

港灣報導



季刊No.27

要 目

/// 未來的港灣建設與海岸開發

/// 消波式鋼板樁碼頭

/// 雲林沿海地區地下水位變化與地層下陷之關係

/// 港灣技術研究所腐蝕與防蝕研究活動簡介

/// 台灣西部海岸開發利用報導一

雲林離島式基礎工業區整體規劃通盤檢討

/// 歐洲地區主要港埠貨物裝卸現代化之探討

/// 氣體及水力防波堤

中華民國八十三年元月出版

台灣省政府交通處港灣技術研究所

目

錄

一、未來的港灣建設與海岸開發	1
張金機 港灣技術研究所所長	
二、消波式鋼板樁碼頭	5
林碩章 中華港埠技術顧問社設計部經理	
三、雲林沿海地區地下水位變化與地層下陷之關係	13
賴聖耀 港研所副研究員	
四、港灣技術研究所腐蝕與防蝕研究活動簡介	18
陳桂清 港研所副研究員兼港工材料組組長	
五、台灣西部海岸開發利用報導一	
雲林離島式基礎工業區整體規劃通盤檢討	21
黃清和 港研所研究員兼海岸工程組組長	
六、歐洲地區主要港埠貨物裝卸現代化之探討	27
王克尹 港研所助理研究員	
七、氣體及水力防波堤	36
莊文傑 港研所數學模式組副研究員	

未來的港灣建設與海岸開發

張金機

港灣技術研究所所長

一、政府應擬訂港灣發展政策，統籌規劃港灣建設

台灣為一小島，海岸線長約一千一百公里，目前已有基隆、台中、高雄、花蓮及蘇澳五個國際商港；淡水、安平與馬公三個國內商港；永安及深澳等工業專用港；沿岸漁港船澳更多達一七一處。此外，為適應船舶大型化，交通部規劃高雄深水港；為解決基隆港港池狹小，港埠用地不足，聯外道路及交通阻塞等問題，基隆港務局規劃基隆新港；為解決北部砂石短缺，規劃東砂北運，興建淡水港；為推動產業東移，工業局規劃在和平水泥專業區興建和平水泥專用港；為興建六輕，便利原料產品進出口，台塑籌建六輕專用港；為開發台西離島式基礎工業區，工業局規劃台西工業港；為因應兩岸通航，地方政府及民意代表爭取在選區興建通航口岸；內政部國家公園管理處、交通部觀光局、交通處旅遊局都在規劃遊艇港。農、漁政單位每年花費大筆公帑在漁港擴建、疏浚、整修…。

當初十項建設為推動產業東移，以及軍事需要興建規模不小的花蓮港、蘇澳港；如今運量未及規劃運量一半，經濟部工業局又要配合和平水泥

專業局開發，規劃興建和平水泥專用港。七十九年交通部花費大筆金錢委託法國 Sogreah顧問公司評估，選定高雄二港口南側填築新生地，規劃深水港；一年後經濟部工業局又花更多的鈔票委託中興顧問社在雲林規劃開發台西離島式基礎工業區，並配合原料進口規劃大水深工業港。深水港主要是提供原油、礦砂及煤等大宗散裝原料進口而設，煉油廠、煉鋼廠與發電廠等設在那裏，深水港就應建在那裏；深水港應該是輔助工業發展的設施與工業港功能應該是一致的。

地方政府為兩岸通航爭取將現有漁港擴建為通航口岸，爭取直航資源運量；其實這是不切實際的想法。目前兩岸雖未直航，但已通航，既有運量已經存在，直航只有減少彎靠第三港口罷了；未來再增加的貨源可能是零碎的農作物與民生用品，其數量是相當有限的，再開建港口運量有多少；管理與維護費誰來負擔？新港能自給自足嗎？其經濟價值如何？規劃時應作審慎評估。

綜合上述現象，可以了解，目前新港規劃與港口擴建呈現多頭馬車現象，缺乏整體考量，期盼政府能根據經濟成長，預測未來運量，早日研訂港灣發展政策，作為新港規劃與現有

港口擴建依據。否則一味地以尊重民意為藉口，各單位規劃興建自己的港口，將來沿岸港口林立，而每個港口都沒有足夠的運量，又要負擔龐大的管理與維護費用，勢必造成政府財政負擔。

二、珍惜有限海岸資源，有效利用海岸空間

台灣西部為平緩沙灘海岸，沿岸漂沙活動劇烈，興建港口，除需構築大量防波堤保護港池穩靜外，還需承受漂沙淤塞港口，航道威脅。東岸地形陡峭，港池狹窄，每年夏季受颱風侵襲時，海上波浪洶湧，常造成港池不穩靜，礙難船隻需往海外疏散，甚至斷纜等現象。但是，儘管地理環境不佳，海象條件惡劣，也可能為地方帶來交通環保等負面衝擊，却阻止不了地方政府爭取建港意願。沿岸除幾個大港外，漁港船澳散佈其間，且大部份不具規模，除佔用海岸空間，破壞海岸景觀外，還阻礙整體發展。

台灣西部海岸潮間帶廣闊，沙洲林立，海埔地面積廣達五萬四千多公頃，其中已開發約八千公頃，開發中約六千公頃。近年來政府為解決工業區開發，與公共建設土地取得困難，正積極規劃開發海埔地，其中較具規劃的有新竹香山海埔地開發計畫、彰濱工業區、雲林台西離島式基礎工業區及高雄南星計畫等。台灣沿岸要開發多少新生地？新生地開發是否有完整的規劃，合理的評估？其對周邊影響如何？開發前若不能掌握填海造地

，改變地貌可能造成的負面衝擊。則開發後雖然得到空間，卻破壞環境，帶來災難。

台灣可用海岸資源的確有限，我們必須珍惜這些資源，有效利用海岸空間；建港與新生地開發相輔相成，新生地開發與環境保育並重，以共同創造美麗的生活空間。

三、港灣規劃須兼顧景觀與親港性

十項建設中三項港灣工程，開始培養港灣規劃、設計人才及大規模海事施工能力，其中尤其以台中港在沙灘建港成功；蘇澳港利用活動模板在浮船塢製作大型沉箱；花蓮港開孔胸牆防波堤等，在港灣工程上都具有相當水準。

十項建設所完成的三個國際港中，台中港是國人首次在沙灘上興建的人工港，建港前雖曾經過長期規劃、調查、試驗，且作過數次評估，但漂沙問題仍備受爭議。第一期築港工程於六十五年完成並開放營運，至今已近二十年，事實證明只要有運量，現代的港灣技術是可以克服沙灘上建港諸多問題。台中港綱要計畫有完善的聯外交通網路，港區與特定區都市以綠帶隔離；利用浚挖港池、航道土沙填築大量新生地，除作為港埠用地，種植防風林改善環境外，並預留未來發展空間，是一個極有前瞻性的港灣規劃案例。相較之下，同屬十項建設的花蓮與蘇澳兩港，籌劃建港則顯得相當匆促，建港計畫未能作客觀審慎

評估。開放營運迄今不但不能發揮預期功能；而且因位於東海岸地形陡峭、港池狹窄，缺乏消波設施，花蓮港受偏東南向颱風波浪，蘇澳受偏東北向颱風或冬季強烈季風波浪侵襲時，造成港池不穩靜，甚至發生斷纜現象。此外，花蓮港港口還受美崙溪、河川輸沙及海岸漂沙威脅。

八十一年基隆與高雄兩港裝卸量約佔全省總量的86%，顯現基、高兩港在台灣對外貿易的重要性。但是基港水域狹窄，港埠用地不足，聯外交通阻塞，市區包圍港區，急需配合北部新港計畫研擬港埠整建方案。高雄港雖有廣闊水域與港埠發展空間，但因緊臨高雄大都會；早期未能妥善規劃興建聯外交通網路，貨物進出港區造成都市交通紊亂，影響市民生活品質。

過去港灣工程設計均缺乏親切感，堤防不是拋石就是混凝土；碼頭則是單調的柏油、混凝土鋪面與吊桿、倉棧等裝卸機具組合。於是到港來參觀的民眾大都找一艘船當背景照相留念，他們看到的是港池裏的船，而忽略了港的景色。未來港灣規劃除需重視裝卸功能外，還需兼顧景觀與親港性，規劃開闢一些遊憩設施，民眾除可以參觀港埠外，還可以接近海邊，觀看海浪拍擊防波堤所濺起的水簾；利用周邊種植林木，改變港灣單調景色，減少港埠作業對附近環境的沖擊，讓港能與都市融合在一起，港能成為都市的一環。

四、新生地開發造地外還需

造景，海堤兼具親海功能

台灣西部沿岸已開發新生地，除台中港外，大都作為漁業養殖及農牧用地，部分則規劃為新社區及遊憩用地。國內以往填築新生地均將重點擺在海堤設計、抽沙與定沙方法、土植生及土壤淡化等問題，以開發成本為評估可行性最重要指標，而忽略海岸開發對環境沖擊與整體景觀。隨著經濟成長，人民生活品質提昇，新生地開發，除重視海岸保全及生態環境保育外，不應再是一片平坦；它必需是有山有水，有怡人的景觀。新生地開發除了能夠有效利用海岸空間，創造財富外，也必需兼具前瞻性觀念，例如填築假山，開挖人工湖，種植花草樹木，改變飛沙環境，減低海岸風力及空氣含鹽度，使海岸新生地成為假日休閒、旅遊的好去處。

日本政府自從昭和三十一年制訂海岸法後，積極從事全國三萬四千多公里海岸整治工作。利用海岸工程，人工養灘，沙源補注及堤面防護等技術，根據現場實際狀況加以應用。由於近年來日本人民對海岸利用意識高漲，預期未來將加快腳步對殘餘的高胸牆加消波塊海堤進行整治。

台灣沿岸大都是工程粗糙的高胸牆海堤，沿岸養殖發達，海邊髒亂，廢棄物到處漂流散佈，根本談不上海岸景色。但隨著海上遊憩門禁開放，海上活動日見頻繁，未來人民對海岸開發品質將大幅提昇。政府進行海岸整治，除需具備防止暴潮、巨浪可能

造成災害外，還需有自然養灘功能。利用岸邊形成沙洲或穩靜水域加以綠化、造景，讓民眾可以親近海邊，享受大自然海洋陶冶。

五、開發與保育並重，追求海岸資源永續利用

歐、美地區許多高級別墅建在景色明媚的海岸，日本近年來進行一系列海岸重建工作，去除妨礙視野破壞景觀，阻隔親海性的舊型高胸牆海岸堤防，利用現代海岸工程養灘技術，離岸堤及階梯式海堤，配合景觀重新規劃海岸保護設施，已使重建後海岸成為高級住宅區及休閒地區。台灣沿岸漁業資源逐漸枯竭，部份漁港、船澳廢弛，漁船甚至淪為走私偷渡工具，沿海漁民居住環境並未因經濟成長而獲得改善，政府應對漁港數量與配

置作全面性檢討規劃，重新整建將部份失去漁業功能漁港開建為遊艇港或海岸遊憩水域，並仿效日本進行長程海岸整治工程，使台灣沿岸成為居住、觀光的好地方。

台灣西部海岸地帶是人口聚集，經濟活動頻繁區域，不論港灣建設或海岸開發，對鄰近區域環境都會產生影響，形成開發與保育不相容現象，甚至造成公害，危及沿海居民安全。如何有效利用有限的海岸資源，建議政府應該建立海岸整體開發觀念，配合港灣建設與新生地開發，有計畫推動沿岸整治，以減低建設、開發所造成環境保育負面沖擊，追求海岸資源永續利用。

（本文轉載自台灣省政府交通處「交通與安全」月刊第274期）

消波式鋼板樁碼頭

林碩章

中華港埠技術顧問社 設計部經理

一、概念緣起

在港灣結構物的設計領域內，碼頭設計是一種相當有變化的工作，設計人必須針對各種設計、施工或經濟上的條件選擇適當斷面型式，俾使設計成果能臻於至善，此即所謂最佳化設計 (Optimum Design)，如提起眾所周知的鋼板樁式碼頭，大家會異口同聲地說那是一種無法吸收波能，甚至於產生反射波進而造成重複波的碼頭，但鋼板樁碼頭有其特殊之適用性，如果能賦以消波功能，則更利於廣泛地應用。以筆者從事碼頭設計工作之心得謹提出此種構想，並以該結構型式稱之為「消波式鋼板樁碼頭」，請港灣工程各界先進指正。

台灣西海岸大都為沙質海岸，採用鋼板樁式碼頭相當普遍，諸如淡水港砂石碼頭、台中港工作船渠及油駁船渠碼頭、安平港 3、4 號碼頭及高雄港許多碼頭等…皆是。因其施工迅速，工程費較低之緣故，尤其是當施工原址之高程較高須大量挖泥時，其比棧橋式可節省之浚填費相當可觀，對西海岸各港而言，頗具適用性，如果決策者因其無法消波而改採其他型式，殊屬可惜，如今吾人可考慮消波式鋼板樁碼頭來解決此一問題矣。

二、斷面型式概述

1. 欲賦予傳統式鋼板樁碼頭之消波功能，首先想法是在 RC 冠牆上設置消波孔 (如圖 1 所示)，但為了不讓板樁承受太大的垂直荷重或彎矩，冠牆的寬度有其限制，即消波室之寬度有其限制，故其消波功能不大，消波室之寬度與波長之比值 (B/L) 關係著反射率的大小，這方面的水工試驗在日本港灣界做過很多，筆者亦由工作中體驗過兩次斷面試驗，一為花蓮港 25 號碼頭消波沉箱，一為台中港北防波堤延長段消波沉箱。當然消波孔之開孔率及消波室之配置情況可影響反射率，但不論如何， B/L 之比值總要大於 0.2 左右，才具消波力。港內之小振幅波之波長 L 即使短至 20m，消波室寬度也要 2.40 m，波長再增加則所需消波室寬度更大，冠牆寬度需 2.40 m 以上，整個碼頭結構頭重腳輕，故此種斷面不可行。
2. 基於上述理由，吾人把板樁向陸側傾斜，並由樁頂附近高度向後發展一 RC 平板，一方面藉以平衡消波室之重量，另一方面更可對板樁產生減壓作用 (如圖 2 所示)

)，此RC平板可稱之為減壓板 (load-reducing slab)，減壓板再以斜樁組承受，如此一來，消波室的寬度可加大，甚至於隔成兩間，作各種消波設計，則港內波浪之週期增至6秒、8秒，波長增至60 m、100m等，亦可達到消波之效果。

3. 結構設計要點

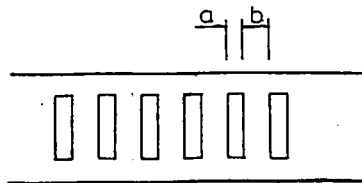
如圖3及圖4所示，減壓版之設計對板樁之土壓減少量可由圖解中得知。斜樁組可視情形增加為兩組或三組可行之組合型鋼板樁斷面如圖5所示，結構分析之細節請參照圖中文字之說明不再贅述。

三、消波室設計概要

經收集日本全國有關消波孔之實驗報告約20種，並參照花蓮港25號碼

頭及台中港北堤延長工程水工模型試驗之成果獲致以下設計概要，提供參考。

1. 縱條型之消波孔，其開孔率為0.25~0.30時，反射率最低。
開孔率 = $a/(a+b)$



正面圖

2. 相對消波室長度(B/L) 在0.12~0.16之間時，Kr有最小值0.2。(如圖6所示)
3. 波浪之週期為4~7秒之情況，如圖2之斷面，其Kr值約為0.40。

四、消波式鋼板樁碼頭斷透視圖，如圖7。

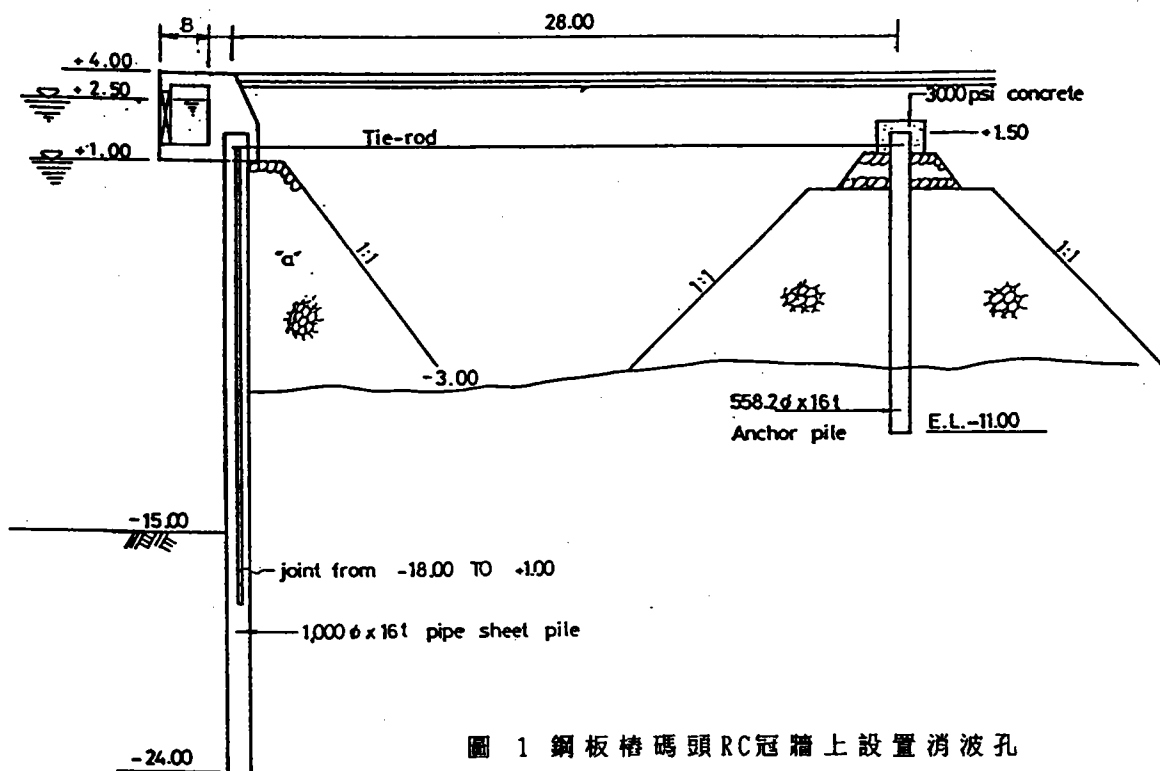


圖 1 鋼板樁碼頭RC冠牆上設置消波孔

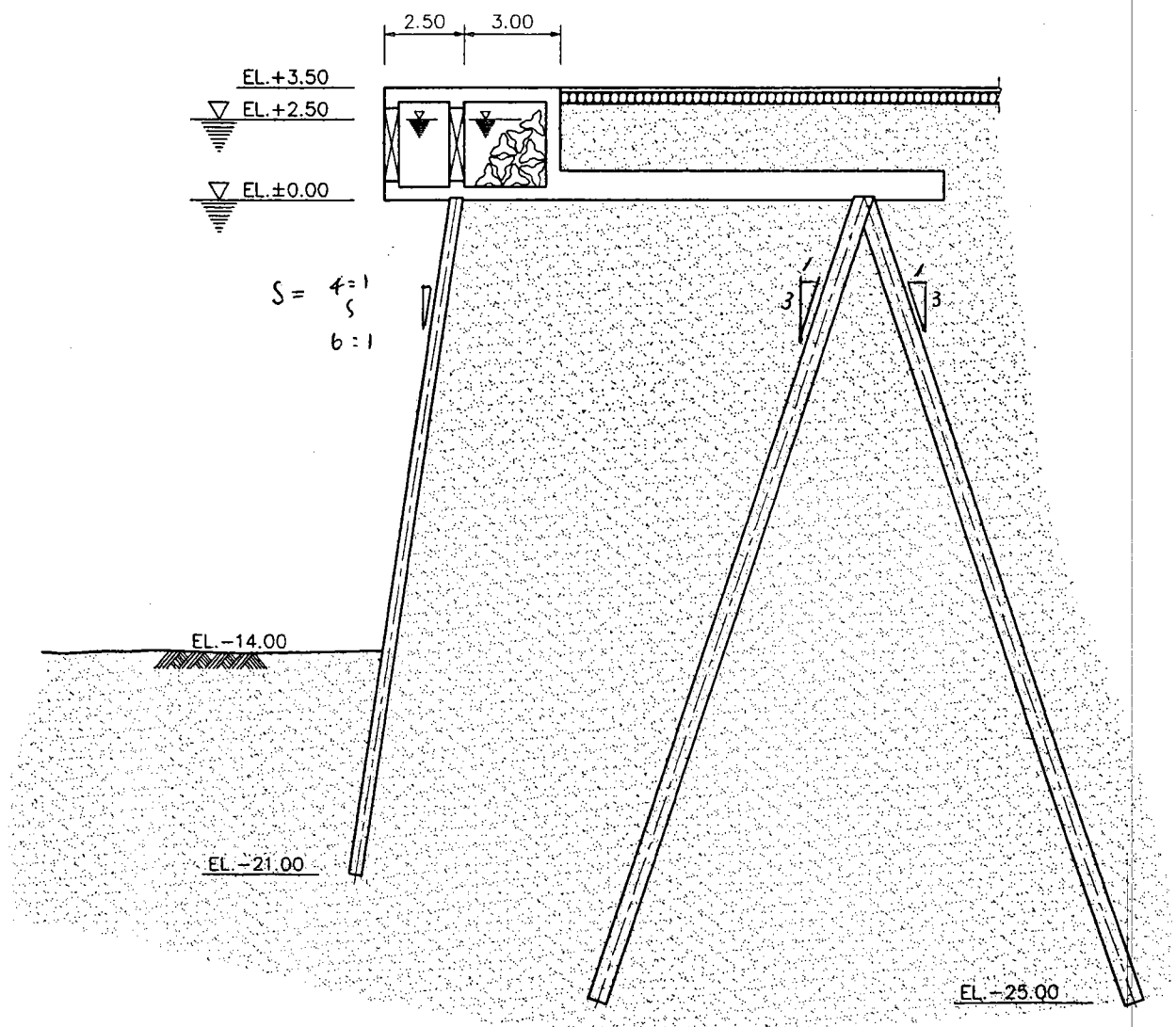


圖 2 消波式鋼板樁碼頭斷面圖

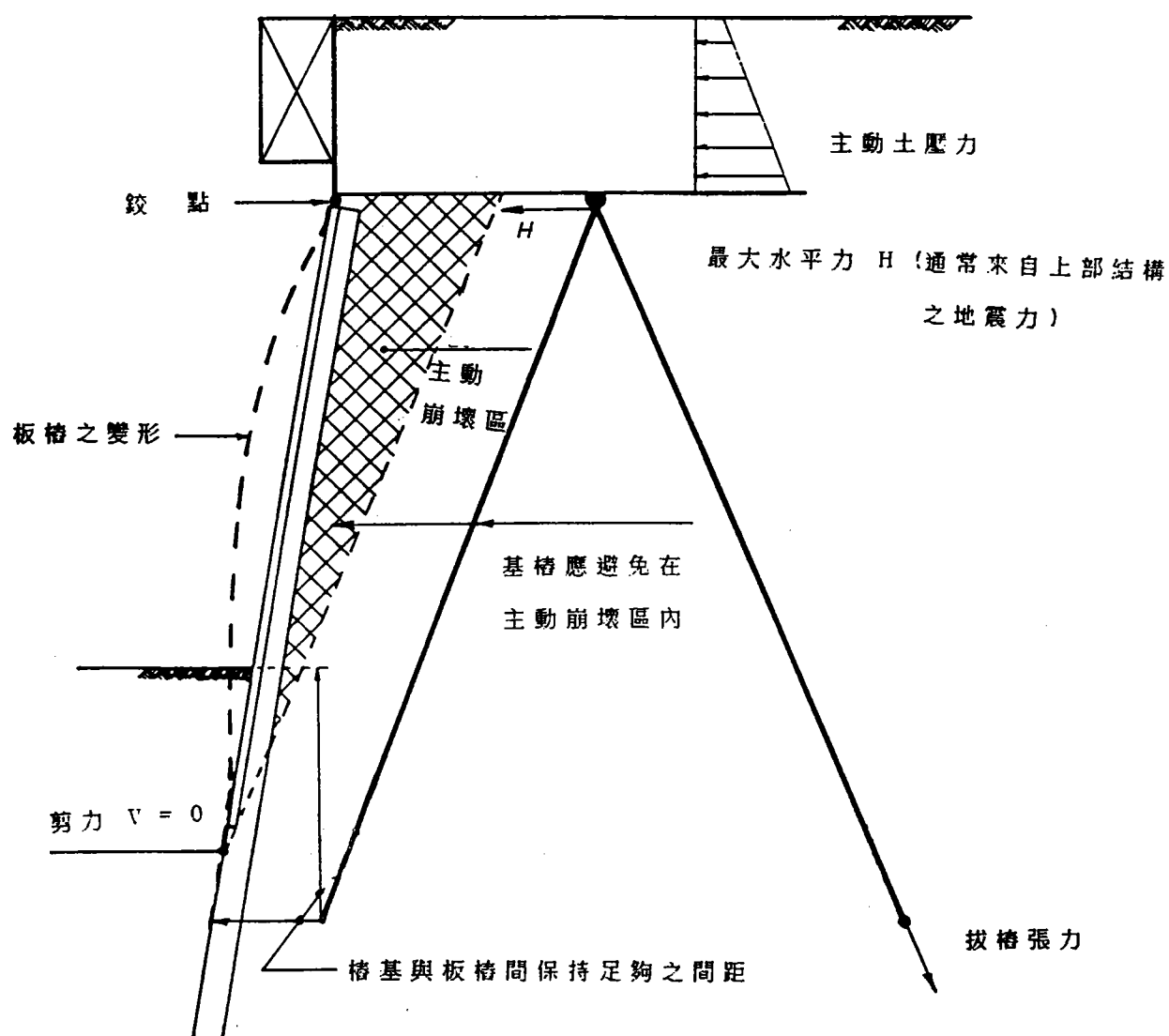


圖 3 結構設計要點

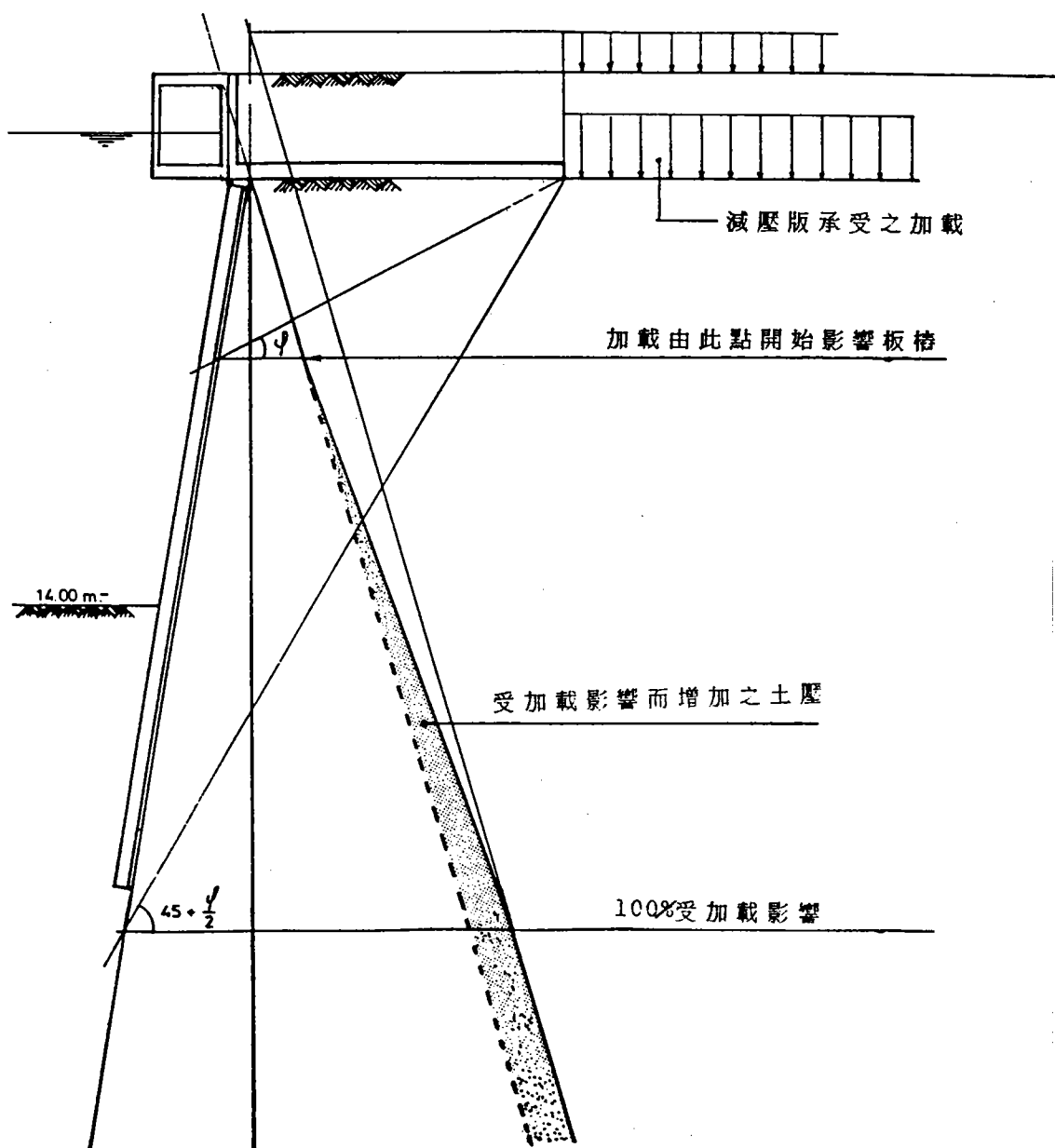


圖 4 減壓版對板樁承受土壓之影響示意圖

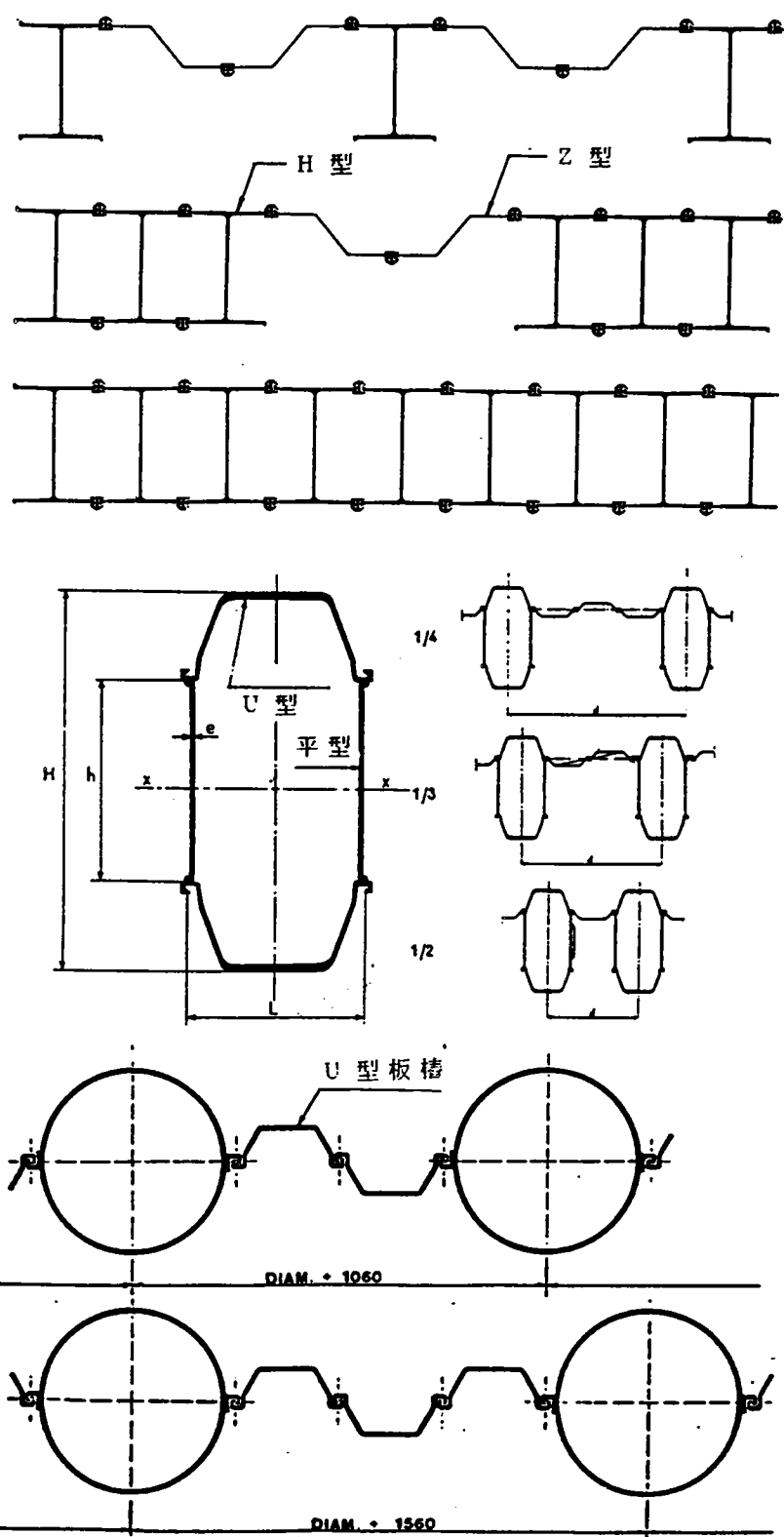


圖 5 可行之組合型鋼板樁断面

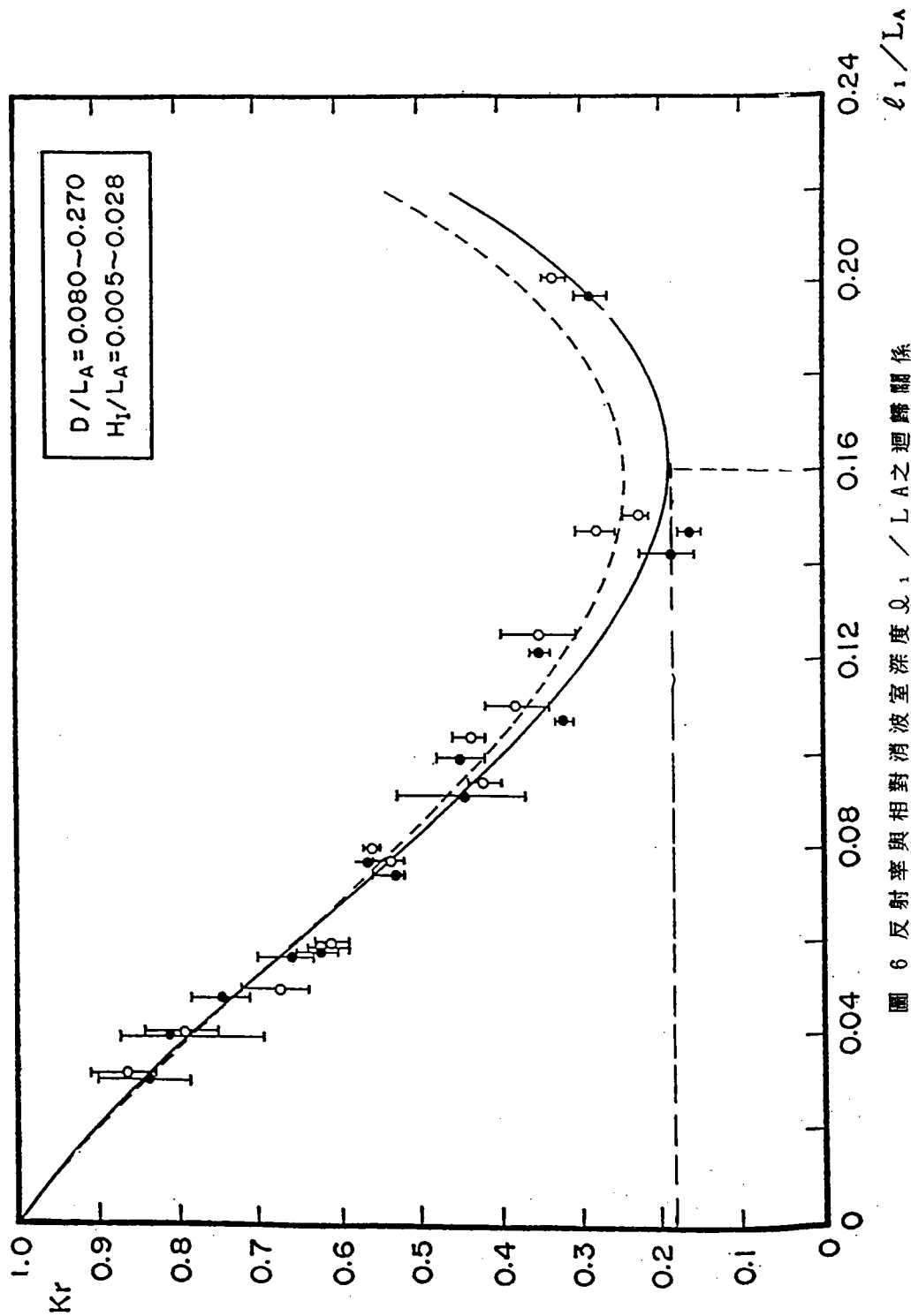


圖 6 反射率與相對消波室深度 l_1/L_A 之迴歸關係
 (開孔比 1:3; 最低潮位 --- 、平均潮位 —)

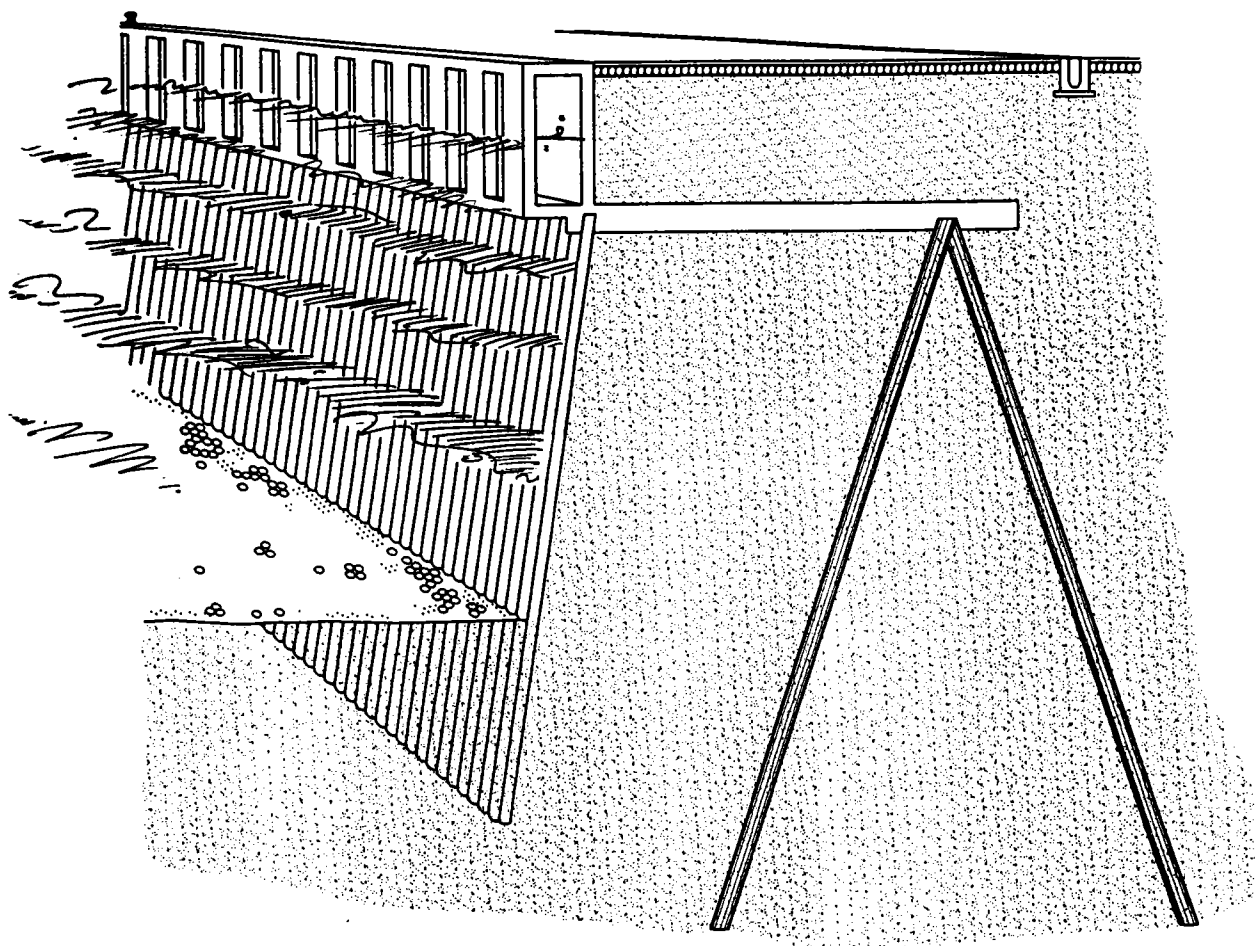


圖 7 消波式鋼板樁斷面透視圖

雲林沿海地區地下水位變化 與地層下陷之關係

賴聖耀

臺灣技術研究所副研究員

一、引言

雲林沿海地區的地層下陷長久以來一直困擾著政府相關單位及當地居民，並妨礙這些地區之發展；最近因為環境與土地等因素之影響，這些地區卻可能成為台灣地區未來之工業重鎮，地位不可同日而言。但是至目前為止，這些地區地層下陷仍未獲得改善，本文特針對地層下陷較嚴重之宜梧、台西兩地區之地下水位及地層下陷量測資料，探討其地層下陷之特性，以期作為防治之基礎。

二、超抽地下水引致之有效應力增量分佈

超抽地下水引致地層下陷，一般可分為二類，一為自由水位下降引致之淺層沉陷，另一為受壓水位下降引致之深層沉陷。

若由於自由水層受到過量抽水，引致自由水位下降，其有效應力增量僅分佈於最淺層自由水層及其下之難透水層(aquitard)或粘土層，而其他之受壓水層(aquifer)及粘土層則無有效應力增量產生，其分佈情形如

圖1所示，由於在有效應力增量存在之土層，才有土壤之壓密或壓縮現象，因此超抽自由水層產生之沉陷屬於淺層沉陷。

若由於受壓水層受到過量抽水，而致受壓水位下降，其有效應力增量如圖2所示，除分佈於該超抽受壓水層外，並分佈於其上下之難透水層或粘土層，而最淺層之自由水層及其他之受壓水層與粘土層則無有效應力增量產生，由於超抽受壓水層引致之有效應力增量產生於土層深處，土壤之壓密或壓縮亦發生於深處，因此此種沉陷屬於深層沉陷。

三、地下水位變化與地層下陷關係

3.1 宜梧地區

根據水利局之觀測資料，宜梧地區自70年5月至79年10月共有7次水準點檢測資料，而地下水位自71年9月至78年2月期間，每個月皆有觀測資料，然後80年元月起工研院能資所，在宜梧國中有分層之地下水位及分層沉陷之觀測。茲將上述觀測資料繪製成圖3。

由圖3得知76年11月至77年5月，其地下水位下降達26.4公尺，而地層下陷並未發生，然而78年4月至79年10月之間，地下水位未下降反而回升，但地層下陷量卻高達40.14公分，有些學者之見解，認為此種現象為地下水位淺降與地層下陷間之延遲行為，但本研究認為是因地下水位之資料不全所造成之問題，茲分兩點說明如下：

(1)以往抽水之影響：

76年11月至77年5月有地下水位下降達26.4公尺而地層並未下陷，因此可判斷在76年11月之前，地下水位曾經下降大於或等於26.4公尺，而由圖3之研判，在70年4月至71年9月之間，宜梧地區雖未有水位觀測資料，但地層自70年4月累積至74年12月卻有41.38公分之下陷量，而且由宜梧附近如金湖、塭底等地區之地下水觀測資料，如圖4、5所示，可發現在69年至72年期間地下水變化極大，因此可推斷宜梧地區在70年4月至71年9月期間有極大之地下水位下降。因此此期間地層有極大之下陷量，而76年11月至77年5月地下水位雖再有26.4公尺之下降，其地層沒有繼續變化。

(2)深層抽水之影響：

由於以往之地下水位觀測皆為淺層自由水位變化之觀測資料，而最近幾年由於淺層之地下水漸受海水入侵之污染，魚塭養殖漸往深層之受壓水層抽取地下水，致使深層地下水位下降極大，而淺層之自由水位漸漸回升，然後保持穩定之水位，此項可由圖6之分層水位觀測資料得到證明，因

此可推斷78年4月至79年10月期間，淺層之自由水位雖然回升，深層之受壓水位因大量抽水而有極大之下降，致使地層約有40公分之下陷。

茲將上述兩項說明之地下水位與地層下陷間之關係補充如圖7所示，若以保守估計70年4月至71年9月期間淺層地下水位僅下降26.4公尺，而其地層下陷累積至74年12月共41.38公分，因此可推估宜梧地區淺層自由水位每下降1公尺，其地層約下陷1.57公分，若以分層地下水位資料推估78年4月至79年10月間，其深層地下水位約下降25公尺，而由水準觀測資料得知其地層下陷共40.14公分，因此可推估宜梧地區深層受壓水位每下降1公尺，其地層約下陷1.61公分。由上論述可得，宜梧地區淺層及深層，其水位與下陷比，皆約為60:1。

3.2 台西地區

根據水利局觀測資料，雲林縣台西鄉溪頂村之地下水位，自58年1月至79年12月，每個月皆有觀測資料，唯因埋設時間甚早，僅作淺層之地下水位觀測，其地下水位歷線，如圖8所示。

由圖8可知，地下水位由於抽水及補注，枯水期及豐水期之影響，致使水位歷線反覆著升降，而土層隨著水位升降，一直重覆著加壓及解壓之程序反覆進行。

由於土壤壓密可分為二部分，其一為土粒排列變形，另一為土粒及孔隙水之彈性變形，前者為土壤壓密的主要部分是不可逆行為，後者雖是可逆性變化，但其量甚小，因此土層因

解壓而產生之回彈極為微小，而且若加壓之壓應力較該土層過去曾經受到之預壓應力還小時，該土層之沉陷量亦極為微小。

因此本文在分析水位變化對沉陷之影響時，為了盡量減少預壓應力之干擾，不考慮解壓產生之回彈，以單向度壓密理論，配合間歇性荷重模式及變形相加成之重疊原理進行分析，分析結果其沉陷隨著時間歷時性之變化，如圖 9 所示。

為了檢視本文分析結果之準確性，茲將70年5月、75年5月、76年4月、78年4月之地層下陷檢測資料與本文分析結果比較，由圖10可知，70年、75年、76年之檢測資料與本文分析結果相當吻合，由此可證本文分析結果相當準確，唯78年4月之檢測資料較本文分析結果多出 7.443公分之下陷量，由此結果顯示，此期間已有深層沉陷7.443 公分，亦即多出之下陷量為深層抽水之影響，此種結論與宜梧地區之分析結果互相應證。而由筆者與雲林地區養殖戶訪談之信息中，亦獲知約78年左右，雲林地區養殖面

積急速擴大，淺層抽水已不敷使用，而且淺層自由水層已有鹽化污染現象，因此大量抽取深層之受壓水層。

由圖 9 分析之地層下陷歷線可知，台西地區58年至81年淺層之地層下陷約 1 公尺，而這期間地下水位變化，如圖 8 所示，約下降14公尺，因此台西地區淺層之水位與下陷比約為14：1。

四、結論

- (1)由雲林地區之地下水位變化資料與地層下陷檢測資料之探討可知，約民國78年之前，地層下陷造成之主要原因，為超抽淺層自由水層，而78年之後之下陷原因，除了78年以前超抽自由水層之稽延沉陷之外，主要為超抽深層之受壓水層。
- (2)由地下水位變化與地層下陷關係之分析可得，宜梧地區淺層及深層，其水位與下陷比，皆約為60：1，台西地區淺層之水位與下陷比約為14：1。

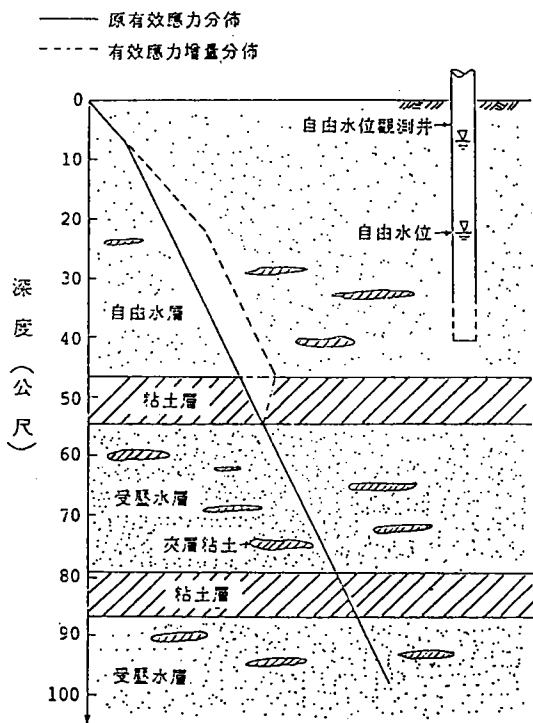


圖1 自由水位下降引致之有效應力增量分佈

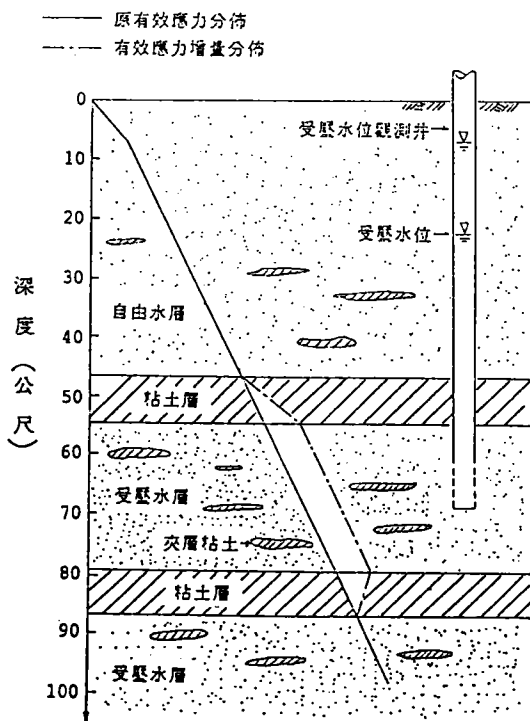


圖2 受壓水位下降引致之有效應力增量分佈

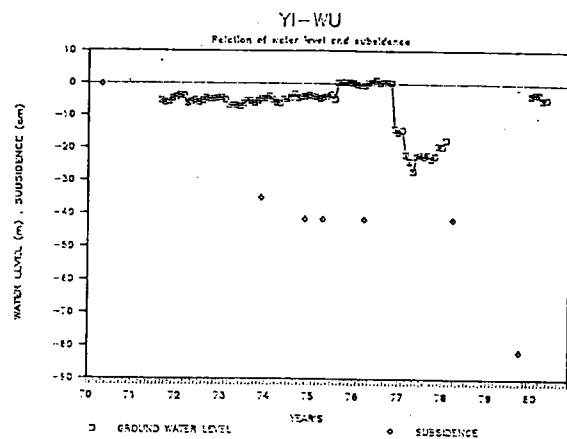


圖3 宜梧地區地下水位與地層下陷觀測資料

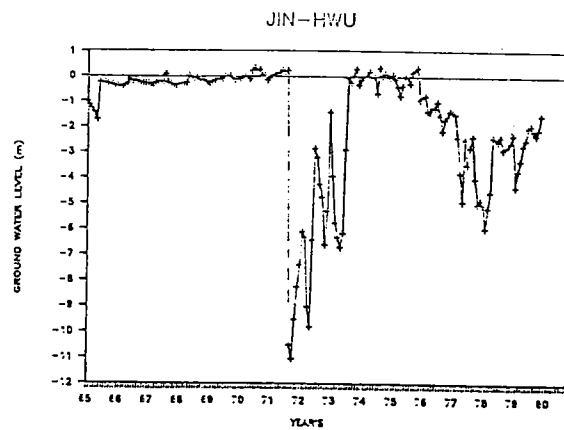


圖4 金湖地區地下水位觀測資料

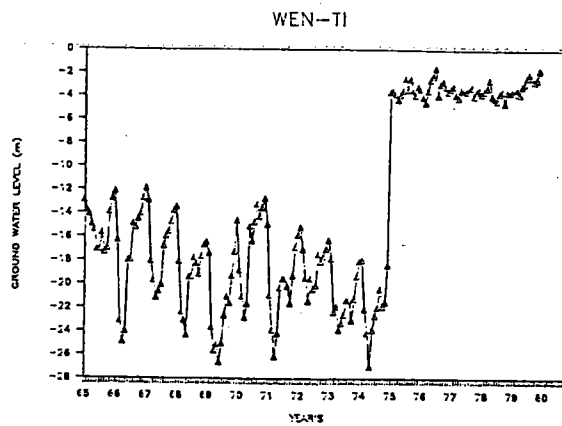


圖5 埭底地區地下水位觀測資料

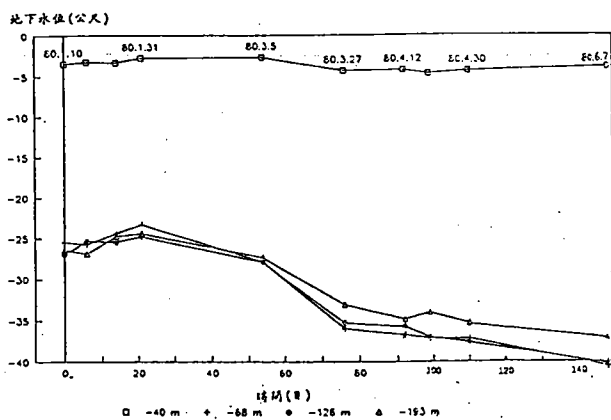


圖6 宜梧園中分層觀測井水位變化情形

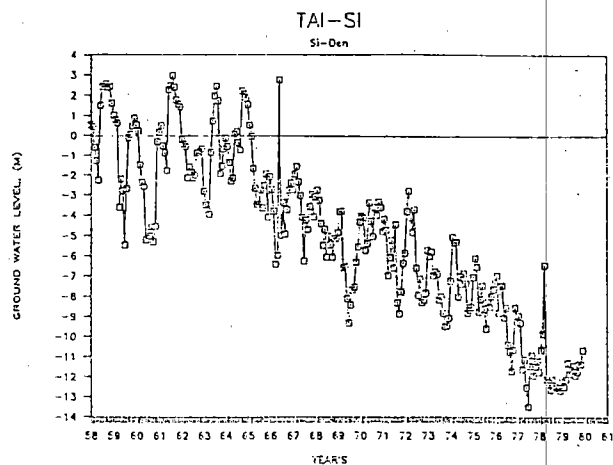


圖8 台西地區地下水位觀測資料

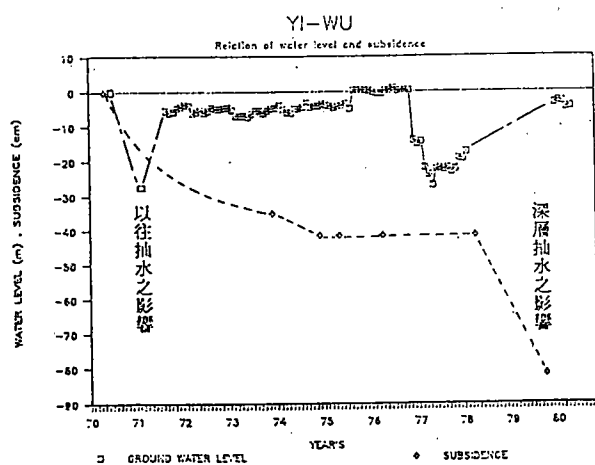


圖7 宜梧地區地下水位與地層下陷關係圖

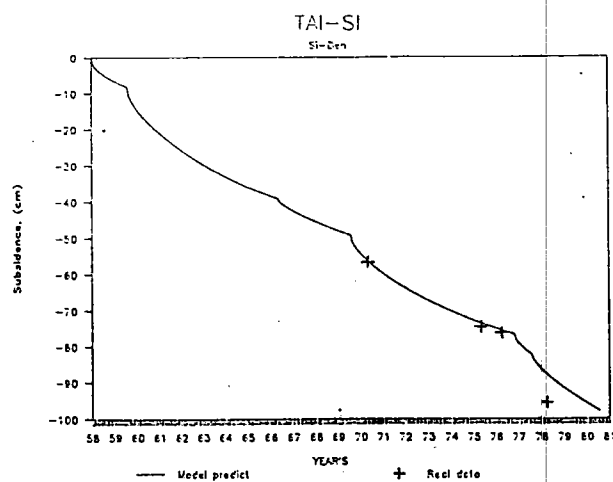


圖9 台西地區預測之地層下陷歷線與檢測資料比較圖

港灣技術研究所腐蝕與防蝕研究活動簡介

陳桂清

港研所副研究員兼港工材料組組長

一、港灣技術研究所簡介

港灣技術研究所係依據行政院民國68年頒發之「科學技術發展方案」於民國70年2月正式成立。本所位於台中縣梧棲鎮台中港區內，隸屬於台灣省交通處轄下之一技術幕僚單位。主要任務為研究發展港灣技術，培養及訓練有關科技人才，以及協助解決港灣建設所遭遇的問題。依業務需求，本所設有五組分別是海岸工程組，大地工程組，港工材料組，規劃設計組，及數學模式組，分掌不同研究領域，相互支援。有關鋼筋混凝土及鋼鐵材料腐蝕與防蝕方面之研究，則由港工材料組負責執行。

二、腐蝕研究活動與現況

台灣位處於亞熱帶地區，四面環海，境內終年高溫多濕，為一典型的海島氣候環境，鋼鐵材料在此環境中原本已較具腐蝕傾向，濱海地區空氣中含有高量的鹽份，加上海水中氯離子及其它硫酸鹽類等有害因子的存在，因此濱海地區的結構物，不論是鋼材或是混凝土材料所建造者，曝露於陸面上或是浸泡於海水中，均很容易發生腐蝕劣化現象。

長久以來，混凝土一直是被公認

為最具耐久性之材料，因此在港灣工程上亦大量地使用鋼筋及混凝土為各項工程的建造材料，但是由於港灣結構物長年曝露於腐蝕性強之海洋惡劣環境下，R.C.結構物極易受到鹽害的浸蝕而發生鋼筋銹蝕或混凝土劣化龜裂等現象，因此結構物耐久性引起重視。目前R.C.結構物之腐蝕問題已是全球性共同遭遇極待克服的問題。

基於上述的原因，本所自成立時，港工材料組之研究方向，即以相關混凝土材料特性及腐蝕探討著手，從早期的研究計劃「利用海砂作為混凝土骨材之可行性研究」，繼之對於各種混凝土材料相關特性之研究，到R.C.結構物及鋼結構物腐蝕與防蝕方面之探討等。多年來本所默默地以先驅開拓者之精神，投入大量的人力與物力，從事港灣工程材料腐蝕與防制的研究。

下面簡列本組歷年來已完成之研究項目：

本所基本研究計劃：

- 利用海砂作為混凝土骨材之可行性研究。
- 護堤雙丁塊在海中受外力作用後之力學反應研究。
- 纖維混凝土材料強度之研究與應用。
- 港灣R.C.結構物之耐久性研究。

●台灣海域之腐蝕特性、防蝕設計及材料之選用及開發研究。

其它機關委託研究計劃：

- 澎湖跨海大橋腐蝕調查研究（行政院科技顧問組委託）
- 鋼筋混凝土結構物腐蝕調查研究（行政院科技顧問組委託）
- 花蓮港舊東堤堤身灌漿加固方法可行性研究（花蓮港務局委託）
- 基隆港碼頭鋼結構物腐蝕調查研究（基隆港務局委託）
- 高爐水泥對港灣混凝土結構物耐久性及抑制鋼筋腐蝕效應之研究（中國鋼鐵公司委託）
- 基隆港碼頭鋼板樁檢測及其維護改善方案研究（基隆港務局委託）
- 港灣鋼構造物陰極防蝕之研究（匯茂股份有限公司委託）

目前本組正進行「港灣鋼結構物耐久性之研究」與「港灣R.C.結構物修理系統之評估」等研究計劃，研究對象仍然以五大港口結構物（或構材）之腐蝕情形為主，因為國內港口設施部份採用鋼板樁建造之碼頭，使用已有二、三十年了，且六年國建海下工程中，諸如高雄港第五貨櫃中心碼頭，台中港16號與30號碼頭，淡水碼頭及安平港等之興建，都將陸續使用鋼板樁方式來建造碼頭，因此，有關鋼板樁結構材之耐久性值得調查與探討。

港灣結構物大都浸泡於海水中，海水中含有豐富且繁之海生物（或污損生物）、細菌等，均易附著在結構物面上，這種因海生物附著所造成港工結構材腐蝕之問題，國內尚未有學

術單位做過全面調查與研究。本組基於研究需求，早於二、三年前開始著手對部份港口區內，做海生物附著於鋼板樁上之調查，可惜研究人力不足，加上相關海生物之學理背景不足，成效有限。為有效因應材料腐蝕防制策略與探討海生物腐蝕之機理，本所即將與交通部、中山科學研究院、國立台灣大學及國立海洋大學等相關單位共同合作，進行「港工結構材海生物附著與腐蝕之研究」以及「港灣碼頭鋼板樁塗裝防蝕之研究」。期望藉由研究群體之整合，大家發揮所長，務實地共同來重視及解決海水（面）下結構材料實際所遭遇的問題，如此亦可為海洋材料科技之發展略盡一點薄力。

三、研究設備簡介：

本所港工材料組研究重點主要是港灣混凝土材料及鋼材耐久性等問題，因此本於“工欲善其事，必先利其器”之觀念，本組添置有許多相關的混凝土材料試驗設備及材料腐蝕監（偵）測儀器與精密分析儀器，主要的試驗設備簡述如下：

- 混凝土材料分析儀器（各項骨材分析儀器）
- 混凝土物性測試設備（100T及200T抗壓試驗機，透水係數試驗設備，凍融設備，中性化加速試驗機，動態材料（疲勞）試驗機，材料熱傳導測儀，…）
- 混凝土現場非破壞性檢測儀器（超音波脈動速度量測儀，貫入試驗儀

- ，電阻量測儀，半電池腐蝕電位儀
...等)
- 化學成份分析設備（離子層析儀，
熱示差分析儀；DSC, TGA, DAT,
TMA)
- 電化學腐蝕量測儀（DC&AC.
Impedance, ...)
- 海水循環水槽兩座（一座供R.C.試
體長期曝露試驗用，一座供鋼板樁
及R.C.結構物進行陰極防蝕試驗用
）
- 掃描式電子顯微鏡（SEM&EDS）
- X-光繞射儀器（本年度購置）
- 材料熱膨脹係數測定儀（本年度購
買）

台灣西部海岸開發利用報導一

雲林離島式基礎工業區整體規劃通盤檢討

黃清和

港研所研究員兼海工組組長

壹、計畫緣起

雲林離島式基礎工業區開發計畫乃國內為因應十年後鋼鐵、鍊油、石化等基礎工業及火力電廠等建廠土地之需求，擬利用台灣西海岸海埔地規劃開發。本計畫雖於民國八十年六月廿六日奉行政院台(80)經20837號函核准編定開發，原規劃之工業區佈置如圖1所示。惟目前工業區北端麥寮及海豐兩區台塑企業擬申請做為六輕及六輕擴大建廠及工業港之用地，而台電火力發電廠之規模則由原16部機縮小為6部機，用地需求減少。因原有之工業區佈置已有改變，經濟部工業局為整體考量離島工業區開發計畫乃要求中興工程顧問社繼續對本開發計畫作通盤檢討，並提出可行具體有彈性之綱要計畫。工業局基於本計畫為大規模抽砂填海造地，為借重國外之經驗，乃請F.R.Harris公司與中興工程顧問社再次進行通盤檢討與綱要計畫工作之擬定。

貳、規劃方案評選

離島工業區原規劃引進之產業為

石油煉製、石化工業、煉鋼、電力等基礎工業及其下游相關產業。民國80年台塑集團向經濟部申請選定離島工業區的麥寮區及海豐區做為六輕及六輕擴大投資案的建廠用地，並於麥寮區及海豐區間建造一座水深20公尺的工業專用港，經行政院核准後確定。原工業區規劃之台西港雖處在全區最佳之位置，但由於與麥寮港相距太近，僅有7.5公里，其功能勢必互相重疊。而原先規劃之電力、煉鋼、煉油產業，因近年來經濟發展之改變，與六輕及六輕擴大的煉油業及石化工業之引進，並配合麥寮港之興建，其區位有重新調整之需要。

一、規劃原則

因離島式基礎工業區引進之產業多為基礎工業，其對環境衝擊較強，加以近年來國內環保意識提升，故在規劃上，朝減少對周遭環境之衝突為主要重點，其規劃原則如下：

- 1.採大面積建廠用地，以原狀售予開發單位自行開發。
- 2.順應自然規劃及開發工業區以減少周圍環境之衝擊。

3. 利用隔離水道（寬約500公尺），將工業區與現有海洋分隔，保留當地居民親水之機會。
4. 抽砂造地指定料源區，且不以破壞海岸地形之穩定為原則。
5. 釐定環境品質管制與空氣總量管制，工業區內之廢棄物採區內處置為原則。
6. 保留或闢建自然之潮間帶，防風林及綠帶以減少對生態環境之衝擊。
7. 因應工業區之長期開發，規劃上採分期分區開發之原則，並維持彈性，以利後續之發展。

二、規劃條件

本計畫之規劃條件是依據工業興辦人自行預測其未來產能需求及預估未來可能需要之其他工業用地，並配合政府政策規劃自由貿易區用地，工業區預計引進產業包括：

1. 台電公司表示有興趣設置6×750 MW之燃煤發電廠，預估土地需求600公頃及1至2個船席供運煤使用。
2. 中鋼第二煉鋼廠計畫最終產業為每年810萬噸，預估土地使用1300公頃及8個船席供原料及成品運輸之用。
3. 石油煉製業：本工業區乃中油煉油廠預定建廠用地之一，經與中油公司洽詢，預估其產量為每天30萬桶，約需1100公頃用地及6個船席供原料及成品運輸使用。
4. 自由貿易區：配合政府政策設置約2000公頃之自由貿易區用地。
5. 下游工業：本工業區之基礎工業對其相關之下游工業如石化、金屬等極具投資吸引力，這些工業用地需求約為1500公頃。

依據前述分析包括台塑集團所需用地2500公頃，本計劃初步所擬之用地共約9000公頃。

三、工業區佈置

本工業區造地及建港佈置，依據本地區之水深地形及麥寮港之佈置，基本上可採用以下三種佈置方式：

1. 單港口佈置：基本上於麥寮及海豐區南側造地，而以麥寮工業港為主要的港口運輸，並擴充港池供原料及成品進出口使用。
2. 單港雙港口佈置：由於單港口的佈置及港池較為狹長，不利船隻進出，規劃上仍以麥寮港為主，但在其南側增加一進出之港口。
3. 雙港佈置：由於基礎工業的原料運輸需求很大，如僅使用北邊麥寮工業港，對南側之產業勢必增加巨大之運輸成本，且重型車輛在港區內頻繁作業不利港口之使用，規劃上將工業區分為二區，於南區規劃另一港口，北區之麥寮、海豐區、新興區則使用麥寮工業港。

基於上述原則並考慮工業區開發時採用分期分區之原則，中興顧問社等共規劃11個方案，經採用多重標準分析評選結果顯示，雙港佈置乃為較佳之佈置，故中興顧問社又另提六種

方案分別進行海岸水理、地形、環境衝擊等分析，每一方案之開發成本則考慮抽砂造地、海堤、區內排水及地盤改良等四項主要之工程費，抽砂造地以每方計價，考慮最終造地工程為+4.0m並加上土壤壓密沈陷及抽砂造地損失之數量等，以評定較經濟及對周遭環境與現有海岸地形衝擊較少之最佳開發方案。

參、建議規劃方案

建議規劃方案經中興顧問社依經濟、海岸地形變遷及水理分析評估，其土地使用配置如圖2所示，歸納該建議方案有如下基本特性：

- 一、本區主要填地高程在+1.0 m~-10m之間，設計潮位為+3.71m，考慮30公分餘裕，規劃設計高程為+4.0m，填方將填至+5.8m，做為填方之沈陷和沿海養殖業抽取地下水造成地盤下陷之餘裕。
- 二、抽砂規劃：抽砂區位於外海8~10公里，水深-22m~-36m之海域，為將抽砂區水深定為-8m時，將有足夠之數量約11億立方可供填地之用，抽砂方式則使用自航式挖泥船抽取沙源，經由運輸卸於近岸之卸土區，再利用絞刀吹管式挖泥船，抽送至填築區填築。
- 三、造地區沈陷：雲林沿海地區因養殖業大量抽取地下水已造成沿岸地區約1m之沈陷量，目前正以每年最大約20公分的速率下陷中，而本工業區沈陷量計算結果顯示每填築一公尺厚度將產生沈陷約17公分，故工

業區平均填土厚度約需增加1~3公尺左右，而中興顧問社估算若未來抽水量增加，其外海地區沈陷量約為50公分左右，故建議在工業區開發時增加此部份之填土量，以補償造地沈陷之量。

四、隔離水道：工業區之設置在考量減少對周遭環境之衝擊及環保需求下，計畫規劃一寬約500公尺之隔離水道，將工業區與內陸分隔，此一水道除做為內陸及工業區之排水外，亦可提供良好遮蔽的環境供海域動物、植物棲息，增加本區之生態系統，另外隔離水道並可提供當地居民親水性遊憩的空間。

五、土地使用及運輸計畫：中興顧問社在考量聯外道路、當地之恒風風向、交通運輸、土地使用相容性、安全與防災、景觀與開放空間及保持彈性原則，規劃工業區建議，全區應設置三條主要聯絡道路與內陸連接。工業區南區北面部份，則規劃為公園、防風林及自然保留區等。

六、開發成本：工業區開發成本之估算僅考慮抽砂造地、海堤、排水及地盤改良等費用，工業區內道路、公共設施等未考慮，此部份由工業興辦人自行興建。若以平均單價而言，工業區之開發成本可估算為每公頃2,642萬元。

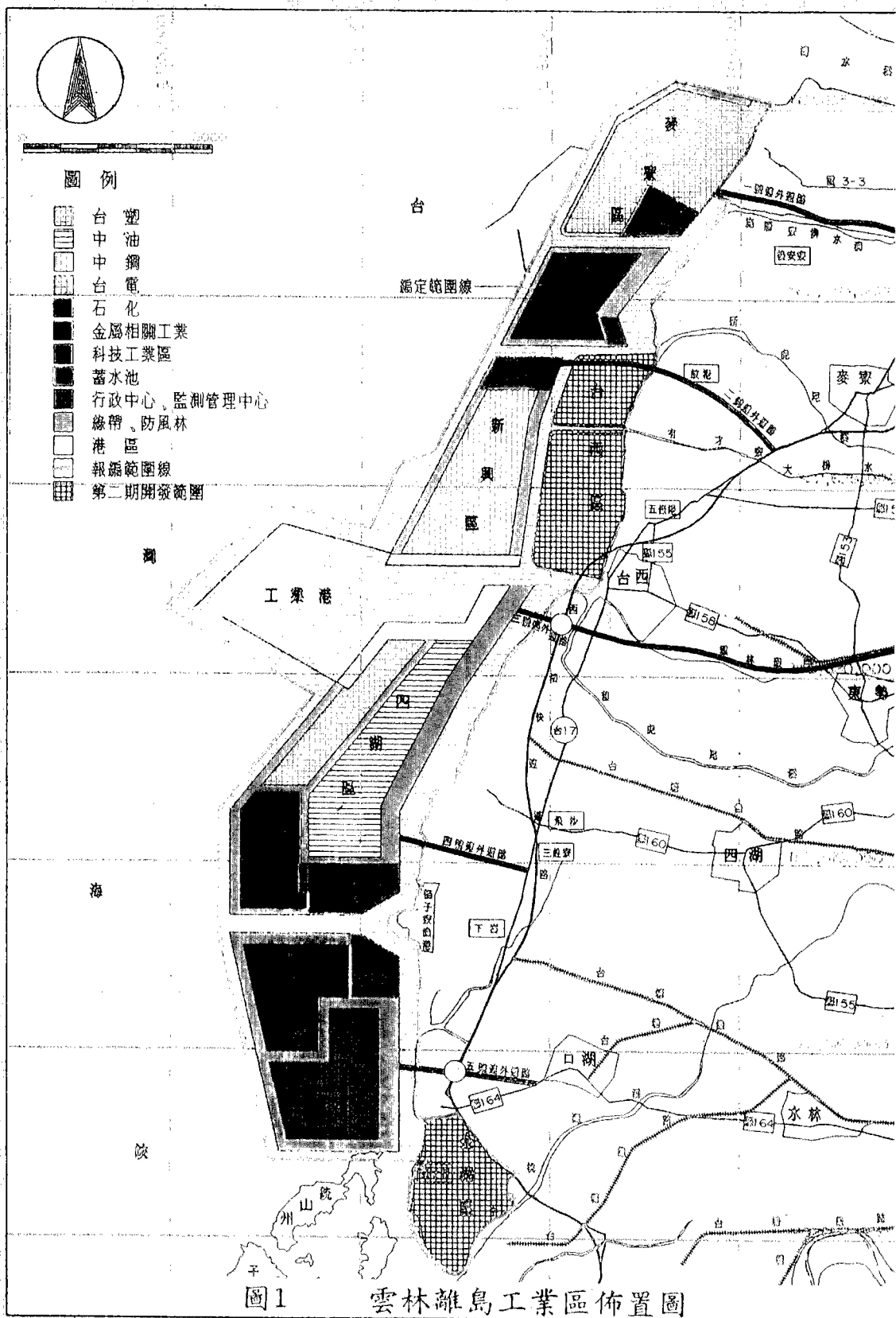
肆、預期效益

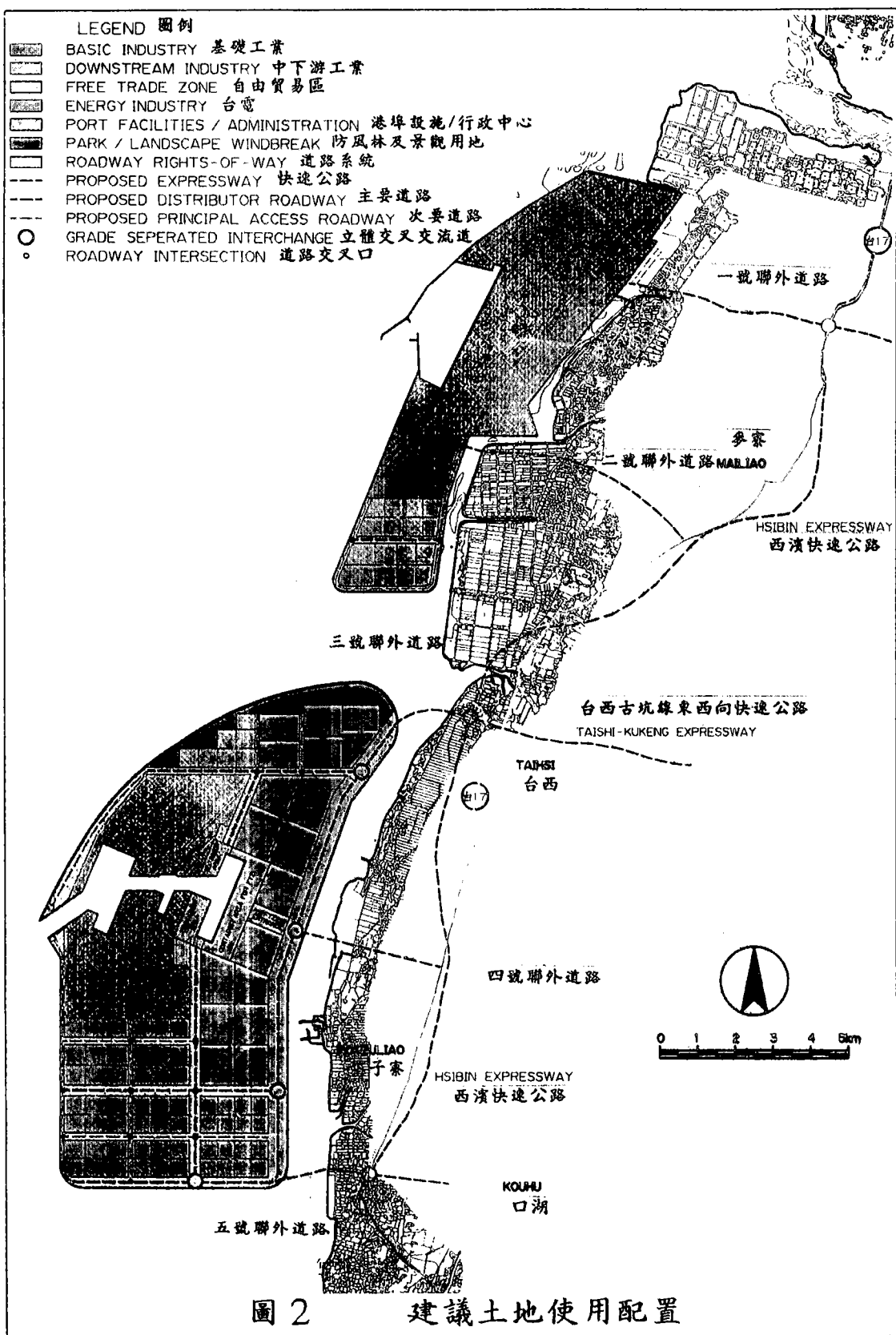
整個工業區之開發效益，除可提昇工業水準，擴大產業關聯之波及效果，並開發海埔地，促進土地資源有

效利用外，將因整體規劃、集中管理可有效控制工業污染，且對國家而言亦可達到區域均衡發展目標。對地方效益而言，本工業區全部開發利用後，估計每年可增收地價稅 5.6 億元以上，房屋稅估計每年可增收 16.2 億元等除可增加地方稅收外，尚可提供地

方就業機會，並加速公共設施與周邊社區之建設以及提升鄰近地區之生活層次。

（本文轉載自台灣省政府交通處「交通與安全」月刊第 274 期）





歐洲地區主要港埠貨物裝卸現代化之探討

王克尹

港研所助理研究員

一、前言：

由於貨櫃運輸在節省運輸時間和裝卸經濟上之效益與日俱增，九〇年代之雜貨裝卸貨櫃化已成為運輸之主流，回顧八〇年代後期貨櫃運輸環境的快速變遷主要有三方面

- (1)由於1984美國新的海事運送法生效 (New Maritime Transportation Act of United States) 使得太平洋地區某些運費同盟為之瓦解。
- (2)同盟外之獨立航商與退出同盟之航商日益增多。
- (3)超巴拿馬極限 (post panamax vessel) 之大型貨櫃船的出現，每船能載運4,000多TEU之貨櫃，已在全球展現出高品質之服務與競爭力。此外歐陸委員會已在整合歐洲經濟，因此貨物運輸管制之解除，在歐洲共同體內即將出現，為了符合上述快速變遷之運輸環境，歐洲地區各主要港埠主管機關已開始著手改善她們的貨櫃碼頭裝卸系統和文書資訊系統，以適應未來更快速、更精確、更有效率的運輸環境。本文旨在介紹歐洲地區主要港口貨櫃碼頭現代化之最新發展情形和最新的貨物裝卸自動化系統，提供國內港埠界參考。

二、貨物流通趨向及主要港口現代化之策略

歐洲各主要港口現代化之策略主要受下列運輸環境之變遷所影響：

1. 港口間之激烈競爭

歐洲地區，由於港口間彼此距離太近，因此各港口彼此間的競爭非常激烈，這種現象在歐洲共同體採行開放國境策略 (Open Frontier Policy) 後，將會更形激烈。此策略有關貨物運輸方面主要有二個條款：

- (1)解除國際公路運輸的許多限制，如國際貨物在邊境轉運之許可和貨物裝卸在兩國間之分配等。

- (2)廢除國際鐵路運輸之海關關稅。

在了解上述運輸條款解除後，未來貨物裝卸可能集中在少數能提供高品質服務和高效率裝卸之港口，歐洲共同體各會員國之每個港埠主管機關均努力去改善港口設施，提昇服務品質，以迎合港埠使用者之需求。例如：興建運銷中心 (Distribution center)，改善電子資訊系統，同時極力從事市場研究，投入行銷和廣告服務 (Marketing and Advertising) 以吸引貨物流向她們的港口。每個港口均提供計劃專用室，用以展示港口服務。歐洲地區大部份的港口均把注意力集中在鹿特丹港 (port of Rotterdam)。

rdam)，因為她不但是歐陸第一大港，同時更在1988年和安特衛普港（port of Antwerp）彼此爭取Sea land公司長期合約中獲得勝利，依據鹿特丹港務局說明，她之所以能擊敗比利時的安特衛普港，主要的理由是鹿特丹港之E.C.T.貨櫃碼頭即將發展無人駕駛之自動搬運車A.G.V.系統（Automatic Guided Vehicle）來進行貨櫃裝卸，以節省人力和時間。這套系統能使鹿特丹港比其他港口更經濟，更有效率地去裝卸貨櫃。因此，目前在歐洲大部份的港口都以鹿特丹港為目標，各港均盡一切努力去吸引貨源，以便和鹿特丹港競爭，希望能當作各種貨物進入歐洲地區之門戶地位。

2. 港口之民營化

歐洲地區港口有許多不同的經營型態和管理系統。法國中央政府本身直接介入港口之興建，而荷蘭、比利時和德國則由地方政府經營港口，在英國則由私人公司在政府監督下經營港口。

在法國，港區土地和地上建物中央政府均擁有所有權，而將它出租給私人公司。在港區內，港務局對港口之經營管理，一度曾由中央政府控制，自從1967年以後，港務局才改由委員會控制，委員會中各委員是由中央政府與私人公司各佔一半之比例組成。

在荷蘭、比利時和德國、港埠設施（碼頭、岸壁）是由地方政府所擁有並負責維修，而裝卸機具（例如：起重機、車架）則由民營公司提供。

岸上設施（碼頭、倉棧）則租給民營公司，在這三個國家內愈來愈多的港口都逐漸走向民營化，以便充分利用民營公司的活力。例如漢堡港，以前雖然由地方政府成立的公營公司負責港區內所有貨櫃之裝卸，現在有一家民營公司（即Eurokai）已被允許，亦能在港區裝卸貨櫃。Eurokai以民營公司營運之長處，和積極有效率的作業，已在港區內吸引相當多的貨物。

英國的菲力士多港（port of Felixstowe）是在前首相柴契爾夫人為避免港口工會罷工之威脅下請求建造之港口，這個港口是目前英國境內裝卸量最大之貨櫃港口，因此可以說是港埠民營化一個成功典型的案例。由英國內閣的策略來考慮英國港口經營管理之發展傾向，朝向民營化將是無庸置疑的。因此儘管在港口經營管理型態上有某些差異，在歐洲地區港口之民營化趨勢，在未來將會更普遍。

3. 自動裝卸系統

在歐洲各港口貨櫃貨物之裝卸，大都仰賴技術專精，成熟的碼頭工人。不過，由於技術成熟和半成熟勞工之減少，以及勞工對薪資上漲之需求壓力不斷地增加，導致港埠單位引進自動化裝卸系統之需求。

鹿特丹港的ECT Delta貨櫃碼頭首先引進雙重貨櫃裝卸系統（Double trolley System），即使用所謂的雙吊桿貨櫃起重機，以便快速地裝卸貨櫃。傳統上一部大型貨櫃起重機需花費較長的時間去裝卸一個貨櫃，為了

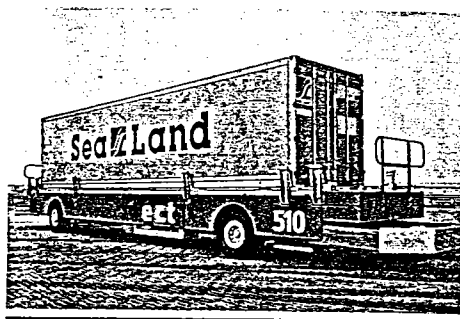
節省裝卸時間，此系統使用一隻吊桿去裝卸由船邊至岸邊之貨櫃，而另一吊桿則藉由自動平台之搬運將貨櫃從岸邊移至車架上，反之亦然。這是非常有效率的貨櫃裝卸系統。通常一般貨櫃起重機每小時能裝卸26~30個貨櫃，而雙吊桿貨櫃起重機每小時能裝卸60個貨櫃。

除此之外鹿特丹港亦引進車架安裝系統(chassis loader system)，類似一種滑落架，附有導軌(guide rail)能使貨櫃自動地安裝在車架上。每部拖車同時能連結5個車架，此即所謂的多重拖車系統(Multi Trailer System)以達到更精減的人力運用。

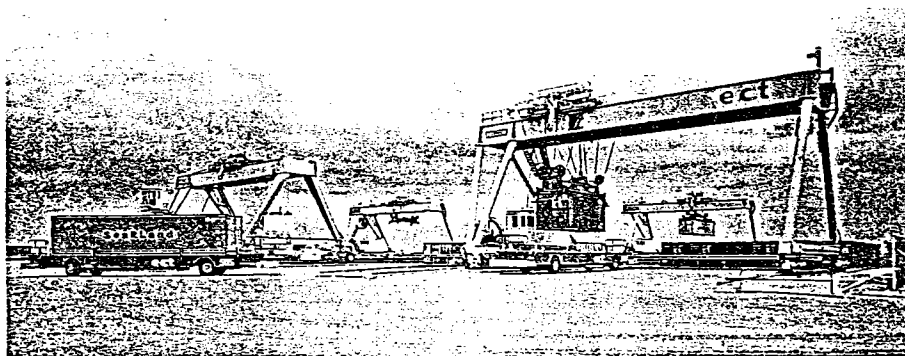
E.C.T. Delta貨櫃碼頭預計93年將使用最現代化之貨櫃碼頭(目前整套系統正積極測試中)，屆時ECT將提供50部無人駕駛之自動搬運車(AGV)(圖一)，來載運起重機與貨櫃堆積場間之貨櫃。貨櫃堆積場將安置25部無人駕駛之自動裝卸門式機(Auto-

matic Stacking Cranes A.S.C.) (圖二)用於貨櫃之自動堆積、存放和隨意領取之用。A.G.V.和A.S.C.都是在控制室內由電腦控制，因此能比傳統的作業方式達到更節省成本之目的，享受經濟規模之益處。

E.C.T.貨櫃碼頭的基本策略，即是追求全自動化的電腦系統，以便充分利用廣大空間的效益，達到更精減之人力，更經濟之裝卸和更快速之服務，以持續在進入21世紀時，在所有競爭港埠中保持領先之優勢。



圖一 無人自動搬運車 (AGV)



Automated Guided Vehicles and Automated Stacking Cranes at the ECT / Sea-Land Delta Terminal

圖二 AGV與ASC作業情形

4. 規格型態的改變：

(1) 船舶的大型化：

目前的海運市場是超巴拿馬極限船型的年代。APL的C-10型貨櫃船(圖三)有54,500載重噸,能裝載4300 TEU貨櫃。船舶全長(LOA)275公尺,寬40公尺,甲板上相當於排列16排平行之貨櫃導槽(Cell's row),船舶的航行和作業完全電腦化。依據APL在日本橫濱港之經理(Mr. Fukuda)指出C-10型超巴拿馬極限貨櫃船載運之貨櫃,每延噸海運之費用比能裝載3600TEU,全長200公尺和13排導槽之巴拿馬極限貨櫃船節省50%,他同時指出在未來貨櫃船將會更大型化,以達到更經濟之作業效果。除了APL之外,日本大阪三井商船(MOL)已訂造兩艘可裝載4800個20呎貨櫃之超大全貨櫃輪,馬來西亞國家航業公司(MISC)也建造4500 TEU的貨櫃船,未來可能引起一場貨櫃船大型化之競爭。依據日本貨櫃協會(Japan Container Association)JCA對第四代貨櫃碼頭設計所做之研究結論,可看出JCA之研究假設最大之超巴拿馬極限船為6,500 TEU,貨櫃船之規格LOA為345公尺,寬45公尺,吃水13.5公尺。新加坡港務局PSA規劃它的新Pasir Panjan貨櫃碼頭係針對載運5000 TEU之貨櫃船而設計。因此在進入廿一世紀之始,5000 TEU以上的貨櫃船可能隨時出現,船舶大型化之趨勢已經很明顯的出現了。

(2) 船席尺寸的增加

由於貨櫃船逐漸大型化,船席尺寸之比例也傾向於逐漸加大,儘管

300公尺長之船席已足夠巴拿馬極限型貨櫃船來靠泊,而C-10型貨櫃船卻需要330公尺至350公尺長之船席,同時亦需要14公尺或更大之水深,歐洲各主要港口鹿特丹、漢堡、馬賽港之船席都擁有14公尺之水深,而安特衛普港已經擁有15公尺之水深,可見船席尺寸和水深之加大乃是一個明顯的趨勢。

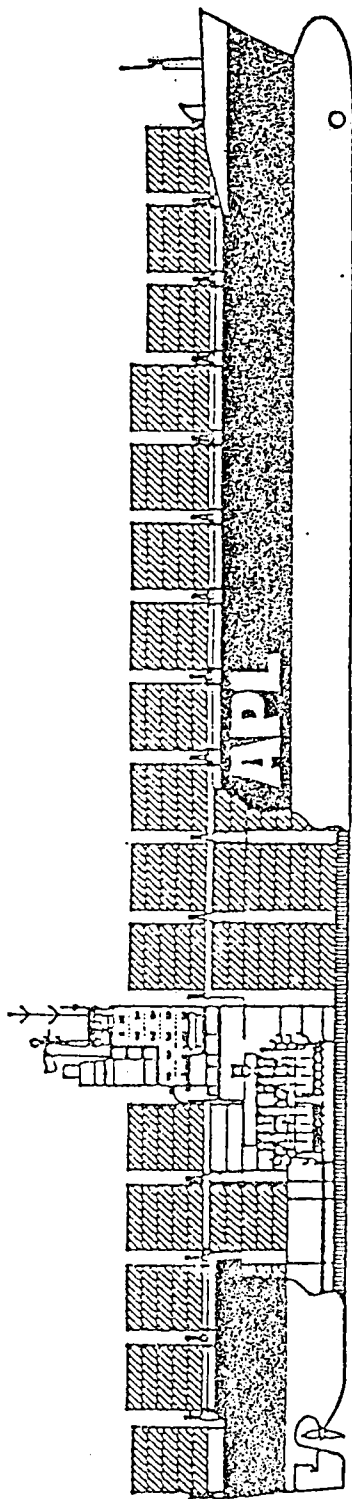
(3) 起重機之升級

為了符合貨櫃船之大型化和貨櫃重量之增加,超級起重機(post crane)配合著更長的前伸吊距(out reach),更高的絞力和更大的裝載能力已經出現,儘管C-10型超巴拿馬極限型貨櫃船仍未彎靠歐洲各港,但鹿特丹港、漢堡港和菲力士多港均已使用此種巨型貨櫃起重機,日本的神戶港、橫濱港和我國的高雄、基隆港也均具備此種超級起重機,因此裝卸機具的大型化也是一個明顯的趨向。

5. 智慧型網路系統

歐洲各港擁有各種不同型態的資訊和通訊網路系統,這些網路系統之一,可將船舶經紀人連接至港務局、碼頭經營者和船公司,另一型的網路可互相連接船公司,貨物承攬業(Freight Forwarders),海關和倉儲業者。大部份之港務局均擁有船舶網路系統,以便和領港,代理行交換訊息。碼頭經營者和船舶運送人保持密切的聯繫以便將貨櫃的狀態例如貨櫃存放的位置,裝載圖和目的地告知相關的使用者例如託運人,貨物承攬者和收貨人等。

在歐洲有二套非常優秀的智慧型



PRESIDENT TRUMAN - USA 1988

61 926 GRT
19 373 NRT
54 500 DWT
LOA = 275.20 m
LBP = 260.80 m
B = 39.40 m
H = 223.60 m
D = 12.50 m
S = 24.2 knots
P = 41 900 kW

Details: - Container capacity : 4 300 TEU
 - Reefer plugs : 250

圖三 C-10型超巴拿馬極限貨櫃船之規格

網路系統能使港埠單位和各項事業單位互相聯繫，它們就是由漢堡港所發展出來的DAKOSY系統，(DATA Communication System)和鹿特丹港使用的INTIS系統(International Transport Information System)。茲簡介說明DAKOSY系統如下：

DAKOSY系統係由船公司，裝卸公司、貨運承攬商和倉儲運輸公司所建立，本系統可接受和進行預約、運費轉移、結關手續、船舶資訊、文件處理和成本預估等一系列的程序。使用者在使用此系統時能享受到從預約到最後成交的服務。此外，此系統亦能當作個人對個人通訊信箱。安特衛普港的總經理Mr. J. Suyken 指出，他

們想和目前歐洲共同體各港現有之網路系統相連接包括DAKOSY和 INTIS系統。他同時指出歐洲共同體之港埠網路委員會已經在進行關於船舶和危險貨物之資訊交換，這個委員會將會是歐洲共同體組織智慧型網路系統的基礎。

三、各港設施及競爭點分析

歐洲地區各主要港口設施及機具
本文主要以英國菲力士多港、比利時之安特衛普港、荷蘭之鹿特丹港、德國之漢堡港和法國之馬賽港為主，茲說明如(表一)：

表一 歐洲地區主要港埠碼頭設施一覽表

	碼頭後線面積 (公頃) quay area(ha)	能量TEU capacity (TEU)	船席數 No.of berth	長度 length	水深 depth	起重機數 No. of crane
Felixstowe, U.K. 菲力士多港 (英國)						
a.Trinity Con. Ter.	24.0	16,000	4	662m	13.4	4/50.3t
b.Walton con. Ter.	13.5	5,354	1	305m	11.9	2/35.0t
Antwerp, Belgium 安特衛普港 (比利時)						
a.ACT. NV Con. Ter.	44.1	10.5ha		1,865m	15.0	19/35t
				752m	15.0	7/45,25t
b.Hessenatie CV	76.0	34,565	5	1,070m	15.3	4/40,70t
Rotterdam, Holland 鹿特丹港 (荷蘭)						
a.ECT(Delta)	24.0	16,000		1,250m	14.5	4/50.3t
(Home)	108.0			3,200m	13.0	4/28,50t
b.Unitcentre	24.0	10,000		800m	12.2	6/35t
Hamburg, F. R. G. 漢堡港 (德國)						
a.Burchardkai(HHLA)	160.0	13,000	10	2,400m	14.5	11/70t
b.Eurokai	80.0	16,500		2,100m	13.0	5/68t
Marseille, France 馬賽港 (法國)						
a.For Con. Ter.	33.0		4	1,130m	14.0	7/40t
b.Mourepiane	105.0			530m	11.7	2/40t

由表一可知各國國際港幾乎都有14公尺水深之船席，以滿足超巴拿馬極限貨櫃船之靠泊其中以比利時安特衛普港的15米水深最大，同時各港貨櫃起重機作業能量除法國馬賽港最大為40噸外，其餘各港均可到50噸至70噸

間，可隨時應付各類船舶來裝卸貨櫃。各港對未來船舶大型化之趨勢均保有合適的作業能力及彈性。

各港主要貨櫃碼頭之裝卸機具如（表二）

表二 主要貨櫃碼頭機具一覽表

Felixstowe, U. K.

a. Trinity Container Terminal

--Yard Gantry 13(35t), Mobile Crane 9(33t),
Straddle Carrier 4, Front Handler 82(40t), Tractor 121,
Chassis 415, ---Reefer Outlet 224, CFS 7,432m²

b. Walton container Terminal

--Yard Gantry 2(35.5t), Front Handler 1(25t),
Tractor 16, Chassis 58, ---Reefer Outlet 108, CFS 7,432m²

Antwerp, Belgium

a. ACT.NV Container Terminal

--Mobile Crane 2(45t), 7(60t), Front Handler
100(42t), Tractor 8, ---Reefer Outlet 40, CFS 9,800m²

b. Hesselantive CV

--Mobile Crane 2(52t), Straddle Carrier 40(40t),
Front Handler 6(18t), Tractor 2, Chassis 20,
---Reefer Outlet 174, CFS 7,720m²

Rotterdam, Holland

a. ECT(Delta)

--Yard Gantry 2, Front Handler 6(16t), Tractor 25,
Chassis 75, Trailer Train 25, ---Reefer Outlet 260,
(Home)--Gantry 4(35t), Straddle Carrier 40, Front Handler
30(13t), Tractor 77, Chassis 535, Trailer Train 8
---Reefer Outlet 536, CFS 1.7ha

b. Unitcentre

--Yard Gantry 6(35t), Front Handler 3(42t), Tractor
15, Chassis 20---Reefer Outlet 154, CFS 6,000m²

Hamburg, F.R.G.

a.Burchardkai HHLA

—Straddle Carrier 52(40t), Front Handler
20(40t), Tractor 12, Chassis 60, —Reefer Outlet 300,
CFS 14.3ha

b.Eurokai—Straddle carrier(30.5t), Front Handler 14(42t),
Tractor 22, Chassis 147—Reefer Outlet 328, CFS 5.5ha

Marseille, France

a.For Con. Ter.

(Eurofos)

—Front Handler 16(42t), Tractor 21, chassis 35,
(Intramar Delta)

—Front Handler 10, Tractor 12, Chassis 10

(Mafoo)

—Front Handler 10(40t), Tractor 20, Chassis 21

—Reefer Outlet 112

b.Mourepiane

—Yard Gantry 1, Front Handler 20(40t), Tractor 11
Chassis 8 —Reefer Outlet 50, CFS 27ha.

各港之競爭賣點分析

(1)菲力士多港(英國)

- ①英國境內最大之貨櫃港。
 - ②可藉完善的快速道路直通內陸腹地。
 - ③由於是新建之港埠，因此與碼頭工會之關係比英國境內各港口要好得多。
 - ④最新的貨櫃碼頭已經開始使用。
- (2)安特衛普港(比利時)
- ①歐洲地區第二大港埠，擅長於轉運業務。
 - ②港口緊臨大型工業區和消費市場。
 - ③與其他港口相比擁有快速的裝

卸和運送能力。

- ④即將引進最新的電腦資訊網路系統。
- (3)鹿特丹港、荷蘭
- ①歐洲地區之第一大港，也是全球第三大貨櫃港。
 - ②港口位置之優越性和安特衛普港一樣。
 - ③可藉由萊茵河將貨物轉運至歐陸各國。
 - ④E.C.T.貨櫃碼頭擁有全球最先進之自動化裝卸系統。
 - ⑤已建立運銷中心(Distripark)節省運送成本。
- (4)漢堡港、德國
- ①歐洲第三大港，特別是港內一

半貨櫃量之進出均運送至遠東各國。

②港口位置之優越性和安特衛普港一樣。

③貨櫃碼頭之擴建與其他更新計劃同時進行。

④DAKOSY系統是全球最先進之智慧型電腦網路之一。

(5)馬賽港、法國

①由於是新港，對貨櫃之裝卸有許多發展之空間。

②由於港口面對地中海，因此氣象條件非常合適。

③港口引進非常良好之PORTIS網路提供航商及託運人使用。

四、結語

由上述西歐各主要先進國家港埠之激烈競爭及港埠作業全力投入自動化以提昇裝卸效率，提高服務品質之策略，可看出自動化為未來港埠發展之方向。在即將進入廿一世紀之時，亞太地區各港之競爭情形就宛如西歐各港一樣，唯有擁有完善的設施（機具、船席、作業系統）及先進的E.D.I.智慧型網路系統和高品質之服務設

施與作業效率，才能有效地吸引大航商來靠泊。值此國內高雄港正在規劃興建第五貨櫃中心，基於其面積超過一百公頃，基本上為一條條件優越之貨櫃中心，未來之整體開發計劃建議應考慮含蓋下列各項：

1.發展為一個單一大型貨櫃中心且採民營化經營。

2.引進高科技，自動化之裝卸系統及儲存設施。

3.建立E.D.I.智慧型電腦網路系統，以提高服務品質。

4.設立貨物運銷中心（Distripark），增加產品附加價值，以吸引亞太地區半成品貨物進入港區再行出口。

5.改善海關作業效率。

6.重組碼頭工人組織。

7.碼頭由裝卸公司經營。

唯有全方位的考量與改善，才能在亞太地區各港埠激烈競爭之環境中撐握生機，立於不敗之地，並進一步帶動國家經濟成長與貿易起飛，因此整體而完善之港埠現代化發展計劃實不可或缺。而高雄港之發展在我國之港埠發展計劃中實居指標作用，因此不可不慎。

氣體及水力防波堤

莊文傑

港研所數學模式組副研究員

一、引言

近閱本所八十二年七月出版第二十五期『港灣報導』之季刊內，刊載有“「花蓮港現存問題及未來發展之探討研討會」內容簡介”一文，從其研討內容及結論摘要中發現，與會的諸多學者、專家對於花蓮港內港靜穩度的改善曾有於內、外港間狹窄水域設置“氣體防波堤”之建議。由於氣體防波堤(Pneumatic Breakwater)的概念、原理及效果在一般有關海岸工程之教科書中並未經常提及，而到目前為止防波堤採用此型式之實例又甚有限，因此不揣淺陋地就本人收集有限之有關文獻資料加以整理、消化，於此為文贅述，願此文能對從事及關心港灣建設之工程師們有所助益。

二、發展簡史

氣體防波堤(參見圖一)主要係利用一沈設於水底之打孔管線藉壓入空氣使其於管線上之水體產生一氣泡簾(Bubbles Curtain)構成，其研發始於西元一九〇七年，由一位名叫P. Brasher 的美國土木工程師首先提出並取得專利。Brasher 式氣體防波堤並於次年(1908)實際安裝於美國亞

特蘭市(Atlantic City)之Million Dollar碼頭(Pier)，另於一九一五年，於美國加州(California)的El Segundo 碼頭亦曾採用此型式之防波堤。據文獻資料指出，此兩氣體防波堤之安裝實例對於防浪之效果皆甚成功。當然，此式防波堤在當時陸續亦有置設，但並非皆具成效。其主要原因為在當時對於氣泡簾可用以防浪的機制(Mechanism)並未能完全瞭解，對於其效能(Performance)因此無法加以預估及掌握，故而後來即甚少再建造型式之防波堤。儘管如此，採用氣泡簾以防浪的構想在當時卻引起廣泛的注意與討論，對於其應用實例有些成功，部分卻失敗充滿好奇。故陸續有許多學者投入實驗研究，希望從實驗中找出氣泡簾的防浪機制及其效能之評估準則。他們確信，倘若在某些給定之海洋環境下，若氣泡簾之防浪特性能獲得預估，則對土木工程師而言將甚具價值。鑑此，一九二四年，英國位於Haslar的海軍實驗隊(Admiralty Experiment Works)及一九三五年蘇俄中央科學研究所(Russian Central)Scientific Research Institute)等皆曾陸續發表其實驗研究結果，由於當時之研究大多將注意力集中於氣泡(密度改變)及波浪之

交互作用，因此有關氣泡簾或氣體防波堤之防浪機制並未有一致之共識，直至一九三六年，屬於荷蘭 Delft 的 J. Th. Thijssse 在其實驗研究成果中首先提出建議，認為氣體防波堤之消減波能因子並非來自氣泡簾本身，而是氣泡簾之氣泡其自打孔管中被壓出並上昇至水面時，因其會在水面散逸而於表面某一深度內造成表面流速所致。此提議及看法於一九四二年及一九四三年分別由 S. G. Taylor 及 C. M. White 加以證實。至此，氣泡簾所以能消減波能以致形成所謂氣體防波堤的機制開始有所共識及瞭解（於一九四三年，Taylor 係以數學解析法解析水體表面流速對波浪之影響，並證明在某一大小給定之表面反向流速作用下，入射波浪當其波長小於某一定值下，波浪確實會因表面流之作用而阻滯消滅，而 White 則主要係應用空氣注入水體產生氣泡簾及於距水面一定深度內用水噴射產生表面流進行實驗比較研究）。值得一提的是在此同時，應用噴嘴於水體表面附近噴水產生表面流速藉以造成防浪之效果之配置即所謂的水力防波堤（參見圖一）構想亦一併被提出。一九五五年，英國 J. T. Evans 即針對氣體防波堤及水力防波堤進行一系列波浪受表面流阻滯之特性研究，同年，S. G. Taylor 並發表其理論解析結果，並與 Evans 之實驗相印證比較。至此，水力及氣體防波堤之阻浪機制方有其具體的理論基礎及依據。在水力及氣體防波堤對阻滯各類型波浪所需之能源及效能研究方面，一九五八年，美國 St. Anthony

Falls 水工試驗所的 L. G. Straub 等人曾有相當完整的實驗研究成果發表，關於水力防波堤應用於風浪之阻滯研究，一九六三年亦有加州柏克萊大學的 J. A. Williams 等提出研究報告。儘管研究自一九〇七年來即不曾間斷，阻滯波浪之機制也已瞭解，但限於能源、效能及使用海象環境等之限制，到目前為止，實際於文獻內可見的置設實例仍寥寥可數。

三、實驗資料

由於氣體防波堤之阻浪機制，主要係來自氣泡簾於水體表面所形成之水平流速，而此水平流速之縱深剖面分佈型態亦完全可藉由噴嘴於水表面噴水模擬。因此，氣體防波堤及水力防波堤，其兩者對波浪之阻滯特性而言，實際是甚為類似的。圖二為 J. T. Evans (1955) 對氣體防波堤及水力防波堤於實驗水槽內所量得深度剖面之流速分佈型態比較。圖三為氣體及水力防波堤運轉前後，其對規則入射波阻滯結果之比較。

J. A. Williams (1963) 關於風浪（不規則波）受水力防波堤阻滯前後之實驗波高及波潛分析記錄比較可參見圖四及圖五。

四、效能決定因子

覽閱並比較圖一至圖五的實驗示意乃成果比較後，相信已對水力及氣體防波堤已有基本的認識與概念，並且會對其波浪阻滯之效能感到驚訝。

只是要達到一定程度之波浪阻滯效果其決定因子仍相當複雜。以氣體防波堤而論，波浪被阻滯之效能係隨下列因子而變化：

- (1)入射波之波長、波高。
- (2)打管孔沈設之水深（入射波傳遞之水深）
- (3)打管孔單位長度之打孔數、孔徑及送氣量。
- (4)氣泡簾造成表面流速之影響深度（與因子(3)有關）

圖六及圖七即為考慮影響因子之實驗結果，於兩圖中， L 及 H 分別為入射波之波長與波高， V 為完全阻滯波浪所須之表面平均流速， D 為表面流速之影響深度。由於在Evans之實驗中，水深固定於3ft，觀察圖六與圖七知道，在波長約小於水深之兩倍即在深水波情況下，完成阻滯波浪之平均表面流速約與入射波長之平方根成正比，但其比例因子仍會隨波高之不同而各異，不過可確信的一點是波長愈長，欲完全阻滯特定波高之平均表面流速亦須愈大。

與氣體防波堤類似，影響水力防波堤阻滯波浪效能的主要因子亦可概括如下：

- (1)入射波之波長，波高及水深。
- (2)噴嘴之尺寸與間距及其距離水表面之設置深度。
- (3)噴水量。

圖八為Williams進行水力防波堤實驗之實驗結果，由圖中亦可知道，在水深固定下，欲阻滯之波浪波長愈長，其水力防波堤噴水所須之流量亦須愈大，綜合圖七與圖八之結果可知

，雖然水力及氣體防波堤對各種波浪特性皆有其阻滯效果，但消除波長較長之長浪其所必須付出之“代價”亦相對地必須增加。

五、波流交會理論之應用

探討影響深度為 h 之表面流速會對特定波長波浪產生阻滯效果之理論分析可參考S.G.Taylor (1955)之研究報告。圖九即為Taylor據以解析表面流與波浪作用之示意圖，圖九(a)為早期實驗只知表面流會對波浪產生阻滯效果，但卻未測得在影響深度內表面流速會不均勻分佈之解析模型，圖九(b)則為稍後實驗測得表面流其在影響深度內流速係不均勻分佈之解析模型。根據線性至一階解之波流交互作用理論，Taylor解得在圖九(a)表面流於其影響深度內若流速為均勻分佈情況，則入射波若其波長 λ 。小於 $2\pi U^2 g^{-1} \alpha^2$ 時，則入射波會完全被表面流阻滯， α_m 為 $g/U\sigma$ 之最小值，其值可由圖十中之虛線值查得。同理，解析圖九(b)之情況，可得 α_m 與 KU_2/σ 有關，其值亦可由圖十一中之虛線值查得，在圖十中， $\alpha = g/U\sigma$ ， $Y = KU/\sigma$ ，而實線為固定之 Z 值，且 $Z = gh/U^2$ ；在圖十一中， $\sigma = g/\sigma U_2$ ， $Y = KU_2/\sigma$ ，而 $Z = gh/U_2^2$ 。兩圖中，虛線分別表示不同 Z 及 Y 值所對應之 α 最小值，分別用 α_m 及 α_{2m} 表示，將兩圖中，不同流速（ α_m 或 α_{2m} ）對不同影響深度（ α_m^2/Z 或 α_{2m}^2/Z ）做圖，可得圖十二之兩種不同表面流速分佈

型式之比較結果，其中各型式之下支曲線係適用於 kh 小於1之情況。由圖十二可知，欲完全阻滯波浪入射，不同之表面流速分佈型態，在影響深度一致下，其最大表面流速 U 亦不相同，換言之，若 U 或 U_2 固定，其可阻滯之波浪特性亦各異。為建立實際之概念，Taylor曾以完全阻滯入射波波長小於100 ft之範例加以計算，計算結果如表一所示，表一說明，當均勻表面流流速愈大時，其影響深度需求愈小，反之則愈大，若均勻表面流演變為全流場之均勻流，即 $h = \infty$ 之情況，則均勻流速需求最小。此完全阻滯波浪之概念亦可藉由流之動量必須平衡於波浪之動量著手，也因此，約略可換算出在相同影響深度下，不均勻表面流速 U_2 必須達 $\sqrt{3}U$ 之大小時，方可與均勻表面流達到相同地波浪阻滯效能。在此值得一提的是若解析規則波與均勻流相交會，則在規則波與均勻流逆向交會時，於深水波條件下，只要均勻流流速約達入射波波速之四分之一大小，則理論上，此規則波將會被均勻流完全阻滯，應用此理論結果與動量平衡之概念，於估計表面流對波浪之阻滯效能時將甚有助益。

六、重要估算公式

關於氣體防波堤，由於影響其阻滯波浪效能之因子中有表面流之流速大小及其影響深度，而根據Taylor之研究報告指出，表面流之最大水平流速可用下式估算，即

$$U = 1.9(Vg)^{1/4}$$

V 為每秒每單位長度打孔管之排放氣體體積， g 為重力加速度，至於其影響深度，則可用下式估算，即

$$h \doteq 0.28D \text{ 且 } h \propto V^{1/4}$$

D 為打孔管沈設深度，有了 U 及 h 值後，根據Taylor之理論解析公式即可求得在特定之氣體排放量下，其可阻滯波浪之最大波長。若全流場內存在有全水深之均勻流，且其流速為 U ，則其可完全阻滯波浪之最大波長可用下式估算，即

$$L_{\max} \doteq 4TU$$

若流場全水深內存在有如圖九(b)之不均勻流速，根據 $U_2 \doteq \sqrt{3}U$ ，可得其可阻滯波浪之最大波長約為

$$L_{\max} \doteq \frac{4}{\sqrt{3}}TU_2$$

另根據Straub (1958) 針對模型縮尺之研究指出，有關氣體及水力防堤之水理量可用福祿相似律 (Froude's Law) 相互換算。

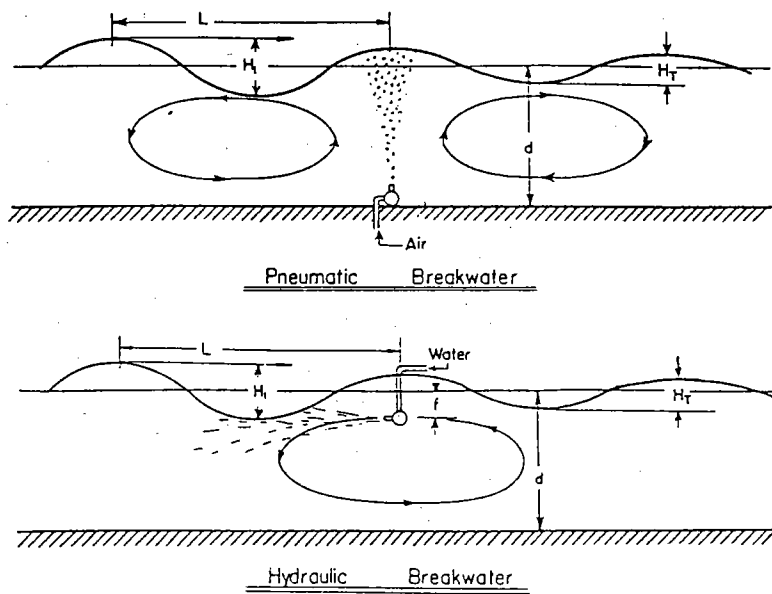
七、幾個看法

僅管理論上及實驗上皆證明氣體防波堤及水力防波堤對波浪阻滯及消減皆有其功效，但欲將其實施於實際之港灣工程中，誠如參與“花蓮港現存問題及未來發展探討”研討會之諸多學者、專家所言，其仍“尚待更進一步之研究”。因在現有之港灣佈置中，有關防波堤之規劃及配置大多早已對颱風及季風引至之波浪提出完善之因應對策，在此前提下，氣體及水力防波堤似乎並無“用武”之餘地，也無須再設置。設若欲阻滯之波浪為

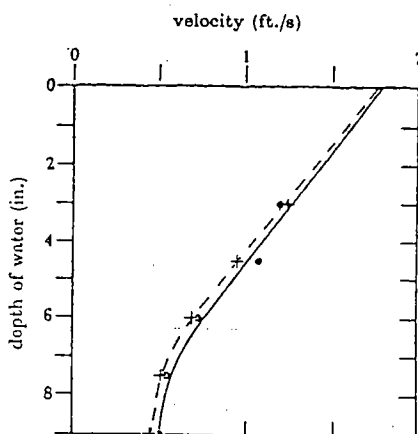
侵入港內之長波，則雖氣體或水力防波堤可擔當重任，但用其為對抗長波所須之能源及因其產生之表面流速及影響深度勢必皆會增大，也因此將可能對港域原有構造物及靠泊船隻安全造成另一層面之影響，僅管有以上之缺憾，但應用氣體及水力防波堤，以改善或增進港區水域之靜穩度卻是可行且效果是可預見的。此外，因在實驗水槽內進行之實驗其波高及波長相對於實際海岸工程所面對者而言一般皆不大，若能將氣體或水力防波堤應用於實驗水槽之消波及減少反射上，相信其應用及效能將可極致地發揮。

八、參考文獻

1. Evans, J. T., " Pneumatic and Similar Breakwaters," Proc. Royal Soc., A, Vol. 231, 1955, PP.457-466.
2. Taylor, G. I., " The Action of a Surface current Used as a Breakwater," Proc. Royal Soc., A, Vol. 231, 1955, PP.466-478.
3. Straub, L. G., Herbich, J.B. & C.E. Bowers, " An Experimental Study of Hydraulic Breakwaters ," Proc. 6th Conf. on Coastal Eng., 1958, PP.715-728.
4. Williams, J.A. & R. L. Wiegel, " Attenuation of Wind Waves by a Hydraulic Breakwater", Proc. 8th Conf. on Coastal Eng., 1963, PP.500-520.
5. Fannelop, T.K., Hirschberg, S. & J. Küffer, "Surface Current and Recirculating Cells Generated by Bubble Curtains and Jets," J. F. M., Vol. 229, 1991, PP. 629-657.
6. Muir Wood, A.M. & C.A. Fleming, Coastal Hydraulics, 2nd edition, THE MACMILLAN press LTD, 1981. P.230
7. Ippen, T., Estuary and Coastal-line Hydrodynamics, McGraw-Hill Inc., 1966, PP.398-399.

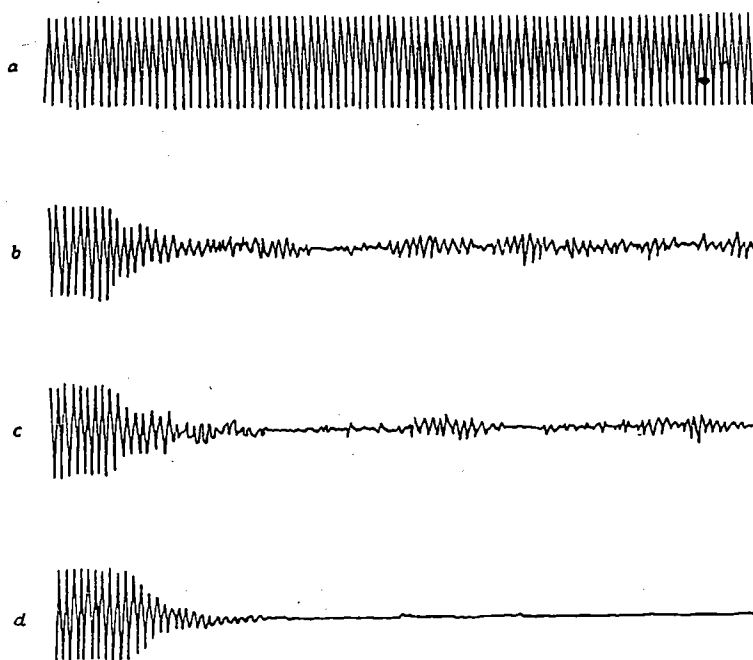


圖一 氣體及水力防波堤示意圖 (Straub, 1958)



圖二 氣體及水力防波堤引致之水表面流速分佈比較 (Evans, 1955)

- ：水力防波堤 (噴嘴壓力： 10Lb/in^2)
- ＋：氣體防波堤 (壓縮空氣量： $7.5\text{ft}^3/\text{min ft}$)



圖三 氣體及水力防波堤之阻浪效果實驗記錄 (Evans, 1955)

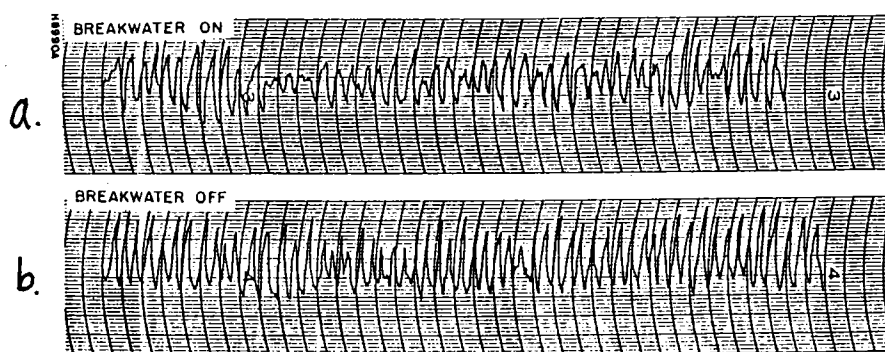
(a) 初始入射波浪記錄，波高3.5in，波長：4.75ft

(b) 波浪受氣體防波堤阻滯至波高僅剩原記錄之20%

(空氣壓縮量：7.5ft³/min ft)

(c) 波浪受水力防波堤阻滯至波高僅剩原記錄之17% (噴嘴壓力：10Lb/in²)

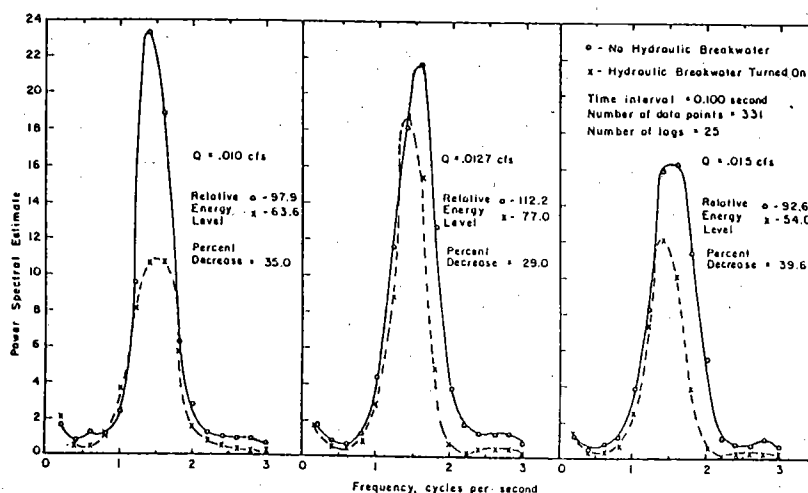
(d) 波浪受水力防波堤完全阻滯之記錄 (噴嘴壓力：12Lb/in²)



圖四 水力防波堤對風浪阻滯之實驗波形比較記錄 (Williams, 1963)

a. 水力防波堤啓動後之實驗風浪記錄

b. 水力防波堤未開啓前之實驗風浪記錄

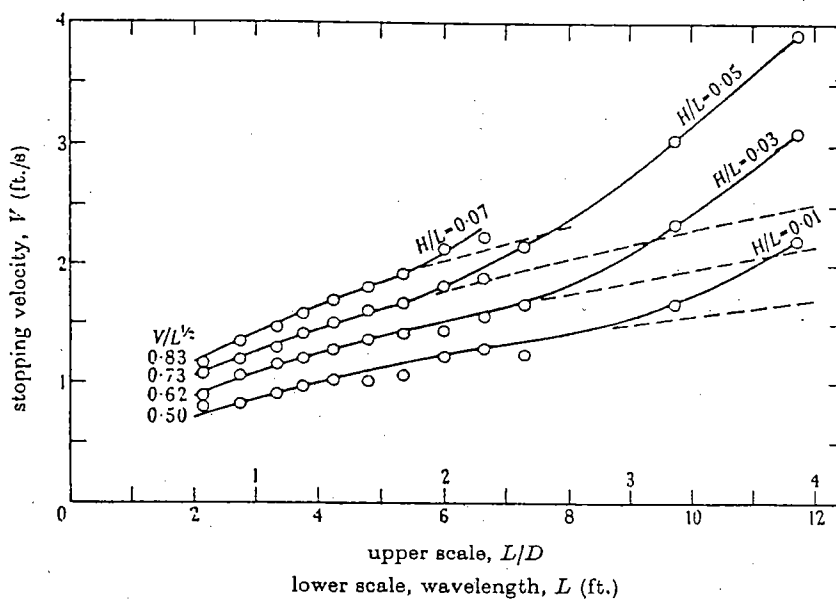


圖五 水力防波堤對風浪阻滯之實驗資料波譜分析 (Williams, 1983)

○及——：水力防波堤未開啓

×及----：水力防波堤開啓

(風速：41ft/s，吹送距離：41.5ft)

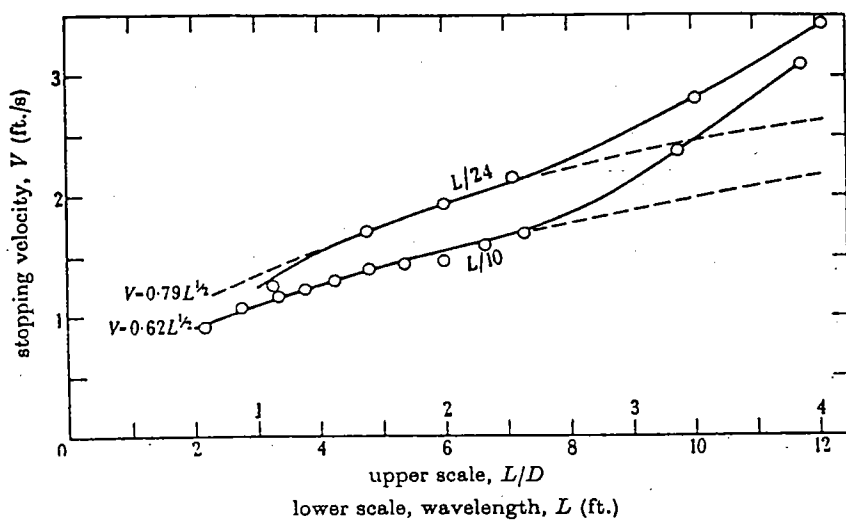


圖六 表面流速影響深度為 $L/10$ 時，完全阻滯波浪之

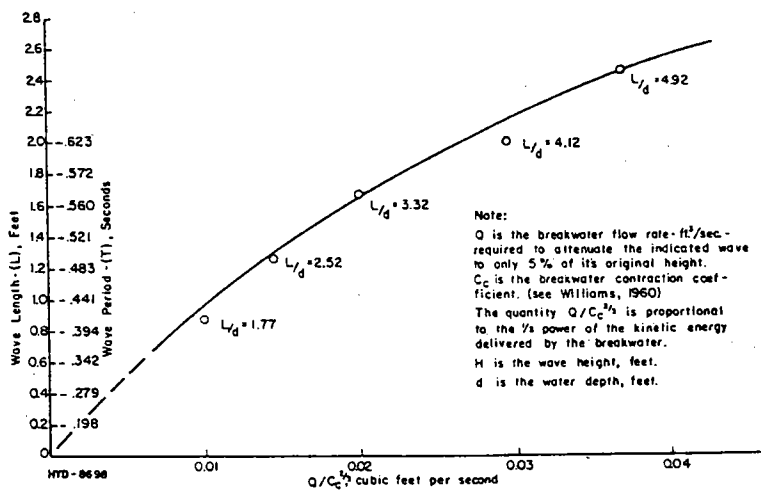
表面流速與波浪特性關係圖 (Evans, 1955)

實線：水深3ft之實驗結果

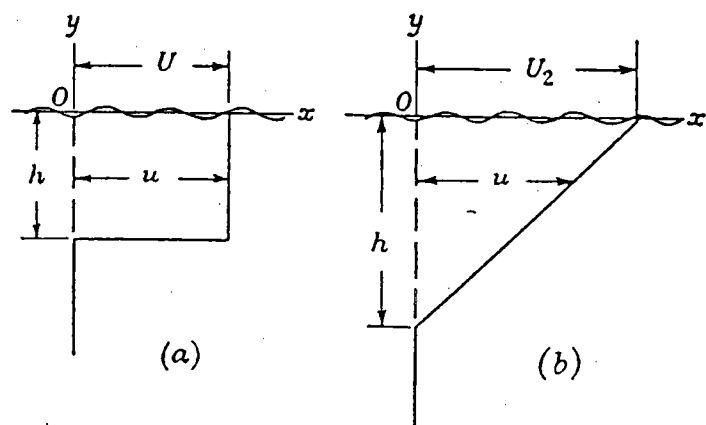
虛線：深水情況之估算值 (依Taylor, 1943理論)



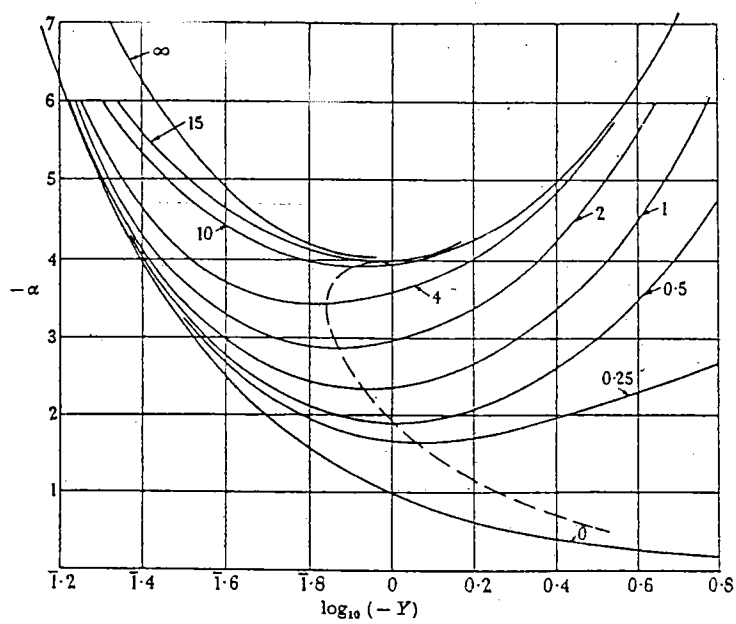
圖七 水深3ft, $H/L=0.03$, 表面流速影響深度 L/D 、
完全阻滯流速與波浪特性關係圖 (Evans, 1953)
實線：實驗值
虛線：估算值 (依Taylor, 1943理論)



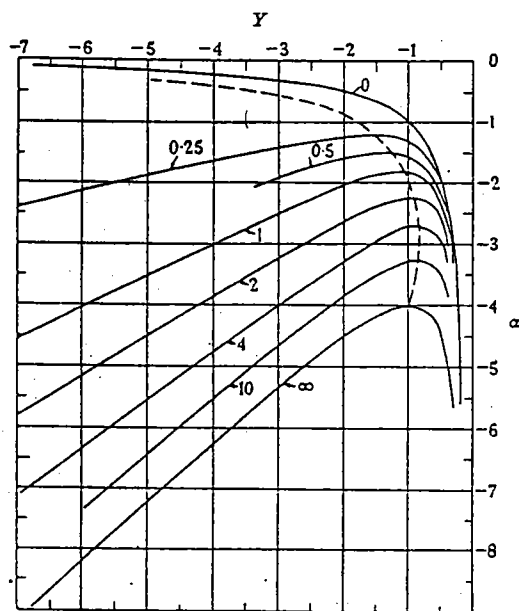
圖八 在模型比尺 $\lambda=8$, $H/L=0.38$, 噴嘴位於水表面下, 水力防波堤阻滯效
能達5%之波浪特性與噴水量關係圖 (Williams, 1963)



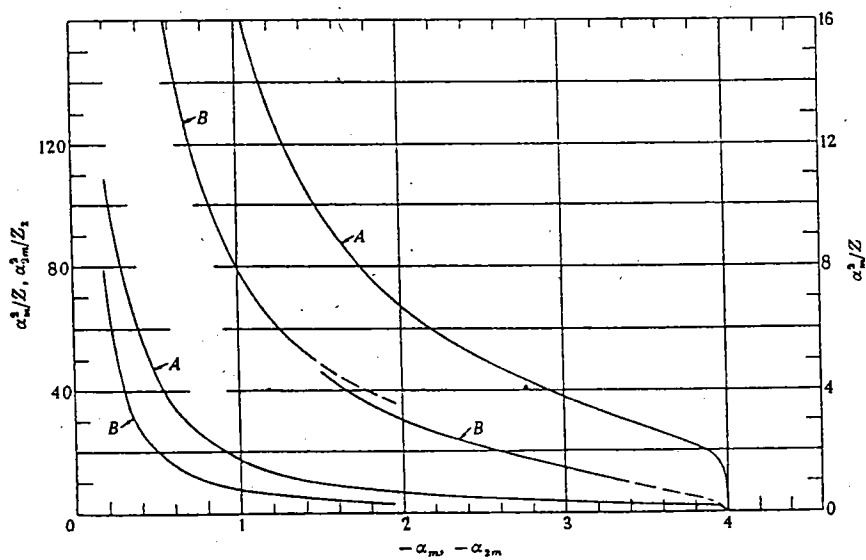
圖九 波與表面流交會之解析定義圖 (Taylor, 1955)



圖十 在表面流速為均勻分佈於其影響深度下，
波浪之分散關係圖解 (Taylor, 1955)



圖十一 在表面流速為不均勻分佈於其影響深度下，
波浪之分散關係圖解 (Taylor, 1955)



Curves for finding velocity, $U = \frac{1}{\alpha_m} \left(\frac{g\lambda_0}{2\pi} \right)^{1/2}$ of the current which will stop waves shorter than $\lambda_0 = 2\pi h(\alpha_m^2/Z)$. A, uniform current; B, current decreasing with depth.

圖十二 給定波浪條件及影響深度條件下，欲完全阻
滯波浪之理論表面流速曲線 (Taylor, 1955)

表一 欲完全阻滯波長小於100ft之波浪，均勻表面流所須之流速及影響深度
表 (Taylor, 1955)

UNIFORM CURRENT TO DEPTH h : MINIMUM VALUES
OF $-\alpha$ FOR CONSTANT VALUES OF Z

$-\alpha_m$ (1)	$-Y$ (2)	Z (3)	α_m^2/Z (4)	velocities for stopping 100 ft. waves	
				$U(\text{ft./s})$ (5)	$h(\text{ft.})$ (6)
0.2	7.83	1.75×10^{-4}	229	113	0.07
0.5	3.34	5.35×10^{-3}	46.3	45	0.34
1.0	1.78	5.82×10^{-2}	17.1	23	0.93
1.5	1.22	0.226	9.95	15	1.60
2.0	0.96	0.59	6.79	11	2.35
2.5	0.82	1.25	4.99	9.0	3.20
3.0	0.72	2.40	3.74	7.5	4.25
3.5	0.69	4.44	2.76	6.4	5.8
3.8	0.75	6.71	2.15	5.9	7.4
3.9	0.82	8.13	1.87	5.8	8.5
4.0	1.0	∞	—	5.6	∞

人人有愛心，社會必清新。
事事多用心，行政必革新。