

要目

- ❖ 台中港 1 至 4A 號碼頭 921 地震災況現地調查分析
- ❖ 兩岸直航對未來港埠運量之影響
- ❖ 貨櫃船之發展與主要航線船型配置之探討
- ❖ 海岸變遷—作用的尺度和問題的面向
- ❖ 台東港興建是時候了
- ❖ 阿姆斯特丹港的挑戰

中華民國八十九年元月出版

目 錄

- 一、台中港 1 至 4A 號碼頭 921 地震災況現地調查分析 ----- 1
蘇吉立 港灣技術研究中心大地組助理研究員
- 二、兩岸直航對未來港埠運量之影響 -----15
朱金元 港灣技術研究中心規劃組研究員
- 三、貨櫃船之發展與主要航線船型配置之探討 -----23
王克尹 港灣技術研究中心規劃組副研究員
- 四、海岸變遷—作用的尺度和問題的面向 -----37
沈淑敏 國立台灣師大地理系講師
- 五、台東港興建是時候了 -----51
徐忠猷 前花蓮港務局總工程師
- 六、阿姆斯特丹港的挑戰 -----57
王克尹 港灣技術研究中心規劃組副研究員

台中港1至4A號碼頭921地震 災況現地調查分析

蘇吉立 港灣技術研究中心助理研究員

摘要

此次源於集集之芮氏規模 7.3 (國外測得 7.6) 強烈地震, 可謂中部地區百年來之大地震 (1935 年 7.1), 同時牽動之活斷層數與斷層之一次垂直位移量 (最高約達 7 公尺), 亦屬世界少有。地震引致平地、坡地、河川地、山谷、盆地、海埔地、港口碼頭等地質液化之災況, 亦為台灣文獻史上之首例。

故針對此次災害, 應集各方領域之專業人員, 做一整體性調查研究, 或彙整各方既有之研究成果, 以為日後行政、法規、工程設計與施工等研擬與改進之依據。

本研究調查結果認為:

1. 台中港 1-4A 號碼頭主要破壞原因為地震力、土壤液化與滲漏。
2. 碼頭於建造中同時考量後線, 施以適當之地質改良有其必要性。
3. 對重力式碼頭基礎及後線傳統建物基礎之設計應全面檢討。
4. 重力式碼頭基礎及背填料設計應適當使用地工織物。

一、前言

此次源於集集之芮氏規模 7.3 強烈地震, 可謂中部地區百年來之

大地震, 除使中部地區地層大變動外 (如圖 1-1), 更使中部地區地質出現許多難得一見之明顯土壤液化現象與災況, 亦釀成許多與土壤液化相關之災害。

鄰台中港區較大規模者如: 全興與龍井間之大肚溪沿岸溪埔地 (圖 1-2 至 3)、彰濱地區海埔地 (圖 1-4) 及台中港區 (圖 1-5 至 6)。

地震引致基礎土壤液化之問題, 以往為民間所忽略, 此次 921 地震已然震醒大家, 再經媒體多方之報導, 更日益引起民間、專家、學者及政府各方之關注。

因台中港區以 1 至 4A 號之重力式沉箱老舊碼頭液化現象最為明顯, 災況較為嚴重, 故特選定該區, 針對受震及受震後土壤液化之相關災況, 予以詳入調查探討與分析, 以為日後更深入之學術研究、工程改善與設計加強之參考。

二、土壤液化之定義、成因與影響機制

有感各方對液化之觀念與瞭解不甚清楚與一致, 故藉此對液化之基本觀念再作一簡要說明與回顧:

1. 液化之定義

飽和砂質土壤在靜力或動力之作用下，由於所激發之超額孔隙水壓極速升高至土壤內有效圍壓消失或極微小，致使土壤應變無限增加，謂之土壤液化。

2. 可能液化之成因

如地震力、爆炸力、車輛及波浪之衝擊力、工程施工之震動力等。

3. 影響液化之機制

震動強度與時間、地質歷史（是否過壓密、是否受震過）、土壤特性（顆粒特性、相對密度）、有效覆土壓力、土壤排水狀況。

三、1至4A號碼頭921地震現地災況

各碼頭外視受災範圍如下：

1至4A號碼頭法線全長呈弧狀往港池嚴重偏移，沉箱外傾且有滑移之嫌。各碼頭外視受災縱深如下：

1號碼頭

深達後線之圓庫南面基礎邊（詳見圖3-1及3-2）。災界內建物、地面、道路、鐵路嚴重受損，作業完全停擺。

2號碼頭

深達後線之鐵路及鐵路以北約50M（詳見圖3-3）。災界內建物、

地面、道路、鐵路嚴重受損。

3號碼頭

深達後線之鐵路（詳見圖3-4）。災界內建物、地面、道路、鐵路及地下管路嚴重受損，作業完全停擺。

4號碼頭

深達後線之北四路，鐵路未見受災況（詳見圖3-5）。災界內地面、道路及地下管路局部受損。

4A號碼頭

深達後線之鐵路（詳見圖3-5）。災界內除圓庫外；建物、地面、道路及地下管路嚴重受損。

整體現地外視災況，除重點整錄於圖3-1至3-5之中外，並輔以圖3-6至3-10之照片說明之。調查結果並針對現地之主要外視異象行為與相關機制，於下列各節深入探討。

四、基本資料與環境

鄰近台中港區活斷層大致分佈於大肚、后里、豐原、八卦、車龍埔、新社、草屯、苗栗、南投等地。震央鄰近台中港區之歷年地震記錄，曾有過於1935年4至7月期間連續發生6起芮氏規模7.1至5.9之地震。其中臨港區最近者為大肚溪河口，芮氏規模6.0。台中港區地盤構造屬台灣新第三紀地槽盆地中之台西-台中構造盆地，地表為現代沖積層所覆蓋，是大甲溪和大肚溪沖積形成之西部海岸平原。沉積

之砂土層達60m深。

而1至4A號碼頭後線基礎土壤，則為未經適當地質改良之水力回填地。GL至25m深地質狀況：

主要為SM、ML與SP，12至25m間則偶夾薄層CL。SPT-N值分佈於5至40間，土壤單位重介於 1.90t/m^3 至 2.00t/m^3 間，平均含水量介於23%至30%間。SM透水係數介於 10^{-4} 至 10^{-3} 間。地下水位變化大；約GL-1.8-2.8m之間。

台中港平均潮差3.74m，最高潮位5.64m（平均4.64m），最低潮位0.32m（平均0.9m）。

若以16~18號碼頭GL-6m至22.5m為例，考慮地震規模7.5M作用下（相當反復次數 $N_{eq}=15$ ）液化強度試驗均值 $SR=0.280 \pm 0.0365$ ， $D_{50}=0.14 \pm 0.06\text{mm}$ ，細粒含量 $FC=26 \pm 12\%$ 。

五、1至4A號碼頭開裂、下陷及孔洞狀況

依現地勘查結果；1至4A號碼頭下陷及孔洞之分佈狀況與趨勢如下：

1. 除4號東半部外，全區距碼頭法線約50M帶，均以1%至3.5%之坡度往法線方向下陷。崩塌孔洞則於距碼頭法線約26M帶較為密佈，崩塌孔洞坡度除繫船柱邊外多呈30至45度（圖8-2）。1號鄰碼頭之倉庫基處礎土壤幾乎掏空，倉庫岌岌可危不堪使用。
2. 距法線約18米帶之相對緊鄰碼頭面下陷深度為：1號35-115公分、

2號115-45公分、3號45-90公分、4號90-13公分、4A號13-70公分。

3. 大孔洞出現於1至2號，3號次之，1至2號漲洞退潮之時可見明顯滲漏之現象。1號之大孔洞以60度方向往後線延伸至圓庫邊，2號之大孔洞則以60度方向，往後線延伸至鐵道，並於該方向鐵道北面50米深120米寬之區域，呈5至15公分之下陷區，且有地震液化之噴砂孔。
4. 全區距碼頭法線約50M以北地面，則成波浪狀凹凸起伏，且成龜裂或破裂塊狀，並伴隨較淺小之崩塌孔洞，除為大孔洞之延伸外，多為地震液化之噴砂孔，1號與3號鐵道處地震液化噴砂之現象嚴重而明顯。
5. 各碼頭之下陷與孔洞分佈狀況，除上述外另詳見圖3-1至圖3-10。

六、1至4A號碼頭水平位移狀況

針對全區碼頭之位移，因限於時間、設備與人力、財力。無法行衛星定位測量與海下檢測。故絕對位移無法測得，祇能依現地判得相關之相對位移量與趨勢。

經現地勘查判斷比對結果如下：

1. 以00~44繫船柱為基線，判別各碼頭法線相對於基線之位移量。1至4A號碼頭法線往南即港池方向，呈微弧狀之隆起變形，全線各繫船柱點之外傾偏移量詳見圖6-1。

2. 全線偏移量以3~4號碼頭間最為嚴重，約達160公分。其次為2~3號碼頭間。偏移之趨勢則與後線地面之崩塌、滑動趨勢相對應。可詳見圖6-2與圖3-2至圖3-10。
3. 後線地面主要外視位移，則表露於外視之龜裂與破裂，其產生與趨勢，係與碼頭外傾、滑移與基礎土壤流失崩塌、沉陷、滑動等有關（圖8-2）。龜裂與破裂方向以東西向為主，整體外視位移則有向港池南滑之趨勢。另詳見圖3-2至圖3-10。
4. 2號碼頭後線東北方之鐵道，可能因後方整區土壤（圖3-3及圖3-7之照片6-5）受震滑動擠壓而相對於3號往南彎曲偏移25公分。詳見圖3-3與3-7之照片6-6。
5. 3號碼頭後線東北方之鐵道，亦因後方整區土壤受震液化滑動擠壓而相對於4號往南切斷偏移30公分。詳見圖3-4。

七、1至4A號碼頭側傾狀況

全區碼頭之側傾，亦因限於時間、財力，無法行海下檢測。故祇能依現地之碼頭面外視坡度（圖6-2）、法線偏移趨勢（圖6-2）、地上結構物之傾斜等判得可能之側傾位移量與趨勢。

經現地地勘查判斷比對結果大致如下：

1. 若將各碼頭面測得之坡度與判得之各碼頭法線相對於基線之位移量，兩者之趨勢正好吻合（圖6-

2）。

2. 若將上述結果再與碼頭地上結構物之傾斜量比對，兩者亦極近似，唯考量地上結構物之不均勻沉陷，其結構物之傾斜量僅供參考，故未詳列調查數據。
3. 故各碼頭之沉箱側傾量，可依圖6-2測得之碼頭面坡度與碼頭高度計算得知。計算及研判例如圖6-3。
4. 碼頭沉箱側傾、滑移與背填土異變關係斷面如圖8-2。

八、結論與建議

經現地勘查、判斷與多方比對，綜合分析研判可能結果與初步建議如下：

1. 全區碼頭變位係由：
 - a. 土壤受震液化—將使土壤暫失承载力及穩定性，增加土壤之側向土壓力，土壤組構重新排列。故液化現象消失後，地表將出現起伏不平之沉陷及破裂。
 - b. 土壤受震噴砂—同樣使土壤產生上述影響，唯液化現象消失後，地表除出現起伏不平之沉陷及破裂外，地表將留下明顯之噴砂孔及砂堆，液化噴砂之沉陷量將大於單純液化之沉陷，若液化噴砂後之沉陷量無法完全顯現，則地下將留下空洞。
 - c. 土壤滲漏流失—地震之慣性力將破壞原背填料之濾層結構，突增土體之動態水壓、降低碼

- 頭結構對管湧之抵抗力、擴大原有之滲漏現象。滲漏使碼頭出現沉陷、破裂、崩塌等現象（圖8-2）。
- d. 碼頭因地震之慣性力加上前述 a、b、c 之因素，產生之傾斜、失衡及滑移（圖8-2）—碼頭失衡、滑移及傾斜，為引致沉陷之最大緣由。
2. 計算校對繫船柱 27 號與 28 號間之斷面—由碼頭面坡度推算之法線偏移量 0.675m，小於實際相對偏移量 1.60m，其間 0.925m 之相差量，除少許測量與計算誤差外應為該區間沉箱與土體之整體滑移量。
 3. 全區因地震力不均衡滑動，使碼頭後線地面、道路及鐵路產生 10 至 30 公分明顯之南北向之相對位移與斷裂帶。東西向則擠壓拱起產生明顯破裂帶。圓庫雖未受損應考慮加強其四週基礎土壤。
 4. 表面災界區以南之傾斜與損壞建築物，不適修建，應予拆除重建，並改變建物基礎之型式與土壤結構，拆除之混凝土廢棄料可考慮就地回填。
 5. 建議若用途不變，則可採修建補強方式，而沉箱不須完全拆除。
 6. 另提供沉箱結構可能變位狀況（圖8-1與8-2），以為考慮進一步檢測、補強分析設計與研究之參考。
 7. 補強分析設計時，應重新考慮地震力引用之參數，並檢核動態穩定分析，評估沉箱是否須扶正。
 8. 修建補強之設計應足以穩固沉箱、抑制土壤流失及碼頭之各向位移。修建及補強方式應同時考慮施工度。
 9. 建議回填時濾層再加鋪不織布，回填後施以適當之地質改良。
 10. 全區碼頭應立即建立長期位移監測系統。



土壤液化後尚留噴砂孔



土壤液化噴砂造成鐵道沉陷



碼頭後線土壤液化噴砂地面破裂



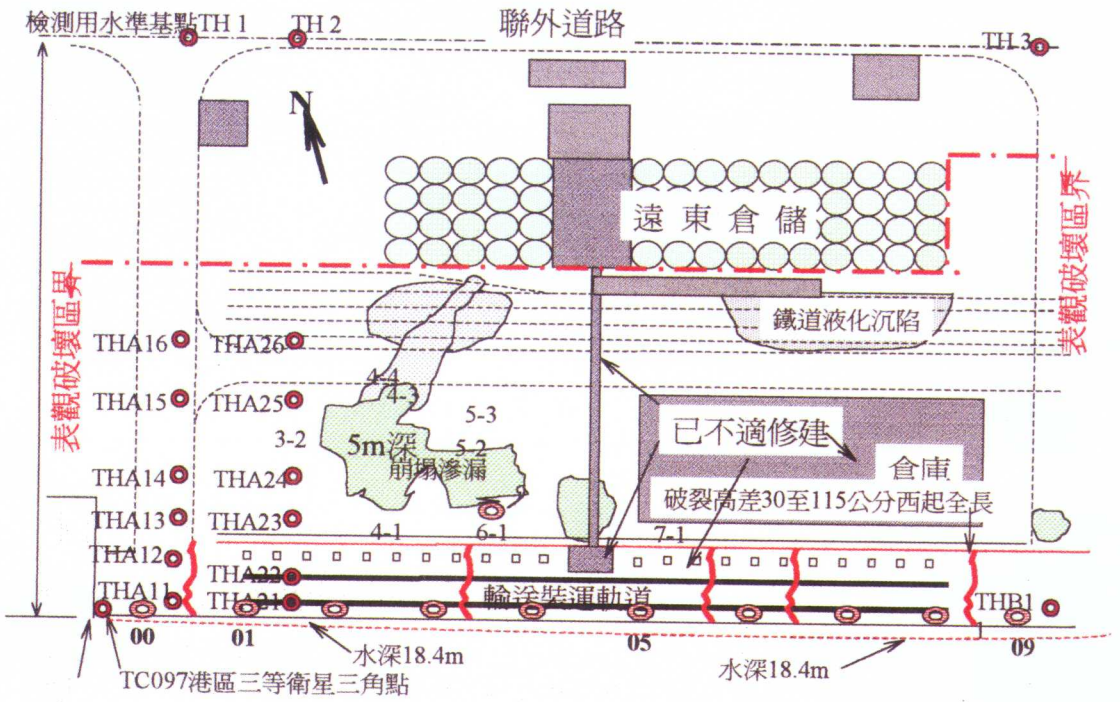


圖 3-1 1號碼頭 921 地震受災狀況平面示意圖

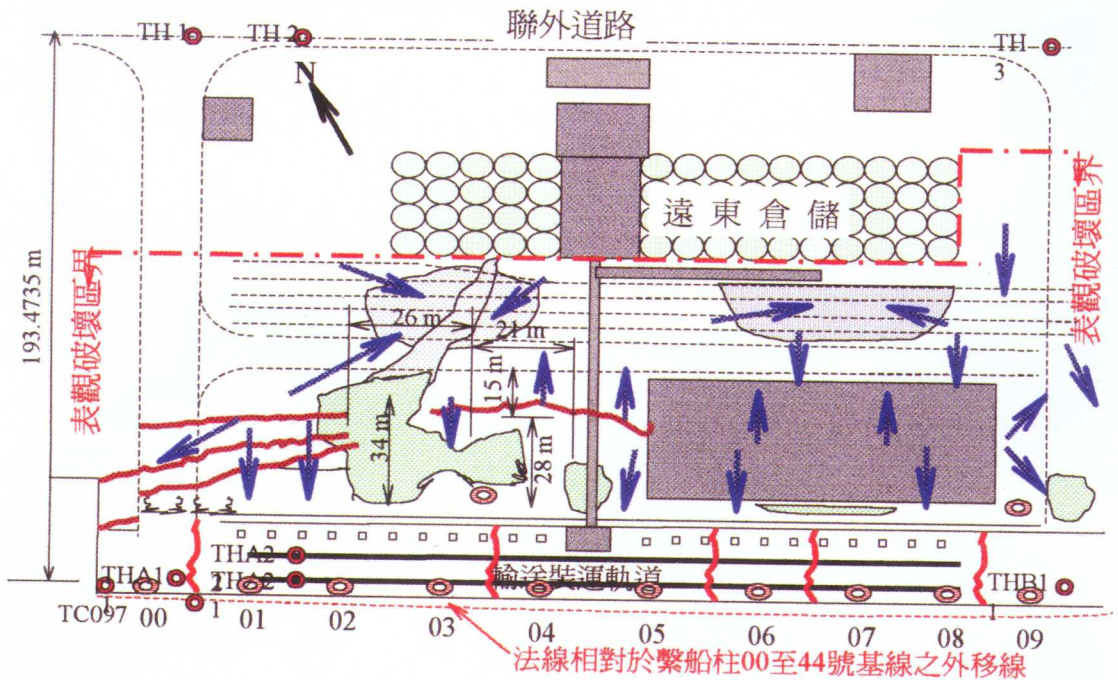


圖 3-2 1號碼頭主要裂縫、下陷及滑動趨勢平面示意圖

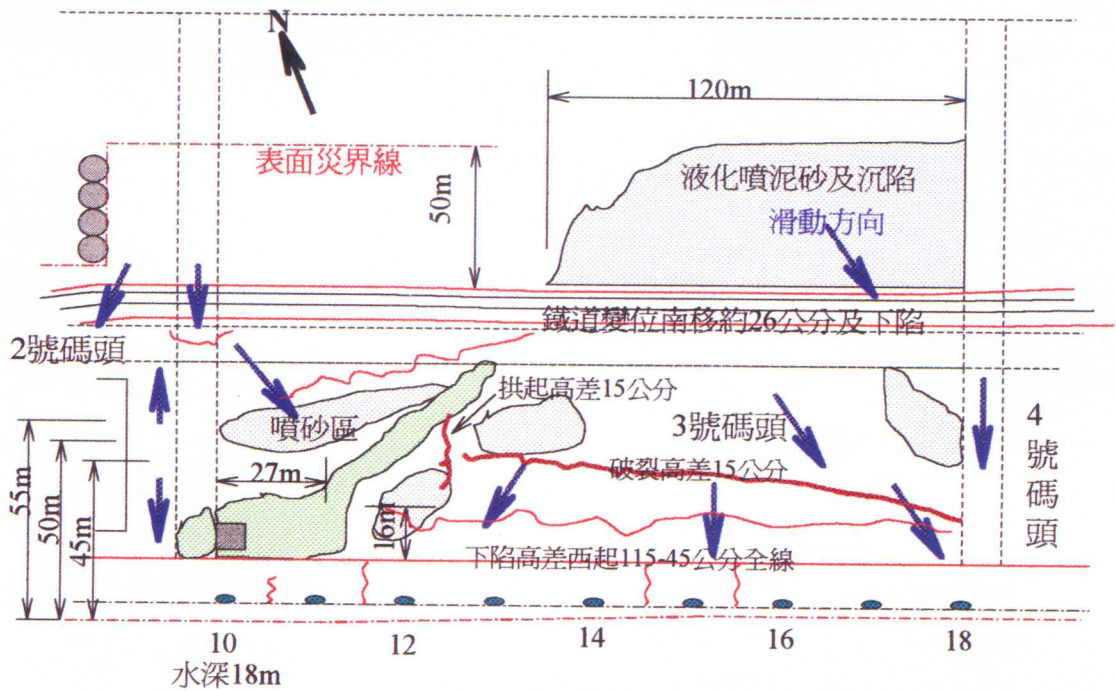


圖 3-3 2 號碼頭災況平面示意圖

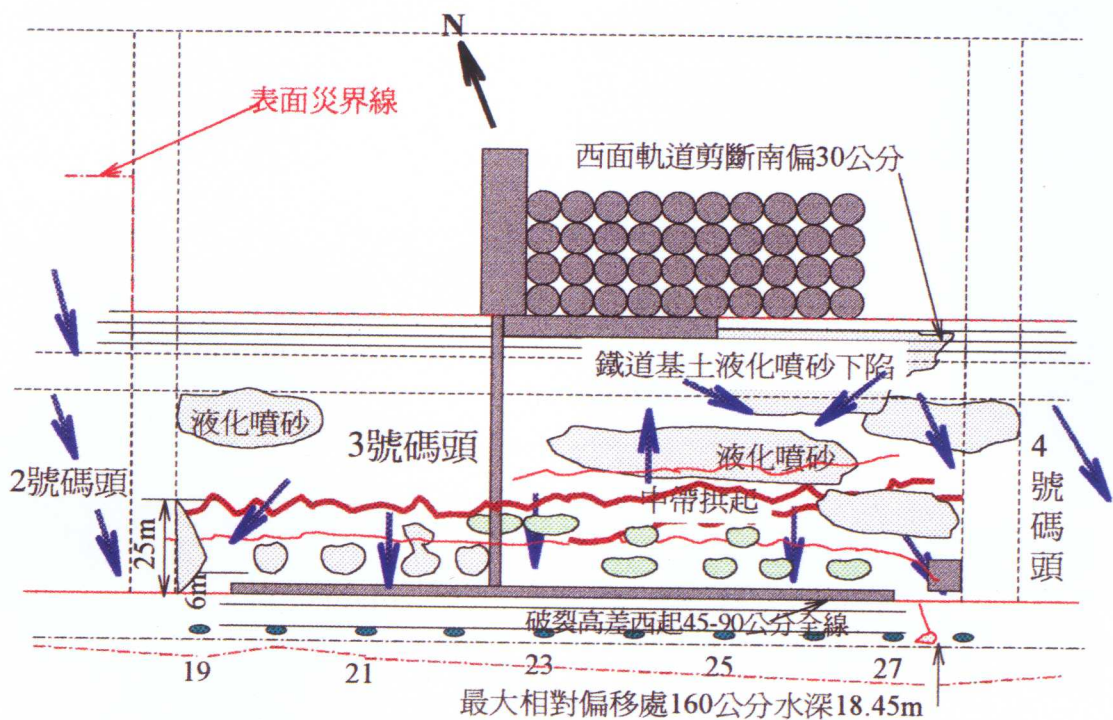


圖 3-4 3 號碼頭災況平面示意圖

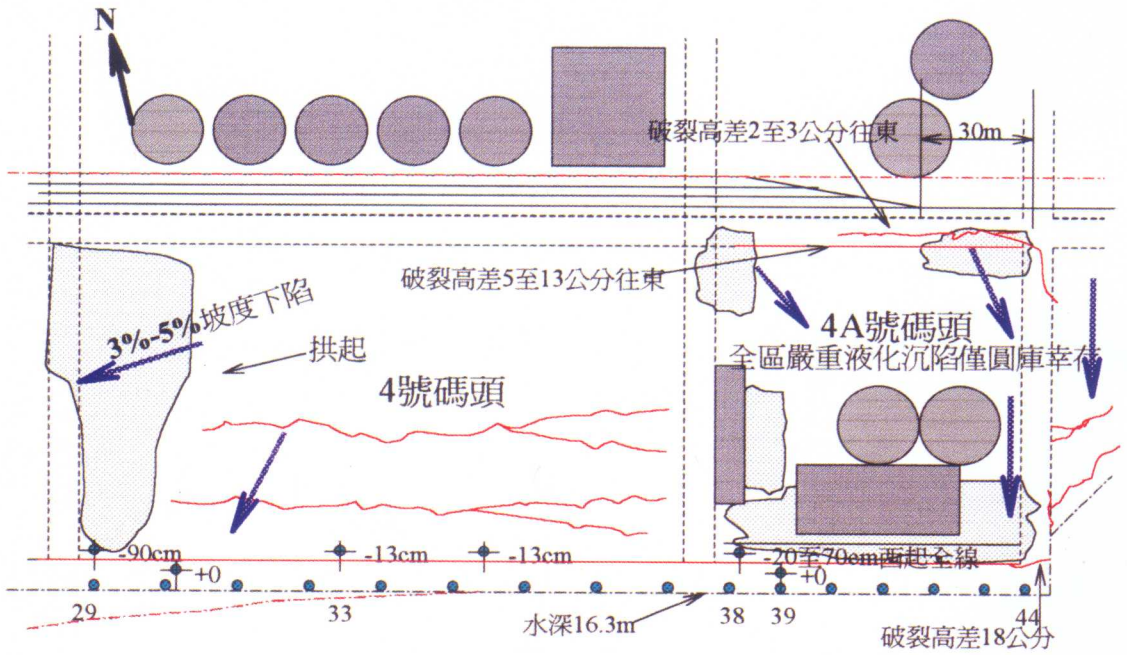


圖 3-5 4 號及 4A 碼頭災況平面示意圖

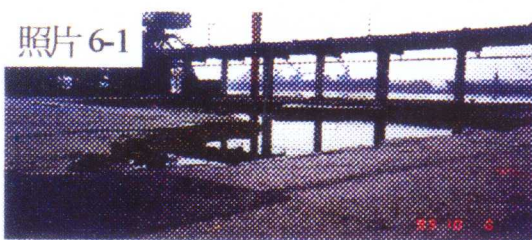


圖 3-6 台中港 1 號碼頭災況照片

照片 6-1



照片 6-2



照片 6-3



照片 6-4



照片 6-5



照片 6-6



圖 3-7 台中港 2 號碼頭災況照片

照片 6-1



照片 6-2



照片 6-3



照片 6-4



照片 6-5



照片 6-6



圖 3-8 台中港 3 號碼頭災況照片



圖 3-9 台中港 4 號碼頭災況照片



圖 3-10 台中港 4A 號碼頭災況照片

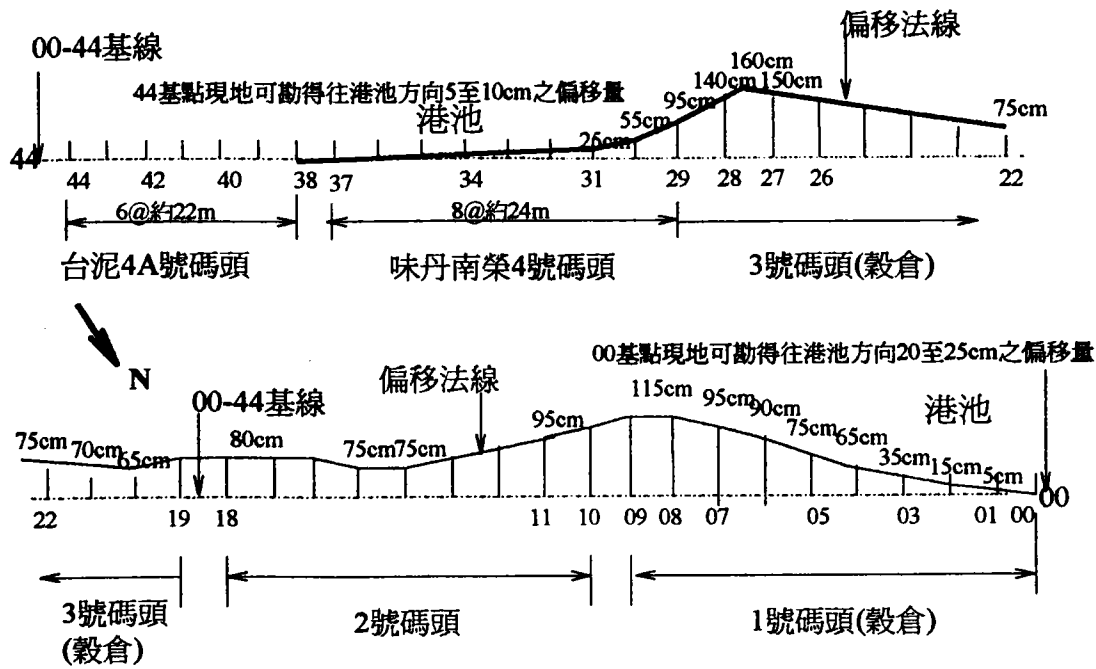


圖 6-1 碼頭面法線外視之相對 00-44 基線之偏移示意圖

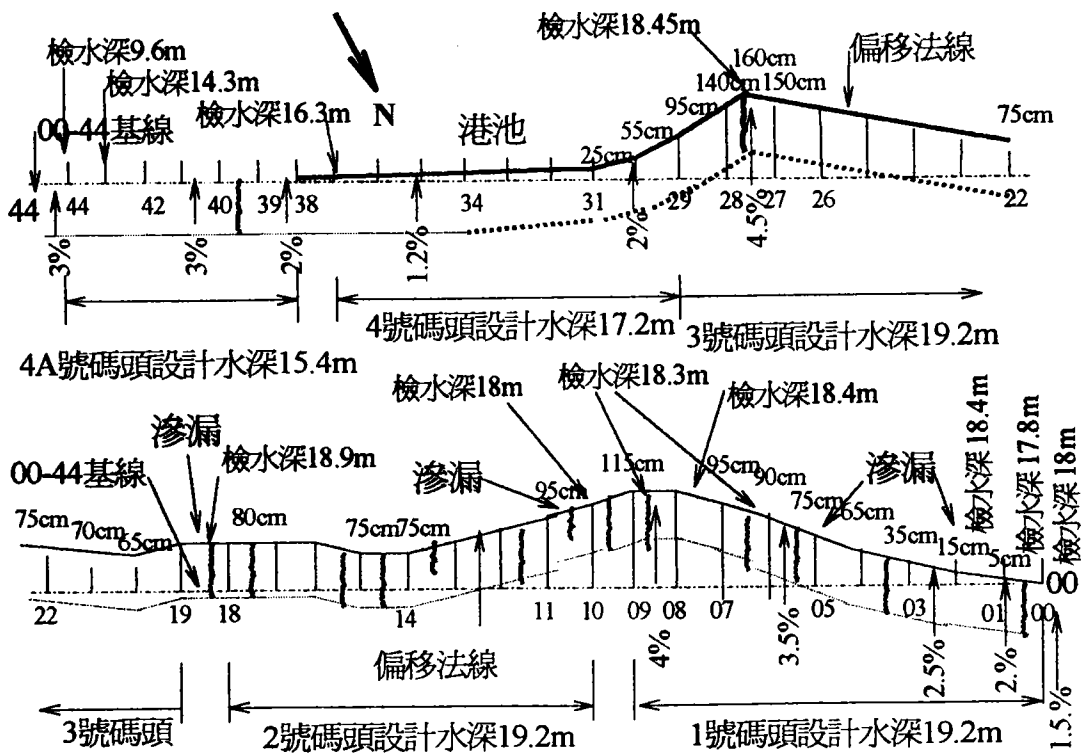


圖 6-2 碼頭面外視傾斜、裂縫、檢測水深與法線偏移關係圖

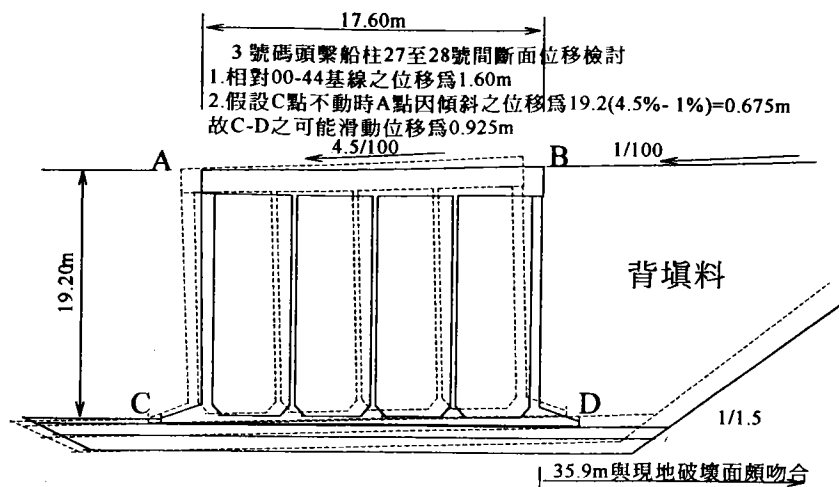


圖 6-3 繫船 27-28 間柱可能位移斷面示意圖

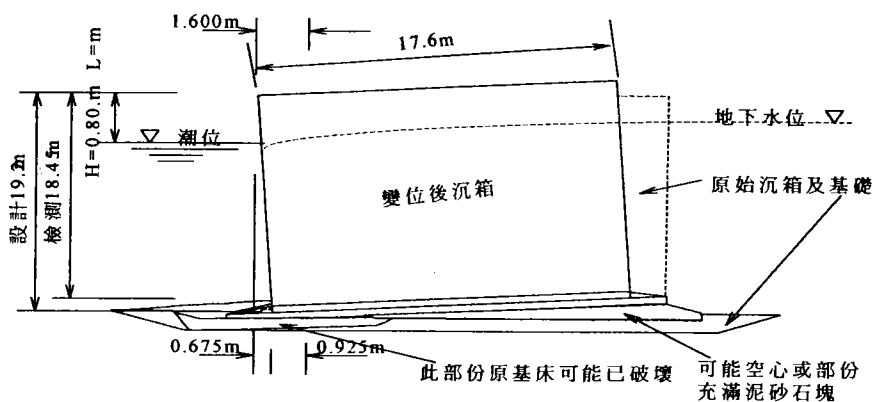


圖 8-1 推測沉箱之可能變位狀況示意圖

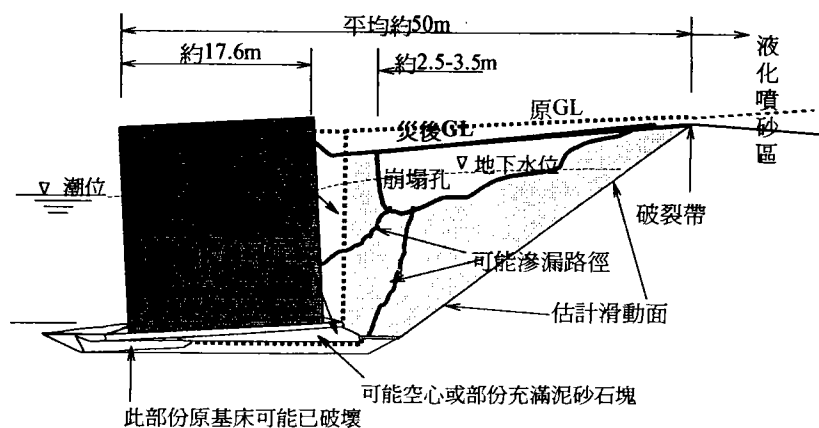


圖 8-2 推測沉箱與背填土之可能變位狀況示意圖

兩岸直航對未來港埠運量之影響

朱金元 港灣技術研究中心研究員

一、前言

在台灣和大陸尚未直接通商、通航的情況下，兩岸間的貨物轉運絕大部分是透過香港進行的，只有少部分經由日本、韓國等地，而且這些貨物大部分都是以貨櫃來運輸的，因此要知道台灣與大陸地區往來之確實貨運量，就必須先弄清楚兩岸經由香港轉運之貨櫃量。然而要確知兩岸每年通過香港轉運之貨櫃運量並非易事，因為多年來，大陸、台灣和香港均未發表過任何比較直接和確切的數字。在這種現狀都不是很明朗的情形下，更別說想要準確的預測兩岸直航後之貨櫃運量了。因為以未實現直航狀態所發生之零星數據去預測實現直航後的情景，確實難以做到準確二字。而且一旦海峽兩岸實現了直航，現有之運輸型態、貨物流和貨運量都將會發生重大變化。雖然如此，兩岸直航後之可能運量變化，為未來影響港埠規劃之非常重要因素之一，不能不預先籌畫，未雨綢繆。為此，本文僅彙整近年來相關學者在這方面之研究提供參考，由文中可以

發現預測之結果有相當程度之差異。

二、現階段兩岸航運方式

由整個政策演變情形來看，目前台海兩岸之航運情況是屬於以境外航運中心的方式在運作，所謂「境外航運中心」係指在台灣地區之國際商港相關範圍內，以不通關、不入境之方式，從事大陸地區輸往第三地或第三地輸往大陸地區貨物之轉運及轉運作業相關之簡單加工區域。

至於「境外航運中心」與大陸地區港口間之航線則界定為「特別航線」，並規定只准許外國船舶運送業所營運之外國船舶（即外籍輪），及台灣與大陸船舶運送業所營運之外國船舶（即權宜輪）航行之，不允許懸掛台灣地區旗之國輪與懸掛大陸國旗之大陸輪船行駛。

儘管現行境外航運中心的方式為兩岸直航跨出第一步，亦可視為未來兩岸直航的雛型，雖可約略看出若干影響，但其效果實極為有限。俟達真正之兩岸全面通航時，其影響才得以顯現。事實上，兩岸直

航並非單純的雙方機、船直接運輸往來，其所牽涉層面尚包括政治、法律、安全、經濟等相關問題，而這也是兩岸無法驟然實施全面通航的原因。

三、對港埠運量之影響

(一)相關文獻之研究結果

1. 交通部運輸研究所「台灣海峽兩岸港埠運量之研究」

根據交通部運輸研究所民國82年委託海洋大學所進行之「台灣海峽兩岸港埠運量之研究」指出，海峽兩岸經香港轉口之貿易有以下3點特色：

- (1)海峽兩岸三地之間，以台灣對香港之進出口貨〔包括鄰近大陸地區貨物經陸路轉進出香港者〕為最大宗，約佔兩岸三地總運量之六成，1992年約有677萬公噸。這其中約有兩成約130萬公噸，是鄰近大陸地區貨物經陸路轉進出香港在進出口的。
- (2)經香港轉船的台灣對大陸以及其他地區進出口的船運量，1992年有151萬，約佔兩岸三地總運量之13.8%，其中轉進出大陸者僅佔總運量之6.1%。
- (3)雖然沒有足夠資料區別出兩岸各港間之貨櫃運量，但經香港轉船之貨櫃化比例均很高。1992年大陸經香港轉入的貨櫃化比例為89.2%，而

台灣經香港轉入之貨櫃化比例則更高達97.1%。

- (4)台灣經香港轉船至大陸的運量約佔世界各地全部經香港至大陸總運量的26.46%；但由大陸經香港轉船至台灣者則約佔世界各地全部經香港轉至台灣的49.03%。

此外，該研究亦利用對航商問卷調查的方式以蒐集兩岸散貨的港埠轉運資料。結果發現大陸沿海各省港口對台散貨貿易兩岸合計約233萬公噸。

上述之研究結果資料顯示在兩岸直航後，由於便利性增加、時間與運輸成本的降低而引發目前轉口與貿易之情況改變，對港埠運量所產生的影響。另外，直航亦可能使得兩岸投資與貿易之間出現互相替代消長的情況，進而影響港埠運量。

2. 梁憲「海峽兩岸海上通航集裝箱運量的展望」

招商局集團研究部總經理--梁憲，在「海峽兩岸海上通航集裝箱運量的展望」的研究中，利用香港政府之轉口貿易（re-export）和中轉運輸（transshipment）的統計數字，估算現實貨櫃運量基數，並利用華東、華北、東北等潛在地區經由香港出口之運量，估算高雄港可能吸引的潛在貨櫃運量作為潛在貨櫃運量基數，兩者加總起來估測海峽兩岸直

航後之可能貨櫃運量。其主要內容如下：

(1)先從轉口貿易數字推算出有關兩岸經過香港轉口〔進口再出口〕往對方之貨櫃運量1992年約有311,143TEU，其中台灣經香港轉口往大陸之貨櫃數量約有278,415TEU，大陸經香港轉口往台灣之貨櫃數量約有32,728TEU。

(2)加上中轉（在兩岸間接通航情況下，大陸和台灣一票到底輸往彼岸之貨櫃，必須在香港卸貨，並通過換裝由另外運輸工具運往目的地。對於這些中轉貨物，香港政府並不會統計在貿易數字裡，也就是不會與上述轉口貿易數字重複計算）之貨櫃數量約8萬TEU，以及估計20%之空櫃數量約7.8萬TEU，求得兩岸直航後可能之現實貨櫃運量基數，於1992年約有47萬TEU。

(3)大陸與香港之間，貨櫃是通過三種類型口岸進出：

①海港，如大連、青海、天津、上海、廣州、廈門、汕頭等。②內河港，實際上是珠江水系之各個港口③大陸與香港交界之陸路口岸。

(4)大陸各海港基本上仍是香港之feeder port，除少部分貨櫃來自廣州運距較短以外，其餘大部分之貨櫃，運輸距離均較長，有的長達1400海

哩，運輸經濟性較差。如果在香港與位於東北、華北及華東的港口之間，能出現一個裝卸設施齊全、國際班輪航線頻密和服務素質良好之貨櫃轉運中心，這種不經濟之運輸型態將會改變。

(5)雖然大陸與香港兩地間水路貨櫃運量已是一個很大的數目，但是兩地間六至七成之貨櫃運輸，卻是在公路進行的。

(6)珠江三角洲一帶乃至粵西方面之貨櫃當然在香港轉運，即使將來海峽兩岸直航，也難以吸引這部分之貨櫃量。

(7)有可能成為高雄港中轉腹地之潛在地區為廣東以北，包括華東、華北、東北等區域。這些區域與香港間往來之貨櫃量約佔大陸與香港之間進出總貨櫃量之28%，1992年約為116.5萬TEU。

(8)兩岸直航後，可能透過高雄港轉運之潛在運量約為78.6萬TEU，此為預測之潛在運量基數。

(9)1992年如果兩岸能直航則現實運量基數加上潛在運量基數，可能有125.6萬TEU。

(10)採用19.5%的年增長率推估海峽兩岸直接通航後之貨櫃運量，則在2000年應該至少有522.3萬TEU，其中之潛在運量有326.8萬TEU。

一般來說，如果實現兩岸

直航，現實運量之增長率將高於潛在運量之增長率，因為兩岸直航後，兩岸之間的貿易往來以及台商在大陸的投資將會大幅度的增加，從而帶動貨櫃運量之大幅增加。

3. 蘇崇光「兩岸直航貨運量與港埠設施研析」

大陸交通部水運科學研究所副研究員蘇崇光，在「兩岸直航貨運量與港埠設施研析」之研究中，其預測步驟及研究結果說明如次：

- (1) 海峽兩岸雙邊貿易，主要是透過香港進行的，因此預測兩岸經香港轉口貨櫃量也直接與兩岸經香港轉口貿易有關，因此首先以兩岸間接貿易額的發展為基礎，運用線性以及雙對數曲線迴歸分析，預測兩岸經香港轉口之貿易額，於2000年將達132.53億美元。
- (2) 兩岸經香港轉口貨櫃量發展除與兩岸經香港轉口間接貿易有關外，還與兩岸貨櫃總吞吐量及兩岸對外貿易總額有關。預測大陸和台灣之貨櫃吞吐量於2000年將分別達420萬TEU和980萬TEU，總計達1400萬TEU；
- (3) 兩岸外貿總額與兩岸貨櫃總吞吐量密切相關，兩岸貨櫃總吞吐量與兩岸對外貿易總金額之間的彈性係數一般介於0.2~0.3之間，假定2000

年的彈性係數為0.25，則兩岸對外貿易總金額將達到5600億美元。

- (4) 兩岸經香港轉口貨櫃量佔兩岸貨櫃總吞吐量之比例，應與兩岸經香港轉口間接貿易額佔兩岸對外貿易總金額的比例相接近，則此比例在2000年約為2.37%。考慮到兩岸產業結構調整、產品結構變化等因素，經香港轉口貨櫃量佔兩岸貨櫃總吞吐量之比例會越來越大，因此適當提高此比例至3%，則2000年兩岸經香港轉口貨櫃量應有42萬TEU。此數字應僅是兩岸直航後的下限，直航後由於運輸成本下降、運輸時間縮短，將會吸引更多貨源。

(二) 港埠運量影響層面分析

探討兩岸直航對港埠運量之影響層面可大略從三個方向來討論，亦即兩岸直接貿易量的增加部份、貿易替代投資效果部份以及產業影響部份。

1. 直接貿易量增加

一般而言，台灣對大陸的農、漁、工、礦原料較有需求，而大陸則對台灣的工業製成品與半成品的需求較大。惟隨著兩岸貿易活動的進展迅速，其貿易商品結構亦呈現顯著變化。

表1顯示近幾年台灣對大

陸輸出的產品結構，主要為工業原料、半製品和機器設備及其零配件等，其特徵變化除了與大陸推動經濟發展有關之外，最重要的因素是受台商與港澳商在大陸投資的影響。

表2顯示台灣近年來自大陸進口的產品結構變化，早期以農工原料初級產品為主，至今製造業半成品所佔比重有逐漸增加之趨勢，此種情形應與台商在大陸投資及台灣當局開放大陸半成品輸入台灣之政策逐漸放寬有關。未來台商在大陸投資製造的產品，輸入台灣地區的情形可能會更趨普遍。

表3顯示隨著兩岸經貿交流日益頻繁，各項外銷產品出口至大陸的比重，與進口產品依賴由大陸供應的比率，均普遍的逐漸提高；雖然數值顯示台灣對大陸的依賴不算偏高，惟近年來增加的速度應是值得注意之現象

2. 貿易替代投資的效果

在目前兩岸未開放直接通航、通商的狀況下，台商對大陸地區的投資將受到逆向性誘發投資效果的影響；當未來兩岸航運、通商障礙解除，將會產生正向誘發投資效果，且過去之逆向性誘發投資效果亦將減緩，換句話說，兩岸開放直接通航、通商後，將因貿易替代投資，遏止部份對大陸投資之規模與速度。

若就貿易的角度來看，高長（1997）認為，貿易與投資在理論上兩者有互補與替代的關係，貿易是商品交易，投資是生產要素交流，當在兩地間此二者無法自由交流時，透過商品進行交易比較容易。因此，一般而言，商品貿易在初期會替代生產要素的交流，但當生產要素在兩地間被允許流動時，投資即會在某種程度內取代貿易。

如台商至大陸的初期所須原材料、機器設備的投資即帶動兩岸貿易，但在投資愈多之後，上、中游廠商增加，大陸之三次加工或下游產業就直接在當地向台商採購，此即是投資增加後，兩岸貿易減少的替代關係。同樣地，在兩岸直航後，貿易將可能取代投資而逐漸增加，此種情形與產業結構亦有關係。

3. 產業影響

(1) 整體產業

魏啓林在「兩岸直接通商對台灣產業與經貿之影響」研究中指出，就整體產業面估計而言，若以產業類別觀之，貿易移轉之影響程度依序為重工業、輕工業、服務業、農業及礦業。

若兩岸直接通商，各產業以服務業可發揮之空間最大，以1992年為例，總生產將增加81.20%，1993年則

增加54.24%；農業、礦業因原非台灣較具利益產業，甚至可能出現總生產減少、出口萎縮等現象。

重工業較輕工業之總產出則增加許多，輕工業之塑膠及其製品可大幅生產，但成衣、其他紡織品及染整則可能大幅萎縮。

(2) 個別產業

對個別產業的衝擊而言，以1993年為例，大陸出口產品的前五項，分別是紡織原料及製品；機器、機械設備、錄音機及放聲機；其他雜項產品；鞋、帽、傘及其零件、如加工羽毛及其製品；礦產品。

大陸之主要出口商品結構，與出口至台灣的产品項目具有高度相關，亦即直接通商後，前述產品對台灣的比較利益將會浮現，直接貿易所帶來的進口量加大，將對相關產業帶來極大的衝擊。

至於台灣地區對外貿易的主要出口項目，依次為機器重機設備、紡織製品、重金屬、塑膠橡膠及其製品等，這幾項產品在國際上具有比較利益，在大陸上亦具有一定的競爭力，將是未來直

接通商後，台灣對大陸出口迅速擴張的產品項目。

四、結語

綜合言之，兩岸全面開放直航，對於兩岸貿易產生影響與衝擊自屬必然。欲瞭解兩岸直航後貿易量的增加，應可從兩岸貿易的依存度與兩岸輸出入的商品結構之變化趨勢進行推算；同時尚須考慮台灣地區原對東南亞與其他各國之需求轉向大陸之需求者。另外，在原經香港與日、韓等港口轉運的運量部份，此部份雖為原有運量，惟可能因時間、成本的節省而增加航次，提高高雄港的運量。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，「台灣海峽兩岸港埠運量之研究」，民國82年11月。
2. 梁憲，「海峽兩岸海上通航集裝箱運量的展望」，1994年1月第二屆海峽兩岸海上航運學術研討會論文集。
3. 蘇崇光，「兩岸直航貨運量與港埠設施研析」，1994年1月第二屆海峽兩岸海上航運學術研討會論文集。
4. 鼎漢國際工程顧問股份有限公司、台灣經濟研究院，「台灣地區各國際商港運量分配之研究」，民國88年5月。

表1 台灣對大陸地區輸出主要貨品結構

單位：百萬美元，%

商 品 名 稱	1993		1994		1995		1996	
	金額	比重	金額	比重	金額	比重	金額	比重
機械用具及其零件	2,328.2	18.3	2,173.9	14.8	2,534.8	14.2	613.1	14.8
電機設備及其零件	1,535.9	12.1	1,883.4	15.9	2,441.5	13.6	544.6	13.2
塑膠及其製品	1,338.9	10.5	1,661.1	14.1	2,137.8	11.9	504.2	12.2
人造纖維絲	1,004.7	7.9	1,291.3	10.9	1,540.5	8.6	345.6	8.4
工業用紡織物	839.2	6.6	1,155.2	9.8	1,268.1	7.1	270.2	6.5
人造纖維棉	444.5	3.5	642.0	5.4	851.8	4.8	169.9	4.1
鋼鐵	177.3	1.4	284.8	2.4	529.3	3.0	186.2	4.5
其他車輛及其零件	455.6	3.6	491.2	4.2	544.6	3.0	131.5	3.2
針織品	467.0	3.7	588.3	5.0	685.7	3.8	151.1	3.7
生皮革	249.6	2.0	456.4	3.9	590.3	3.3	124.2	3.0
其他	3,886.9	30.4	4,025.4	13.6	4,773.8	26.7	1,090.1	26.4
合計	12,727.8	100.0	14,653.0	100.0	17,898.2	100.0	4,130.7	100.0

資料來源：經濟部國際貿易局；轉載自高長，「兩岸經貿關係之探索」，1997。

表2 台灣自大陸地區輸入主要貨品結構

單位：百萬美元，%

商 品 名 稱	1993		1994		1995		1996(IQ)	
	金額	比重	金額	比重	金額	比重	金額	比重
電機設備及其零件	60.8	6.0	236.0	12.7	469.9	15.2	125.3	17.7
鋼鐵	78.9	7.8	192.7	10.4	742.7	24.0	99.7	14.1
礦物燃料，礦油及其蒸餾品	100.8	9.9	158.6	8.5	188.8	6.1	59.6	8.4
鹽，硫磺，土及石料，塗牆料，石灰及水泥	119.2	11.7	164.3	8.8	158.6	5.1	41.4	5.8
鍋爐，機器及機械用具	11.7	1.2	37.0	2.0	110.4	3.6	35.5	5.0
鞋靴，綁腿及類似品	106.9	10.5	164.5	8.9	173.1	5.6	35.8	5.1
木及木製品，木炭	83.8	8.3	123.6	6.5	179.5	5.8	25.1	3.5
未列名動物產品	38.5	3.8	78.7	4.2	88.3	2.9	26.6	3.8
有機化學品	35.4	3.5	81.6	4.4	111.4	3.6	26.4	3.7
鋅及其製品	46.5	4.6	76.6	4.1	126.5	4.1	14.2	2.0
其他	333.0	32.7	545.1	29.5	742.5	24.0	218.6	30.9
合計	1,015.5	100.0	1,858.7	100.0	3,091.3	100.0	708.2	100.0

資料來源：經濟部國際貿易局；轉載自高長，「兩岸經貿關係之探索」，1997。

表3 兩岸轉口貿易相互依存度變化

單位：%

年期	台貨輸往大陸		大陸貨輸往台灣		合 計	
	佔台灣總 出口比重	佔大陸總 進口比重	佔台灣總 進口比重	佔大陸總 出口比重	佔台灣總 貿易比重	佔大陸總 貿易比重
1979	0.13	0.14	0.38	0.41	0.25	0.27
1980	1.22	1.24	0.40	0.43	0.81	0.85
1981	1.73	1.77	0.36	0.35	1.10	1.09
1982	0.94	1.08	0.48	0.40	0.74	0.74
1983	0.67	0.79	0.47	0.43	0.58	0.61
1984	1.40	1.55	0.58	0.49	1.05	1.07
1985	3.21	2.34	0.58	0.42	2.17	1.57
1986	2.04	1.89	0.60	0.47	1.40	1.28
1987	2.30	2.84	0.83	0.73	1.54	1.83
1988	3.65	4.26	0.95	0.98	2.43	2.65
1989	4.38	4.90	1.12	1.12	2.91	3.12
1990	4.88	6.14	1.40	1.23	3.32	3.50
1991	6.14	7.34	1.80	1.57	4.18	4.28
1992	7.72	7.80	1.55	1.32	4.83	4.47
1993	8.93	7.30	1.43	1.20	5.36	4.44
1994	9.15	7.36	1.51	1.54	5.50	4.14
1995	8.85	8.06	1.48	2.20	5.28	4.29

資料來源：香港海關統計、中華民國進出口統計月報、中國統計年鑑、兩岸經貿關係之探索，1997。

貨櫃船之發展與主要航線 船型配置之探討

王克尹 港灣技術研究中心副研究員

一、全球貨櫃船之發展

依據ISL New Shipbuilding Forecast 1997~2006指出：1997~2006所訂造之新船訂單將超過1987~1997之交船數量，其對新船之需求估計將由1987~1996年之1,815艘以80%之高度成長至3,270艘，可確定的是貨櫃船的載重噸位(DWT)亦成長2倍達到1億噸。此乃含蓋老舊船舶之汰舊換新，以及市場對貨櫃船艙位容量增加之需求而帶動了此一鉅幅之成長。

貨櫃船噸在實務需求上仍繼續成長，尤其在全貨櫃船部分，如表一所示，全球全貨櫃船在1993~1997年間增加731艘，由1,514艘成長至2,245艘，而船舶載櫃艙位亦由210萬TEU成長至350萬TEU。

事實上，在1990年中航商委託建造，預計在公元2,000年前新建完成交付使用的貨櫃船包括：

- UASC (United Arab Shipping Co.) 10艘3,800 TEU
- Maersk Line：15艘(1998年交付)
- Evergreen：超過7艘'K'級，另有24艘船(其中5艘為5,364

TEU;在1999年交付使用)。

然而，1997年下半年訂造新船的船噸卻呈現下滑現象，1997年7月以來，前20大航商均無造船訂單，直至1998年3月P & O Nedlloyd (P & ON) 訂造5艘5,000 TEU貨櫃船為止。另外觀察1997年至1999年貨櫃船市場變化情形如表二所示，可以發現1,500 TEU以下的船型有減少的趨勢，1,500 TEU~2,500 TEU的船型有增加的趨勢，2,500 TEU~4,000 TEU的船型亦有減少的趨勢，而4,000 TEU以上的船型卻以相對最大的比率在增加，這樣的趨勢應可說明，在定期貨櫃輪運輸市場中，整體船型正朝向大型化發展，其中遠東/歐洲與遠東/北美二大主要遠洋航線更有傾向使用4,000 TEU以上的大型化之趨勢；而作為像遠東/南非、遠東/紐澳、遠東/南美等次要的遠洋航線亦有大型化之趨勢，傾向使用1,500 TEU~2,500 TEU的船型，這樣的現象也能夠在航運實務中得到印證，例如，像長榮、NYK等遠洋航商，經常採用的船舶策略即是訂造更大型新貨櫃船取代原遠東/歐洲與遠東/北美遠洋航線之較小型船

，再將替換下來的較小型船轉而佈置在像遠東／南非、遠東／紐澳、遠東／南美等次要的遠洋航線上，至於1,000 TEU以下的貨櫃船則大都被佈置在近洋航線上或集貨航線上。

表三為全球前二十大貨櫃航商運能表，目前全球貨櫃航商運能約700萬TEU，而前二十大貨櫃航商擁有運量約佔48%，很明顯的，大航商主導港埠貨櫃營運。如前所述，貨櫃船之艙位容量包含現有的老舊船舶，大航商在面對主航線船舶艙位過剩與總體經濟條件之營運考量下，不久的將來這些老舊船舶可能大都將面臨汰換，而現行的新造大船則均以較快之柴油動力取代舊有之蒸汽鍋輪動力。

由於亞洲金融風暴，日本、韓國被迫賣出一些船舶以支應償債和日常營運成本，另一方面則用租船來營運，'K' Line 船大部分為租用，而HMM與NYK則約1/4左右為租船；在1997年終，韓進賣出4艘於1990建造之2,700 TEU船，並在1998年10月處理13艘1970年建造之1,000 TEU集貨船。

二、船型大小 (Vessel Size) 課題

在這股貨櫃船艙位容量鉅幅成長的趨勢下，相對的促進了船舶大型化 (upsizing) 之動力，平均船舶大小已由1984年之1,000 TEU以下成長至1995年之1,511 TEU的水準，以1997年的資料顯示，平均每週大約交付2艘船，平均船舶大

小已達2,500 TEU水準，在1986年，船舶艙位容量僅超過總可用艙位容量的 (total slot availability) 12%，十年後則成長超過2倍達29%。

航商重視3,500 TEU以上之新船建造，尤其是4,000 TEU以上之超巴拿馬極限型貨櫃船，如表四所示，至1999年初全球總共有192艘4000 TEU以上船舶在營運。雖然第一艘超巴拿馬極限型貨櫃船在1984年投入營運，但近3/4的船舶卻於1993～1999年間建造，顯示出主要航商普遍訂造大型船的現象。

航商投入超巴拿馬極限型貨櫃船的建造並非僅為排名在前之Maersk、長榮、NYK、Sea-Land與P & ON之專利，1997年間，Cosco亦投入4艘5,200 TEU船，而聯合聯盟——DSR、朝陽也首次投入4,545 TEU之船。

現排名前20大航商所佈置之船型約以3,500～4,449 TEU的船為主，而長榮、APL、P & ON與Sea-Land早於1990年即將該類船投入營運。4,500～4,999 TEU的船則自1995年開始成為航商之主力船舶，NYK Altair於1994年開始投入營運；而第一艘5,000 TEU以上的船則自1996年才開始投入營運，此係以Maersk之6,000 TEU巨型船為代表，而在2000年前全球預計有217艘4,000 TEU以上船在營運，且3/5超過5,000 TEU。

在1999年底以前出現的全球最大型貨櫃船，其中三艘為P & ON的6,690 TEU貨櫃船，該巨型貨櫃船

於1998年5月與6月相繼投入營運，而Maersk三艘6000 TEU的貨櫃船於1996年就開始營運。而除Cosco與長榮外，5,000 TEU以上的大船均在全球主要聯盟集團內營運。

在越太平洋航線方面，CP SHIP獲得Cast、Lykes與Contship的支援擴大其營運作為。而Canada Maritime為越太平洋線的翹楚，亦將投入2艘2,800 TEU級的船（該航線目前最大型船），儘管Lykes將安排4艘2,800 TEU和Contship 4艘2,700 TEU的船投入營運。而在該航線中，大西洋航運公司（Atlantic Container Line）並無相關報導指出其投入5艘3,100 TEU之船舶。

至於在亞洲區間內（Intra-Asian）和東南亞市場為主之航商，多以不超過2,000 TEU船在營運，並無訂造大船的計畫。

Companhia Chilena de Navegacion Interoceania。至1996年以來僅有7艘平均1,522 TEU船在營運，而在1999年前，則另有15艘船加入，以1,800 TEU大宗貨船為主，但亦有二艘2,000 TEU之全貨櫃船。而Linha Brasileira de Navegacao。先前僅有3艘船在營運，最大也不過500 TEU，亦將再投入8艘船；其中2艘1,700 TEU，4艘2,300 TEU，和2艘3,700 TEU船。

至於其他未列入前20大之航商，其投入超過2,000 TEU的船包括：

- * CMBT Transport : 2 × 2,257 TEU
- * National Shipping Co. of San de Arabia : 6 × 2000 TEU (ro-ro)
- * Safmarine : 4 × 2,450 TEU & 1 × 2,020 TEU
- * Sinotrans : 2 × 2,227 TEU & 3 × 2,480 TEU
- * Transportation Maritima Mexicana : 6 × (+2,000) TEU與 4 × (+3,000) TEU
- * Transvoll Navegacao : 2 × 3,400 TEU 新船
- * Wilhelmsen Lines : 10 × (ro-ro)，其船介於2,000 ~ 2,800 TEU

雖然船舶發展有朝向大型化的趨向，但亦有些航商利用較小的低承載規模來營運，於1996 ~ 1997年間有些大航商處理新造或購買的舊船甚至低於2,000 TEU。CMA與Contship、HMM一樣都削減50%之承載噸位，其他還有海陸，'K'-Line和德國勝利。

三、超級貨櫃船 (Super-Containership) 之發展

在無視巴拿馬運河限制下，貨櫃船大型化的趨勢仍持續在增加成長，第一代貨櫃船約需11m水深的船席，而最新世代的貨櫃船如：NYK 5,700 TEU和，Maersk 'K' 級貨櫃船吃水需14m，而Regina Maersk是第一艘船長超過318m，船寬近43m，可放置17排貨櫃，同

時雙層船體 (Double-hull) 可放14排貨櫃；而P & ON 6,690 TEU船在1998年3月開始營運，也是17排寬 (船寬少於43M) 其船長較Regina長22m，但吃水僅為13m；爾後之5,700 TEU級則有16排寬，一般超巴拿馬極限型貨櫃船標準為14排船寬。

很多航商都深信，Maersk並未對外宣告 'K' 級船之確實艙位容量，同型7艘中，Sovereign Maersk 船艙載櫃容量超過其它6艘同型船的10%，其吃水14.5m，(由於屬Maersk 內部商業機密，以上僅為估計資料)，Maersk最初設計係要求每艘船承載7,760 TEU，故7艘船可多承載8,736 TEU。這些表面之艙位容量都超過 Maersk 宣稱之6,600 TEU的數字，修正設計後之Regina Maersk 船長增加9%達346.7m。

由表五可看出超巴拿馬極限型貨櫃船之發展趨勢，首先係由APL 5艘C-10總統級之貨櫃船在1988年首度突破4,000 TEU貨櫃容量的承載限制，一直到1994年NYK Altair開始營運才進一步將承載容量推升至4743 TEU，爾後則以每二年產生新一代貨櫃船的速度加速貨櫃船大型化的發展步伐。

主要航商對引進新世代8,000 TEU的大型船並無爭議，Samsung已宣佈將發展該等船舶，而實際上Maersk與P & ON 6,000TEU級船即可承載8,000 TEU，由於重櫃需置於船艙底層5層高，平均每

櫃約15公噸，因而堆放在上層用以補足原列示艙容量(6,000 TEU級)與8,000 TEU差距的櫃子，都是無運價收入之空櫃。8,000 TEU級貨櫃船之吃水與船長並不超過

'K' 級船，但船幅將擴展至184m。依Lloyd資深研究員表示，其船長約325m，船寬為47m，吃水則須14m。

至於15,000 TEU級貨櫃船是否可能出現仍有問題，理論上該等船吃水亦為14m，船長將達400m，寬為69m，比Maersk 'K'級船寬26m，意即可再增列至24排。

船舶大型化並不會對造船技術構成威脅，而主要課題是10,000、12,000、15,000 TEU級貨櫃船的配置是否符合經濟？由航商觀點來看，由於每艘船的承載櫃量需幾近滿載方符合經濟規模效益，而這得經由航商間彼此結盟聯營始克其成，但聯盟間彼此合作的效果，得視其長期運作的結果來決定是否重行洗牌或重組。公元2000年以前除P & ON與Maersk外，可確定已無航商再投資6,000 TEU以上的大型船投入市場營運，因此大型貨櫃船目前仍僅占全球總運能相當小的比重。

四、船舶承載與航線配置之改變

在亞洲金融風暴前，全球各主要航線的運量均穩定的增長，而貨櫃船艙位的供給過剩已造成運價下跌的莫大壓力。

全球前二十大航商配置在主航

線營運之船舶平均承載櫃量已超過4,000 TEU，這是由於主要航商將新增運量配置於此之結果，但佈置大型船舶之動力則源自越太平洋航線失去基本優勢後，為了滿足歐—亞航線之需求所致，如此很清楚反映出新船擴大佈署的航線，也進一步導致艙位供給過剩。茲說明各主要航線船舶之配置如下：

(一) 歐—亞航線

全球大部分新建的大型貨櫃船都投入在東西向的歐亞航線上營運，本世紀前投入營運的最大型船舶為P&ON之4艘6,690TEU，其中二艘在1998年5~6月正式投入歐洲~遠東航線上營運。另外至本世紀前也僅有Maersk投入15艘6,000 TEU以上大船加入營運，後面交船之9，艙位容量將比前面的6艘多10%，目前已有3艘於1997年投入歐洲~遠東線上營運，其餘的都佈署在本航線。

在歐—亞航線投入5000 TEU級大型貨櫃船營運的航商有NYK 5艘5,785 TEU級的貨櫃船，第一艘NYK Antares已於1997年間在本航線營運。長榮已訂製8艘5,800 TEU級的貨櫃船預計在公元‘2000年加入5艘’U’級船營運行列，初期以提供連接北歐/地中海/亞洲與美國西岸的環球航線服務。

主要航商於1996在歐洲—亞洲—歐洲航線（不含環球航線）佈署新船之其他航商包括：

*CMA: 2×4,000 & 2×3,900

*Hapag Lloyd: 3×4,400

*HMM: 6×4,422

*NOL: 4×4,000 & 4×4,918

*OOCL: 3×4,024

*P & ON: 2×4,850

*UASC: 10×3,800

而此航線自1995年新加入的航商包括：APL、MSC與HMM，其中HMM於短時間內，已在歐~亞雙向航線的市場中佔有4~5%之比率，且新近亦將以2艘5,551 TEU取代3,000 TEU級的貨櫃船。

(二) 越太平洋航線

基本上經營越太平洋航線大部份的航商不是以佈署更多航線網路(Strings)，就是引進大型船來拓展本航線的營運。本航線主要的聯盟至少經營四條美國西岸/亞洲 loop和二條東岸loops。於1995~1997中，長榮、OOCL、HMM、Hanjin與Cosco投入的營運船舶都超過5,000 TEU。

公元2000年前預計投入美國—亞洲航線營運之貨櫃船有HMM的7艘5,551 TEU貨櫃船，而自1996年至今僅有HMM新投入大型船於本航線上；長榮在此航線已投入8艘5,364 TEU的船加入Ever U級之行列營運；Cosco的動作則更為明顯積極，計投入6艘5,200 TEU的船，在1994年之前則僅配置4艘3,494 TEU的船；Hanjin至少有6艘5,302 TEU的船投入營運；海陸將投入4艘4,062的船，其中第一艘將配置在此航線，但在1998年以後

則無再增加的跡象；而OOCL則在1995~1997配置8艘4,960 TEU的船。

儘管本航線現今艙位仍然供給過剩，預期1998~1999年間貨櫃量與承載艙位均約以6~8%的成長率增加。

(三)環球航線 (Round-the-world; RTW) 與鐘擺航線 (pendulum)

在RTW市場，航商多以4,000~4,999 TEU為船型主力，長榮為此航線之代表，於1993~1995年間，配置10艘Ever R級船(4,229 TEU)，並配合7艘Ever G級(3,428 TEU)——這是自1986年即開始營運之規模，未來又將增加10艘4,173 TEU級船，前6艘於1998年1~10月相繼加入RTW西向航線服務，此將取代在東向線之10艘4,229 TEU船，因此，長榮在歐洲/亞洲/歐洲艙位容量將增加二倍。其他加入本航線的航商包括：Hapag Lloyd於1991~1994投入6艘4,422 TEU船；德國勝利在1998年初加入2艘4,545 TEU船，除此之外，現仍有15艘4,500 TEU之船隊，而與Tricon聯盟夥伴陽明公司亦有6艘4,000 TEU的船。

但大多數航商均以經營鐘擺航線為主而不投入RTW營運，特別是新聯合聯盟 (New United Alliance) 尤好此種經營方式，其中容易處理空櫃是經營此種航線的一項優點，以港埠立場觀之，也使得較少空櫃滯留在港內。1997年11月Hanjin以一條亞洲/美國東岸/北歐來回

線取代Tricon在RTW東西向航線。

(四)越大西洋航線

本航線運價因Cosco/'K' Line /Yang Ming自1997年2月加入營運而有些微下滑，但比起越太平洋線、歐洲/亞洲線，價格要好些，多餘艙位都可被安排吸納；1998年經營本航線之幾個航商如：長榮、P & ON、海陸、Maersk和CP Ship貨量都有6~8%之成長，而近年來運量並未隨船舶噸位增長而成長。

航商配置在歐洲至北美東岸之船舶艙位遠比歐洲至遠東之艙位來得少，而發生艙位過剩則是因為新航商加入本航線市場所致，故無法與其他軸線作貨量增加之比較，直至1998年，投入本航線最大航商為海陸之9艘4,354 TEU的船。

長榮在本航線有12艘3,428 TEU，10艘4,173 TEU和6艘2,670 TEU的船，這均為其RTW航線之一部分；在1997年9月VSAO'S (OOCL、P & ON、Sea-Land) 直接在北美—美歐間配置9艘3,456 TEU與11艘3,928 TEU的船，而VSAO復與Maersk聯營。

亞洲航商方面，在1998年OOCL有1艘2,800 TEU，"K"-Line於1999年投入2艘3,000 TEU的船，其他尚有加拿大海運公司 (Canada Maritime) 於1998年加入2艘2,650 TEU的船。

(五)其他附屬 (subsidiary) 航線

由於新型大船持續加入主航線

營運加上同一航線之艙位供給過剩，致使航商將主航線汰換之舊船調往附屬航線營運。

大航商在主軸航線 (mainline axial trades) 之轉運策略直接對附屬航線的營運產生衝擊，由於附屬航線產生多餘艙位和需要增加彎靠頻率，使得艙位過剩的情況亦形擴大，同時佈署之船舶平均大小也增加。1998年的亞洲金融風暴，也使得歐洲／亞洲與美國／亞洲產生貨量不平衡，造成往亞洲出口櫃量下降，於是航商削減駛往亞洲附屬航線之船舶承載櫃量。

以Maersk/Sea-Land於1998年2月為例，將其2艘2,100 TEU的船由越太平洋線轉移至新加坡—澳洲／紐西蘭航線，而目前則以集貨船在營運，3艘在地中海／美國／波斯灣之2,700 TEU之租船和三艘較大型船則以同樣方式調整，這也意謂著Maersk/Sea-Land T4航線業已撤消，其終止T4航線另一不為人知之理由係為西向泰國、台灣與日本之貨量呈現崩盤，而T5航線和佈署多餘船舶加入T6航線則造成航商需朝向美國大貨源區域去招攬更大的承載櫃量。

在正常情況下，全球航商在主軸航線持續佈署大型船是否會造成直接影響，端視南北向航線與區域集貨櫃量之變化而定，因為這些航線都是利用老舊船在營運，而這些船以前都在主航線營運，現在則配置在區域航線網路，大航商在此航線加入新船營運的策略正明顯的與

日俱增。

在1990年多數大航商均加入南北主航線營運，致使船舶承載噸位向上推升，這不僅造成主航線之艙位過剩，而且使得託運人對由單一航商經營全球性服務與提供更具吸引力之運價產生莫大之需求。

南北向航線貨櫃運量持續起伏不定，其市場包括Intra-Asia與連結南美洲航線，後者在1980年中，主要投入營運之航商有：Hapag-Lloyd、Nedlloyd、Zim、MOL、'K'-Line與MOL。在1997年前除HMM與Yang Ming外幾乎所有大航商都投入本航線市場營運。其中1994年投入者包括Maersk、長榮與海陸，而航商多以艙位共用，或大小航商合作方式如：海陸與Transroll Navegacao在以南美洲連結歐洲與北美東岸航線營運；而最近才有以歐洲—遠東直接服務方式營運，第一個組合為Cosco與德國勝利。1997年航商配置在南美航運市場係以船型大小和數量與彎靠頻率來提升供給面，1998年初MOL在亞洲／南美東岸線由6艘1,200 TEU的船提升至6艘1,700 TEU的船，且有意增加至2,000 TEU，這主要激勵原因是在巴西有許多之亞洲製造業者，同樣的情形也發生在亞洲／墨西哥岸灣之泛太平洋線，迫使NYK在1999年2月以5艘1,150新船取代租用5艘750/1,000 TEU的船。APL於1997年9月與Crowley American Transport以7艘船彎靠阿根廷和委內瑞拉開始美國東

岸至南美東岸市場，由於TNWA之退出，更形強化APL在該市場地位；海陸在與 Transroll Navegacao 終止合約後，已與 Maersk 合作投入本航線市場。

Intra-Asian 航線市場在 1997 年見證了動盪經濟情勢，也宣告了越太平洋線將為世界最大之市場，多數頂尖航商在此均投入相當之承載噸位船舶以便增加市場佔有率，自 1997 年 10 月 HMM 在 Intra-Asian 用自有之 2,000 TEU 型船漸次取代租用之 1,200 / 1,300 TEU 的船，且在 1998 年亦在遠東地區投入 3 艘 2,181 TEU 型船；而 MOL 已用 3 艘 1,000 TEU 型船取代在日本 / 泰國線之 4 艘 600 TEU 型船；OOCL 再加入 4 艘租用之 1,560 TEU 型船以增加香港 / 日本快捷線服務；韓進也在北亞和印尼 / 菲律賓開闢 4 艘 1,200 TEU 型船之新航線。在 1998 年 'K' Line 亦租用 3 艘 1,000 TEU 型船；而 Cosco 也將投入 3 艘 1,432 TEU 型船；另外，立榮公司也在本航線加入 4 艘 1,164 TEU 型船。

這股欣欣向榮的情境係建立在亞太地區新航線之開發和經濟發展上，製造商在前一港口輸出高成本與半成品產品，在下一港口則以較低成本組合，並再出口成品至前一港口，而此種高成長運量之航線連結日本、南韓與香港、馬來西亞和泰國。估計單程一年之運量超過 20 萬 TEU，其次，因東南亞經濟消費提升致使 GDP 與盈收雙雙成長。

東南亞地區因大量增加貨量且

需運至轉運港，間接使得附屬航線艙位供給大幅增加，部分原因則是集貨航線運量增加之結果，包括：

- * 集貨船 / 近洋船大型化的趨向
- * 特定集貨船港口彎靠頻率的增加
- * 新轉運中心與區域航線間 (intra-regional trade) 貿易之拓展使得新開拓航線帶來更多艙位噸量之供給。

以上特點在 Intra-Asian 與地中海區航線特別明顯，在亞洲區四個主要航線網路都以新加坡、香港，可倫坡和釜山 / 神戶 / 橫濱為轉運中心，同時另有三個合併航線網路 (emerging network) 藉新加坡連接澳洲、上海和印度半島。

表六為隨機選定在亞洲營運之一般集貨航商，但其艙位容量則有些下降，主要多係以租回原船而非以最佳化營運來配置，而僅 Johan Shipping 和 Gemartrans 在船舶艘數和艙位容量上有所增加。

在東南亞地區最主要之航線網路係以新加坡港為主要之轉運中心，其特性係含蓋大範圍之區域性港口 (regional port)，航商投入之集貨船型大至 1,200 TEU 且提供每週 300 班次，每天準點之服務頻率；而香港主要以 200 ~ 300 TEU 的船沿珠江三角洲服務南中國區域。

在北中國區域：上海、新港、大連和青島係以大約 3,000 TEU 型貨櫃船採組合式直接彎靠；並延伸至釜山、神戶和橫濱。上海是卸載量最多之港埠，其至香港的船大都

超過400 TEU，至日本則多為300～600 TEU，在可倫坡區之6家航商，則以300～600 TEU的船沿Chittagong—Karachi提供每週或隔週的航班服務。

在2001年前投入本區營運之船舶將超過90艘，承載艙位將超過4,700 TEU而目前約有60艘船，在Intra—Asian航線預計未來艙位供給量將遠超過需求，因為航商將投入2,000～3,000 TEU型的船取代老舊之1,000～1,500 TEU型船。

需強調的是該區所增加之運量有部分為當地貨源溢注的，並非端賴轉運和說服航商將運量移轉至該區的結果，至於區域性之大航商如立榮、萬海、也有極大比重之貨量係與主要大航商彼此透過艙位互租協定所換來的。

近年來在地中海地區之集貨船航線市場由於二個相關因素使得貨櫃運量亦顯得起伏不定；首先，新的區域轉運中心如Algeciras、馬爾它與Gioia Tauro同時擴張其港埠集貨船服務；其次，主要航商如Maersk也發展其自有之集貨船服務，而業者亦可利用該區內不足之複合運輸路網，兩相比較，北歐地區由於大型貨櫃港埠相當接近且亦有複合運輸連接，因此使用集貨船的機會不大。

在西地中海地區由於運量之成長導致現有航商和新加入業者均投入大型船舶與增加彎靠之港口來吸引貨量。二家新航商為Med Express Italia (MXI) 和Med Feeder Italia

，據報導MXI有7艘論時租船，而Med Feeder Italia則有9艘近600 TEU之船。

比起亞洲來說，地中海地區的集貨船市場顯出更大之起伏，在1996與1997年Grandi Traghetto、Compagnie Maridionale、Matz Container Line、Sarlis & Sea Malta均增加其船舶艙位的容量。

而貨櫃的轉運和艙位共用協定已經影響到剛萌芽起步之集貨船艙位供給，儘管航商運用大船承載區域性貨載，如在亞洲和南歐地區，然而仍不易透過當地經營集貨／近洋船的業者來區分承運當地轉口貨載或與航商共用艙位之貨載。

表七僅將現行在區域內投入較大型貨櫃船的營運者列入，包括新近租用或新造部分，立榮係在東南亞區域內之佼佼者，若要將其終點延伸至另一區域以擴張其全球性業務則會產生對大型船之需求。以MISC為例，現有2艘4,500 TEU船在歐洲／遠東區服務，1998年則使用2艘2,000 TEU船在回程至澳洲航線上服務。立榮、萬海最近均有新船訂造計畫，但它們都已超過其艙位需求，立榮有11艘1,164 TEU船在1997／1998交付，其艙位供給亦超過13,000 TEU。

在南美航商，船隊和船舶平均大小均有大幅增加的趨勢，Transroll Navegacao在1997年有2艘3,400 TEU船在越大西洋航線營運；而Libra—Linhas Brasileiras de Navegacao由3艘總艙位超過

1,000 TEU的船增加至8艘20,000 TEU型的船，最大的2艘有3,700 TEU。但也有二艘交付Companhia Chilena Navegacao，其中一艘則租予 Maersk 在南美東岸和北美東岸航線上營運。

五、結語

處在超巴拿馬極限型貨櫃船成為全球主要航線之主流船型的時代裏，過度渲染其影響力其實是很危險的，雖然超巴拿馬極限型貨櫃船在船舶艘數和艙位的供給方面均有不錯的成長，但其占全球總貨櫃船的比率仍低，1997年4,500 TEU以上貨櫃船艘數占全貨櫃船總艘數比率為2%，占可用艙位亦低於8%；1999年初，4,500 TEU以上貨櫃船艘數占全貨櫃船總艘數比率雖有成長仍僅佔4.1%而已。

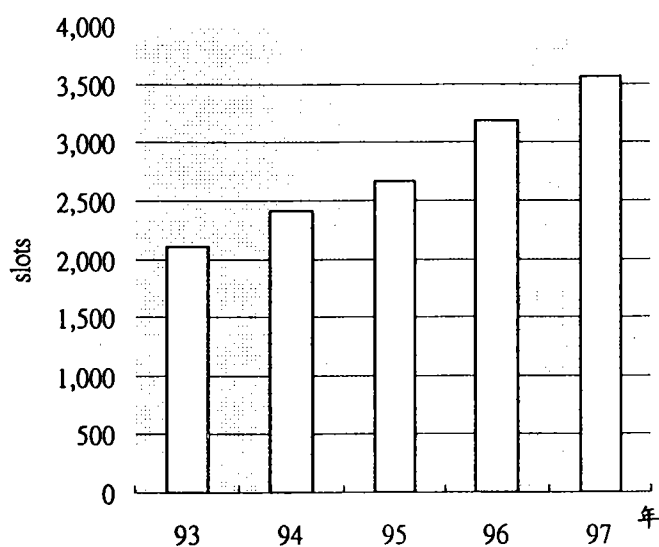
由表七顯示區域航運市場仍有對小型貨櫃船的需求，1997年小於1,000 TEU和1,000~1,999 TEU的新造貨櫃船訂單約有70艘，這裡提供我們一個啓示：當一個港口決定面對其他港口之激烈競爭，去迎合超巴拿馬極限型貨櫃船的承載運量時，市場上仍然有很多的巴拿馬型船舶可供開發利用。

參考文獻：

1. Hugh O'Mahony "Opportunities for Container Port" a Cargo Systems report. , 1998, Ch4. PP43~55。
2. 陳一平，"從九八年世界前二十大貨櫃船公司排名看貨櫃運輸發展趨勢" (上)(下)，航貿週刊 9848、9849期

表一 世界全貨櫃船彙整表 (at Nov. 1, 1997)

年		<5001 TEU	500~999	1,000~ 1,499	1,500~ 1,999	2,000~ 2,499	2,500~ 3,499	>3,500	總計
1993	slots	20,406	182,373	342,391	307,570	198,117	720,902	240,549	2,112,308
	ships	407	249	285	176	90	247	60	1,514
1994	slots	124,446	193,338	369,714	344,305	255,494	739,255	393,911	2,420,463
	ships	431	266	306	199	116	254	98	1,670
1995	slots	113,098	208,329	383,324	395,887	270,329	750,394	546,241	2,667,602
	ships	367	291	319	232	122	258	134	1,723
		<1,000		1,000~1,999		2,000~ 2,999	3,000~ 4,499	>4,500	
1996	slots	303,018		913,143		806,798	880,467	185,397	3,178,823
	ships	793		654		319	237	36	2,039
1997	slots	431,336		1,005,458		877,173	954,156	295,128	3,563,251
	ships	861		724		347	256	57	2,245



圖一 全貨櫃艙容量成長圖 (單位,000)

表二 1997~1999年世界貨櫃船型變化統計表

船型 (TEU)	1997年		1998年初		1999年初	
	艘數	比率(%)	艘數	比率(%)	艘數	比率(%)
0~500	344	18.8	375	17.6	384	16.4
500~1,000	295	16.1	354	16.6	381	16.3
1,000~1,500	365	20.0	406	19.0	437	18.7
1,500~2,000	264	14.4	320	15.0	360	15.4
2,000~2,500	122	6.7	159	7.6	201	8.6
2,500~3,000	182	10.0	200	9.4	207	8.8
3,000~3,500	83	4.5	89	4.2	92	3.9
3,500~4,000	65	3.6	75	3.5	87	3.7
4,000~4,500	72	3.9	85	4.0	96	4.1
4,500~5,000	20	1.1	39	1.8	53	2.3
5,000以上	17	0.9	30	1.4	43	1.8
總計	1,829	100.0	2,132	100.0	2,341	100.0

資料來源：英國海運顧問公司

表三 20大航商運能彙整比較表 (at Jun 1. 1999)

航 商	排 名		營 運 艙 位 容 量 (TEU)			98
	97	98	97	96	On Order	
Maersk Line	1	2	232,257	194,071	76,686	308,943
P&O Nedlloyd	2	3	235,993(*)	94,250/ 274,989	106,889	53,458
Evergreen/Uniglory	3	1	228,248	204,061	92,287	319,535
Sea-Land	4	5	215,114	196,483	0	215,144
Cosco	5	4	201,593	163,650	30,756	232,349
Hanjin	6	6	174,526	111,900	37,125	211,651
NOL/APL	7	7	165,582	57,379/ 187,450	67,072	21,868
Med.Ship.Co.	8	8	154,165	99,306	17,000	171,185
NYK/TSK	9	9	128,154	127,400	37,150	165,304
MOL	10	10	115,763	121,085	11,700	127,463
HMM	11	11	112,958	101,992	6,522	119,480
Zim	12	14	98,086	90,860	3,400	101,486
YangMing	13	15	96,145	80,058	0	96,145
CMA/CGM	14	12	89,658	52,120/ 105,508	9,167	15,850
CP Ships	15	17	97,649(**)	NA	5,300	90,316
OOCL	16	16	95,940	76,514	9,320	95,260
'K' Line	17	13	84,198	82,331	19,540	103,648
Hapag-Lloyd	18	18	73,372	75,581	13,848	87,220
Cho-Yang	19	19	55,882	41,023	9,000	64,882
SCL	20	20	51,002	NA	0	51,002

*含Blue Star Line

**含Ivaran Lines

表四 主要航商大型貨櫃船一覽表 (by the end of 1999)

航 商	船舶數×艙位容量(TEU)
APL	6×4,832
CMA/CMG	2×4,000
CHO Yang	4×4,545
Cosco	6×5,200
DSR Senator	6×4,545
Evergreen	13×5,364
Hanjin	5×5,300
Hapag Lloyd	6×4,422
Hyundai MM	7×5,551
'K' Line	8×3,456
Maersk	9×6,000 ; 3×6,418
MSC	2×4,000
MISC	2×4,469
MOL	5×4,700
NOL	4×4,918
NYK	5×5,700
OOCL	8×4,960
P&O N	4×6,690
Sea-Land	9×4,354
UASC	10×3,800
Yang Ming	5×5,000
ZIM	3×3,500

表五 超巴拿馬極限型貨櫃船發展彙整表

	交付日期	船 長 (m)	吃 水 (m)	船 幅 (m)	船 寬 (排)	艙位容量 (TEU)
APL C級	1988/9	275.2	12.5	39.4	14	4,340
'NYK' Altair	1994	299.9	13.0	37.1	14	4,743
Reg. Maersk	1996	318.2	14.0	42.8	17	6,000+
P & ON	1998	340.0	13.0	42.8	17	6,674
?	1999?	325.0	14.0	47.0	18	8,000
?	2000+	400.0	14.0	69.0	24	15,000

表六 亞洲區營運之集貨／近洋船之航商

航 商	艙位容量1000 TEU (船舶數)	
	1995	1997
ApM Saigon Shipping	723(3)	2628(7)
Cheng Lie Navigation	11061(11)	21063(18)
Chun Kyung Shipping	1174(12)	1826(11)
Chu Kong Shipping	1024(4)	1024(4)
Fleet Trans Intl	3101(8)	1330(6)
Gemartrans	1023(4)	1688(5)
Imoto Lines	814(7)	838(8)
Johan Shipping	580(4)	1016(5)
Malaysia Shipping	928(3)	890(3)
Myanma 5 Star Line	2896(8)	2960(8)
Nam Sung Shipping	2350(12)	3358(12)
O K Shipping	693(6)	567(5)
Pan Continental Ship.	872(3)	872(3)
Rich Sky Shipping	735(10)	516(7)
Suplicio Lines	1199(11)	1199(11)
Tientsin Marine Shipping	4048(13)	3707(10)

表七 區域性航商配置艙位、船舶彙整表

航 商	營 運 區 域	1995	1996	1997
Cheng Lie Navigation	遠東	1169(2)	1471(5)	No change
Chun Kyung	遠東	157(2)	446(1)	No change
Comp. Marocaine	西地中海、非洲	414(2)	463(2)	No change
Comp. Maritioma Nac	美國	1452(1)	2300(3)	No change
Comp Chilena N I	美國	1661(1)	1800(6)	No change
Korea Maritime Trans.	遠東	500(2)	1000(6)	1600(2)
Libra Group	美國	562(2)	1500+(8)	3700(2)
Matson Navigation	美國西岸	2000(2)	2800(3)	No change

海岸變遷—作用的尺度和問題的面向

Coastal Change—Scales of Processes and Dimensions of Problems

著者 Prof. Paul D. Komar

譯者 沈淑敏 國立台灣師大地理系講師

譯者按：本文係美國知名海岸學者 Paul D. Komar 教授在 1999 年 6 月間受邀於第四屆 “International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment” 中所做的專題演講全文。作者以四組個案來強調，吾人在探討海岸侵蝕的原因與採取因應措施時常忽略長期性的潛在因子，全文深入淺出，值得一讀。Komar 教授已同意發表中文譯文，當然所有譯文謬誤應由譯者負責。全文翻譯自 Komar, P.D. (1999) Coastal Change—Scales of Processes and Dimensions of Problems, *Coastal Sediments '99 - Proceedings of the 4th International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment*, 1-17.

摘要

偶發式的海岸侵蝕通常是由大風暴所造成，但從較長期來看，可能還有其他潛在因素 (underlying factors) — 氣候變遷和人類活動 (例如在河流上興建水壩、沿海岸建

導流堤與海堤)。所以，調查岸線侵蝕需要涵括各種時間與空間尺度的作用和成因。回顧世界各地許多有關侵蝕問題的個案研究，就證實了此點。很多例子顯示，我們太常用過度簡化的觀點來看造成海岸侵蝕的原因。我們通常只關注短期因子 (最近發生的風暴)，但是卻忽略潛藏的長期因子，而後者常是人類對環境衝擊的產物。我們常認為人類是海岸侵蝕的受害者，其實我們忽略的事實是人類常是造成海岸侵蝕的原因 (We think of humans as being the victims of coastal erosion — we overlook the fact that often they are the cause)。

前言 (INTRODUCTION)

世界海岸線侵蝕的問題似乎已經達到全球都在流行的程度。“侵蝕”只有在人口不斷增加的海岸帶才會成為「問題」，否則它只是個自然的作用。但是到底侵蝕有多「自然」？如果我們認為侵蝕是最近發生的風暴 (颶風或東北風) 所引起，或是衝擊美國西海岸的聖嬰現象 (El Niño) 所造成，那我們可

以說侵蝕是自然的，因為這種作用已經發生好幾千年了。但是建造在（注入海岸的）河流上的那些水壩呢？它們可能距離海岸侵蝕發生的地點數百或數千公里之遠，而且可能在本世紀初期就已經被建造，它們是延遲到現在才開始對海岸展開衝擊嗎？那些在海濱為保護家園免於侵蝕所修建的海堤又如何呢？它們會是造成侵蝕的原因嗎？

這個演講的大主題（broad theme）是「為什麼會海岸侵蝕？」（Why do coasts erode?）。這個問題契合本次研討會^{*1}的主題「海岸沈積物運動和地形變化的尺度」（Scales of Coastal Sediment Motion and Geomorphic Change）。想要了解海岸侵蝕，所做的調查研究必須要包括所有的作用—考慮從波浪下的沈積物運動這樣的細節到沿岸胞（littoral cell）之中的海灘，甚至檢視海岸流域內的土地利用情形。這樣的調查研究不僅必須要考慮所有對海岸變遷來說重要的空間尺度，也必須考慮所有的時間尺度，因為我們逐漸了解到氣候有長期的變遷，而且會持續發生。在氣候變遷的架構（context）中，我們必須常常想到冰河的溶化和全球性海準面的抬升，這些有部份是自然作用，但也逐漸受到溫室效應全球暖化的影響。也有證據顯示風暴和波象（wave climate）的嚴重性有長期變遷的情形，包括颶風的次數和強度以及聖嬰現象事件的規模。

這個演講的目的是強調我們對海岸變遷和海岸侵蝕因子的多面性（multitude）的認識。我們必須常提醒自己，雖然我們知道可能有潛在的（underlying factors）遠方因子（distant causes）（包括時間和空間上的），但是我們傾向於只關注立即的因子（immediate cause），像是最近摧毀海濱地帶住屋的大風暴。以這樣有限的觀點，我們傾向於採用簡單的解決方案，像是興建海堤或是養灘。而這種補綴式的修護（band-aid fix）方式很少能處理到海岸變遷的潛在因子——即較長期和較大尺度的因子。

海岸變遷的原因和尺度(CAUSES AND SCALES OF COASTAL CHANGE)

圖 1 呈現具有時、空尺度代表性的海岸特徵。在此系列的最小一端是單一的沈積物顆粒—構成海灘的沙粒。它們的直徑為 1 公釐的等級，被波浪與海流不停地搬運，所以在時間變遷尺度上是在 1 秒鐘的等級。沿這個海岸特徵的系列向上移，我們由小沙痕到較大的形態特徵像是沙壩，最後是整個海灘。在時間的變化上也有大致相似的變動，像沙灘就是對各個風暴以及波象（wave climate）的季節性做反應。在海灘尺度之上是沿岸胞。圖 1 反映了我個人在（美國）奧勒岡州海岸的工作經驗，該地的沿岸胞界線明確而且大多是各自獨立，各段沙灘之間由大岬角所分隔（Komar,

1997)。加州的海岸也有類似的沿岸胞 (Inman and Frautschy, 1966)，但是該處海岸的沿岸胞比較開放，漂沙多經由海底峽谷而流失到深海。在美國東岸，沿岸胞比較難界定，不過重要的是辨識出海灘沈積物沿海岸移動的情形（一個地區自然或人為引發的改變會影響到其他海岸地區）。

我們還需要進一步考慮到與沿岸胞有關的流域 (圖1)。我們知道，河流通常是海岸沈積物的主要貢獻者，所以發生在流域內的事情會決定海灘的長期「健康」。流域這種較大的空間尺度通常會配合較長的時間尺度，但是這個界限並不清楚，而且會隨著流域內的土地利用方式而不同。就對海岸的最終衝擊而言，在流域上游許多支流建壩的累積效應的時間反應為何？因為流域內伐木或火災而造成的森林破壞 (deforestation)，或者對都市化的時間反應又如何？

圖1可以當作在評估海岸變遷或岸線侵蝕的可能因子時的有用提示。這個圖表也有助於正確地定位自己的研究與其他研究的關係。在確定了自己在整個海岸系列中的位置後，就應該去看比你的工作較小和較大尺度的研究，以了解你的研究與他人的研究如何互動。例如，如果你的工作是討論沙在波浪和海流中運動的基本原理，就需要記住自己的研究成果可以在上一個尺度中 (海灘剖面變化的動態性) 如何應用。最近幾年，我們看到「沈積

物在橫剖面上的搬運」以及「發展數值模式以模擬沙灘剖面對近濱營力的反應」等研究的長足進步 (Komar, 1998a)。這樣的成功可以歸因於我們連結了圖1中所展示的系列。這個例子是在小到中的尺度，最近五十年來的大量研究也是侷限於這樣的時、空尺度。直到最近才開始有少數針對大尺度因子的研究，所以我們不太能夠以量化的形式來預測在沿岸胞和流域中人為導致的變遷所產生的效應。我們所需要改善的是，評估沈積物收支的架構中各個沈積物來源與損失的能力，以及評估氣候變遷和人類活動如何影響沈積物收支的能力。

造成海岸變遷的因子和作用存在於圖1所揭示的時、空要素本身。我將最明顯的因子列於表1，不過還有其他許多因子可以被納入。可以看到有許多因子是落在「沈積物收支」 (sediment budget) 的標題之下—影響海灘的沈積物來源和損失。那些在流域內和在濱線上的因子也很多。以斜體字表示的因子是由於人為導致的環境變遷。在把這些因子歸於人為因素時是相當謹慎的，所以並沒有把可能因為全球增溫使風暴增加 (大氣科學家所建議) 歸屬於人為導致的因子。即使已經相當謹慎，顯然大多數的因子還是人為的。這些因子在較大的時、空尺度下，特別是在沈積物收支的因子中佔有重要的地位。這些因子大部分對沈積物收支有負面影響—減少到達海濱的沈積物，只

有幾個（主要是養灘）有正面的影響。所以結論必然是：人類在流域內和在海岸的活動對於世界各地所普遍經歷的侵蝕問題一定很重要。

海岸侵蝕—個案研究與潛在原因 (COASTAL EROSION—CASE STUDIES AND UNDERLYING CAUSES)

要探究海岸侵蝕與它的原因，最好是以考慮一系列個案研究的方式來進行。有許多個案可以選擇，但是本文所選擇的個案是為了要能彰顯主題，所以選擇時間上、空間上都是多因子，而且構成侵蝕的根本原因不是那麼顯而易見的個案。

尼羅河三角洲的侵蝕 (Erosion of the Nile Delta)

如果有人問我「世界上最戲劇化、科學上最有趣的海岸侵蝕問題是什麼？」，我的回答會是埃及尼羅河三角洲的岸線。該地的侵蝕規模非常戲劇化，從本世紀以來有些地方岸線的後退率可以達到每年100公尺 (Orlova and Zenlovich, 1974; Inman and Jenkins, 1984; Smith and Abdel-Kader, 1988; Frihy et al., 1991; Fanos et al., 1991, 1995)。

尼羅河在開羅以北分為二條分流 (圖2) — Rosetta河和Damietta河，它們穿過三角洲，並且運送河川負荷物 (load) 到海濱。數百至數千年以來，尼羅河在地中海沿岸發展出由沈積物組成的突岬。此區

最早的岸線調查可以回溯自1800年 (因為拿破崙想要征服埃及而測量)。Rosetta突岬在19世紀期間的進夷階段 (progradation phase) 可以參見圖3A，突岬的退夷階段 (retrograding phase) 可以參見圖3B，從進夷轉變成侵蝕大約是在1909年。岸線後退率在河口附近最大，逐漸向兩側減小；到相當距離之外濱線實際上變成向海前進。雖然我們一想到尼羅河三角洲就想到它戲劇性的侵蝕，但是有相當長的海岸是增積的，主要是在突岬的側翼。

是什麼使19世紀突岬的進夷戲劇性的轉變成20世紀的侵蝕呢？很多人以尼羅河三角洲做為河流建壩切斷沈積物到海岸的負面衝擊的例證。河流供應的沈積物減少，而地中海的波浪仍然持續沿濱線搬運漂沙，所以主要的侵蝕 (最大侵蝕率) 出現在突岬頂部是可以理解的。就如所觀察到的 (Frihy et al., 1991)，隨著沿岸漂沙搬運率的降低，沿著突岬的側翼濱線必然會從侵蝕變成堆積。尼羅河供沙減少的長期效應是使三角洲的濱線平滑化 (smoothing) — 突岬後退，而被侵蝕的沙則填在兩個突岬之間。

毫無疑問，尼羅河上水壩的興建是三角洲侵蝕的主要原因。許多人只簡單地將此歸因於亞斯文高壩的興建 (形成Nassar湖 — 非常有效的沈積物捕捉器 (Inman and Jenkins, 1984))。亞斯文高壩基本上切斷了尼羅河所有到達海岸的沈積物，並且使得尼羅河變成涓涓細流。

但是這樣簡單解讀問題的問題是亞斯文高壩直到 1964 年才完成，而三角洲的主要侵蝕在本世紀初（約 1909 年）就開始了。一個可能的解釋是亞斯文低壩在 1902 年完工，壩體就位在後來興建的高壩的下游側。在 1902 年被興建的低壩確實與三角洲在本世紀初開始侵蝕的時間吻合。但是低壩與高壩不同，它並沒有形成一個像 Nassar 湖的大水庫，而且低壩可以讓尼羅河的大洪水與其所挾帶的沈積物通過 (Scientific American, 1902)。低壩只有在夏天低水位時才會貯水，以維持較高的壓力水頭，好讓河水可以在灌溉渠道中輸送。所以，不宜認為 1902 年興建的亞斯文低壩和 1964 年的亞斯文高壩會有相似的衝擊性。

有其他對尼羅河三角洲從世紀初期就開始侵蝕的解釋嗎？如圖 4 所展現的 (Firhy and Khafagy, 1991)，尼羅河的年流量自本世紀初起明顯減少。這個流量的減少並不是亞斯文低壩造成的，而是反映了北非到中非的氣候變遷—撒哈拉周緣地區 (sub-Saharan) 變得較為乾燥 (包括尼羅河的上游)。同時期，此區域內所有湖泊的水位都降低，例如位在非洲中部的查德湖的水位 (圖 4B)。這樣的證據指出尼羅河三角洲於本世紀初開始的侵蝕極有可能是對「因為氣候變遷而流量自然減少」所做的反應。1902 年興建的低壩只是時間上的巧合，與三角洲的侵蝕關係不大。不過 1964 年興建的亞斯文高壩 (以及 Nassar

湖的形成) 對三角洲則有很深刻的衝擊，不僅造成濱線侵蝕，也大量毀滅海岸魚類，並且引發其他很多環境後果。

很確定的是長期氣候變遷 (可以回溯至數千年以前) 影響了尼羅河的流量以及三角洲濱線的侵蝕和堆積模式。這是過去數千年來北非沙漠擴張的一小部分，而且到今天仍然持續著。年洪水水位在古埃及法老王朝時代很重要，它是農地新土壤、養份和水份的貢獻者，而且洪水水位也決定老百姓所需要繳納的稅金。從法老一世到第五王朝 (西元前 3100 ~ 2400 年) 尼羅河就有測量洪水的記錄，資料顯示尼羅河洪水水位在這七百年間持續低降 (Bell, 1970)。當希臘歷史學者在西元前五世紀訪問埃及時，他提到三角洲上有七條分流 (它們的位置以虛線標示在圖 2)。從以前到現在只剩下 Rosetta 和 Damietta 兩條分流，反映長期以來氣候變乾燥以及輸送到三角洲的沈積物減少的趨勢。

美國西北太平洋岸的海岸侵蝕 (Coastal Erosion in the Pacific Northwest)

世界各地許多大大小小的河流上建有水壩。很多都有沈積物輸送量減少導致岸線侵蝕的情形，而造成像尼羅河上亞斯文高壩所產生的效應 (雖然規模沒有那麼大)。也有大河上建壩但是對海岸衝擊很有限 (或很難辨識出) 的例子，其中一個

可能就是在美國西北太平洋岸華盛頓州和奧勒岡州的界河—哥倫比亞河。哥倫比亞河在1930年代被一系列的水壩所「馴伏」，其中位於波特蘭(Portland)之上的Bonneville水壩是最下游的一個。這些在主流上的大壩似乎只攔阻了相對少量的沈積物，反而是位於支流上數以百計的小水壩在沈積物抵達主流前就把它們攔截下來了。不管怎麼樣，哥倫比亞河流域中興建的水壩應該會對以此河為重要沈積物來源的海岸有所衝擊。

哥倫比亞河所注入的沈積胞介於奧勒岡州的Tillamook Head和華盛頓州的Point Grenville之間，大約150公里長(Kaminsky et al., 1998)。雖然哥倫比亞河上建有許多水壩，但是沈積胞的濱線在這個世紀的大多數時間是以每年數公尺的速率增加。不過最近幾年似乎出現海灘侵蝕逐漸增加的情形，在少數幾處侵蝕的「熱點」(hot spots)政府和私人財產都受到威脅。這是我們最後終於看到哥倫比亞河上水壩興建所產生的影響了嗎？但是也有可能是在這個世紀以來，哥倫比亞河的下流段和它的大河口扮演著“沙庫”的角色，雖然供給量可能逐漸減少，但是還是持續供沙給海岸。最近的侵蝕也有可能是因為氣候的改變所造成，特別是艾尼紐事件的次數更頻繁了。在1982~83年和1997~98年兩次主要聖嬰現象期都造成整個美國西海岸嚴重的侵蝕。在南加州，是因為海水面抬升和

強烈風暴激浪狀況的改變(Flick and Cayan, 1984; Flick, 1998; Seymour et al., 1984; Seymour, 1998)。在北加州和西北海岸，在聖嬰事件期間局部出現的「熱點」侵蝕是因為沈積胞內的沙會異常的向北移動，所以侵蝕主要發生在各沈積胞的南端(岬角的北端)，也發生在突堤的北側和可自由移動的潮流口的北側(Komar, 1986, 1997, 1998b)。這個模式可以解釋哥倫比亞河沈積胞內最近大部分的侵蝕狀況(Kaminsky et al., 1998)，所以很容易下結論說侵蝕就是極端聖嬰事件的產物，而和哥倫比亞河上興建的水壩無關。但是，我的想法是兩者都很重要，水壩興建使沙源減少讓沈積胞更容易受到侵蝕(長期因子和潛在控因)，而近期的聖嬰事件則代表了較短期和更明顯的侵蝕衝擊。「華盛頓州西南海岸侵蝕研究」計畫(Kaminsky et al., 1998)正是以回答哥倫比亞河沈積胞的這類問題為主要的目標。造成哥倫比亞河沈積胞最近侵蝕的原因仍然不明確，但是不遠處的Ediz Hook(位於Juan de Fuca海峽南岸的沙嘴)(Figure 5)是人類導致海岸變遷和侵蝕的例子中我最喜歡的一個。Ediz Hook沙嘴是由向東的沿岸流搬運來自Elwha河和海崖侵蝕(冰河外洗沈積物)的小礫和大礫所構成(Galster and Schwartz, 1990)。沙嘴的侵蝕是從本世紀初期Elwha河建壩(估計切斷了每年38,000立方公尺的供沙到海岸)和

後來在侵蝕的海崖前修築海堤（減少每年 200,000 立方公尺的供沙到海灘）時就開始了。大致如所預期的，沙嘴的最大侵蝕量出現在西端，而沙嘴的末端仍然能持續向東生長，因為有來自西端被侵蝕的沙源供應。這個沙嘴是 Port Angeles 港的天然保護，所以沙嘴的維持很重要。所做的反應就是沿著整個沙嘴修建護岸 (revetment)，並且進行養灘，以取代以前由自然界所供應的礫石。養灘代表的是人類干預沿岸沈積物的整體收支 (overall budget of littoral sediments)，也是在試圖改正以往所犯的錯誤。更進一步則是審慎地考慮是否要拆除 Elwha 河上的水壩，不只是為了讓河中礫石可以自由抵達海濱，不過主要也是要让鮭魚復育。移除水壩顯然會對 Ediz Hook 沙嘴的沈積物收支有正面的效應，但是更重要的是海堤仍然在繼續防止海崖侵蝕而不能釋出沈積物到達海濱。

在河流上興建水壩會減少或停止沈積物到達海濱，影響沈積物收支。但是人類在流域內的其他活動可能有相反的效應—增加河流沈積物。這是我目前在奧勒岡州海岸所進行之研究的焦點，特別是探究 Tillamook 灣中的沈積作用，以及在流入海灣五條河流的流域內土地利用情形是否造成沈積物累積率的增加。流域內因為伐木和森林火災所造成的森林破壞導致輸沙量增加，主要是進行伐木過程中修築道路以及不穩定邊坡發生愈來愈多大型

山崩所致。都市化會促使河流水位提高。但是另一方面，河沙和礫石又會被開採，所以 Tillamook 灣中沈積物累積的淨效應仍然不清楚。看來大部分的土地利用方式會增進細粒沈積物（粉沙和黏土）的輸送，但是除了有些累積在海灣邊緣的沼澤中，大部分的細粒沈積物是會被沖到海洋中。堆積在海灣中的沈積物主要還是沙和少量的礫石。流域內土地利用情形是否顯著地改變供應量，還不太清楚。

南加州的人工海灘 (The "Artificial" Beaches of Southern California)

海灘基本上是加州的生活方式，電視影集「海灘遊俠」(Baywatch) 可以為證。就像 Flick (1993) 所說，一般人並不清楚南加州大部分的海灘是人工的，是由浚深港口所產生大量的沙填置到海岸而成。本世紀初期的天然海灘大多狹窄而且通常是由大礫 (cobbles) 所構成，與在影集「海灘遊俠」中所看到的寬廣沙灘很不相同。相對於人類透過養灘對海灘發展的正面角色，人類對環境有許多負面衝擊。為了提供更多的水以使在這種半乾燥地區支持持續增加的人口和農業發展，南加州大多數的流域中都建有水壩和水庫。為了控制水庫損失最少的水，許多河床在通過社區之處都被鋪上混凝土。這樣沙子怎麼可能到達海濱？更糟的是，熱愛海灘的加州人在海崖上蓋滿住屋，然後用大量的海堤保護在侵蝕的海崖，而這

正是切斷了海灘的最後一滴沙源。毫不意外的，因為人為活動的負面衝擊大於養灘的正面貢獻，南加州各處海灘都面臨著侵蝕問題。

如先前所言，加州海岸可以劃分成一系列的沈積胞（圖6），以河流和海崖為海灘沈積物的天然來源，沿岸漂沙的優勢方向是往南，近濱帶的沙主要是在位於沈積胞南端（下一段岩石海岸的北側）的海底峽谷流失（Inman and Frautschy, 1966）。與沙的天然移動糾纏在一起的是人類的活動；養灘增加海灘寬度，水壩和海堤的修建則切斷天然沙源的供應。每一個沈積胞可以被視為一個單位，獨立於其他的沈積胞，而且各沈積胞的沈積物收支情形差異很大。

Flick (1993) 回顧一系列沈積胞養灘的歷史。列於表2的體積看來非常之大，每年有數十萬立方公尺的沙被填置在海灘上，這樣的體積估計大致與未建壩之前河流自然供應到海岸的沈積物規模相當。但是列於表2海灘填沙的量是有些誤導的，因為這些沙大致是在1935到1960年代被填置的，也就是南加州多數港口首度興建或浚深的時期。就如Flick (1993) 所顯示，在這段時期的年填沙率比長期的平均值高(表2)，但是從1960年代起，填沙量就減少許多。例如，Santa Monica沿岸胞在1938~1960年間的年供給率大約是每年800,000立方公尺，但是從1960年起就只有每年50,000立方公尺。這是整個南加

州的模式，所以，一般人以為本區典型的寬廣沙灘其實是過去數十年海灘填沙的產物。現在因為填沙量降低以及來自河流與海崖的天然供沙減少，所以海灘遭受侵蝕。

表2中也列出了目前河流供沙的估計值，並且與建壩前的值對照。Flick (1993) 是從多種資料來源彙整出這些估計值，並且也說明這些值的不確定性頗高。雖然如此，仍然表現出來自河川的沈積物顯著的下降。Johnson (1959) 和Norris (1964) 是早期提出興建水壩會導致海灘供沙減少的兩篇最重要的文章。Johnson (1959) 的研究集中在Santa Barbara沈積胞，透過河流沈積物搬運率的計算，提出水壩興建會對河川的輸沙量有重大的衝擊。他也指出降水量在最近數十年沈積物供給減少上的重要性（降水量在本世紀初期較大）。後來Bowen and Inman (1966) 根據Johnson在Santa Barbara的先鋒工作發展出第一個完整的沈積物收支，這篇文章採用財政上的收支概念，並且引入了我們今日所慣用的術語。

Norris (1964) 探討整個南加州水壩興建的重要性，以及它在河川沈積物供應損失上的意義。圖7引用自他的研究（主要是Oceanside沈積胞），就戲劇性的展現了這種衝擊，各河流的整個流域上部都被水壩攔阻。Santa Ana河流域共有42個水壩，切斷了96.3%的沈積物供應面積。

沿著濱線興建工程結構物也會

對沈積物收支有衝擊。特別受關注的是受海堤保護的海崖長度正在增加，這些海堤是要保護那些不智地建在太靠近崖緣的房子。為因應從1980年以來逐漸增強的風暴，有愈來愈多的海堤出現，特別是在1982~83和1997~98嚴重衝擊南加州的聖嬰事件期間與之後。但是海崖的侵蝕是灘沙的重要來源，在某些沈積胞中甚至比河川供沙還重要（即使是在建壩之前）（Inman and Master, 1991）。海堤的興建有累積性的衝擊，逐漸地切斷來自海崖侵蝕的天然供沙。

興建導流堤、防波堤和防沙堤的衝擊是複雜的。Flick (1993) 在許多例子中指出這些結構物把濱線分割成一系列的次沈積胞，減低了漂沙沿濱線的向南移動，也減少最後在海底峽谷的流失。在這個案例中，結構物延長了沙（1960年代以前被填置到海灘上）在海灘上停留的時間，相對的，Oceanside港的防波堤則有負面的衝擊。這個防波堤使向南的淨沿岸流沈積物搬運被繞射至遠濱到等深線約18公尺處（10-fathom）（Dolan et al., 1987; Inman and Masters, 1991）。沙粒在越過港口後不再移回海灘，顯然是因為海底坡度改變（在較低的海水面期所形成）的緣故。自Oceanside港興建之後，被繞射到遠濱的灘沙量大約是2700萬立方公尺，約相當於每公尺海灘長度322立方公尺（Inman and Masters, 1991）。

最近有關詳細的沈積物收支的

報導是Inman and Masters (1991) 所研究聖地牙哥郡的沿岸胞。我最感興趣的是他們加入了時間要素。歷史證據顯示風暴強度有長期性的轉變，這些風暴群（clusters of storms）是造成海灘侵蝕的時期。尤其是波浪的分析指出1945~75年波浪強度異常的低，而自1980年代起能量開始增強（一部分是因為聖嬰事件）。另一個重要的變化是只有大洪水才能突破河谷埋積輸送沈積物到海岸，在河口形成臨時的三角洲，並扮演下游海灘沈積物來源的角色。但是隨著三角洲的侵蝕，沙源逐漸減少。由於這種長期性的變化，Inman and Masters分別為1960~1970和1983~1990發展了各自的沈積物收支，並且指出對未來做預測有相當的不確定性。

堰洲島的侵蝕(Barrier Island Erosion)

每當我們反省嚴重的衝擊會造成海岸侵蝕時，第一個想到的常是在美國東岸和墨西哥灣岸的堰洲島。在面臨海水面的抬升和破壞性強的颶風與東北風時，這條堰洲島「細線」的生存似乎很脆弱（Dolan et al., 1980）。然而人們仍然朝這些海岸聚集，所以製造了「問題」。海平面抬升和大風暴基本上是自然作用，但是堰洲島所經歷的大部分侵蝕是由於人類活動對海岸帶來的長期衝擊。

在溫室暖化(greenhouse warming)出現以前，海平面的抬升都是自然作用，大洋面在第四紀冰期間

有超過一百公尺的變化。根據世界各地潮位資料的分析，全球的海準變動在過去一百年間是10到20公分。因為有關大陸冰河體積變化量或海洋溫度增加（會造成海水的熱膨脹）的資料不夠，所以並不確知造成海平面抬升的原因。美國東岸和墨西哥灣岸的潮位記錄顯示平均海準面在二十世紀抬升了約50公分，而其中的30到40公分事實上被認為是地層下陷所造成。更極端的數值出現在密士失必河三角洲，因為該地沈積物的累積所以下陷量較大。在德州的Galveston，當地的海平面相對抬升量可以達到每世紀110公分（意味著表示更高的陸地下沈量），主要是因為抽取地下水和石油。所以，即使是在（相對）海平面抬升的例子中，人類活動都會有所衝擊。

如果我們採用Bruun法則（Bruun Rule）來評估在相對海平面抬升50公分的情況下濱線後退的規模等級（order-of-magnitude），可以得到25公尺的侵蝕距離（以海灘坡降1:50來計算），發生在過去一百年就表示平均侵蝕率是每年25公分。沿著堰洲島所實際測量到的濱線變化量的規模等級都比較大（May et al., 1983）。這意味著除了海準面抬升對堰洲島非常長期的移動和侵蝕很重要之外，必然有其他重要的因子造成這樣的高濱線變化率。

這些因子在各地堰洲島侵蝕的個案研究中表現的比較清楚。其中一個例子是Allen (1981) 對新澤西州Sandy Hook的侵蝕問題所作的

調查研究，當地一個遊憩型海灘（recreational beach）的平均侵蝕率從1953年起大約是每年10公尺。該研究者評估海準面抬升和風暴越波沖刷（overwash）海灘所造成的衝擊分別只佔灘沙損失和濱線後退的1%。其實重要的原因是「沈積物匱乏」（sediment starvation），該地位於防沙堤海堤系統的下游側，因為濱外波浪折射模式，以及最近風暴頻率和強度有增加，導致沿岸漂沙被搬離此地。Allen (1981) 認為，自然和人類所引發的各種因子對當地沈積物收支所造成的累積衝擊可以解釋所觀察到的海灘侵蝕率。另外一個例子是Inman和Dolan (1989) 對北卡羅來納州的Outer Banks的研究。從False Cape到Cape Hatteras全長約160公里的平均濱線後退率是每年1.4公尺。透過各種的分析，他們認為有21%的侵蝕是因為海準面抬升，而剩下每年1.1公尺的後退率是因為越波沖刷作用（39%）、沿岸漂沙輸出（22%）、風吹沙的搬運（18%）、潮流口的堆積（10%）、Oregon潮流口的疏浚（11%）。在這個例子中，可以說只有小部份的侵蝕是人類活動所導致（潮流口的疏浚），大部分的侵蝕是和自然作用有關。在這些因子中特別引起興趣的是沙通過潮流口的移動和潮流口的長期擺移。Inman和Dolan發現Oregon潮流口向陸並向南移動，在濱外的退潮淺灘比潮流口的擺移延遲，而且它們的沈積物只會慢慢的被波浪向岸搬回海灘。

北卡羅來納州的Outer Banks很幸運，只有受到小部份人為導致

的侵蝕。我們很容易找到其他已經遭到人類深刻改變的堰洲島。特別戲劇性的一個例子是在Ocean City潮流口修建突堤造成馬里蘭州Assateague島的侵蝕(Leatherman et al., 1987)。導流堤群攔阻向南移動的沿岸漂沙，造成Assateague島最北端最大的侵蝕加速度。在導流堤建好的第一個五十年，平均濱線後退率大約是每年9公尺，但是從1985年導流堤改建後減低到每年4.5公尺。Assateague島的北端幾乎就要消失了，而且經常被越波沖刷。

單從這些少數的例子就可以很明顯的看出，對堰洲島侵蝕的重要因子在各處都很相似，不過各因子重要的程度不同。在這個軸線的一端，Outer Banks潮流口的疏濬是當地的主要人為因子，只佔濱線後退中的一小部份。在另一個極端，Assateague島的大量侵蝕幾乎全是導流堤攔阻沿岸漂沙的結果。在那裡，人類基本上是侵蝕的唯一原因。

結論 (Conclusions)

這個專題演講的主題是「為什麼會海岸侵蝕？」本人採用這個主題的目的是要再次強調我們對造成海岸變遷和侵蝕原因的多面性的體認。這個題目同樣也涵蓋了本次大會(Coastal Sediments '99)主題「海岸沈積物運動和地形變遷的尺度」。「尺度」是包括空間上和時間上兩方面，我認為兩者對造成海

岸侵蝕的因子都同樣重要。我以回顧一系列發生在各地的侵蝕問題的個案研究來探討這個主題。我希望它們足以說明除了像大風暴這種造成侵蝕的立即性因子外，常常還有潛在的長期因子，那些可能是氣候變遷和人類對環境衝擊的產物。有時候我們很難建立這些因子，因為它們是在大的時、空尺度上運作。尼羅河三角洲侵蝕的例子說明兩者都很重要，氣候變遷和降雨減少造成尼羅河輸送的沈積物減少而引發三角洲侵蝕，1964年興建的亞斯文高壩則是致命一擊。在美國西北太平洋岸和南加州的濱線侵蝕更進一步展現了多元因子的重要性，其中許多例子涉及到人類對環境的衝擊以及最近發生的大型聖嬰事件。在美國東部和灣岸的堰洲島受到像海準面和大風暴這樣的自然作用影響，但是也受到導流堤、海堤興建與不當的漂沙管理的衝擊。

在面對侵蝕問題以及考慮遊憩型海灘的經濟重要性時，我們逐漸把養灘視為解答。這是合乎邏輯的解決方案，特別是把養灘所供應的沙體看成是取代從該地沿岸系統所流失的沙源(因為在河流上建壩、導流堤攔阻沿岸漂沙和為防止海崖、沙丘侵蝕而修建的海堤)。事實上，當社會改變環境而對沿岸沈積物收支造成的不良影響時，藉由養灘的形式來歸還等量的沙體以減緩海灘侵蝕是有必要的。

註：因篇幅關係，故參考文獻未能列出。

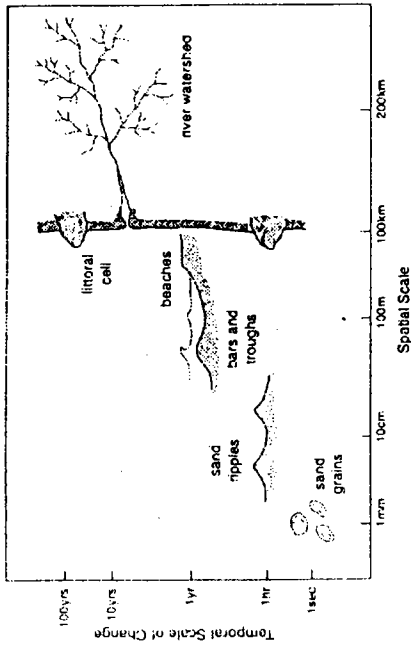


圖 1. 重要的海岸變遷的時、空要素

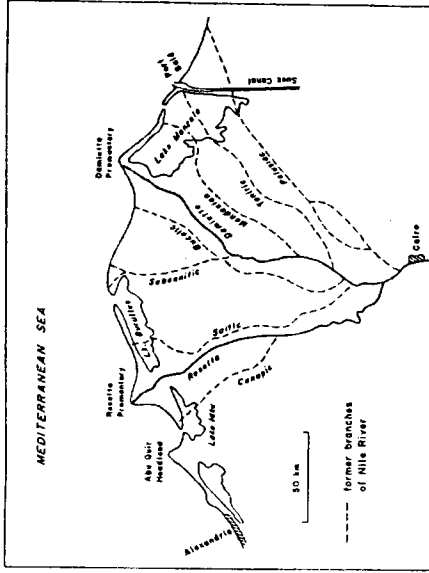


圖 2. 尼羅河三角洲，目前仍活動的Rosetta和Damietta分流，幾條古代曾出現的分流以虛線表示。

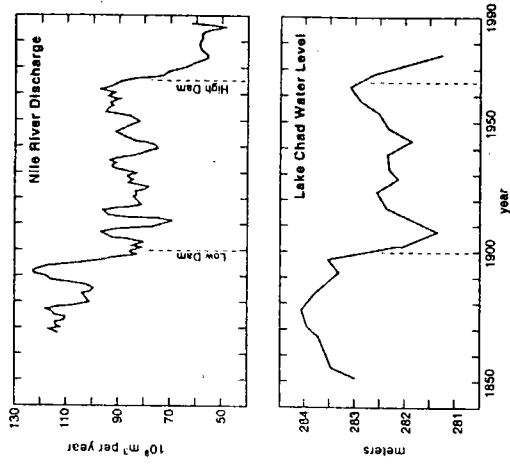


圖 4. 尼羅河年流量的實測值。顯示在1900年因為流域內雨量減少，流量突然下降，查德湖的實測水位也明顯下降。

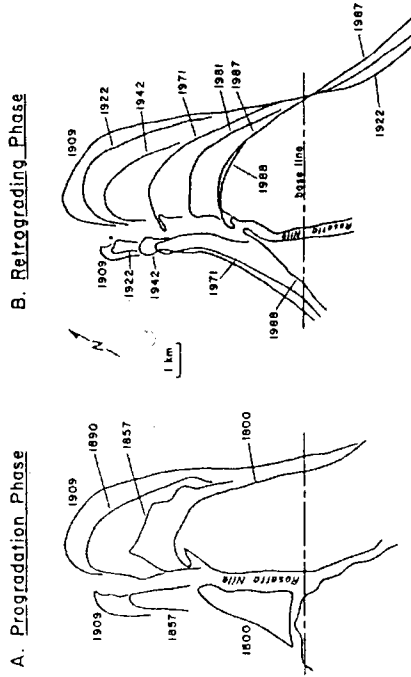


圖 3. Rosetta突岬在1800年和1909年之間進夷，在20世紀變成侵蝕

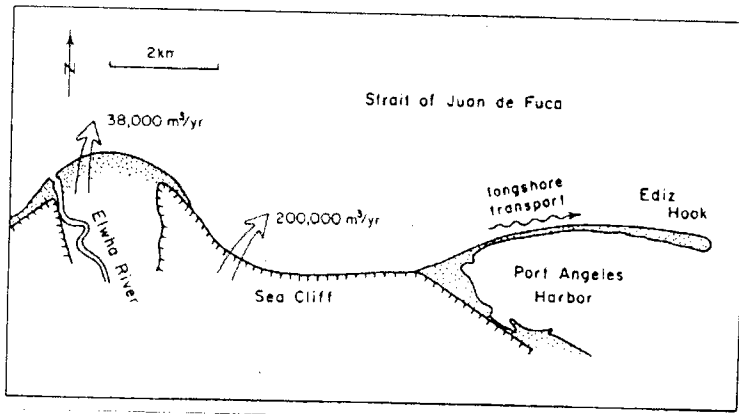


圖5. 華盛頓州Ediz Hook的侵蝕是因為Elwha河上築壩與侵蝕崖處修建海堤，而使沈積物來源損失。

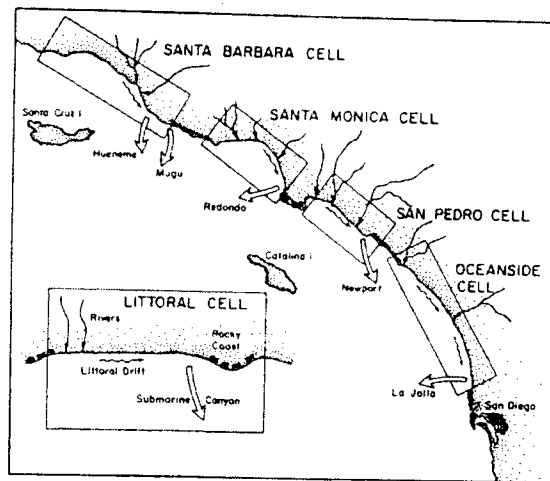


圖6. 加州南部海岸的沈積胞 (根據Inman and Frautschy, 1966)

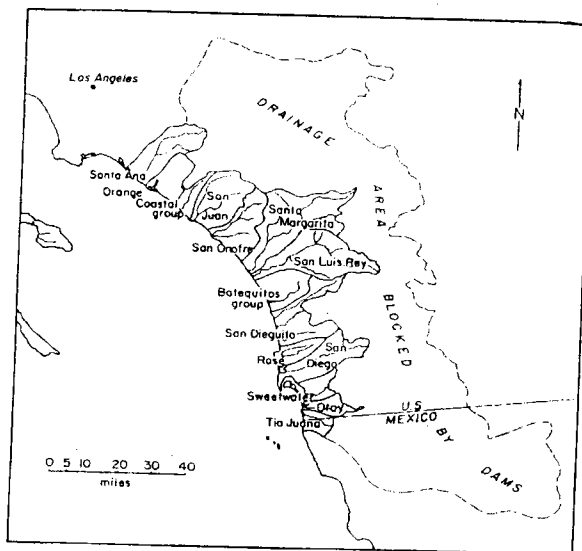


圖7. 因為建壩而損失的流域面積 (取自Norris, 1964)

表1. 海岸變遷的重要作用和因子
(Process and Factors Important in Coastal Change)

大風暴 (Major Storms)
暴浪 (storm-generated waves)
暴潮 (storm surge)
海平面 (Sea Level)
海面變動 (自然氣候變遷, 溫室效應增溫)
[eustatic sea level (natural climate change; greenhouse warming)]
地層下陷 (抽取地下流體)
[land subsidence (sub-surface fluid extraction)]
聖嬰現象對海平面暫時性的影響
(El Niño effects on temporal sea level)
沈積物收支 (Sediment Budget)
流域變遷 (森林破壞等)
(river watershed changes (deforestation, etc.))
河水利用 (river water use)
河流築壩 (damming rivers)
抽採河沙 (sediment mining)
突堤與防波堤 (jetties and breakwaters)
浚深港口和遠濱拋石 (harbor dredging and offshore disposal)
海岸保護結構物 (shore protection structures)
人工養灘 (beach nourishment)

表2. 南加州海灘填沙以及河川沙源 (Beach Nourishment and River Sediment Sources in Southern California) (Flick, 1993)

沈積胞	養灘 (1000m ³ /yr) (1938-1990)	河流輸沙量(1000m ³ /yr)	
		自然的	人文的
Santa Barbara	260	905- 915	587-748
Santa Monica	440	?	46
San Pedro	300	930-1100	22-345
Oceanside	190	170- 346	112-203
Mission Bay	75	7- 37	5- 84
Silver Strand	565	66- 535	32-115

台東港興建是時候了

徐忠猷 前花蓮港務局總工程師

一、引言

民國68年初當時行政院院長蔣經國，認為東線鐵路拓寬已在進行（70年6月完工），南迴鐵路已決定興建（75年6月完工），東海岸線從花蓮以南到鵝鑾鼻，很長的一段海岸線尚無一海港，對台東地區之經濟開發影響殊大，故囑當時省政府研辦，省政府令花蓮港務局主辦，花蓮港務局再委託中華顧問工程司港灣部辦理台東港港址選定之研究與規劃；在台東沿海伽瑾、都蘭、杉原三處選定一港址，適於興建一綜合性海港。

中華顧問工程司接受委託後，即著手進行各方面資料蒐集統計分析與研究，港務局負責水陸測量、材料調查及地質震測；經歷近一年完成「台東港址選定研究與初步規劃」。

其後經經建會審查，可能由於當時所估「台東港進出口貨物運量預測」偏低，致審查未能通過，以致該案延擱至今。

二、對民國68年原規劃「台東港進出口貨物運量預測表」之觀點

(一)原預測原則

1. 台東港規劃為國內港。
2. 原預測先估計未來台東縣總輸出入運量及其起迄點運量，依運距最短原則，道路闢建及改善港口需求之影響，同時參考花蓮港之實績，由分配港口與陸運方式，判定移轉台東港運量百分比，以及其中散裝貨與雜貨之分配，因而求得台東進出口預測運量。
3. 台東輸出入總運量（含公鐵路運量）歷年增減不定，更由於資料未能連續，且樣本太少，僅按台灣地區綜合開發計畫估計東部區域，生產GNP年成長百分率估算。
4. 原規劃研擬之「台東港進出口貨物運量預測表」如附表1，詳見花蓮港務局「台東港址選定研究與初步規劃」報告，中華顧問工程司民國68年12月。

(二)對原預測之探討

我對該預測，認為過於保守，第一我不同意該港安排為國內港，因定位為國內港，煤炭、石膏、廢

鐵等均無法自國外直接進口，則發電廠、水泥工業及電爐煉鋼工業，均沒有發展之機會。

建議台東港首先不妨為花蓮港務局之分局，俟業務發展能自給自足，再獨立成為台東港務局。

台東港為開拓型基本建設 (Pioneer Project)，以港來誘導當地之經濟開發，該預測建港10年內，運量成長殊低，實叫人無法相信。花蓮港外港工程於民國80年完成後，每年吞吐運量之增長約20%，去年已達1,200萬噸，估計到90年底，將達2,000萬噸。做了外港，使該港船舶噸位從15,000 DWT，躍昇為100,000 DWT。不做外港，怎麼會有此成果。

三、對當時研定台東港初步平面佈置圖之修改建議及說明

原台東港初步平面佈置如附圖1，建議修改台東港平面佈置如附圖2，茲概述如下：

原圖規劃之工作船渠（建議將來改為港勤船渠），東岸水深為(-4M~-7M)北岸為(-2.5M~-4M)，西岸為(-2.5M)，南岸為(-6M)。其主要構想依據為業主之需求及經濟之考量，儘可能依海底地盤水深佈置，以節省炸修岩盤之費用。台中港工作船渠設計為-3M，當時榮工處之拋石船，滿載時吃水達-4.7M，至該船渠無法使用。故為考量在使用上之方便性，茲建議船渠南、北、西岸壁均改-4.0M水深，東岸壁為-7M水深（主要考慮沈

箱製作）。原船渠面積為 $200\text{m} \times 300\text{m} = 60,000\text{m}^2$ ，似嫌太大，建議修改為 $200\text{m} \times 140\text{m} = 28,000\text{m}^2$ ，將來改為港勤船渠，使用上已足夠。

地形必須適應工程需要，工程不牽就地形，這是我的基本觀念。

北防波堤向外推出150公尺，港內水域增加約23公頃，降低港內發生共振之機會。

北防波堤根部，沿-5M水深向北延伸，圍成水陸面積約有10公頃，將其規劃填築，可提供本案初期施工必要之工程用地 (job site) 及臨時工作船停泊作業所需之水域。將來全部填平可改為臨港工業區。

碼頭佈置NO.1及NO.2 60,000 DWT級，NO.3 3,000 DWT級，NO.4 5,000 DWT級，NO.5 15,000 DWT級，NO.6 5,000 DWT級，NO.7 10,000 DWT級，NO.8 15,000 DWT級，NO.9 20,000 DWT級。碼頭佈置，不考慮現在岩盤水深，祇按可能之需要決定，此與原設計圖最大之不同。NO.1廢鐵專用碼頭，其後線場地約10公頃可供電弧煉鋼廠之用地，NO.2卸煤碼頭，其後線場地約有42公頃左右，專供火力發電廠之用，預計將來可供發電量60萬KW兩組機之火力發電廠建廠用地，NO.3~NO.5專供各種雜貨使用，NO.6~NO.9四座碼頭及其後線之場地專供砂石輸出之用。

港口寬度改為240M，以配合60,000 DWT級煤船出入港。迴船池直徑700M，水深-14M。

初期工程完成南防波堤、北防波堤、港勤船渠及9座碼頭。水上警察局所需之碼頭及基地，研擬設於南防波堤內側，臨近港口可發揮其功能性。漁港由漁業局主政（包括設計與施工）。至於將來港內其他碼頭如何安排，我現在均改為虛線，碼頭長度及水深均未定案。且俟將來之需求而決定。

四、現在修建台東港之理由

美國的進出口貿易貨值在1994年中中期時，即已相當於其國內生產毛額(GDP)的1/4，因見國際貿易的重要性實不容忽視，而對外貿易競爭又多仰賴港埠接轉作業順利流暢，才能不落人後。證諸美國的進出口貨物有95%，係通過港埠以水運方式運輸，可知港埠在一個國家或地區經貿發展中的地位殊非等閒（註一）。

台東為經濟比較落後地區，開了一個港可從海面上與世界各國直接相通，因之可產生許多商機。我國即將加入WTO，經建會推估，在1992～2005年之間，出口值與進口值分別增加16.7%與12.1%（註二）。對台東港能分潤多少，尚不可知，但向正數方面變，一定是沒有錯的。

去年花蓮港運往西部之砂石達260多萬噸，目前台東砂石每方約150元，而高雄市每方450元，其差價貨運卡車從台東運砂石到高雄市已有利可圖，故成群結隊之砂石車，經南迴公路南運，使南迴公路

許多路段發生擁塞現象。南迴公路擬拓寬為四線道，粗估工程費約需150億元，以此經費來建台東港初期工程已足足有餘，而建港之效益遠比拓寬南迴公路效益更高。

依據行政院公共工程委員會87年之估計，營建工程之砂石需求量每年大約為9,000萬立方公尺，經合法申請開採之河川砂石僅3,000萬立方公尺。台東港如能供應西部500萬～1,000萬立方公尺亦有可能，問題在專用砂石船，必須配合。

目前台東之電力，係由屏東核三廠以高壓線輸送而來，目前政府為適應台灣颱風及地震特有之環境，將立法提倡「能源地方化」，台東地方沒有當地之電廠，一旦中途輸電鐵塔倒了一座，整個台東地區便得停電。

台東港興建以後，可設臨港電廠，計劃可設兩座60萬KW兩部組機，（先做一座）。台中港現有55萬KW，8部組機，現尚擬增加兩座，將來共有10部組機，為世界最大之火力發電廠。排放硫氧化合物、煤灰與氮氧化合物，因嚴格遵照環保署規格執行，台中港空氣仍然非常清潔並無異味，故希望台東鄉親，不要為反對而反對。

台東有自己的資源，當地石灰石與花蓮同樣豐富，發展水泥工業，水到渠成。進口廢鐵、電爐煉鋼（所需電力，臨港之電廠可供應無缺），亦有可行性。其他石灰石及白雲石開採，供給高雄中鋼與花蓮港有相同之機會。

爭取設火力發電廠，還有一點重大之理由，每噸煤炭進口，港務局要收規費 27.29 元／噸，估計一座 60 萬 KW 電廠一年要進口 200 多萬噸煤炭，港務局便有 6,000 多萬元可靠之收入。港務局行政經費便有著落；否則台東港務局為花蓮港之分局，每年叫花蓮港務局賠錢，花蓮港務局當視台東港務局為最大之包袱，亦非常不妥。

台東地區盛產水果，如西瓜、木瓜、鳳梨、釋茄。建港後可外銷香港，返航時運廢紙供應永豐餘紙廠所需，亦係未來台東港可行之業

務。

五、建議

本案如欲推動，不妨先請原規劃者，中華顧問工程司參酌本人之建議，重行將原規劃更新，評估現需作業經費多少。至於工程建設費，建議爭取交通建設基金（原港灣建設基金），分年撥款進行。事在人為，希望台東父老全力爭取。

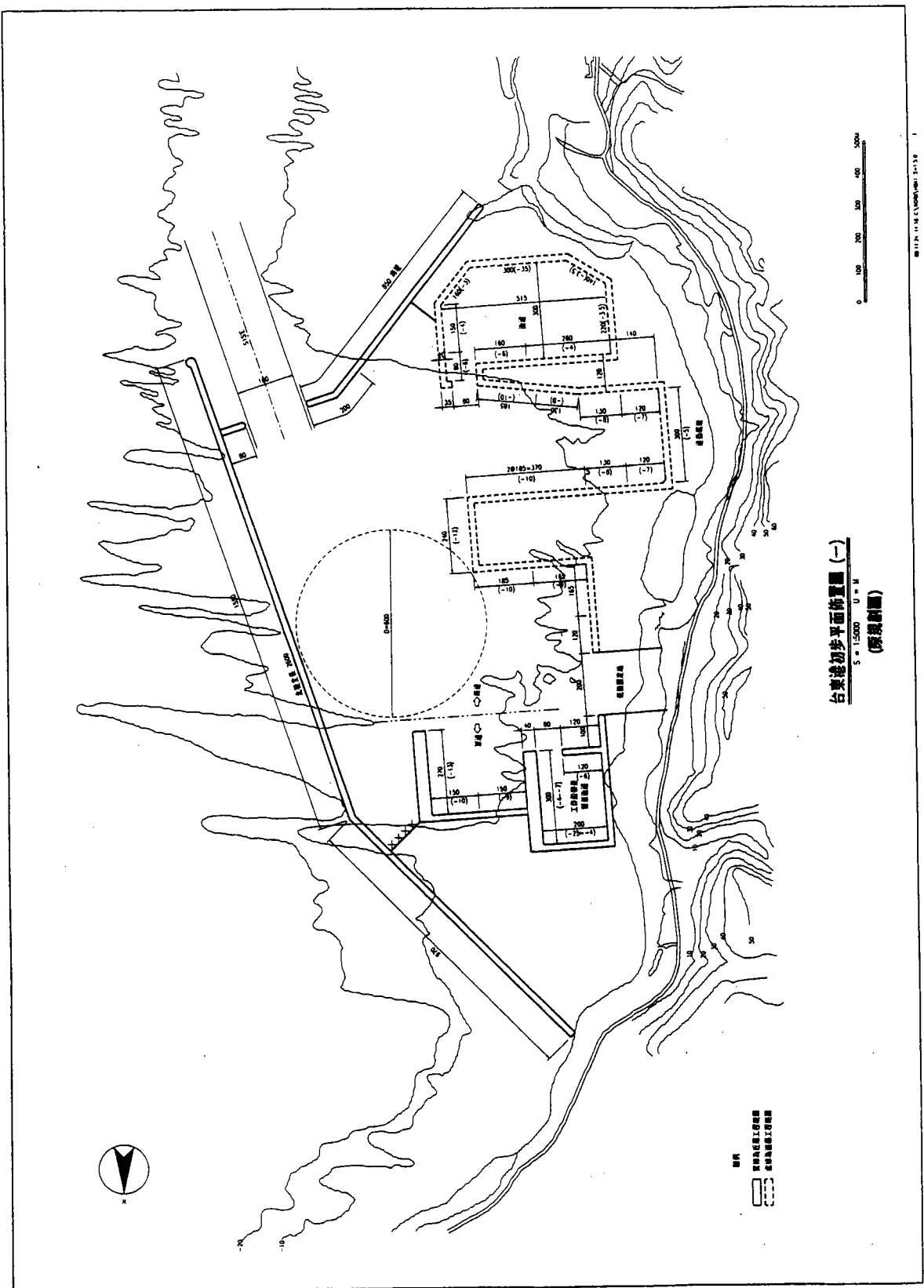
註一／資料來源：中華港埠 Vo1.26 第一期 P.16。

註二／資料來源：港灣報導季刊第 50 期 P.39。

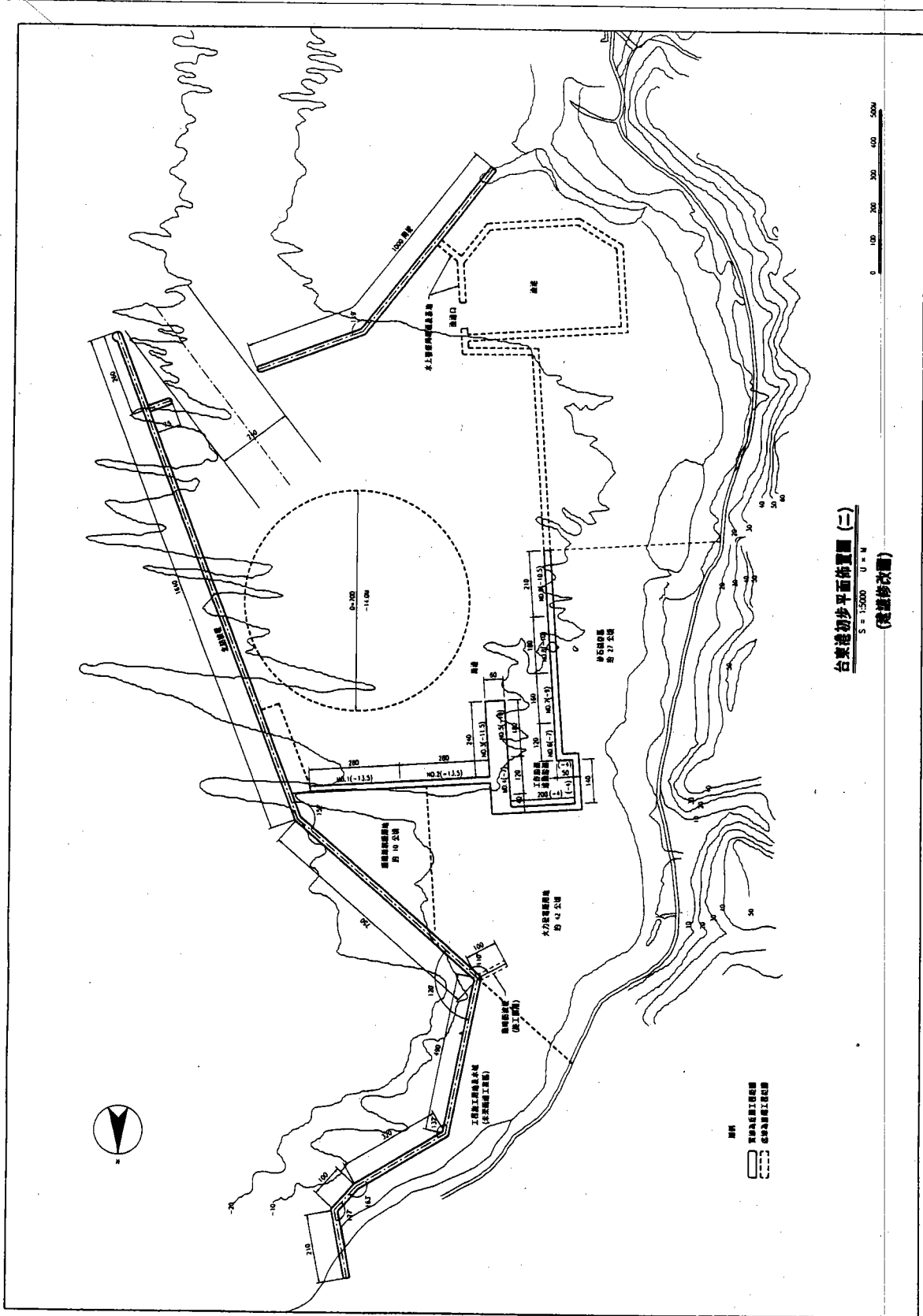
表1 台東港進出口貨物運量預測表

單位：公噸

類別 項次 年份	出口量			進口量			離島 離島間 雜貨	總進出口量		
	散裝貨	雜貨	小計	散裝貨	雜貨	小計		散裝貨	雜貨	小計
75年	65,843	147,440	213,283	68,126	73,468	141,595	2,382	207,438	149,822	357,260
76年	72,428	162,185	234,613	73,576	79,346	152,922	2,430	146,004	243,961	389,965
77年	79,671	178,185	258,072	79,462	85,694	165,156	2,479	159,133	266,574	425,707
78年	87,638	196,242	283,880	85,819	92,549	178,368	2,528	173,457	291,319	464,776
79年	96,402	215,865	312,267	92,684	99,954	192,638	2,579	189,086	318,398	507,484
80年	106,042	237,452	343,494	100,099	107,949	208,048	2,630	206,141	348,031	554,172
81年	116,646	261,199	377,845	108,107	116,585	22,692	2,682	224,753	380,466	605,219
82年	128,311	287,318	415,629	116,755	125,913	242,668	2,736	245,066	415,967	661,033
83年	141,141	316,050	457,191	126,096	135,987	262,083	2,791	267,237	454,828	722,065
84年	155,255	347,656	502,911	136,184	146,866	283,050	2,847	291,439	497,369	788,808
85年	170,782	382,420	553,202	147,078	158,615	305,693	2,904	317,860	543,939	861,799



台東港初步平面佈置圖 (-)
 S = 1:5000 U = M
 (原樣制圖)



台東港初步平面佈置(二)
S = 1:500 0-M
(建議修改圖)

阿姆斯特丹港的挑戰

王克尹 港灣技術研究中心副研究員

幾年前阿姆斯特丹港 (Port of Amsterdam) 擬針對鹿特丹港的貨櫃運量 (Container Traffic) 提出重大挑戰的想法，在港埠界看起來幾乎是一個天方夜譚令人不可思議。而當隸屬於美國籍的希瑞斯貨櫃碼頭公司 (Ceres Terminal Inc) 的創始總裁 Chris Kritikos 告訴全世界，他將計劃在阿姆斯特丹港興建一座革命性的貨櫃碼頭計劃時，則又另當別論。回顧1996年代有許多多的海運界人士都告訴他興建這種貨櫃碼頭僅是一個夢想 (Pipe dream)，在港埠界裏是不可能實現的計劃。

希瑞斯的美國總部公司堅持自己的主張執行貨櫃碼頭改造計劃，對這些疑慮者的意見不予理會，於1999年初終於獲得阿姆斯特丹港務管理局 (Amsterdam Municipal Authorities) 的支持，共同執行阿姆斯特丹港的前進計劃。阿姆斯特丹港這個決策的結果使港埠界在短時間內立即獲得海運界已經談論許久但至今尚未嘗試過的經驗，亦即興建一座可以在同一時間內能同時在船舶兩邊一起進行卸載作業的貨櫃碼頭，即所謂的"船渠式碼頭"

船舶進塢上架 "Ship - in-a - slip" 的觀念。

投資興建此一革命性貨櫃碼頭背後的動機，主要來自提供貨櫃碼頭欲改善其裝卸效率的渴望。對船東而言，包括最新世代6,800TEU以上之超巴拿馬極限型貨櫃船，特別是船舶運轉時間 (Vessel Turnaround) 的快慢將直接影響船舶之營運成本，就貨櫃船之發展而論，1970年代500TEU之貨櫃船，在當時的營運環境裏就已經被認為是大型船了，Kritioks指出，今天我們已經有6,800TEU以上之貨櫃船，就1970年代500TEU之船而言，實在是大太多了，但是反觀貨櫃碼頭之配置，就貨櫃業務之裝卸技術而言，還沒有任何突破性的改變。

隨著貨櫃船尺寸大型化的趨勢，港埠會引進更大量的貨櫃，此意謂著港埠內大型船舶會花費更多的時間從事貨櫃裝卸業務。JWD (擔任本計劃之顧問) 配合著姊妹公司 Liftech 預測指出一艘8,000TEU的貨櫃船若由傳統的五隻吊桿來進行裝卸作業，每桿吊桿每小時淨裝卸30個貨櫃 (Moves)，將需要53個

工作小時 (Working Hours) 來處理貨櫃裝卸作業，如果你再加上作業時的中斷時間 (Tie-up Time) 和其他延遲，則船舶全部在港時間將接近2.5天。

就這些大型的特定船舶總累積的資金成本來看，Kritikos 感覺到現在正是開始採取特殊卸載作業的時候。要縮短船舶等待時間的唯一方法就需配合能產生兩倍生產力 (Productivity) 的作業系統。他主張為達到這個目標，希瑞斯模式將使用十支吊桿來服務船舶裝卸作業，其中4支吊桿在船舶的一邊作業，另外5~6支吊桿則在船舶的另一邊作業，配合著此種裝卸系統，希瑞斯公司能保證提供每小時裝卸300個貨櫃的作業效率來服務這些擁有5,000TEU以上大型貨櫃船的船東。

在同時，屬於中國製造廠的ZPMC配合著ABB公司提供的電子裝備，已經贏得提供貨櫃碼頭岸邊貨櫃起重機 (Ship to Shore Crane) 的合約，碼頭建造工程於今年(1999)秋天開始動工，貨櫃碼頭將於2001年開始營運，總投資金額共需荷幣三億七仟八百萬元，其中阿姆斯特丹港投資荷幣282百萬元，希瑞斯投資荷幣9600萬元。

阿姆斯特丹港務管理局將投資貨櫃碼頭的基礎設施 (Infrastructure) 和提供2/3的貨櫃起重機供碼頭作業。希瑞斯碼頭公司 (Ceres Terminal) 已經對貨櫃碼頭之設施與起重機具和港務局簽訂租賃合約

，同時希瑞斯將投資9,600萬荷幣興建廠房、辦公室、和1/3貨櫃碼頭上的所有機具。

由阿姆斯特丹港務管理局所委託的市場研究指出“西北歐地區貨櫃轉運業務，在過去幾年來都以6%的速度在成長，預估從1999年至2010年會有2倍即12%的成長。目前既有的貨櫃港面對這些貨櫃量增加的需求，事實上會產生困擾。該研究亦指出以阿姆斯特丹港的港址對貨櫃轉運業務而論，是一個極佳的地點，尤其是港口的通行能力 (水深和航行時間)，比漢堡港和安特衛普港為佳，同時阿姆斯特丹港有良好的腹地聯外運輸系統 (Hinterland Connection)、公路、鐵路和運河 (Inland water) 四通八達，暢行無阻。阿姆斯特丹港引進此種大型貨櫃船靠泊港池的裝卸概念，將使阿姆斯特丹港在國際貨櫃市場的競爭中，能更進一步的進行市場區隔，同時享有市場競爭利益。

負責港口營運的Alderman Harry Groen相信阿姆斯特丹港已經從過去幾年的投資花費中復甦，例如西點 (West Point) 和興建全天候碼頭的屋頂等。Groen解釋在貨櫃碼頭的這種投資可以被視為民間企業 (Private Sector) 和中央政府的明確訊號，亦即對阿姆斯特丹港口區域的未來發展我們將充滿信心，最近十年來阿姆斯特丹港已經是西北歐地區成長最快速的港口之一。

阿姆斯特丹港的轉運量從1983年的3,400萬噸成長至1998年的5,500萬噸，在西北歐的漢堡和利哈佛圍內（Hamburg - Le Havre Range）有率低到0.5%，配合著新貨櫃碼頭的投資興建預期在2010年時貨櫃市場佔有率將提昇至3%到3.5%。

新貨櫃碼頭的規模如圖一將有50公頃的後線面積，碼頭的規劃能量為每年610,000個貨櫃（950,000 TEU）。

鋸齒狀船席（Indented berth）的規模為350 × 55公尺（1150 × 180英尺）船席，而貨櫃碼頭亦同時提供650公尺長的傳統直線型船席，在港內和泊靠船席允許最大進港船型的吃水為13.7公尺（45英尺），Ceres Paragon在碼頭上將擁有設置於貨櫃場內之軌道聯外運輸通道（rail connection）和提供內河駁運（inland barge）及集貨船（feeder）靠泊之船席。預期阿姆斯特丹港全港的運量每年有12%~15%係藉軌道通路來運輸，這個比例將隨全港總運量的成長一齊成長。就長期而言，Afrikahaven未來仍有發展空間由於該地點鄰近Amerikahaven

可以提供阿姆斯特丹港未來擴建需求，包括提供另一個“船渠式船席”（Ship-in-a-slip berth）。

本計劃的實現將給Chris Kritikos個人帶來相當大的滿足，因為他將使希瑞斯公司在港埠舞台上真正建立起一個全球領導者的地位，Kritikos已經在北美地區建立20座碼頭的聯絡網路，同時也獲得在Ukrainian的Odessa港內經營貨櫃碼頭的國外經驗。

Kritikos在成為美國船務公司之營運經理以前，是從希臘移民到美國，從擔任雜貨船之甲板船副開始在美國發跡，Kritikos於1958年在美國創立希瑞斯公司，剛開始是在大湖區經營船運公司，主要係裝卸散雜貨，希瑞斯於1970年代在芝加哥第一次裝卸的貨櫃是屬於曼徹斯特船公司的船。就像這些成就一樣令人感到印象深刻的是，在全球貨櫃聯盟裏建立起阿姆斯特丹港的領導地位將是Chris Kritikos未來最感榮耀的時刻。

註：本文摘自Containersation International 1999年9月份報導。

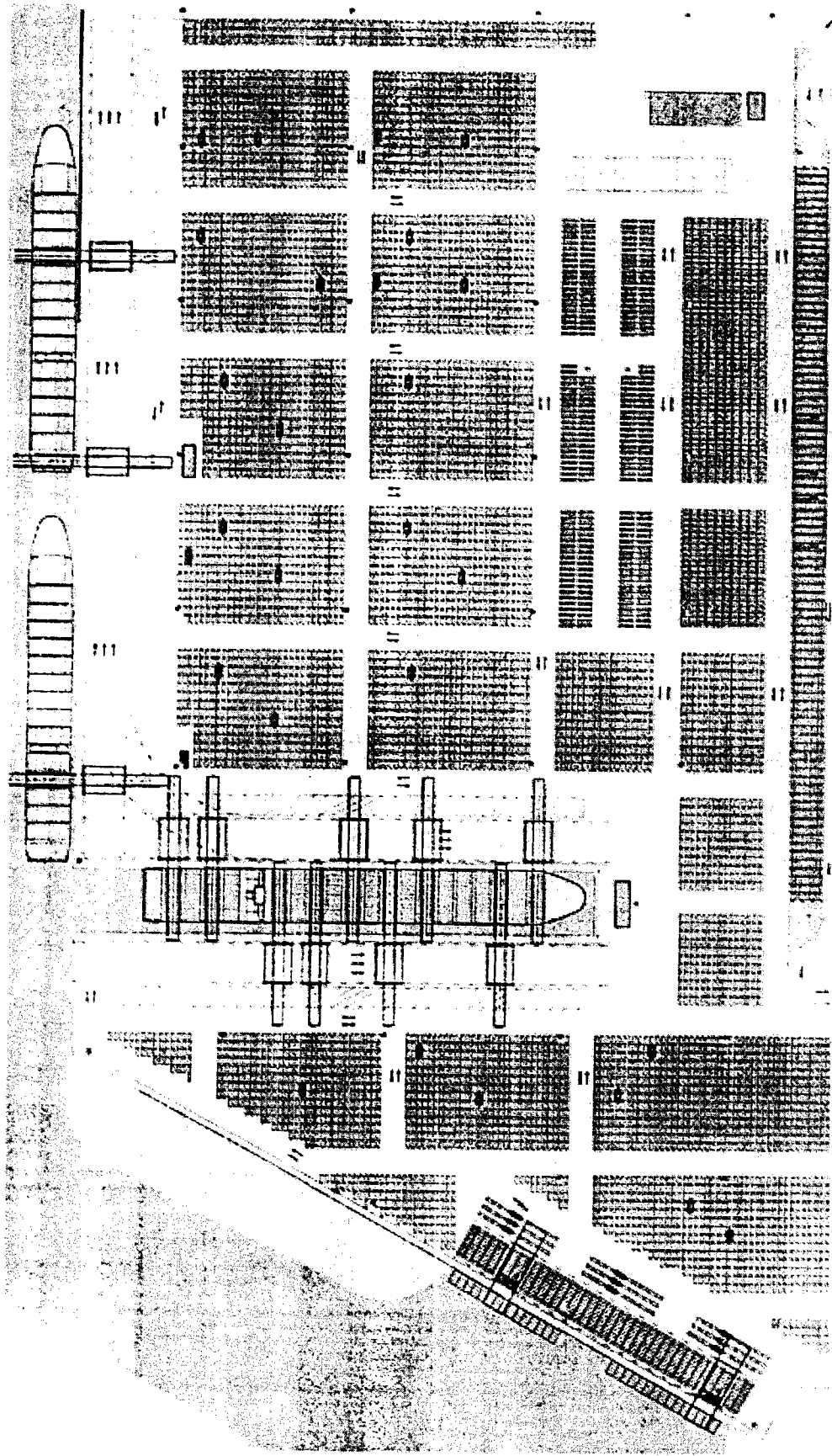


圖 1 阿姆斯特丹港新規劃貨櫃碼頭配置情形