查。

## 參考文獻

- 1.林鎮洋、邱逸文，「生態工程與生態工法」，90年度創造台灣城鄉新風貌示範計畫生態工法講習會論文集，台北市，第1-16~1-45頁，90年12月。
- 2.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」，港灣報導季刊第61期，第1~19頁，91年7月。
- 3.行政院環境保護署，「海域環境分類及海洋環境品質標準」，環署水字第0081750號，90年12月。
- 4.台南市政府，「台南市安平漁港舊港口重建計畫環境影響說明書」，89年1月。
- 5.台灣電力股份有限公司，「興達發電廠環境監測八十八年年報」，89年4月。
- 6.黃淑芳，台灣東北角海藻圖錄，國立台灣博物館，89年9月。
- 7.中華大學水域生態環境研究中心，「海岸生態復育之結構物的研發及應用研究－以新竹港南海岸為例」，91年12月。
- 8.郭一羽等，水域生態工程，中華大學水域生態環境研究中心，90年2月。
- 9.郭一羽、朱達仁、葉明典，「新竹海岸消波塊之生態調查研究」，第24屆海洋工程研討會論文集，台中縣梧棲鎮，第477~484頁，91年11月。
- 10.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。
- 11.社團法人全國漁港協會，ひと工夫した漁港構造物事例集，1997年12月。
- 12.社團法人全國漁港協會，漁港の技術指針，1999年11月。



# 新加坡商港和新加坡港務集團 (PSA) 之發展前景

陳文樹 中華郵政公司技術處研究員

## 一、海運事業是新加坡經濟發展的主力

新加坡港係位於新加坡本島(東西長 42 公里，南北寬 22.5 公里)的東南端，距離世界貿易中心和原之新加坡火車站均甚近，在上(廿)世紀前葉的英人統治期間，即是英國在東南亞頗為重要的轉口貿易商埠和主要的軍事基地。1965 年 8 月新加坡脫離馬來西亞聯邦，肇建新加坡共和國之初，即是倚賴其扼控南海暨馬六甲海峽的優越地理位置，和輻輳密集的海運事業以發展經濟，迄其建國近約卅八年以來之現今階段，持續繁榮蓬興的海運依然是新加坡最主要的經濟命脈，且新加坡商港還躍居為全世界第二大貨櫃港，近五年來每年進出港區的貨櫃裝卸量係以 5%~8% 的比例穩定增加，於 2002 年內已增達 1,680 萬 TEU 的裝卸量，預定可在 2003 年時突破 1,750 萬 TEU 的年吞吐量，達到港務歷史上的新高紀錄。而「新加坡港務集團」(PSA, The Port of Singapore Authority)在海外八個國

家、十四個港區內，皆租設有深水貨櫃專用碼頭，整體的營運實力十分可觀，其所裝卸的貨櫃數量和從事轉運(transshipment)的貨櫃數量，分別佔有全世界所有裝卸貨櫃量與轉運貨櫃量的 22.4%和 9.3%。而上述的八個國家乃是葉門、葡萄牙、韓國、義大利、印度、汶萊、比利時和中國大陸，也顯示出 PSA 放眼全球、營運據點滿天下的雄心偉志。

以往，在新加坡仍係馬來西亞聯邦之一員或是新加坡建國初期，有甚多原欲運至馬國的貨物是在新加坡卸下，再以火車載往馬來西亞各州去。但後來則由於馬來西亞大力擴建柔佛港、檳城港，更因近些年來隨著新加坡境內鐵道的拆除，以致各航運公司運往馬國的貨物已直接改運至柔佛港和檳城港去(註一)。唯新加坡港的貨物以及貨櫃裝卸數量則仍是與年俱增，海運業務一直是居新加坡各類事業之鰲首，除了在港內添置有多種先端的機具與倉棧設施外，市內亦新建有極多和海運業務相關的商務大樓。例如十年前(1993 年)，攸關海峽兩岸前

景的「辜汪會談」即是在新加坡的海運大樓召開。星國肇建後則在碼頭濱海之端循著伊莉莎白大道東側填造了大片的海埔新生地，用以闢設新的貨櫃碼頭區、貨櫃貯存場暨倉棧，這些大片的新生地將碼頭區圍繞起來，但則留出一個口端以供船舶進出，並將波浪阻隔於外。港口上方建有一座寬廣的大橋，使之與東海岸公園大道連結起來，貫穿貨櫃貯存區，以便利貨櫃的載運堆置。

## 二、新加坡港務集團的輝煌業績

新加坡商港內的碼頭，總長度共有 3.4 公里，可同時容納 30 多艘巨輪停靠，並有兩百餘條航線得從新加坡商港起航通往全世界 123 個國家或地區的六百餘座港口去。在西元 2000 年的當年之內，即有約莫八萬七千艘來自世界各國而進出新加坡商港的船隻，平均每日將近 240 艘，航運業務相當的繁忙。然而為期招徠更多的航商客戶，新加坡港非但不會自負託大，還頗謙和的強調--「雖然我們是世界上最繁忙的商港，但我們絕對有充裕的時間服務客戶」，之能如此則拜其相當先進的現代化調度管理、採用最新的電腦科技設施，以及優良的人力素質甫能臻此佳境。長久以來，新加坡商港和境內的樟宜國際機場，屢被聲譽卓著的國際出版刊物評鑒為亞洲

乃至全球最為優良的海空交通樞紐中心，據以評鑒的項目計有運輸貨物的速度、安全和可靠度...等客觀公正的指標。新加坡港區內尚擁有一座 40 萬噸級和兩座 30 萬噸級的乾船塢，得保養維修世界上最大的超級油輪，且還能夠同時修理一艘總噸位達兩百萬噸的大船，是亞洲最大的修船基地。新加坡的建設，正是以港埠為根基而創造發展的，海運業務誠乃星國賴以繁茂興盛的砥柱，即便樟宜機場也是藉由填海造陸的閼大工程而整闢建造的。整齊潔淨的美麗市容、便捷的交通設施以及良好的治安，則吸引著不絕於途的遊客前往素有「花園城市」美稱的新加坡觀光，連帶促成其觀光產業的勃興。

自百餘年前起英籍的萊佛士爵士奉英王之令在此開港設城以來，便在皇后廣場暨人魚獅公園旁建造了克里福特碼頭，並即常有漁船和商船駐泊於此。隨著星國海運暨轉運業務的蓬勃發展，當您立於花葩山(星國的最高山，但其標高則祇一百五十公尺左右)或搭乘纜車前往聖淘沙島去時，當可瞧見往來於馬六甲海峽上或暫泊於港外等候進港、多不勝數的艘艘船艦，甚是蔚為壯觀，而港區碼頭的貨櫃起重機(Gantry Crane)以及貨櫃跨載機...等各式裝卸貨櫃的機具也均依稀可見，從其殷勤忙碌的狀況正足反映

星國的經濟繁榮景象。至於新加坡北邊的柔佛海峽則因水道較淺，且因建有連通星、馬之大橋，故現僅有少數的小型船舶通行其間。新加坡港的碼頭勞工不乏有馬籍暨印度籍的外勞，而且有不少馬籍外勞是騎著機車跨國通勤上班，蓋經由柔佛大橋往來馬來西亞的柔佛市和新加坡港之間單程僅需四、五十分鐘左右，且騎車的馬籍勞工可從專用的關卡入出國境又不需繳納通行費，自然比定居於星國划算。

由原之新加坡港務局於1997年民營化後轉型的新加坡港務集團，經營之範圍涵蓋傳統的船舶進出港埠業務、貨物(含貨櫃)裝卸和倉儲物流等業務外，並包括有商務展覽及客旅運輸(如經營世貿中心和郵輪中心)，其中自然以貨櫃的裝卸轉運為首要業務，營收高達全部營業額的70%左右。經營目標旨在使PSA成為一個從事港務管理暨貨櫃轉運的國際知名事業體。新加坡港在2002年的全年貨櫃吞吐量較2001年增加了8個百分點，雖然未能如預期般的突破1,700萬TEU的目標(註二)，但仍可穩居全球排名第二的繁要貨櫃港，僅次於香港(貨櫃裝卸數量成長幅度最大的則是中國大陸的上海和深圳等港)。新加坡港務集團甚至還推展一種「允許優先靠泊」和「二小時作業誤差補償」的作法，使得部分種類的船舶得以快速完成

裝卸作業而離港，降低因待工而停泊於船席的時間，提高運輸航次，加速客戶服務的效率，因此備受各國籍航商之歡迎，也就更樂得駕臨惠顧。

### 三、在海外八個國家設立的貨櫃裝卸專用區

至於海外業務方面，其在葉門等海外諸貨櫃碼頭專區的貨櫃裝卸總量，於2002年時計780萬TEU，較2001年上揚達115%，此一佳績主要是受惠於在中國大陸合資經營管理的多個貨櫃碼頭業務增長極為迅速，加上PSA集團已於2002年完成了比利時安特衛普港貨櫃碼頭的收購行動並開始營運，致令該集團的海外業務記錄得以強勁升幅。總計在2002年時，PSA港務集團全年在新加坡及海外貨櫃碼頭的總裝卸數量，共達2,450萬TEU，較前一年增加28%。而預估在2007年時，PSA集團在海外地區的營運收益，將可達其全部收益的三分之一，這也正是PSA洞燭機先、大力發展海外業務的重要因素。

葉門的亞丁港，是PSA第一個在海外租設的貨櫃轉運裝卸據點。位於阿拉伯半島最南端、扼紅海和阿拉伯海相通位置處的葉門(Yemen，自紅海通往阿拉伯海亞丁灣之海道名為「曼尼德布海峽」)，係將其亞丁港的新建貨櫃中心

(container Terminal)採 BOT 模式，授予由「新加坡港埠集團」(PSA)和當地若干機構合組的控股公司，長達廿年的經營管理權。該新設貨櫃中心早即已於 1999 年 7 月正式啟用，因此葉門政府係訂於二〇一九年七月方會將此一貨櫃中心收回，屆時將由葉門政府自營或繼續租予海運公司作為專用作業區則尚未決定。擴建後，其貨櫃作業區內配設有五部貨櫃起重機和十三部貨櫃跨載機的亞丁港，已是得以晉列世界良港之林的著名貨櫃港，並躍居為印度洋海域首屈一指的大商港，特別是長達七百公尺、水深有十六公尺的大型油輪及貨櫃船泊靠碼頭，更是舉世所罕見的碼頭專區。由於是採 BOT 的模式來發包，故新貨櫃中心的建造悉由以新加坡港埠公司為主所組成的控股公司，自行招募營建事業以進行之。

PSA 港務集團新近於中國大陸擇商、合資經營管理的廣州貨櫃碼頭，成立迄今祇有短短三年的時間，碼頭貨櫃裝卸量則已在 2002 年突破 100 萬 TEU 的大關，而 PSA 集團較早於大連投資的大連貨櫃碼頭(碼頭長度合計為 1,500 公尺，並劃設有五個貨櫃船席)，去年亦達致 130 萬 TEU 的目標。由此可見中國大陸地區貨櫃裝卸轉運的發展潛力極為深厚，因而集團未來亦準備將拓展海外業務的重點放在中國大陸

各沿海省分的港口之上。

#### 四、PSA 於本土港埠區內的貨櫃裝卸專用區

凱柏(Keppel)區是新加坡商港距市區位置最近、為目前最先進的物流中心 (cargo distribution complex)，乃沿 Kampong Bahru 大道而劃設，離新加坡的商務金融特區暨機場各僅十分鐘和廿五分鐘的車程，此外距離裕廊工業區也甚近，俱有快速道路得以通達，另一著名的世界貿易中心(The World Trade Center)則近在咫尺，事實上從花葩山搭乘空中纜車、越過新加坡港區水域上空前往觀光名景地--聖淘沙時，中途即會在世界貿易中心大廈之上附設的纜車車站減速，好讓乘客上下纜車，1983 年時則曾發生過一艘貨輪因船上自設的起重機吊桿未妥慎妥平放，以致鉤拉住纜車鋼索，造成部分纜車自空中墜海、乘客傷亡的厄耗，所幸得迅速復建並已加強防範警示措施。

凱柏裝卸綜合區的佔地面積有 113,000 平方公尺，其中的貨櫃作業專區近達 96,000 平方公尺，係和當地一處同名的凱柏自由貿易區(the Free Trade Zone)毗鄰設立，如同我國的加工出口特區似的，好逕將加工製造出廠的外銷貨物裝船出口，運銷至世界各地的港埠，星國的關稅部門在此貿易區內亦派設有分支



機構，以配合關檢作業的快速執行，此等相關政府部門係於 1995 年共同遷進至區內一座造型新穎美觀的聯合作業大樓內，該大樓還在同年榮獲新加坡建築協會 (SIA, Singapore Institute of Architects) 頒發的建築設計獎 (Architectural Design Award)。由於凱柏自由貿易區所進出口的材料元件或貨物成品，幾乎俱是透過貨櫃來運裝，因而區內特地闢劃有一貨櫃貯放區，可供放置 1,000 具運抵入口的貨櫃和 1,500 具待裝貨物以備運至海外的貨櫃，同時 PSA 還假此地附設一處貨櫃維修場，得接受航商的委託協助焊補檢修碰損的貨櫃。另為應對發展化工科技和若干特殊工業之需，凱柏綜合區內並劃設有一佔地約 3,900 平方公尺的 F5 特別區以供建立巨型槽式容器，貯放液態化學原料。除了凱柏特區外，PSA 另尚在 Muara、Tanjong Pagar 和 Pasir Panjang 三地各皆劃設有貨櫃中心區，其佔地面積和配置設施等資料詳如附表。

建竣時間距今最短的 Pasir Panjang 貨櫃中心，現係採用世界最具高度自動化特質的作業方式，此一新建貨櫃中心中央控制室的配置人手極為精簡，充分應用電腦暨各種先進科技以掌握港區關於船舶靠泊、離港時程、人機管理，以及監控貨櫃裝卸……的全部動態，還將朝向無人車機裝卸作業的遠控模式

去運行；中央控制室內的電腦系統，能將各部門間之資訊互相整合並供工作人員共覽，且是由中央控制室從事管制調度。貨櫃中心也功無唐捐般的妥善運用珍貴的土地資源，例如應用經由特殊設計的吊卸機具而將貯存場內的貨櫃堆放成十櫃寬、九櫃高，極為有效的提昇土地之使用率。PSA 所擁有的百餘部貨櫃起重式機和三百餘部跨載機則櫛立於碼頭邊和貨櫃貯存場，俾快速吊運貨櫃，故能將新加坡港經營成全球第一流的商港和貨櫃轉運港，吸引國際航商紛往泊靠。

## 五、PSA 應用的現代化資訊管理系統

PSA 在港埠業務自動化之輝煌成果，正是確保其能長屹為舉世第二大貨櫃港的主要因素之一，渠所使用的 PortNet 電腦系統早自 1984 年起便對航商提供單向線上查詢服務，嗣後又擴增功能而可即時的與航商進行雙向溝通。1987 年，開始提供電腦連線服務，兩年後更擴大為已可提供全天候的連線服務。PortNet 系統目前已擁有數量超逾兩千的使用戶，其中航商公司佔 28.2%、拖車業者佔 26.6%、承攬業者佔 23.1%、貿易商佔 11.7%、餘之業界則佔 10.4%，其連結方式有二種，即電子訊息交換和 (EDI) 及網域互動往來處理 (Interactive

Transaction Processing)。自 1996 年起 PortNet 更開發出視窗版(POW, PortNet-on-Windows)軟體程式，更便捷的提供給新加坡海內外的航運業界各種用戶端所亟需的海運資訊。在 PortNet 之研發階段，PSA 並曾多次邀請航商共同規劃和表示見地，讓使用者於推動該資訊技術的每一個階段皆能充分的參與，以求順利無阻的推動該網路系統。航商與 PortNet 之連線作業，乃直接利用 PSA 所提供之軟體，將 PC 定位成為形同系統的遠端終端機，祇要鍵入相關資料至 PortNet 系統中，即可查悉所欲的訊息。

其次有一旨在整合、規劃和管理貨櫃中心的「貨櫃作業電腦整合作業系統」(CITOS, Computer Integrated Terminal Operations System)，如船席之安排...等則是於 1990 年啟用，碼頭上每一工作和操作環節皆是由斯套整合系統指揮調度，使得各項資源得作最高效率的利用，並自上述的 PortNet 尋找資料，預先排定人員機械、泊位和貨櫃場的貨櫃格位，還可提前於 24 小時之前確認。1997 年 CITOS 系統再度擴增功能，添加 Inter-Gateway System，使得原之三處貨櫃中心和新建竣的 Pasir Panjang 貨櫃中心的作業得更加的順暢有效。提供更靈活、更有活力、更自動化的作業環境，允許裝運計畫在實際流程中可

以針對突然的狀況，彈性變更調整，並對於等候轉船的貨櫃提供及時接運的服務。

至於貨櫃連結車之進出貨櫃貯存場，乃是應用「閘門自動化系統」(FTGS, Flow-Through Gate System)和「貨櫃號碼辨識系統」(CNRS, Container Number Recognition System)的識別和感應，讓拖車減速而駛過 PSA 的閘門。此係於連結車的車頂裝置一可用以識別車號和公司名稱、司機身分的 Transponder，同時於確認載運的貨櫃確實無誤之後，即傳示信號予連結車司機的座艙內顯示器，指示拖車駛至貨櫃場內業已先行排定的地點，整個確認和傳訊的過程祇有 15 秒左右，今國內所規劃的通過高速公路收費站自動感應收費裝置，便是按此原理而設計辦理的，新加坡則已在十年前於其港區裝妥，迄今功能一如預期，並十分穩定，故障或受干擾的情形極少；另據了解，其計程車於管制時段進入市區需加收許可費用的作法也是採用類似的感應方式辦理，經確認可以進入市內的計程車會接得一感應傳示信號，通知駕駛員按下計費表加收理應轉嫁予乘客的進入市區通行費，雙方並可一目了然，不致發生誤解爭執。連結車進入貨櫃貯存場之後，改由 PSA 之黃色髹示跨載機承接後續作業，將貨櫃拖運至船邊俾進行裝運作業。

若是船舶進港欲從事卸櫃作業時，其程序則是反向施行。

另有一由電腦整合的海事作業系統(CIMOS, Computer Integrated Marine Operations System)，則是用以管理船隻和貨櫃場的作業，俾管理人員可以根據系統提供的即時預測資料，做出明確的決定，以指揮在港埠水域內航行的船舶，自動協調船舶的靠泊及離港作業。CIMOS係利用精密的雷達科技、無線通訊系統和高解析度圖形介面……等技術來管理廣泛的海事作業，並與MRDTS (Mobile Radio Data Terminals System)等較早期所使用的船舶交通資訊系統相整合，以提供給引水人、拖船和船員相關的即時訊息。

## 六、在本(廿一)世紀初期的展望

新加坡雖然並未大聲疾呼的標榜「海洋立國」一語，但所有的星國民眾咸皆了解，新加坡的經濟命脈絕對必須倚恃海運和港埠之發展，且就其吞吐貨櫃的類別觀之，經由轉運業務所帶致的利益甚至還遠大於自身的進出口，且轉運業務的發達正是新加坡能成為舉世第二大貨櫃港的首要原因。然而雖無近憂、卻常有遠慮，屬城市國家的新加坡基礎工業建設自然較為薄弱，觀光和金融事業則有鄰近多國及香港從事激烈的競爭，對於此一自英

國殖民時期便被列為是國計民生主要命脈的海運事業勢需傾力維繫，冀其長保欣榮而不會稍有傾墜。但是，將全部資金物力均投放於一地，卻如同將全部雞蛋放於一個籃子之內般的有其風險，必須力行國際化，及早在海外設立分支機構，構建成一？密的全球海運網路，以分散風險。

職是之故，早在十年前當鄰近的馬來西亞和中國大陸沿海省分開始投注大量資金，積極發展進出口和轉運業務之時，新加坡人便萌生海運市場遭受掠奪瓜分的遠慮，爰思進軍海外，在葉門等八個國家的商港租設專用碼頭，承攬貨物(以貨櫃為主)的裝卸業務，這些海外營運據點，對於本土的新加坡商港來說，恰如是眾星拱月般的相輔相成，也使得新加坡在PSA的戮力經營下，成為一個能以蕞爾小國扮演海運大國的非凡角色。

註一：在第二次世界大戰結束未久，新加坡係加入馬來聯邦，境內的鐵路運輸原是由「馬來西亞鐵路公司」所經營，新加坡火車站也屬該公司所有。唯近些年來，星國積極發展公路運輸和境內的捷運系統，並由新加坡政府向馬國鐵路公司價購取回原為鐵路用地的土地產權。

註二：PSA 集團於新加坡港口的表現未如預期，除了是受全球經濟不景氣影響外，咸信是因為丹麥 Mask 海運及我國的長榮海運兩大客戶先後轉往馬來西亞，遂使新加坡港

口的中繼轉運港之地位受到些許衝擊，也加深了 PSA 的危機意識，而相對的提高其轉往海外拓展鴻圖的企圖心。

#### Muara 貨櫃中心

|            |                      |
|------------|----------------------|
| 面積         | 79 公頃                |
| 水深         | 11.0-15.0 公尺         |
| 船席         | 5 席                  |
| 設施         | 29 貨櫃起重機，115 集運場內起重機 |
| (貨櫃)地面劃放格位 | 15,424 格位            |
| 冷凍貨櫃劃放格點   | 1,344 格點             |

#### KeppeI 貨櫃中心

|            |                      |
|------------|----------------------|
| 面積         | 96 公頃                |
| 水深         | 9.6- 14.6 公尺         |
| 船席         | 4 席                  |
| 設施         | 36 貨櫃起重機，114 集運場內起重機 |
| (貨櫃)地面劃放格位 | 20,230 格位            |
| 冷凍貨櫃劃放格點   | 936 格點               |

#### Tanjong Pagar 貨櫃中心

|            |                     |
|------------|---------------------|
| 面積         | 80 公頃               |
| 水深         | 11.0-14.6 公尺        |
| 船席         | 6 席                 |
| 設施         | 29 貨櫃起重機，87 集運場內起重機 |
| (貨櫃)地面劃放格位 | 15,940 格位           |
| 冷凍貨櫃劃放格點   | 840 格點              |

Pasir Panjang 貨櫃中心

|            |                     |
|------------|---------------------|
| 面積         | 84 公頃               |
| 水深         | 15.0 公尺             |
| 船席         | 6 main              |
| 設施         | 24 貨櫃起重機，59 集運場內起重機 |
| (貨櫃)地面劃放格位 | 14,200 格位           |
| 冷凍貨櫃劃放格點   | 648 格點              |



新加坡地形圖(本圖載自 <http://home.kimo.com.tw/.../singapore.htm> 網路)



新加坡港務集團之專用徽誌



# 港灣報導徵稿簡訊

1. 本刊為提供國內港灣工程界同仁交換工作經驗與心得之園地，歡迎工程、學術界之同仁提供港灣工程相關之工程動態、實務、工程新聞、技術新知、地工技術、工程材料、營運規劃及其他有關之工程簡介或推動中之計畫等的報告、論著或譯述。
2. 投稿者應保證所投稿件無侵害他人著作權情事，如有違反，願就侵害他人著作權情事負損害賠償責任，並對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）因此肇致之損害負賠償責任。
3. 稿件每篇以八頁（含圖）（4000～5000 字）以內為原則，稿酬從優；請附磁片或 E-mail，並請加註身分證字號及戶籍地址（含鄰、里）。
4. 本刊每年刊行四期，分別於一月、四月、七月、十月出版。如蒙惠稿請於每期出版前三十日寄交本刊。
5. 連絡電話：(04)2658-7133 錢爾潔  
傳真號碼：(04)2657-1329  
E-mail：annachien@mail.ihmt.gov.tw
6. 歡迎賜稿，來稿請寄：  
台中縣 435 梧棲鎮中橫十路 2 號  
交通部運輸研究所港灣技術研究中心「港灣報導編輯委員會」收

## 港灣報導第六十五期

刊期頻率：季刊

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市 105 郭化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw

電 話：(02)23496789

總 編 輯：林大煜

編輯委員：邱永芳、李豐博、張金機、林昭坤、朱金元、何良勝、簡仲璟、  
單誠基、錢爾潔

出版年月：每年一、四、七、十月

創刊年月：中華民國七十七年二月一日

定 價：43 元

展 售 處：交通部運輸研究所

GPN：2007700020

ISSN：1019-2603