

# 港灣報導



季刊No.28

## 要 目

- /// 港研所近年研究績效簡報
- /// 本所雲嘉海域外傘頂洲沖淤調查研究近況報導
- /// 淺談港埠轉運業務
- /// 美國港埠經營與發展概況
- /// 人類經濟活動對海岸自然環境之衝擊與對策
- /// 碼頭岸壁構造與波浪反射消減
- /// 台中暨高雄港區水平地層反力係數之探討
- /// 「港灣技術短期訓練班」公告

中華民國八十三年四月出版

# 目 錄

- 一、港研所近年研究績效簡報—— 1  
莊甲子 港灣技術研究所副所長
- 二、本所雲嘉海域外傘頂洲沖淤  
調查研究近況報導—— 8  
黃濟和 港研所海岸工程組研究員兼組長
- 三、淺談港埠轉運業務—— 19  
朱金元 港研所規劃設計組研究員
- 四、美國港埠經營與發展概況—— 28  
王克尹 港研所規劃設計組助理研究員
- 五、人類經濟活動對海岸自然環境  
之衝擊與對策—— 38  
林柏貴 港研所海岸工程組助理研究員
- 六、碼頭岸壁構造與波浪反射消減—— 44  
陳冠宇 港研所數學模式組助理研究員
- 七、台中暨高雄港區水平地層反力係數之探討—— 49  
趙光華 港研所大地工程組助理
- 八、「港灣技術短期訓練班」公告—— 62  
錢顯潔 港灣報導編輯委員

# 港研所近年研究績效簡報

莊甲子

臺灣技術研究所副所長

## 一、前言

臺灣技術研究所係依據行政院民國六十八年頒發之「科學技術發展方案」於民國七十年二月正式成立。成立宗旨為研究發展我國臺灣科學與工程技術，培育及訓練國內有關臺灣規畫及建設人才，同時協助解決本省港灣建造與發展所遭遇之各項問題。十二年來，本所在基礎研究方面已獲得國內學術各界的肯定，合作與接受委託代辦研究方面亦已具相當成效且獲各方的認同。此外，本所每年至少舉辦一次短期訓練班及多次的相關工程與開發技術之研討會，亦甚獲重視與參與。茲為增進各界對本所的認識與了解，並祈能由而多所接觸合作、互助與指導，俾本所能在穩定發展中求取更大的進步。特將本所近年各年度研究績效作一簡介如下。

## 二、八十年度部份

### 1. 自辦研究：十三項

#### (1) 港埠經營管理系統之初步研究

提供港務局港埠管理之新趨向及檢討港埠勞工問題之依據。

#### (2) 台灣西海岸沖淤調查研究(一)

研究成果提供雲嘉縣府、學術單位以及各顧問公司採納應用。

#### (3) 台灣四周海象、氣象調查研究(一)

研究成果提供港務局、各顧問公司及學術單位應用。

#### (4) 消波塊穩定性比較研究

提供各港務局採納應用。

#### (5) 邊界混合過程影響漂沙之實驗研究與現場觀測

利用底層環流現象，提供另一種影響漂沙影響之研究成果。

#### (6) 波壓調查研究

研究成果提供花蓮港東防波堤破壞原因之參考。

#### (7) 台灣各港區地質調查分析與資料建檔研究(一)

a. 本研究提供台灣各港區港灣工程於規劃設計之大地工程資料，各港區地質資料能立即建檔備查。

b. 本年度完成各港區地質及相關資料之蒐集整理以及資料之分類準則及表格化處理製作研究，以供後續年度進行有系統之整理分析以及電腦建檔之準備。

#### (8) 利用土壤之電阻特性評估其動態行為之研究

設計發展土壤之導電度量測系統，量測砂土之導電性與構造因素，並建立其與動態特性之關係，據以評估其動態行為。現地土層之實際應用尚需進一步研究。

#### (9) 港灣RC結構物之耐久性研究

建立現場非破壞性檢測技術，提供港務局對R.C.結構物定期檢測之依據。

(10)台灣海域之腐蝕特性、防蝕設計及材料之選用及開發研究

提供台灣海域對R.C.及鋼材防蝕在設計時之依據。

(11)港灣鋼結構物之耐久性研究(-)

調查各港口鋼板樁腐蝕情形，提供港務局進行必要之維修改善。

(12)波與流交互作用之研究(-)

提供海岸工程設計之更精確波浪特性資料，增進工程規劃設計之可靠性及正確性。

(13)兩波交會作用研究

提供海岸工程結構物前之波浪特性資料，可精確預估海岸工程中波浪具強烈反射區之設計波浪資料。

2. 合作及代辦研究：八項

(1)港埠經營管理國際化自由化研究

提供港務局朝向業務民營化之發展方向和整體組織架構、運作制度之調整及運用依據。

(2)基隆港區水工模型遮蔽試驗

提供基隆港務局採納作為規劃依據。

(3)花蓮港舊東堤堤身灌漿加固方之研究

本研究結果顯示堤身灌漿加固方法不可行，改用傳統方法維修，共節省經費5仟餘萬元。(即灌漿加固方法需1億餘元，而傳統方法僅需5仟餘萬元。)

(4)高爐水泥對港灣混凝土結構耐久性

及抑制鋼筋腐蝕效應之研究

本研究結果顯示高爐水泥可改善混

凝土品質，抑制鋼筋腐蝕效應亦適合大量應用於港灣工程建設中，能有效地將廢棄物資源化再利用。目前中鋼公司已成立子公司，大量生產高爐石粉(水泥)上市。

(5)南雅船澳水工模型遮蔽試驗

提供台北縣政府、漁技社採納作為規劃依據。

(6)高雄港貨物裝卸作業指標調查研究

提供港務局評估各類碼頭貨物作業效率之高低及建立各項作業指標之依據。

(7)伽藍漁港擴建工程水工模型遮蔽試驗

台東縣政府及漁技社已採納作為規劃設計依據。

(8)基隆港水工模型數值模擬

提供基隆港區東岸興建第三突堤碼頭之規劃依據。

3. 國科會專題研究：八項

(1)台灣沿岸觀測風浪統計特性研究計劃

(2)港灣多孔岸壁消波特性試驗研究計劃

(3)堤面粗糙對波浪衍升之影響(-)

(4)國內海下技術能力及海下工程市場調查研究專案計劃

(5)碎波帶中懸浮質濃度場及局部底床質移動研究(-)

(6)碎波帶設立觀測樁及流況調查研究(-)

(7)打擊樁力學行為之研究

(8)以水壓錐消散試驗推估土層沉陷特性之研究

4. 研究成果發表

(1)國內外期刊七篇

- (2)研討會論文三十一篇
- (3)專門著作及技術報告二十篇

### 三、八十一年度部份

#### 1.自辦研究:十三項

- (1)港灣及海岸構造物設計基準研究(一)  
提供設計者作為設計之依據。
- (2)碼頭貨櫃租賃與計價之研究  
提供第五貨櫃中心採行出租策略時，如何運用營運量之多寡而採行不同計價策略之依據。
- (3)台灣四周海象、氣象調查研究(二)  
提供港務局、學術單位、各顧問公司採納作為海岸港灣開發規劃依據。
- (4)台灣西海岸沖淤調查研究(二)  
提供雲嘉縣政府、學術機關以及顧問公司採納作為規劃依據。
- (5)旋性流與非旋性流對波浪影響之研究  
屬基本研究,已被世界著名刊物JGR接受發表。
- (6)平緩沙灘碎波帶內波浪、流況以及漂沙特性研究(一)  
配合國科會「海岸空間利用」計畫研究。
- (7)台灣北部海岸環境調查之研究(一)  
提供基港局、學術機關以及顧問公司採納作為規劃依據。
- (8)台灣各港區地質調查分析與資料建檔之研究(二)  
進行各港區地質與相關資料之整理分析、地質資料補充調查以及資料建檔程式研究，以供後續研究之執行。
- (9)海岸土層下陷行為與預測之研究(一)  
蒐集與分析雲林沿海等地區地層下陷資料，並進行現地取樣與水壓錐試驗，建立壓密特性參數，以供後續第二年之分析研究。
- (10)港灣R.C.結構物修理系統之評估(一)  
研究維修工法之可行性，提供港務局作為依據。
- (11)港灣鋼結構物之耐久性研究(二)  
本研究顯示蘇澳港駁船碼頭之鋼板格腐蝕嚴重已達0.2mm/yr之設計預估值，建議在潮汐帶使用防蝕帶防蝕，在水中帶使用犧牲陰極法防蝕，蘇澳港已採用本建議完成防蝕工程。
- (12)波與流交互作用之研究(二)  
提供數值方法以計算波流交會後之波浪特性變化，可提供現場工程師做現場狀況模擬，充分掌握施工必要之考慮因素。
- (13)台灣各港口潮汐相關性與預報模式研究  
分析台灣四周26個潮位站之相關性，建立之預報模式提供各港務局從事潮汐預報。

#### 2.合作及代辦研究:十一項

- (1)南雅船澳水工模型遮蔽試驗  
提供台北縣政府及漁技社採納作為規劃依據。
- (2)高雄港貨物裝卸作業指標調查研究計劃  
提供港務局評估各類碼頭貨物作業效率之高低及建立各項作業指標之依據。
- (3)伽藍漁港擴建工程水工模型遮蔽試驗工作

台東縣政府及漁技社已採納作為規劃設計依據。

(4)基隆港水工模型數值模擬

基隆港區東岸興建第三突堤碼頭之規劃依據。

(5)台北捷運系統 CN251 標荷式錐試驗研究

提供台北捷運系統規劃設計所需之地質資料。

(6)高爐水泥對港灣混凝土結構耐久性  
及抑制鋼筋腐蝕效應之研究

本研究結果顯示高爐水泥可改善混凝土品質，抑制鋼筋腐蝕效應亦適合大量應用於港灣工程建設中，能有效地將廢棄物資源化再利用。目前中鋼公司已成立子公司，大量生產高爐石粉(水泥)上市。

(7)中芸漁港水工模型漂砂試驗研究

高雄縣府以及漁技社已採納作為規劃設計依據。

(8)高雄海域海氣象調查研究

提供高雄港深水碼頭規劃設計之依據。

(9)沈箱式防波堤施工中海床沖刷防治  
研究闡流況調查

提供中港局採納作為北堤延伸重要參考資料。

(10)中船高雄總廠乾塢興建工程航道淤  
淺調查評鑑

提供國營會採納作為中船、中華工程、中鋼之賠償分擔依據。

(11)彰濱工業區人工岬灣可行性及海堤  
面坡與堤腳沖刷深度關係試驗研究

3.國科會專題研究：八項

(1)台灣沿岸觀測風浪統計特性研究

(2)港灣多孔岸壁消波特性試驗研究

(3)堤面粗糙對波浪衍升之影響(二)

(4)碎波帶中懸浮質濃度場及局部底床  
質移動研究(二)

(5)碎波帶設立觀測樁及流況調查研究  
(二)

(6)打擊樁力學行為之研究

(7)以水壓錐消散試驗推估土層沉陷特  
性之研究

(8)估計高解析度方向波譜的方法

4.研究成果發表

(1)國內外期刊九篇

(2)研討會論文十九篇

(3)專門著作及技術報告二十一篇

四、八十二年度部份

1.自辦研究：十四項

(1)港灣及海岸構造物設計基準研究(二)  
提供設計者作為設計之依據。

(2)棧橋式碼頭設計自動化研究

提供各港務局從事棧橋式碼頭設計時之應用，能在最短的時間內，設計一經濟、耐用之棧橋碼頭。

(3)台灣各港區棧埠設施合作興建免租  
使用計算公式之研究

提供港務局目前免租使用年限計算方式之缺失及未來改善替代方案規劃之依據。

(4)台灣四周海象、氣象調查之研究(三)

提供各港務局、學術機構以及顧問公司採納作為規劃設計依據。

(5)台灣西海岸沖淤調查研究(三)

提供雲嘉縣政府、經濟部工業局以及學術、顧問公司採納作為規劃設計依據。

(6)邊界實驗過程影響漂沙之實驗研究

屬理論研究，為階段性研究。

- (7)平緩沙灘碎波帶內波浪、流況以及漂沙特性研究(二)

配合國科會「海岸空間利用」計畫研究。

- (8)台灣北部海岸環境調查之研究(二)

提供基港局以及地方縣府採納作為規劃依據。

- (9)台灣各港區地區地質調查分析與資料建檔之研究(三)

繼續進行各港區地質補充調查與各港區大地工程分析與問題研討，完成資料建檔程式研究，下(83)年度完成全部計畫，提供完整之地質資料檔。

- (10)海岸土層下陷行為與預測之研究(二)

建立地下水位變化與地層下陷之關係，提供水資源開發利用與管制之參考，並進行室內與現地試驗，探討壓密特性，建立相關性，提供土層下陷預測分析資料。

- (11)港灣R.C.結構物修理系統之評估(二)

研究維修工法之可行性，提供港務局作為依據。

- (12)港灣鋼結構物之耐久性研究(三)

現場調查結果，花蓮港\$4、#5、#6號碼頭鋼板樁之腐蝕速率均在0.1mm/yr以下，顯示該港之碼頭鋼板樁在使用30年後，其腐蝕速率仍小，目前可不考慮使用犧牲陰極法而以塗裝法防蝕，節省公帑約6仟萬元。

- (13)波與流交互作用之研究(三)

於平面水槽中進行波流交互作用實驗，用以檢討理論解析之結果，實驗之資料更可提供直接數據俾利海

岸工程規劃設計依據。

- (14)透水性結構物之波能消散及港池應用(一)

研究之多孔消波體設計，提供港池消波設計依據。

## 2.合作及代辦研究：十三項

- (1)高雄海域海氣象調查研究

提供高雄港深水碼頭規劃設計之依據。

- (2)觀音亭海埔新生地及遊艇港闢建水工模型遮蔽試驗研究

提供觀光局澎管處以及澎湖縣政府採納作為開發建港規劃設計。

- (3)中芸漁港水工模型漂砂試驗研究

高雄縣政府以及漁技社已採納作為規劃設計之依據。

- (4)觀音亭海濱遊憩區定沙水工模型定性試驗

提供澎湖縣政府以及觀光局作為規劃設計之依據。

- (5)安平港第三、四號碼頭鋼板樁側傾鑑定工作

提供探討發生側傾之原因並研擬對策之依據。

- (6)基隆港聯外道路沿線闢建大型貨櫃集散站或停車場可行性研究

提供基港局一闢建大型貨櫃集散站之可行地點，以便作進一步規劃時之依據。

- (7)港灣構造物設計基準研究

提供各港設計港灣構造物之標準設計條件。

- (8)桃園濱海地區垃圾填造擋風牆預定建址地質調查研究

提供桃園濱海地區垃圾填造擋風牆規劃設計所需之地質與大地工程分

析資料。

- (9)台南安平港第三、四號碼頭地質檢核調查工作

提供安平港第三、四號碼頭鋼板樁側傾鑑定工作所需之地質資料。

- (10)高爐水泥對港灣混凝土結構耐久性  
及抑制鋼筋腐蝕效應之研究

本研究結果顯示高爐水泥可改善混凝土品質，抑制鋼筋腐蝕效應亦適合大量應用於港灣工程建設中，能有效地將廢棄物資源化再利用。目前中鋼公司已成立子公司，大量生產高爐石粉(水泥)上市。

- (11)港灣工程材料試驗研究

協助民間工程單位進行相關材料性質之測試。

- (12)港灣鋼構造物陰極防蝕之研究

評估陰極防蝕之可行性，陽極材料之效率評估，供港務局在安裝陰極防蝕措施之依據。

- (13)基隆港碼頭鋼板樁檢測及其維護改善方案研究

基隆港鋼板樁碼頭使用多已超過20年，其腐蝕速率已超過0.2mm/yr之設計預估值，在潮汐帶之鋼板樁有許多破洞，為長遠安全計，建議重建這些碼頭，在未重建前亦需修補該碼頭，基港局根據此研究報告，已進行修補並作重建之規劃研究。

### 3.國科會專題研究：八項

- (1)碎波帶設立觀測樁及流況調查研究  
(三)

- (2)堤面粗糙對波浪攀升之影響(三)

- (3)碎波帶中懸浮質濃度場及局部底床質移動研究(三)

- (4)透水性離岸堤受斜向波浪作用之波

能消散

- (5)近岸海域波浪和近流數值運算及可視化研究(一)

- (6)估計高解析度方向波譜的方法

- (7)前進之細長體所受之自由表面效應研究

- (8)海波被海流反射過程現場研究

### 4.研究成果發表

- (1)國內外期刊七篇

- (2)研討會論文二十六篇

- (3)專門著作及技術報告二十五篇

## 五、八十三年度(目前)研究概況

### 1.自辦研究：十四項

- (1)高雄港區土地與相鄰市區土地使用相容性研究(一)

- (2)台灣各港區規劃基本資料建檔研究

- (3)港灣及海岸構造物設計基準研究(三)

- (4)台灣四周海象、氣象調查之研究(四)

- (5)台灣西海岸沖淤調查研究(四)

- (6)平緩沙灘砂波帶內波浪、流況以及漂沙特性研究(三)

- (7)波與旋性流及亂流交互作用研究

- (8)台灣北部海岸環境調查之研究(三)

- (9)台灣各港區地質調查分析與資料建檔之研究(四)

- (10)台灣西海岸砂土層液化特性研究

- (11)港灣 R.C. 結構物修理系統之評估  
(三)

- (12)港灣鋼結構物之耐久性研究(四)

- (13)波與流交互作用之研究(四)

- (14)透水性結構物之波能消散及港池應用之研究(三)

### 2.合作及代辦研究：八項

- (1)基隆港區聯外道路沿線闢建大型貨櫃集散站或停車場可行性研究
- (2)台中港漂沙防治與新生地開發計劃
- (3)高爐水泥對港灣混凝土結構耐久性及抑制鋼筋腐蝕效應之研究
- (4)新竹香山地區籌建新港(新香港)初步可行性研究
- (5)花蓮港港灣設施改善計畫之研究
- (6)淡水港興建對鄰近海岸地形變遷之影響
- (7) ACCROPODE 消波塊穩定及越波量水工模型試驗研究
- (8)新竹縣香山區海埔新生地開發對鄰近地形的影響—動床水工模型試驗研究

### 3. 國科會專題研究：七項

- (1)碎波帶中懸浮質濃度場及局部底床質移動研究
- (2)三角斜堤對波浪湧升之影響
- (3)透水性離岸堤受斜向波浪作用之波能消散
- (4)近岸海域波浪和近岸流數值運算及可視化研究(二)
- (5)碎波帶設立觀測格及流沉調查研究

## 六、八十四年度研究項目

規劃組：高雄港區土地與相鄰市區土地使用相容性研究(二)

海工組：

- (1)台灣海域海氣象特性之研究
- (2)漂沙防治與新生地開發研究
- (3)長波非線性效應研究

大地組：海岸土壤動態特性與改良研究

港工組：港灣構造物腐蝕機理與維修

防制之研究

數模組：波場數值及實驗模擬之研究

## 七、未來研究方向

港灣技術研究所未來研究方向擬修正為以解決港口現存問題為主，基礎研究為輔，其重點方向為：

- 1.建立五個國際港口海象、氣象觀測網及資料連續蒐集分析處理系統。
- 2.花蓮港與蘇澳港港池不穩靜改善研究。
- 3.台中港漂沙防治及新生地開發研究。
- 4.鋼板樁腐蝕調查與防治方法研究。
- 5.海岸新生地與港埠用地基礎改良研究。
- 6.推動現有港埠再規劃研究。
- 7.建立海岸及港灣水理及水質數值模式。
- 8.加強波浪與海象基礎研究。

## 八、結語

港灣技術研究所隸屬於台灣省政府交通處，自民國七十年二月成立以來，研究設備已略具規模，研究人力也漸近成熟。今後將以更積極態度協助研究解決國內港灣規劃建設及海岸新生地開發等所遭遇之問題。

# 本所雲嘉海域外傘頂洲沖淤調查研究 近況報導

黃清和 港研所海岸工程組研究員兼組長

本所自民國七十九年七月起（八十年度）到民國八十二年十二月止（八十三年度上半年），陸續將近四年，在台灣西海岸從事雲嘉海域外傘頂洲現場沖淤調查研究，除收集分析當地風、波浪實測資料，探討相關風—浪模式外，同時連續四次分別在1990年10月、1991年10月、1992年10月以及1993年10月，委託工程顧問公司在該區作全面性水深地形測量，範圍涵蓋外傘頂洲南北兩端以西到負25米水深處，利用網格法分年、分區計算其沖淤積量，進而推算歷年作用在該區海域沿岸波能與漂沙量相關模式，謹將八十三年上半年度調查結果整理報導如下，其它年度研究結果則可參閱本所基本研究〔1〕、〔2〕、〔3〕。

圖1為外傘頂洲海域，在八十三年上半年度之風速月玫瑰圖，圖形顯示該區海域夏季季節風向仍以西南向為主，冬季季節風向則以東北季風較為顯著。

圖2分別為該區在夏季與冬季時之波浪統計情況，資料結果顯示：在夏季時有70%以上示性波高是在0.5m以下，週期為5.2秒，在冬季時之示性波高則在0.5m~2.5m間；其平均示性週期（ $T_{\frac{1}{2}}$ ）與示性波高（ $H_{\frac{1}{2}}$ ）關係

可表為

$$\bar{T}_{\frac{1}{2}} = 4.71 + 2.47 \bar{H}_{\frac{1}{2}} - 0.38 \bar{H}_{\frac{1}{2}}^2; \text{夏季}$$

----- (1)

$$\bar{T}_{\frac{1}{2}} = 3.86 + 2.44 \bar{H}_{\frac{1}{2}} - 0.33 \bar{H}_{\frac{1}{2}}^2; \text{冬季}$$

----- (2)

表1~表3分別為本所八十三年上半年度，依風—浪模式以及實測風速資料，配合折射圖，計算每月作用在該海域第(I)分區（含K、L、M區）、第(II)分區（含H、I、J區）、第(III)分區（含E、F、G區）以及第(IV)分區（含B、C、D區）等，自SW向到NE向、自NE向到SW向以及各分區淨沿岸平均波能，各分區涵蓋範圍示意圖，如圖3所示；表3中數值，正者表NE向到SW向，負者表SW向到NE向；分析資料結果顯示在七月、八月淨沿岸平均波能主要由SW向到NE向；九月、十月、十一月、十二月等，淨沿岸平均波能則主要由NE向到SW向較為顯著。

圖3以及圖4則分別為本所在外傘頂洲委託工程單位歷年在該區之實測水深比較圖，圖4明顯顯示自1990年到1993年該區海岸灘線明顯侵蝕，4月在南端則呈淤積狀況，此亦可由表4外傘頂洲海域沖淤積量各分區計算表得知，各分區之沖淤積變化量亦可表示如圖5所示；圖5數據顯示在

1992~1993期間沖淤積情況較前二年度趨後，主要原因乃在該期間，無颱風影響所致。圖6則為外傘頂洲最南

端歷年所測斷面水深變化圖，調查結果顯示，最南端逐年呈淤積情況，其沙源明顯來自外傘頂洲沿岸侵蝕。

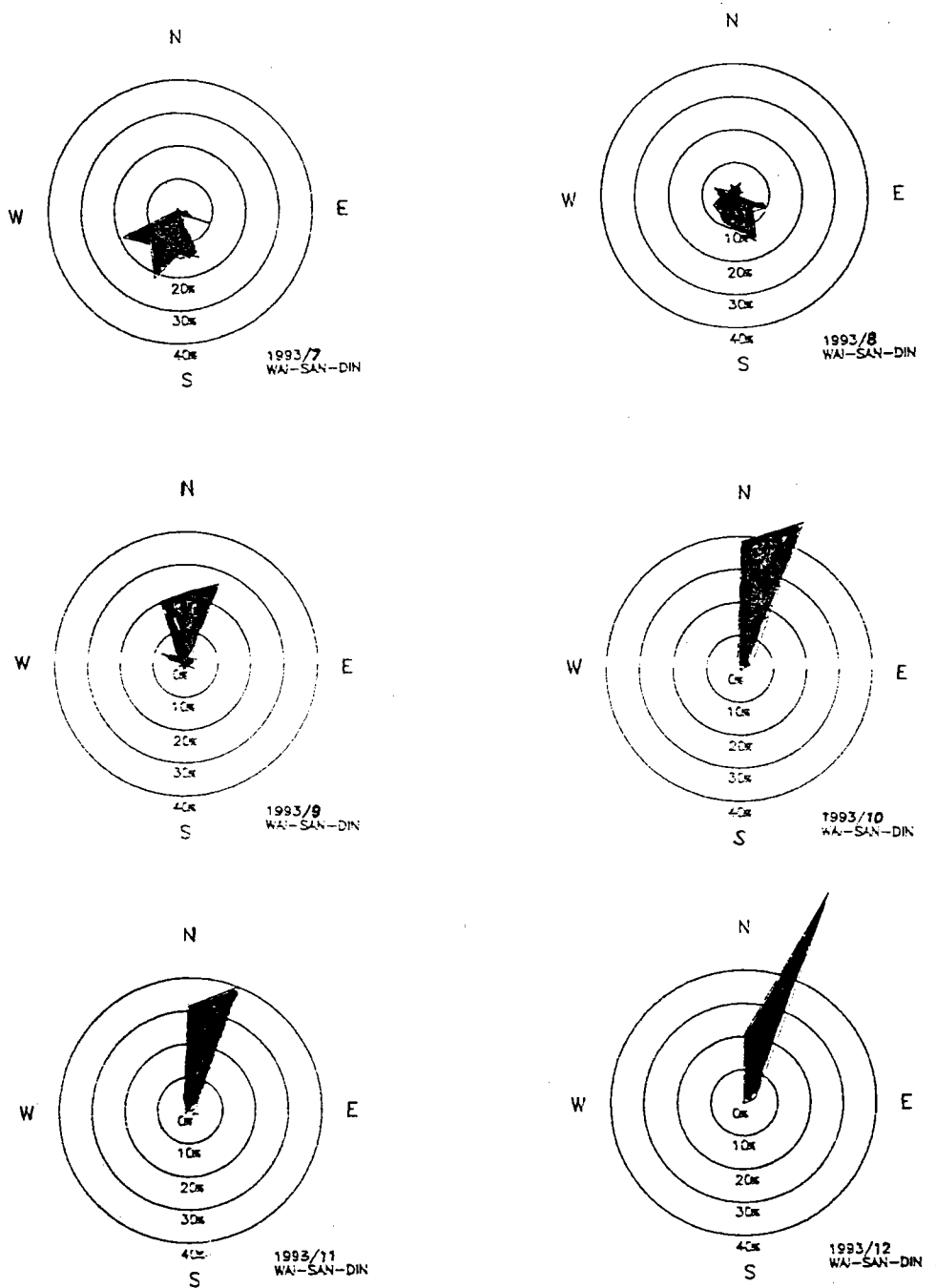


圖 1 雲嘉海域風速月玫瑰圖(1993年7月~12月)

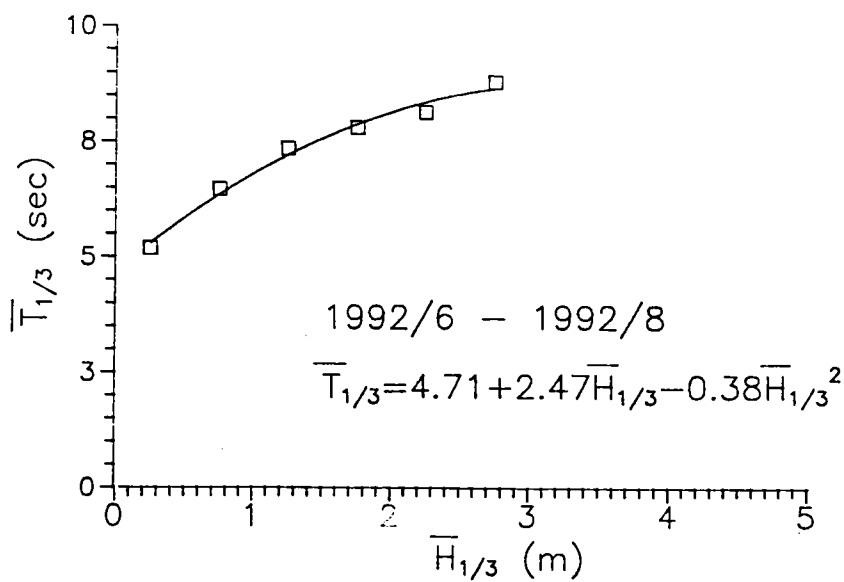
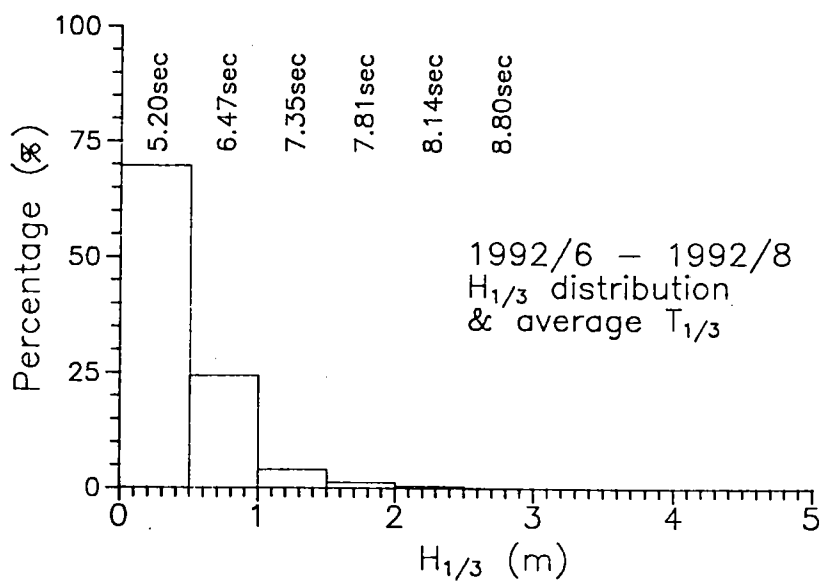


圖 2(a) 雲嘉海域夏季波浪統計圖(1992年6月~8月)

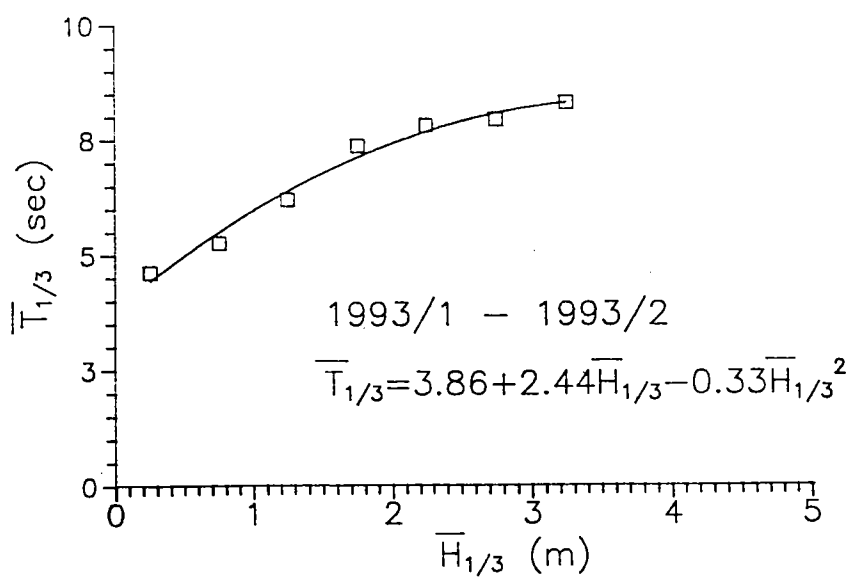
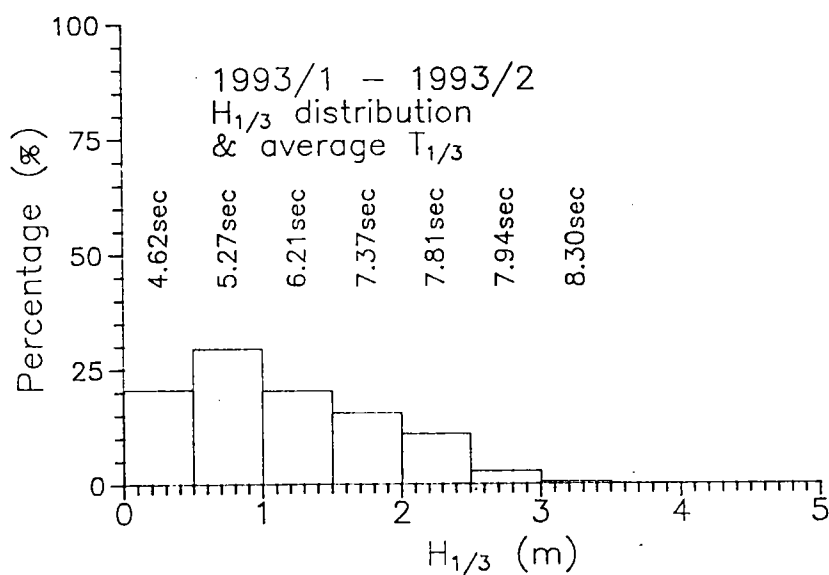


圖 2(b) 雲嘉海域冬季波浪統計圖(1993年1月~2月)

表 1 外傘頂洲海域各分區沿岸平均波能(1993/7~12, 自SW向到NE向)

1993/7-12 WAI--SAN--DIN (erg/sec/cm)  
Alongshore mean wave power from SW to NE

|          | JUL       | AUG       | SEP       | OCT       | NOV       | DEC      |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| SEC. I   | -.366E+07 | -.255E+07 | -.787E+06 | -.346E+06 | -.974E+06 | .000E+00 |
| SEC. II  | -.462E+07 | -.323E+07 | -.991E+06 | -.435E+06 | -.123E+07 | .000E+00 |
| SEC. III | -.571E+07 | -.400E+07 | -.122E+07 | -.547E+06 | -.151E+07 | .000E+00 |
| SEC. IV  | -.695E+07 | -.483E+07 | -.149E+07 | -.662E+06 | -.183E+07 | .000E+00 |

表 2 外傘頂洲海域各分區沿岸平均波能(1993/7~12, 自NE向到SW向)

1993/7-12 WAI-SAN-DIN (erg/sec/cm)  
Alongshore mean wave power from NE to SW

| SEC. I   | .301E+05 | .527E+06 | .108E+08 | .240E+09 | .888E+08 | .427E+09 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| SEC. II  | .605E+05 | .105E+07 | .213E+08 | .427E+09 | .171E+09 | .771E+09 |
| SEC. III | .112E+06 | .191E+07 | .383E+08 | .612E+09 | .287E+09 | .111E+10 |
| SEC. IV  | .199E+06 | .330E+07 | .624E+08 | .605E+09 | .403E+09 | .108E+10 |
|          | JUL      | AUG      | SEP      | OCT      | NOV      | DEC      |

表 3 外傘頂洲海域各分區淨沿岸平均波能(1993/7~12)

1993/7-12 WAI-SAN-DIN  
Alongshore net wave power (erg/sec/cm)  
+ From NE to SW - From SW to NE

| SEC. I   | -.363E+07 | -.203E+07 | .999E+07 | .239E+09 | .878E+08 | .427E+09 |
|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| SEC. II  | -.456E+07 | -.218E+07 | .203E+08 | .427E+09 | .170E+09 | .771E+09 |
| SEC. III | -.560E+07 | -.208E+07 | .371E+08 | .611E+09 | .286E+09 | .111E+10 |
| SEC. IV  | -.675E+07 | -.154E+07 | .609E+08 | .604E+09 | .401E+09 | .108E+10 |

JUL AUG SEP OCT NOV DEC

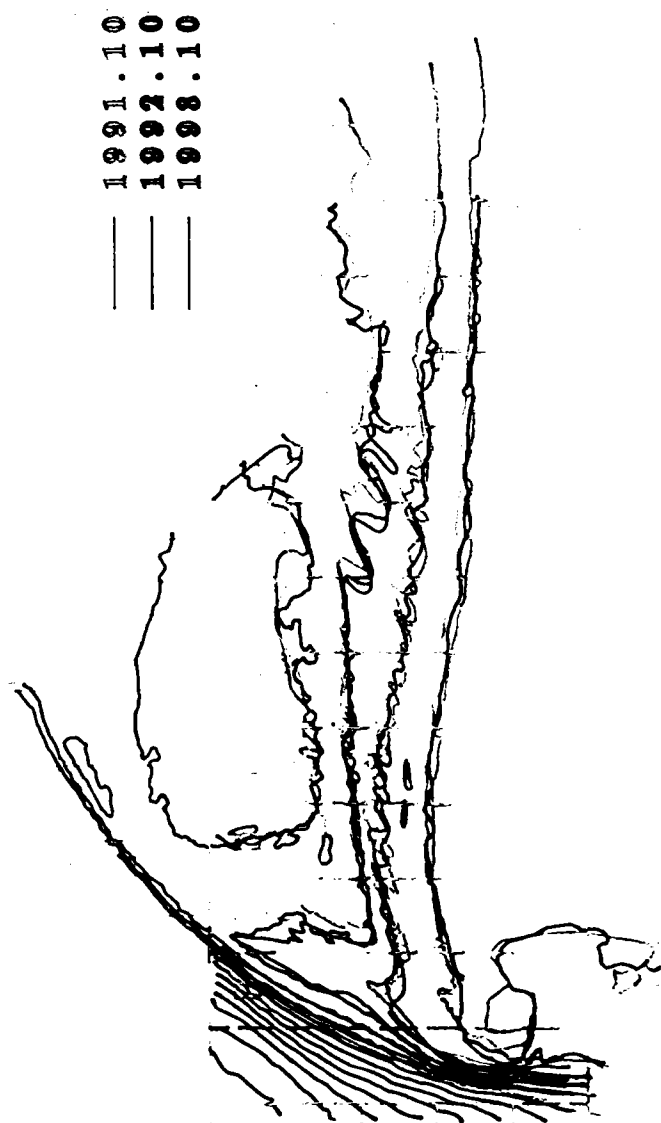
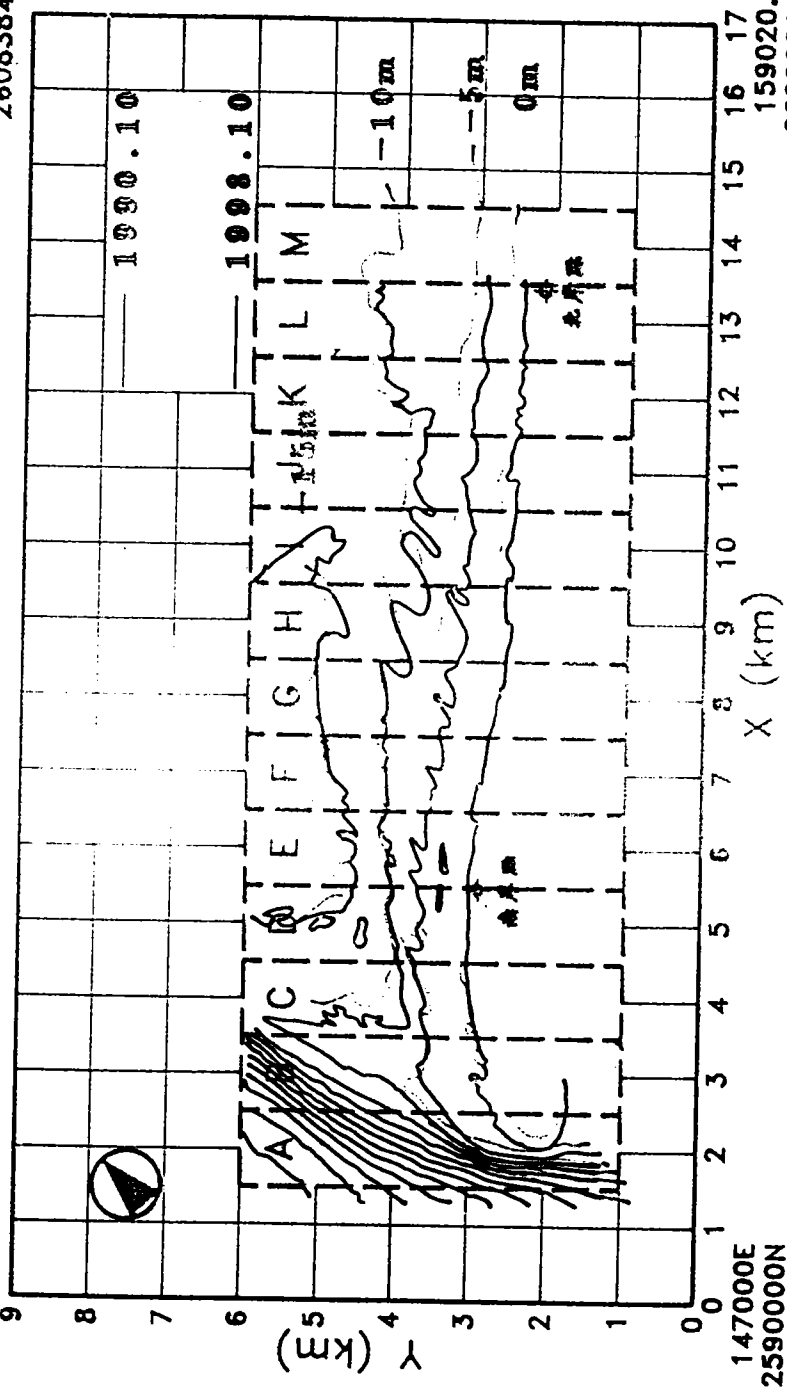


圖 3 外傘頂洲海域歷次水深測量地形圖(1990年10月~1993年10月)

140636.039E  
2596363.961N

152656.8542E  
2608384.7763N



147000E  
2590000N

159020.8153E  
2602020.8153N

圖 4 外傘頂洲海域1990年10月與1993年10月兩次水深測量比較圖

表 4 外傘頂洲海域沖淤積量各分區計算表

|      | A               | B                | C                 | D                | E                 | F                 | G                 | H                 | I                 | J                 | K                 | L                 | M                 | A ~ I              |
|------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 1990 | -4.60           | -3.23            | -10.44            | -7.73            | -8.39             | -12.11            | -15.61            | -16.88            | -17.41            | -17.42            | -13.65            | -12.75            | -12.57            | -96.40             |
| 1991 | -4.11<br>(0.49) | -3.85<br>(-0.62) | -11.06<br>(-0.62) | -8.32<br>(-0.59) | -9.02<br>(-0.63)  | -12.99<br>(-0.88) | -17.02<br>(-1.41) | -17.88<br>(-1.00) | -18.21<br>(-0.80) | -18.28<br>(-0.86) | -14.49<br>(-0.84) | -13.70<br>(-0.95) | -13.30<br>(-0.73) | -102.46<br>(-6.06) |
| 1992 | -3.49<br>(0.62) | -5.14<br>(-1.29) | -11.95<br>(-0.89) | -8.97<br>(-0.65) | -9.88<br>(-0.86)  | -14.50<br>(-1.51) | -18.04<br>(-1.02) | -19.26<br>(-1.38) | -19.83<br>(-1.62) | —                 | —                 | —                 | —                 | -111.06<br>(-8.60) |
| 1993 | -2.71<br>(0.78) | -4.27<br>(0.87)  | -11.95<br>(0.00)  | -9.47<br>(-0.50) | -10.19<br>(-0.31) | -14.71<br>(-0.21) | -18.32<br>(-0.28) | -19.59<br>(-0.33) | -20.19<br>(-0.36) | —                 | —                 | —                 | —                 | -111.40<br>(-0.34) |
| AREA | 0.94            | 1.78             | 1.61              | 1.20             | 1.28              | 1.63              | 1.92              | 1.93              | 2.08              | 2.14              | 1.94              | 1.87              | 1.75              | 14.37              |

說明：1. 土方量以零水位為基準。

2. 土方量單位： $10^6 M^3$ ，面積單位： $10^6 M^2$ 。

3. ( ) 內為與前一年土方量之差。

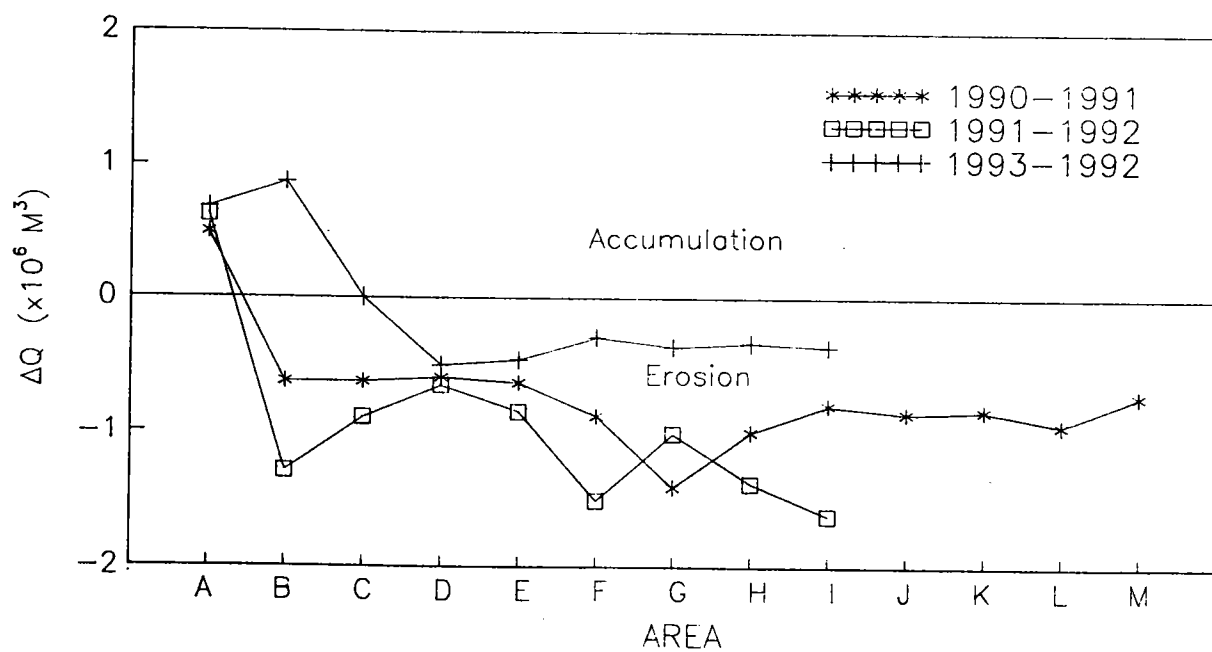


圖 5 外傘頂洲海域歷年沖淤積量各分區變化圖

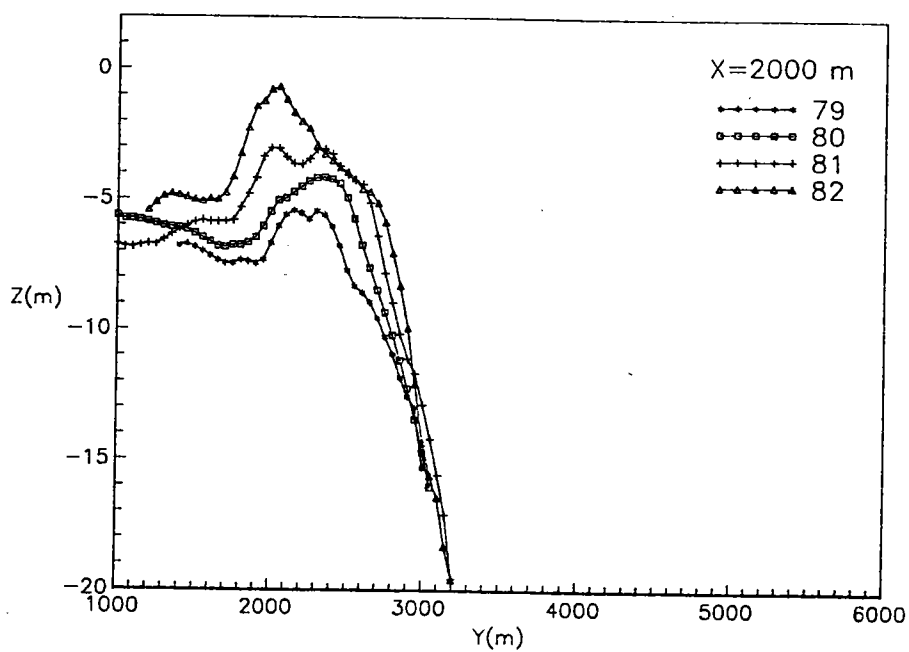


圖 6 外傘頂洲最南端斷面水深變化圖

# 淺談港埠轉運業務

朱金元 港灣技術研究所研究員

## 一、引言

轉運業務如果能發展成功，對於轉運港當地的經濟發展有限大的影響，最直接受益者包括港埠經營者、貨物運送人、當地航運業者以及與裝卸作業有關之服務業者等。但是由於轉運港的選擇絕大部份決定於主要大航商，基於整個運輸系統成本降低以及競爭地位提昇之考量，使得港埠營運者在決定是否投入大量的人力、物力購置價格昂貴構造精密之機具時，往往處於被動的地位。萬一投資完成航商卻不來使用，則會造成機具設備使用率偏低的情形，所以發展轉運業務雖然有其利益，但也伴隨著相當的風險。本文擬自聯合國貿易暨工業發展總署UNCTAD為開發中國家推展轉運業務所作研究"TRANS-SHIPMENT"及"TRANSHIPMENT PORTS"中摘述其部份發展背景內容，並參考"Maritime Asia"中亞洲航運策略發展之內容，概述台灣地區發展轉運業務之可行性，以供對轉運課題有興趣者參考。

## 二、轉運業務發展之背景 (Background)

### 1. 什麼是轉運? (What is transshipment?)

1.1 轉運一般可以分為陸路轉運與船舶轉運，在航運名詞上「轉運」泛指從一艘船舶往岸上卸貨 (offload ashore) 再重新裝載至另一艘船之全部過程。有時候二艘船舶之間或者一艘船舶與駁船 (a ship and a barge) 間之裝卸也稱為轉運。但通常如果說「轉運」指的是前者，在台灣則以「轉口」稱之。轉運港 (transshipment port) 有時候又稱為轉運中心 (relay center)。

1.2 最近幾年由於貨櫃運輸之發展，在航運業者強烈追求降低運輸成本以及縮短滯港時間的情形下，配合駁運服務 (feeder service) 之轉運業務遂被引進。而在個別港埠 (individual ports) 或地區 (regions) 無法提供均衡的雙向貨櫃量時，航商為平衡貨櫃貿易 (container trade)，配合某些港埠配備、精密資訊、管理系統與裝卸設備來控制貨櫃之流動後，貨櫃轉運之運輸方式在主要航線之大航商中更普遍的被採用。轉運方式通常包含一大型母船，運輸貨櫃於少數策略性的港埠，並且以較小之駁運船連接附近之駁運港 (feeder port)。根據 United Nations Inter-Regional Seminar on

Coastal Shipping, Feeder and Ferry Service之定義：Feeder Service乃是連接裝卸中心（Load Center, Transshipment Port）與附近較不重要但仍具相當規模港埠（feeder port）之近洋航運（short-sea transport）。

1.3 轉運之方式在已開發國家中已經非常普遍，例如UK以及Scandinavian Countries之遠洋貿易（deep-sea trade）大多經由歐陸之港埠轉運；即使在歐陸眾多港埠間彼此也有定期且連續性之駁運相連接（link），而這些近洋的駁運服務則必須和發達的長程陸上運輸相競爭，有了高效率之裝卸效率並輔以四通八達的陸上運輸系統，則可以將原先在他港裝卸之貨物吸引至本港來裝卸。這種競爭狀況，使得將數個港埠合併為一個裝卸中心來經營之型態逐漸形成，已經行之多年卓有成效之地區，例如North America。

1.4 開發中國家在轉運及駁運業務之發展情形很不相同，許多港埠在其全部裝卸量中只處理約1~3%之轉運業務；而在其它港埠則可能處理30~90%之轉運量。如此高之轉運量甚至影響到該等港埠未來發展策略之釐訂。開發中國家發展轉運業務成效良好又有固定駁運服務聯接主要駁運港之地區有：South East Asia/Pacific, the Bay of Bengal, West Coast of India/Gulf, the Caribbean等，這些地區成功之原因不一而足。

## 2. 理論基礎 (Rationale)

2.1 發展轉運之主要理由是：與直運（direct service）比較起來，在某些航線上，貨物經由中間站之轉運，貨物可以更迅速有效率的運送。直運方式只能有一個航運業者（carrier）參與運輸，而轉運業務則可允許不同的業者參與，例如當地的港埠業者及駁運業者，他們均可以分享因轉運而帶來之利益。雖然如此，發展轉運業務之原始動機乃航運業者基於提昇及改善他們本身之競爭地位所促成。

2.2 轉運業務可能發生在兩條遠洋航線上（deep-sea voyage），例如US-Europe與Europe-West Africa，但最常見的則包含一遠洋航線及一短程之駁運服務，例如Europe-Singapore與Singapore-Bangkok，兩者發展之理論背景雖不盡相同，但都是以追求更有效率之服務為目標。貨物經由轉運之方式會增加在港埠之作業，從而增加成本負擔，而這些增加之費用就必須藉著更有效率或更便宜之海上運輸網路聯接來彌補。在某些特殊的情形下，在航商經濟上認為可行時甚至有二次或三次轉運之可能。

2.3 在兩條遠洋航線轉運之例子，兩段航線所提供之貨運總量必須要能夠維持定期之航次，否則不容易成功。例如A港 $\longleftrightarrow$ B港之貿易量不足導致無法維持定期航次，但如果A港 $\longleftrightarrow$ C港以及B

港 $\longleftrightarrow$ C港之貿易量足以維持定期航次，則極有可能開闢A港與B港經由C港之航線。在另一種情形如果A港與B港間之雙向貿易量非常不平衡，也可以藉由單向或雙向均經由C港之運送方式獲得改善。在這兩種狀況下，C港由於良好之航運網路以及便利之地理位置而獲得額外之運量（由A港 $\longleftrightarrow$ B港）。一般而言，已經具有規模之港埠發展轉運業務比起規模較小必需擴建才能符合轉運要求之港埠容易且較能因此得到利益（benefit）。

2.4 在有良好駁運網路相連接之區域，遠洋航線船舶可以避免在該區域均採用直運之方式至各港埠之運輸方式。尤其是在個別港埠之運量都不高時，因此在有轉運服務之地區，較大型之船舶可以只佈置於主要航線，從而降低整體之運輸成本。

2.5 對於採用轉運方式之航商而言，當一艘船舶在主航線上能停靠較少之港埠後，則採用較大的船舶以降低貨物之單位運輸成本對他的營運是有利的。因為成本降低後，由於運費可以降低，因此可以吸引更多的貨運量。同時，由於轉運業務需具備複雜精密之資訊及控制系統，對於有意進入該航線之潛在競爭者（potential competitor）而言，可以使其知難而退（discouragement），從而維持其既有之有利地位。

下述例子乃在說明航商之轉運業

務對其使用船舶容量、運輸成本等之影響：

例1 此例說明如何在不平衡之雙向貿易情形下，利用轉運之方式，以減少船舶之容量。下表中A $\rightarrow$ B 10,000tons，而由B $\rightarrow$ A只有4,000tons，雙向貿易非常不平衡，如欲用直運方式，則在A $\longleftrightarrow$ B，A $\longleftrightarrow$ C，C $\longleftrightarrow$ B各航線須分別配置 130、200、60 million ton-miles之容量（capacity），完成全部運輸任務總共要390 million ton-miles；而如果採用在C港之轉運方式，則僅須在A $\longleftrightarrow$ C，C $\longleftrightarrow$ B間分別配置250、120 million ton-miles，全部總容量370million-ton-miles。在這個例子很容易看出在某一航線雙向貿易不平衡的情況下，經由轉運至少有下列好處：(1)原先在A $\longleftrightarrow$ B間之不平衡貿易現象大大減低，可在轉運方式之A $\longleftrightarrow$ C，C $\longleftrightarrow$ B雙向貿易量看出，(2)整個運輸容量可由390 million ton-miles降低至370million ton-miles，而且運送距離由於不走A $\longleftrightarrow$ B可以由39,000 miles降低至16,000miles，運輸成本可以降低，(3)由於可以採用較大型之船舶在主航線A $\longleftrightarrow$ C上（轉運方式採用250，而直運方式用200million ton-miles），則單位貨物之運輸成本可以進一步降低，較容易獲得經濟規模之好處。

Table 1: Example of avoiding unbalanced trade

| Route                                       | Direct Solution |     |     | Transshipment Solution |     |     |
|---------------------------------------------|-----------------|-----|-----|------------------------|-----|-----|
|                                             | A-B             | A-C | C-B | A-B                    | A-C | C-B |
| Round trip distance ('000cm)                | 13              | 10  | 6   | 13                     | 10  | 6   |
| Cargo out('000 tons)                        | 10              | 15  | 10  | 0                      | 25  | 20  |
| Cargo back('000 tons)                       | 4               | 20  | 10  | 0                      | 24  | 14  |
| Capacity deployed (million ton-miles)       | 130             | 200 | 60  | 0                      | 250 | 120 |
| Total capacity deployed (million ton-miles) | 390             |     |     | 370                    |     |     |

例2 此例說明在某一港埠將取轉運之方式，比起採用直運至每一港埠之方式，可以節省運輸成本。

(1) 假設某一貨櫃船至某一區域之貨櫃量共有2,000TEU，其分別在Port A, B, C, D, E之卸櫃量為1000、400、300、200、100TEU。

(2) 在單一港埠裝卸1000TEU需時2天；如分別在多港裝卸，加上其裝卸前後之準備時間需時3天。

(3) 主航線貨櫃船每天固定成本\$20,000；燃料費\$12,000；而駁運船舶固定成本\$8,000/天，燃料費\$7,000/day。

(4) 至B~E之1000TEU，分別以由原船直運及在A港駁運比較，假設航行時間相同為10天，則：

(a) 直運方式

|                      | 費用(\$)  |
|----------------------|---------|
| 在港時間B~E(卸1,000TEU)3天 | 60,000  |
| 航行時間(A→B→C→D→E)10天   | 200,000 |
| 燃料費10天               | 120,000 |
| 總計                   | 380,000 |

(b) 轉運方式

主航線母船

Port A額外滯港時間(多卸1000TEU)

2天 40,000

駁運船舶

Port A滯港時間(共裝1000TEU)

2天 16,000

在港時間B~E 3天 24,000

航行時間 10天 80,000

燃料費 10天 70,000

總計 230,000

採用轉運方式所節省之\$150,000必須與轉運1,000TEU之費用相比較，但至少每一TEU節省\$150之費用是非常有吸引力的。除此之外，採用大型母船直運彎靠每一港口所花費的港埠費用也遠超過駁運船舶所支付之港埠費用，這又是採用轉運所帶來的另一好處。

例3 此例說明將不同航線之運量集中於一港埠轉運至其它港口，比較起個別航線之船舶分別直運至各港口，費用可以更節省。

(1)假設三艘貨櫃船分別由不同起點 (region) 載運500TEU貨櫃至亞洲。而這 500TEU 之目的地則分別為亞洲地區之5個港A~E, 每港 100 TEU。

(2)在同一港口卸500TEU需時1天, 如分別在5個港卸, 每港卸100TEU需 0.5 天, 共計 2.5 天; 在同一港裝 1, 200TEU 需時 2 天, 如平均在 4 港裝則需時 3 天。

(3)每一艘船不管是駁運船或在主航線船舶每天固定成本 \$ 10,000, 燃料費 \$ 7,000。

(4)運輸方式分為: (1)由三艘船直運至 A~E 五港, (2)三艘船在 A 港轉運, 由駁運船運至 B~E 四港。

(a)直運方式

|                   | 費用 (\$)    |         |
|-------------------|------------|---------|
| 滯港時間(3艘船, 每港0.5天) | 7.5天       | 75,000  |
| 航行時間(A→E 10天)     | 30天        | 300,000 |
| 燃料費               | 30天        | 210,000 |
|                   | 總計 585,000 |         |

(b)轉運方式

|             |            |         |
|-------------|------------|---------|
| 主航線母船       |            |         |
| 滯港時間 (每船1天) | 3天         | 30,000  |
| 駁運船舶        |            |         |
| 在A港時間       | 2天         | 20,000  |
| 在B~E港時間     | 3天         | 30,000  |
| 航行時間        | 10天        | 100,000 |
| 燃料費         | 10天        | 70,000  |
|             | 總計 250,000 |         |

再一次說明轉運的方式比直運方式節省 \$ 335,000, 當然仍得與轉運時港埠作業費用以及駁運船舶較大型所需增加之費用相比較。但轉運 1, 200 TEU, 每 TEU 減少 \$ 280 之費用可以

說是極具誘惑力的。

### 3. 決策過程 (The Decision Process)

3.1 在考慮過貨運量是否足夠之主要問題後, 接著必須考慮的是是否有良好之駁運網路以及合適之轉運設施。航運業者為確保駁運之可靠性, 它有可能組織自己之駁運網, 但是它仍然必須仰賴轉運港提供有效率之裝卸設備及必要之服務。為了競爭力與安全 (security) 之理由, 毫無疑問的, 航運業者傾向於在同一區域對於轉運港有較多種之選擇。因此, 在一區域內如果有兩個或數個港埠有發展轉運業務之意圖時, 他都會鼓勵他們從事必要之投資以滿足轉運之需求, 而在投資未完成時, 他也不大可能表示要選擇那一港作為轉運港。即使他已經作了選擇, 但在過了一段期間契約到期他也很有可能轉移至其它港作轉運。

3.2 很不幸的, 在上述之決策過程中 (包括航商選擇轉運港以及港埠作轉運設備投資) 航運業者與港埠業者並無法確保轉運中心是在雙方均是最有利之條件下開發。港埠間相互的競爭帶給航運業者之好處, 反而是港埠業者之痛處。所以對於港埠業者而言, 瞭解航商選擇轉運港所考量之因素多少是有幫助的, 其主要之考量有: 港埠地理位置、直接貨運量、裝卸作業效率、社會及政治安定等; 次要因素包括: 港埠費率、港埠發展計劃、談判較好作業

條件之可能性等。值得一提的是單靠這些分析並無法洞晰航商之意圖，因為在某一地區，它的決定因素可能為必須具備有最大的基本運量，而在另一地區則可能選擇距離主航線最近的港，也就是說航運業者並不會將它選擇轉運港之條件一一明列出來然後據此作決策。對於港埠業者而言，投資轉運業務是非常具有風險的，必須等到與航商簽訂協約（agreement）並提供保證貨運量時才能鬆口氣，在此之前，對於轉運所作之投資都只是一場賭博（gamble）。

### 三、風險與利益（Risk and Benefits）

轉運業務之發展雖然乃因航運業者對於降低整個運輸成本以及創造競爭優勢之要求，但對於貨物運送人、港埠業者、當地駁運業者及轉運港所在地之經濟都有影響。例如貨物運送人可以分享運輸成本降低、較多航次選擇、較佳服務等；地理位置好的港埠有機會發展成轉運中心，從而享受各種好處；地理位置不好之港埠可以專事駁運之服務而不需作龐大的投資以適應轉運，從而避免設備之低使用率及浪費…。在此，本文僅論及與港埠有關之風險及利益，而不論及其它部份。

3.1 在過去傳統雜貨採用轉運之量通常很少，除非轉運之目的是為了使某一運銷中心（distribution

）之出貨能較平順（even process）才有可能轉運較大之貨物量至該中心堆集（stockpile），但是隨著貨櫃運輸之演進，伴隨著精密之資訊之控制系統，傳統雜貨藉由貨櫃作轉運在航運上已成為非常重要之功能。

3.2 散裝大宗貨物之轉運雖然較不普遍，但對於可以經由轉運港進口較少噸量貨物之國家而言，這種運輸方式仍有其潛在優點：(1)不需要裝置價格昂貴且使用率不高之設備，(2)可以使用較小型之機具並且貨物之堆積情形也可以降低。

3.3 貨物由一艘船卸下來後，通常均會進入儲存區（storage），等待後續航程之船舶到達後再繼續往下一行程前進。所以轉運港在轉運過程中之潛在利益包括二次裝卸作業（two handling operations）、貨物儲存、貨物運送以及港埠業者之利潤。發展貨物轉運業務，對於港埠經營及提高裝卸設備之使用率有特殊之重要性，例如：如果到港之直運貨物量（direct traffic）有6百萬公噸，但這個港同時也吸收2百萬公噸之轉運量，則該港之總裝卸量將可達到一千萬公噸，對於港埠之營運有極大之影響。

3.4 開發中國家提昇他們的港埠能量從事轉運，最重要的考量乃是轉運貨物量可能提供包括雙倍的貨物裝卸及其它港埠活動（port activity）企業高度成長之機會，

從而帶動其它商業活動之發展。但是港埠發展轉運業務比發展終端港埠 (terminal port) 之直運業務，必須承受來自其台港埠更沈重之競爭壓力。而這些競爭壓力並非全然屬於商業行為，有時候來自政治考量方面之強大壓力，更使得已投入下之巨大投資承受更大的風險。因此，港埠如果要發展轉運，其經營者必須具備企業創意經營之觀念，時時注意航運市場及周圍港埠之發展變化，迅速調整經營策略及方針以適應新的趨勢；否則仍然以傳統之坐以待客方式來經營港埠是有很大風險的。

3.5 一個港埠在某一貿易項目上雖然處於駁運港之地位，但是在其它貿易項目上或許可以仍然保有轉運之地位，畢竟發展駁運以及轉運之好處，其決定因素是很複雜的。也就是說，一個港埠可以同時是一駁運港及一裝卸中心。

3.6 由於內陸運輸不發達，交通瓶頸、道路設計不符合要求，使得轉運中心無法成功，從而導致貨物必須至距離起迄點最近之港埠裝卸之地區，例如 Arabian-Peninsulor，即使需要轉運的貨物量成長快速，卻因為內陸運輸之限制使得轉運中心之發展也受到影響。由於這個理由，某些開發中國家之港埠雖然處於集貨港之地位而有喪失直運之傾向，卻不會減少其本地應有之基本貨物裝卸量，也不會減少其港埠營運

收入。

3.7 轉運之興起對於某些港埠經營者、貨物運送人、當地近洋航運業者也有可能造成傷害 (detriment) 之情形。例如對於某些使用駁運服務之貨物運送人，可能發現服務水準降低、運送成本增加、貨物損害率提高以及延滯等。投下大量資金、人力想要發展轉運之港埠，可能發現其昂貴之機具由於港埠間之競爭而處於閒置或低使用率狀況。而大型航商選擇轉運港之不確定性，也使得當地經營駁運業務之近洋航運業者增加業務不穩定之困擾。

#### 四、台灣地區發展轉運之展望

4.1 由前章 3.6 節之說明可知：台灣地區由於是一個封閉島國並無陸路與鄰近國家相聯接，因此即使都不發展轉運業務，就全台灣地區之港埠而言，其對於本島貨物之裝卸總量也不會減少。所以港埠之裝卸能量首先在滿足本身貨物裝卸之需求。

4.2 台灣位於歐亞主要航線之重要地理位置，如附圖所示，又有四通八達之近洋航線相連接，對於航商選擇轉運港之首要條件一地理位置而言，具有絕對的優勢。

4.3 台灣本島的直運貨物量，雖然近年來由於台灣地區產業外移、經濟成長趨緩、輸出產品精緻化高價值化等因素，而導致直運貨

物量成長遲滯，但大體而言，對於誘發航商選擇台灣作為轉運港之直運量要求，已有相當大的誘因。

4.4 高雄港貨櫃碼頭採用固定費率出租專用方式租與航商，而航商為了發揮其經濟規模之好處以降低每一單位貨物之運輸成本，必定為想辦法在高雄港裝卸更多之貨櫃，對於促成高雄港成為轉運中心有很大幫助。

4.5 中國大陸近年來之經濟改革及市場開放，使得經濟成長快速，其GOP近年來均以兩位數字之成長比例增加，因此其進出口貨物量急遽成長。而大陸地區本身之港埠裝卸能量不足，雖然近年來投下鉅資加速擴建，但是短期內仍然無法滿足其進出口貨物之需求。因此香港基於地利之便，其承運之貨物量約有40~50%是來自或運往中國大陸，其中大部份貨物經由陸上以貨櫃或散貨運輸，但純轉運貨物（pure transshipment component）仍約佔香港貨運量之百分之二十。

4.6 就地理位置而言，台灣如果要競爭大陸華南之轉口業務，最大之競爭者為香港；如果要競爭東南亞轉運業務最大競爭者則為新加坡，而這兩個港埠之裝卸及服務效率水準均高過高雄港。例如兩港均有EDI電腦系統相連接；而其每一座15公頃之貨櫃船席每年均可作業40~45萬TEU，而高雄港第五貨櫃中心號稱高雄港最新、最大之貨櫃船席其年作業量亦僅設計20萬TEU而已，而且其完

工使用日期，似乎仍然遙遙無期。至於港埠費率方面，台灣地區高於新加坡港但低於香港。

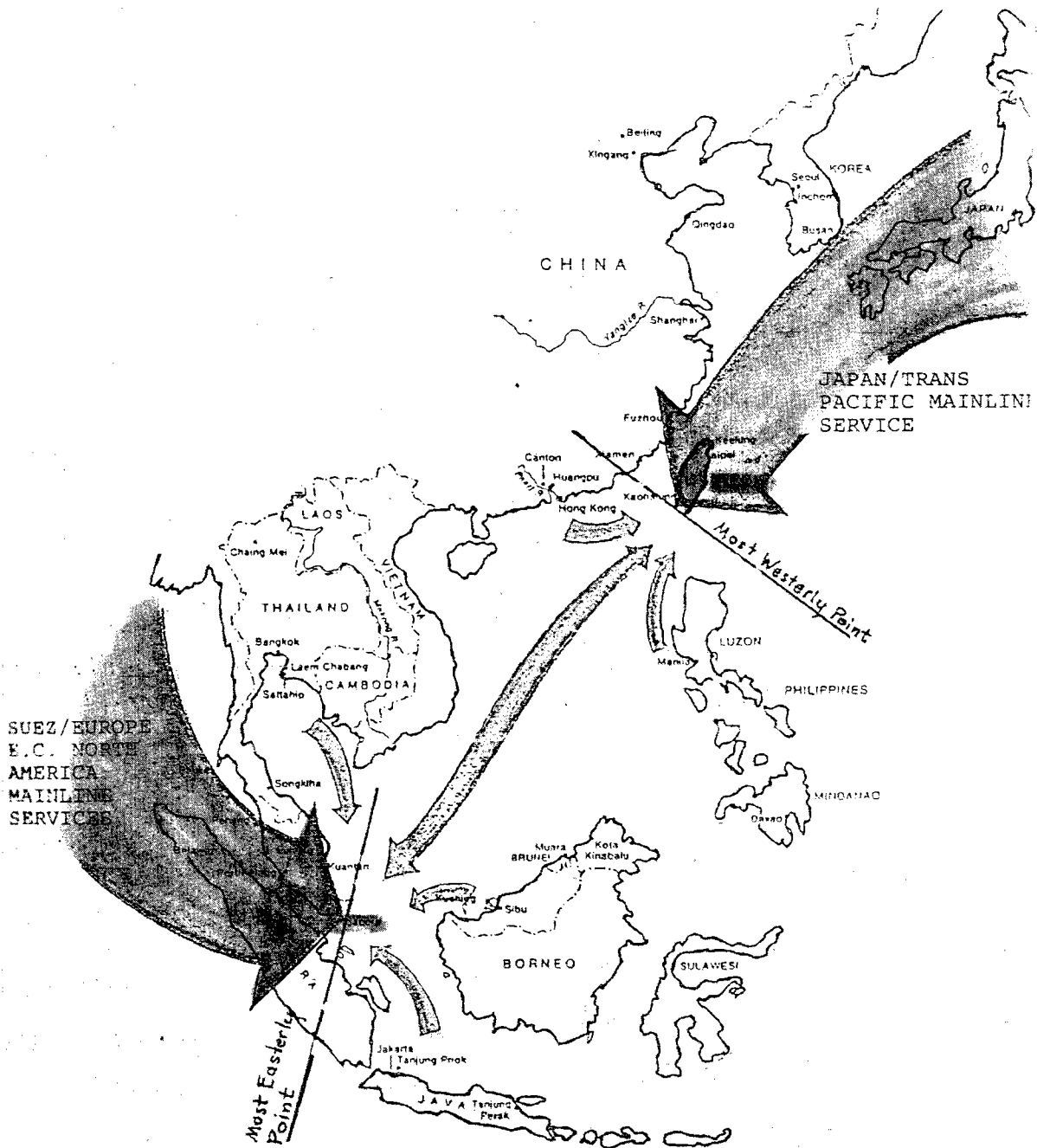
## 五、結語

由以上之說明可以知道一個港埠能否成為一成功之轉運中心，最主要之抉擇乃操之在主要航商而不是在於港埠本身，而航商在選擇轉運港之主要參考因素：地理位置、直運量、裝卸效率、政治及社會安定、港埠費率等。台灣地區港埠其實已有了很好之基礎，但是在與大陸的通航未確定前，盲目的擴建提高能量其風險是相當大的，因為主要航線之航商在高港幾乎都已承租碼頭，如不能承運來去中國大陸之貨運量，其能再帶來多大的貨運量與其是否視香港為其轉運港有很大關係，必需再進一步詳加評估，因此對於航商未來在亞太地區航線佈置之發展宜密切注意。台灣地區之港埠除了個別港埠致力於提昇裝卸能量之發展外，研究如何利用陸上運輸網路結合台灣地區各國際港使其成為一高效率之轉運中心，似乎也是一個可以思考之方向。

## 六、主要參考文獻

1. 華南港埠發展影響因素—高雄港
2. 亞洲貨櫃網路及樞紐港發展策略
3. 亞太經濟社會委員會轄區貨櫃運輸發展
4. 香港近程港埠發展策略計畫探討與感想
5. Development and Improvement of Ports "Transshipment Ports"

# Kaohsiung International Port Overall Development Project



Asia Shipping Route, 2000

# 美國港埠經營與發展概況

王克尹 港研所規劃設計組助理研究員

## 一、前言：

港埠規劃有一則名言「規劃不週之港埠，在管理上任何努力都無法使之成為最有效率的現代化港埠」，這句話充分說明了港埠規劃的重要性。倘若在規劃港埠設施時，無法考慮到港埠之新功能，及貨物運輸之發展趨勢和各類貨物之個別需求，勢必對港埠造成運輸系統上之瓶頸而發生擁擠，屆時吾人雖運用管理方法，諸如簡化作業程序、改進貨物裝卸方法、減少工人或機具閒置時間等這些管理上之措施，只能緩和擁擠程度，卻不能解決港埠規劃不週所引起的各項問題，因此港埠的週密規劃是港埠管理的重要課題。港埠規劃的目的，是將港埠構成一個和諧的有機體，以充分發揮港埠的功能並適應各種需求的變化，俾使整體運輸鏈充分發揮其經濟迅速安全之特性。

過去十年來，貨櫃運輸的快速發展，促使國際貿易和運輸世界正在快速地改變，同樣地港埠之功能和航運技術亦在快速地改變，因此對港埠之需求也產生變化。本文旨在介紹美國港埠對港口功能，及貨櫃運輸和作業效率提昇之努力和未來發展趨勢作一概況說明提供港埠界參考。

## 二、港口之新功能

### (一)安全功能

港口在傳統上，提供船舶安全之泊地、裝卸貨或上下旅客之船席、倉儲設施，以及提供船舶各項後勤服務，如供應油、水、食物、船用品及船舶修理檢驗等。

### (二)商務功能：

港口提供各項設施設備，因應腹地之需求，促進貨物順利進出口，並進而推動國際貿易，帶動地方之繁榮發展。美國各大港口，港務局均負責興建當地之「世界貿易中心」，除港務局本身在此辦公外，並租給海運相關行業、貿易商、金融保險業等使用，進出口廠商亦在此展覽商品，吸引甚多外商參加，使航運、貿易有關業者，齊聚一堂，充分交換國際貿易之資訊，並撮合市場供需交易，對於貿易之推動，地方之繁榮，甚有貢獻。

### (三)工業功能：

工業的發展常依賴港口，如原料之進口，成品或半成品之出口，均需仰賴港口，工業如遠離港口，則因運送成本增加而降低競爭力，故工業區常與商港區比鄰而居。近年來港口專業化之發展，使工業港之形成日漸普遍。尤以石化業與鋼鐵業最為普遍。美國石化中心均於遠離城市之處或於

外海地區設置，船舶裝卸之石化品，則以管道自外海接駁到岸。

#### (四)轉運功能：

港口為海運與陸運之交接點，貨物在此順利裝卸、儲存、轉運，乃為基本的功能。美國各港口均進一步設置保稅區（或稱國際貿易區，或自由貿易區），提供進口貨物在此儲存或加工，不內銷之貨物即不課徵關稅。在區內可進行加工、裝配、包裝或無限期限儲存，等候市場之良機，再行轉運內陸或再出口。另外大型港口隨船舶貨櫃化及大型化發展，逐漸成為轉運中心，提供大型船舶靠泊裝卸，再將貨櫃以集貨船（Feeder Ship）轉運鄰近中小型港口，更充分發揮港口之轉運功能。

#### (五)陸橋功能

雙層貨櫃列車啓用後，使貨櫃可以大量而迅速暢行美國內陸各地，目前已有數家航運公司進一步從事陸橋接駁作業，將大西洋航線貨櫃自美國東岸港口卸船轉駁雙層貨櫃列車（Double stack train），運抵西岸地區，或再自西岸港口轉駁太平洋航線船舶，運往太平洋西緣等地，其所花費之運送時間較船舶繞行巴拿馬運河為短，運送成本亦較低廉，如果陸橋接駁作業推動成功，勢將為世界海運帶來另一次運輸革命性之影響。

#### (六)運銷中心之功能：

海運業為提高服務功能，已自傳統貨櫃戶對戶之運送服務，進一步推動整體運銷服務，並於港口建立貨物運銷中心，結合原有之貨櫃集散站作業，作為貨品配銷之基地。

#### (七)觀光功能：

港口位於臨水線，不管海岸和河岸，常為依山傍水，風景秀麗之自然景觀區，如稍加規劃，每能成為觀光名勝。美國不少港口，利用其自然環境之利，將部份港區規劃為觀光遊憩中心，提供日光浴、沙灘嬉水、衝浪等活動，或設置海洋公園、購物及遊樂中心或遊艇港，頗能吸引觀光人潮，其中以舊金山港務局最為成功，其每年遊樂區之租金收入，已較商港正常之營收為高。依據美國港埠協會調查，84%之港口表示，其臨水土地，已提供作為非港埠之商業活動使用，且類似情形愈來愈普遍。

### 三、港口之競爭

競爭常是港口發展的動力，美國國內港口彼此競爭尤為激烈，1992年底西岸某港口有一航商，因碼頭租約到期，辦理續約時，竟有遠近十二個港口競相提出優惠措施，爭取與該航商訂約，競爭之激烈可見一般。

港口競爭已非全然是地理因素，運輸科技的革新，已突破了傳統腹地的藩籬，各港不但與鄰近港口競爭，甚至與另一海岸之港口競爭。而且不但要爭取市場之佔有率，更要力圖免遭競爭之浪潮所淘汰。由於美國港灣設施供過於求，港口市場已成為買方市場，故爭取顧客為各港口之首要目標。各大航運公司均具獨特公司文化，且多跨國經營，結合國際及國內的運輸網，進行世界性的運輸服務。各港自須掌握海運情勢，規劃前瞻性之

配合措施，迎合航商需求，始能在眾多港口中，脫穎而出，爭取營運機會。

傳統上航商選擇港口有兩大重要因素，一是貨物的出發地和目的地。例如近年亞洲各國經濟力量成長快速，促使海運重心移往亞洲。1978年起美國亞洲航線之運量開始凌駕歐洲航線。南太平洋各國之貨物，均經新加坡轉高雄、香港再橫越太平洋抵達美國西岸。隨後因蘇伊士運河打通，大部份貨物改由此運河，經地中海，再越大西洋達美國東岸。東岸各港口掌握情勢發展，積極規劃港灣設施，以配合新航線之需求。西岸各港口亦積極提供優惠措施，拉攏顧客，以期挽回頹勢，航線之重要影響，可見一般。

航商選擇港口的第二因素，就是貨物的數量、性質和價值。且以返航有無貨源可攬，尤具決定性因素。根據歷年來經驗，船舶噸位愈大，愈能獲得經濟規模，降低單位貨物之經營成本，環顧近十年來，各主要航線，平均每船噸位，幾乎提高一倍；新訂造貨櫃輪，其裝載量均已超過 4000 TEU，船型愈大時，每一TEU之作業成本就愈低。亦因愈多巨型貨櫃輪投入營運，主航線上少數大港逐漸形成海運中心，次要港則成為支航線。而各主要港口服務腹地大小，以及可能提供船舶往返雙向之貨源多寡，對此新形勢，具有關鍵性之影響。

航商選擇彎靠港口另一新因素就是內陸運輸之配合。貨櫃自港口運往內陸，需再把空櫃運回，因此利用回

運空櫃搭載國內貨物，自有利潤可圖，加以雙層貨櫃列車之引進，加速內陸貨運之貨櫃化。更吸引航運公司投入內陸貨櫃之經營，因其可改機動運用海陸兩方貨櫃，減少空櫃運送、增加營收。故未來航商選擇港口時，自將以能結合海運與雙層貨櫃鐵路之港口為優先考慮。

航商選擇港口需考慮之其他因素尚包括：

- (1)港口服務品質：如裝卸設施及作業效率、船舶滯港時間、碼頭工人作業效率、貨物通關程序及其它配合措施。
- (2)費率：包括碼頭租金、各項機具費率、關稅及其他稅捐、港口優惠措施，如提供大量作業之航商特別折扣或議價空間。
- (3)自然條件：如港口冬季結冰、季節風或颱風強、潮差大、霧多，均為不利因素，惟均可借助現代化科技予以克服。
- (4)政治干預：如限制某種貨物僅能運至特定港口或碼頭，或對國籍船給予優先靠泊權或優惠之費率，即所謂的「國籍歧視」。
- (5)後勤服務：如油、水、食物、船用品之供應、船舶之修理及其他船舶服務項目之提供與價格。服務愈週全、價格愈低者，自有較大吸引力。

## 四、貨櫃化發展趨勢

### (一)貨櫃碼頭設施

海陸貨物運輸之貨櫃化，將再持

續發展，各主要港口仍將繼續增闢貨櫃碼頭，增添新式機具。與貨櫃作業有關各項投資，將持續進行。且新科技將陸續引進與貨櫃作業相結合，用以減少操作人力，提高作業效率及速度。

貨櫃中心引進電腦化及自動化科技，進行無人之自動化操作，已由不少先進港口積極開發中。以目前人事費用仍佔經營成本大半之情形下，未來發展自動化作業，勢將成為各港競相追求的目標。歷年來因貨櫃化，使碼頭作業工人需求減少大半，預料隨未來自動化之發展，工人需求將更形減少。

貨櫃場地方面，因港灣土地資源有限，可供開闢作為貨櫃碼頭之臨水土地，難以大幅擴增，為充分有效利用碼頭作業區，貨櫃之儲放場及集散站，將移往內陸地區，海關之通關作業亦可配合遷移至內陸實施，以紓解碼頭擁擠，提高作業效率與能量。

## (二)轉駁作業

多數港口積極規劃發展碼頭區內貨櫃快速轉駁鐵路之作業系統，以加速貨櫃操作速度。尤以雙層貨櫃列車以其運量大、速度快，漸漸風行美國內陸運輸網，各貨櫃中心為配合提高作業能量與效率，爭取航商，將積極開發碼頭區內船舶及雙層貨櫃鐵路間之快速轉駁系統。

又美國歷來對外貿易，均系進口大於出口，故進口貨櫃經鐵路運至內陸地區後，常以空櫃回運原港口，但自雙層貨櫃列車發展以及鐵路對外開放後，貨櫃公司已積極爭攬國內

貨物，利用此回運之空櫃裝運，預料將對國內原有之運輸體系，產生重大之衝擊。

## (三)海運中心

貨櫃輪將普遍朝向大型化發展，以求降低單櫃之平均運輸成本，但因每船投資金額龐大，進泊港口費用亦高，迫使大型船舶每航次僅能選擇少數重點港口；加以大型碼頭需要深水航道，廣闊場地及龐大資金，均非一般港口所能提供，均將加速海運中心港之形成。目前美國東岸之紐約港以及西岸之長堤港與洛杉磯港均已略具海運中心之雛形。

海運中心形成後，鄰近各港及其服務之腹地，原有運量仍然存在，仍需借重中小型船舶或以鐵路進行轉駁作業。至於中小型港口將趨向專業化發展，依其地區特性，發展為專用港，或結合其他商業投資，發展觀光遊憩中心或遊艇港。

各大貨櫃輪船公司除了提供傳統貨櫃戶對戶服務外，已再進一步發展整體運銷網，於主要之作業港口附近建立發貨中心，結合傳統之貨櫃集散站作業，加速貨物之分送流通，提高海運及港口之整體服務功能。

## 五、貨櫃中心作業效率之提昇

近年來美國各大港口貨櫃中心均不斷引用新科技，新式機具，以及現代化之工程設計，來提昇作業效率，雖已有可觀成效，惟綜觀各貨櫃中心之生產力，部份尚不及歐亞先進港口

，普遍原因為勞僱關係不佳，常見問題如：

- (1)勞工與管理階層關係不善。
- (2)管理及監督之品質有待提昇。
- (3)碼頭工人之敬業精神不足。
- (4)工作環境不良，彈性調整之能力不足。

因此，提昇貨櫃中心生產力，首要之圖，當為改善勞僱關係，提昇作業士氣。另一方面，改進硬體設施，加強資訊科技之應用，製訂效率指標，改善作業管理制度等，亦均為未來努力之方向。整體而言，生產力之提昇，不但有助於美國港口在國際上之競爭力，而能進一步藉由中間成本之降低，而提高美國產品在國際市場之競爭力。

#### (一)碼頭工人管理

不同之港口，使用相同之碼頭、機具及設備，卻因管理制度和碼頭工人關係之差異，其生產力（productivity）卻大不同。碼頭管理者與碼頭工人間之良好關係，是提高生產力之先決條件，對於貨櫃中心之作業尤然，如碼頭工人關係不佳，任何改善措施，均僅能獲得片面之效果。

改善碼頭工人關係，有兩個基本因素須先考慮，一是要認清管理者與碼頭工人維持何種關係，較有助於作業效率之提昇，另一是要建立彼此間相互支援的關係，努力之方向有下列幾點：

##### (1)持續性之勞僱關係：

持久之僱用關係，對勞、資雙方均屬有利、貨櫃場上永久性之碼頭工人，可以有機會學得精良之技術，並

熟悉現場複雜作業，對僱主自有較大之貢獻。為擁有這些老練專精之技術工人，僱主自需提供工作保障和較高之報酬。目前高技術性之碼頭工人，多已有永久性之僱傭關係，也因為工人向心力強，常樂於配合工作需要而加班。

##### (2)多專長訓練

港口貨櫃化以後，碼頭作業需要較多之技術性工人，其技術層次愈專精，工人之報酬也相對愈高，而對於不具所需技術之工人，因難以遣散，亦為僱主之一大負擔，因此多專長之訓練，對勞僱雙方均屬有利，工人可擁有較多專長和較高待遇，僱主對於勞工亦可做較高效率之運用。

##### (3)彈性工時：

貨櫃中心於船舶較忙時，常需加班作業，以紓解擁擠，如果工作時間可以彈性調整，配合作業需要，則貨櫃中心的競爭力和獲利能力均可大為提高，工人亦有較多工作機會和收入。

##### (4)前線班管理員

前線班管理員直接與作業工人接觸，他們的表現與作業效率息息相關，然其技術、經驗及待遇，常不及手下之工人，因而使其容易放棄管理者之責任。故高層管理者應費心改善此種關係，落實管理制度，且應加強作業前之作業計劃擬訂，督導其確實執行，以提高作業效率。

##### (5)彼此相互支援之勞僱關係

管理上的溝通，非常重要，勞僱雙方均需追求穩定而持久之溝通方法。兩個重要溝通管道，一是團體協商

，一是勞僱雙方代表合組之勞資會議。勞資雙方應透過充分之溝通協商，建立彼此唇齒相依，共存共榮的觀念。尤以港口業務競爭激烈，如因作業效率不振，業務推動不前，將使航商轉移陣地，而喪失營運機會，勞資雙方均將同蒙其害。

以西岸部份港口為例，其勞工安全問題，透過勞資協商，取得加強安全措施之共識，不但安全訓練及各項安全防護措施均能獲得勞方配合，且共同組成聯合事故預防委員會，進行作業安全督導，使事故頻率大為降低。如作業效率之提升，亦以此一模式擴大推動，成效將甚為可觀。

#### (二)場地規劃

貨櫃中心投資龐大，硬體設施昂貴，促使各港無不力圖提高設備之使用率及生產力，並積極引進精密而專業化之設備，配合電腦化控制，將作業效率發揮到最高，在硬體規劃方面，提高作業效率之因素有：

- (1)場地作業流程配置。
- (2)交通動線設計。
- (3)裝卸及儲存作業之規劃。
- (4)人員工作環境、視線及操作空間設計。

目前已發展出之設施如高密度多層貨櫃儲存系統 ( High Density Stacking System )，HDS，緩衝區 ( 暫存區 ) 系統，均能力求儲用空間更少，作業更流暢並提供操作人員更舒適之環境。

#### (三)作業系統

美國貨櫃中心兩大作業系統，一為車架系統佔46%，一為堆存系統佔

54%，兩系統勢均力敵，何者為優？難分軒輊。如碼頭區內有足夠之場地，則適用車架系統者多，因其機動性高、作業簡單、迅速。進口貨櫃可以船邊提貨方式及時運交受貨人，減少場內存放作業。但其缺點為使用車架多，維護成本高，佔用場地大。堆存系統之優缺點則相反。

貨櫃在碼頭及鐵公路間之轉駁需要密切配合，為使作業順暢，宜考慮之因素為：

- (1)碼頭及鐵公路間，宜設計專用車道，以供大量貨櫃之接駁轉運。
- (2)碼頭作業時間應有彈性、配合業者之需求。
- (3)需用之拖車、車架或其他機具，可與別區碼頭聯合調派，彼此支援。
- (4)各項設施、設備應考慮尖峰時段需求，充分配置。
- (5)碼頭邊敷設鐵道配合船邊裝卸，可減少中間轉運作業。
- (6)使用雙層貨櫃列車，碼頭及鐵道間，需特別安排貨卡接駁，如直接於碼頭敷設鐵道轉駁，則需有足夠空間。惟一般鐵路公司較樂意使用內陸轉運中心進行接駁作業。

#### (四)效率指標：

為提高效率，必需設法先行衡量效率，貨櫃中心亦不例外，惟其衡量方式與其他作業大有不同。因任何兩貨櫃中心或兩艘貨櫃船之裝卸情況均不相同，作業亦不會重複。且貨櫃中心包含不少重要部門，如船席、吊桿場地、工人、車機、管制站等，亦

牽連不少作業單位如港務局、航商、貨主、碼頭裝卸公司、卡車司機、碼頭工會等。各方影響程度不同，關連複雜，以致難期藉由單一指標來衡量作業效率。

一般事業常以盈虧來衡量效率，因為追求利潤終究是業者共同目標。惟因不同的港口，各有不同的勞工，不同的環境及遭遇，僅依利潤多寡尚難比較其實際營運效率。故美國交通部海運署及貨櫃中心效率委員會，依各港作業之共通性研訂效率指標，其立意係希望經由精簡的數據，顯示出一個貨櫃中心主要部門的作業，並期建立共通的語言及共同的標準，同時亦能反映不同的環境與特性，進而彼此切磋比較，擷長補短以提昇效率，其研訂之效率指標如下表：

- (1) 吊桿生產力 (每小時平均吊櫃數)
- (2) 船席使用率 (每船席每年平均泊船比率)
- (3) 場地儲櫃量 (每年每英畝平均儲櫃)
- (4) 管制室作業量 (每線每小時平均作業櫃數)
- (5) 卡車滯港時間 (每部卡車在碼頭平均停留時數)
- (6) 工人生產力 (每人一小時平均作業櫃數)

表列之指標彼此相互影響，如場地生產力提高時，表示貨櫃之儲存量提高，則存取貨櫃之作業難免受到影響，將可能使吊桿及管制站生產力下滑。故在追求最高作業效率時，難免對不同作業效率取捨做選擇。

TABLE Profile of Productivity Measures

| Element of Terminal |       | Measure of Productivity                                                                                 |
|---------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1)                 | Crane | Net crane productivity: $\frac{\text{moves}}{(\text{gross gang hours} - \text{downtime})}$              |
|                     |       | Gross crane productivity: $\frac{\text{moves}}{\text{gross gang hours}}$                                |
| (2)                 | Berth | Net berth utilization: $\frac{\text{container vessel shifts worked per year}}{\text{container berths}}$ |
| (3)                 | Yard  | Yard throughput: $\frac{\text{TEUs/year}}{\text{gross acre}}$                                           |
|                     |       | Yard storage productivity: $\frac{\text{TEUs capacity}}{\text{net storage acre}}$                       |
| (4)                 | Gate  | Net gate throughput: $\frac{\text{containers/hour}}{\text{lane}}$                                       |
|                     |       | Gross gate throughput: $\frac{\text{equipment move/hour}}{\text{lane}}$                                 |
| (5)                 |       | Truck turnaround time: $\frac{\text{total truck time in terminal}}{\text{number of trucks}}$            |
| (6)                 | Gang  | Gross labor productivity: $\frac{\text{number of moves}}{\text{man-hours}}$                             |

比較各貨櫃中心效率指標，有助彼此觀摩改進，且不少投資業者要求以此做為投資參考，故各港多能配合提供詳實資料，以建立效率指標之公信力。然因全美貨櫃碼頭已有投資過剩現象，彼此競爭激烈，少數港口顧及商業機密，未予配合，尚有待繼續推動。

比較效率指標，配合各項設施設備之異同，可以找出各層級作業人員之優缺點。也能顯示追求提高某一部門生產力時，其他部門受到影響的程度。為了追求最高利潤，各項效率指標亦可設法轉化為作業成本，以便有共同基準，結合所有指標之整體影響，以便研訂最佳之決策。

效率指標亦可用來設定生產力及激勵之標準，因生產力與利潤息息相關，因此將生產力指標明訂於勞動契約內，使工人之報酬隨生產力高低而有差別，並與其他港口所獲致之高效率做為激勵目標，因為標準明確，工人亦知努力之方向，成效甚佳。

航商亦以效率指標做為選擇港口之參考，高船席使用率將使船舶等候碼頭時間延長，低吊桿生產力及低場地生產力將使船舶滯港時間延長，航商自將選擇其最有利的因素安排港口及航線。

#### (五)現代化設備之投資

貨櫃中心藉由資本密集之投資以求提高作業效率時，依當前國內外發展出之現代化設備有：雙吊桿貨櫃起重機、多重拖車載運系統、自動化貨櫃吊桿、貨櫃自動存取系統、緩衝區系統、甲板裝載導引系統等，惟以多

數貨櫃中心設備尚未充分發揮效用之情況下，進行資本密集投資其成本效益需先考慮，且應以現有設備充分使用後之投資效益，7做為衡量標準。

資訊系統之投資，則應愈早進行愈佳，資訊系統可以結合船舶、航商、作業工人及管理人員，將作業資訊隨貨櫃流程，以電腦連線立即傳送，並整合全部作業，使其流程緊密而順暢，因各項設備之操作者，均有最新完整資訊；常見之延誤情況，均可避免。

#### (六)效率之改進

貨櫃中心之作業效率，尚未完全發揮時，應先利用效率指標，檢討效率較低之作業部門，研究改進之道，並可利用「作業研究」辦法，對每一工作流程，逐一檢視，檢討前後作業相互配合情形，包括場地以外作業之配合，並分析每一作業之功能，其檢討分析項目如下：

- (1)設備之配置及計劃流程
- (2)外在因素之影響，如船舶到港時間，轉駁火車、卡車、駁船或集貨船作業，出入口之管制等。
- (3)作業工人之編組及工作指派。
- (4)船邊裝卸及場地存取之作業規劃。
- (5)正常流程之貨櫃作業與需要特別處理之貨櫃作業兩者之比較。
- (6)出入口管制作業，包括等候問題，研究充分運用現有之設備，以需時較少之標準化程序，予以改善。
- (7)吊桿及場站設備之作業，吊桿之延誤可能是其他作業無法充分配

合所致，或因操作人員之視線仍有不及之處，可藉由現場之配置，標示或導引系統予以改善。

## (七)資訊化發展

### (1)港口作業電腦化

港口業務電腦化的程度，幾乎已成為一個港口進步程度的指標，目前一般港口，利用電腦處理的業務，多已包括一般計費帳單及財務會計、貨物通關作業、碼頭裝卸調度管理、倉棧儲存管理、船期預報及船席調配以及船舶交通管理等。較先進之港口並已積極發展貨櫃場地之電腦規劃作業及監控系統，貨櫃自動辨識及管制系統，貨櫃中心自動操作系統以及船舶裝載規劃系統。未來利用電腦科技，結合港口各項作業，以節省人力，提高作業效率，仍為主要發展趨勢。

(2)貨物歷經海、陸、船舶及鐵公路等聯合接駁運送，常需經過多層次裝卸，搬運及進口關卡之管制，其文件資料如提單、艙單、稅單及各項申請表單等，亦需經過多層次傳遞及審核，且經常因傳送不及或資料不全，成為貨物停滯不進之原因，故先進港口莫不致力於發展電子資料交換系統，(E.D.I.)，藉由電子資訊，結合各相關行業資訊網路，自動傳遞所需文件表單，並隨貨物之運送流程，立即傳送至各需要單位，既可節省大批文書表報往返處理工作，並使貨物運送更為流暢。未來國際貿易及海運業者常用之文書證件資料，亦將進一步與港口E.D.I.相整合。

## 六、結語

比較海運事業之投資，一般航運公司之投資額，遠較港口設施之投資為大，因此歷年來海運業之演進，均由航運公司主導，即船舶型式先行創新，港口設施再予配合更新，貨櫃化之發展，即為最明顯之例證，因此充分掌握新造船之趨勢，乃為港灣規劃之重要課題。造船科技之研究發展，仍將朝向自動化、效率化以及提高航行速率與裝載能量、降低維修成本、耗油量及船員人數。港口之規劃則需因應航商需求配合提高裝卸效率，縮短船舶滯港時間並充分供應各項後勤支援與服務。

隨著國際貿易及工商發展、船舶之型式與種類將愈趨繁多，對於碼頭設施之設計與配置；影響深遠，以新近發展趨勢，除貨櫃專用船外，多用途船將更趨普遍，因航商可以保持彈性，因應海運及貿易之變化。港口碼頭設施方面，自需配合船型之發展而作必要之調整。

大部分港口均將積極推動碼頭設施及裝卸機具之自動化與機械化，用以提高生產力及競爭力，並節省經營成本。以美國各港口競爭激烈，如有一二家大型航運公司轉移作業港口，則原來港口將立即面臨生存之危機，迫使各港密切注意航商之需求，充分配合因應，惟美國海運人士已開始呼籲，要求對全國港口及碼頭數量作整體合理化之評估，並重點發展符合現代航運需求之港口，尤以位居航路要

衝，資金募集容易且迎合市場需要之港口為對象，藉以提昇國際競爭能力，並避免重複投資及彼此自相激烈競爭之惡果。台灣地區各國際港埠面對亞太地區各競爭港埠之發展及大陸東南沿海各港之大量投資急速成長之事

實，實應重點發展特定港埠，引進自動化之設施之相關之作業系統，藉以提高生產力，提昇服務品質，始能在競爭激烈之亞太地區港埠活動中，持續維持優勢之競爭能力。

# 人類經濟活動對海岸自然環境之 衝擊與對策

林柏青 港研所海岸工程組助理研究員

各國之資源政策與海岸保護、管理長久以來一直是受人爭論的議題。隨著都市發展，人口增加及休閒活動的重視，形成海岸地區人口過度集中現象，為維持該地區人們生活需求，增加資源供應是必要的，但是資源的生產與消耗又直接或間接的對海岸地區環境產生衝擊。

為瞭解資源之生產與消耗對海岸環境之影響，過去十年來，美國海洋及大氣局（NOAA）已發展出一套監控海岸污染源的方法，即利用大型電腦詳細記錄所有可能海岸污染源之來源與分布狀況，建立資料庫，以供查詢、分析。該資料包括超過330個沿岸河川流域中，3,500個主要污染源及24,000個次要污染源等資料，以供追蹤、調查及分析。

大陸棚之油氣鑽探，石油運送或核能發電廠之興建，雖然都是人口增加，都市發展後所迫切需要的，但也是最容易引起人們的反彈。人們大量湧向海岸地帶建立都市是因為其吸引人的特殊條件，例如：進出口貿易方便，商業活動密集，休閒需要等。因此，美國政府為保護海洋及海岸環境分別制定各項法案：

## (1)清潔空氣法（CAA）

為維護都市空氣品質，乃立法限制汽車及工廠廢氣排放，避免空氣污

染以保護大氣臭氧層及防止酸雨。

## (2)海岸地帶管理法（CEMA）

鼓勵各州政府制定計畫，妥善規劃管理海岸地帶之發展，保護自然資源、歷史與文化資產，並推動各種海岸休閒活動。

## (3)能源政策法案（EPACT）

降低各項能源需求，尤其是電力方面，主要內容如下：

### a.燃料與交通工具之取代

EPACT鼓勵政府及民間機構多利用非石油消耗性交通工具以降低石油依賴程度並減少石油進口。

### b.燃煤

EPACT鼓勵乾淨燃煤之研發使用，以減少酸雨。

### c.能源效率

為減少能源消耗，EPACT要求建築物之窗戶設計標準須符合能源節約的要求。並提高電動車，電燈及各種工、商業機械設備的功率標準以提高能源效率。

### d.石油與天然氣

EPACT加強天然氣在市場上的效用，例如發電及天然氣動力汽車等。

### e.可再生能源之使用

EPACT經由減稅鼓勵各種可再生能源技術之研究與發展。

### f.技術研發

EPACT鼓勵各種能源節約技術的

研究與發展，例如天然氣利用，高效能引擎之研發及石油回收技術等等。

#### (4)水污染控制法 (CWACT)

保護各種水資源，包括河川、湖泊、沼澤地及海洋等，避免遭受人為的污染與破壞。

#### (5)國家環境政策法案 (NEPA)

人口集中、都市化及工業發展均會對環境造成重大衝擊，該法案設法在能源供應與資源使用上取得平衡以維持高品質的生活空間。

#### (6)石油污染法案 (OPA)

確保海岸地區免除遭受石油排放或污染之威脅。

#### (7)大陸棚法案 (OCSLA)

OCSLA法案於1978年修訂完成，該法案規定離岸3至200哩範圍內的海底採礦或油、氣探勘與開採都必須通過礦物管理局的審核並接受監督。

美國政府為維護海岸環境及節約能源而訂立諸多法案，以期有效減少污染，提高生活品質。然而各法案的執行，往往造成彼此間的矛盾與衝突。例如，一味的禁止海岸地帶傾倒廢棄物，有可能導致陸上或大氣污染程度加劇，甚至於降低陸上水資源的品質，而都市廢棄物之傾倒於郊區也有相同的問題。總之，保護任何一方必將危害到另一方。諸如此類問題，將會逐漸浮現。不過，有些問題並非無法解決，例如，河川上游興建水壩以供防洪，發電雖然危害到某些迴游性魚類，但興建魚梯或另闢繁殖場仍不失為補救方式之一。

台灣因地狹人稠，經濟發展與生活品質的要求，亦正扮演著相互矛盾

與衝突的角色，他國解決此類問題的方法與見解值得我國借鏡，甚至能引以為鑑，先期避免問題之發生。因此透過合作，努力與溝通協調，可大幅降低經濟發展對環境的衝擊。

全球氣候之變遷、環境改變及人為的經濟活動等對全球海岸線造成劇烈的影響。如太平洋西岸的中國大陸沿海海岸線長達數千公里，大部分正處於嚴重侵蝕狀態，由於海岸被侵蝕，造成沿海地區海水倒灌、土地鹽化、農田沖刷、公路與屋舍崩塌、海岸休閒地區的破壞、港口設施損毀以及魚類與潮間帶生物棲息地的破壞等，而這些現象亦正發生於台灣四周海岸。經分析結果，造成世界性海岸破壞、侵蝕的原因，大致如下：

- (1)溫室效應，全球平均海水面升。
- (2)暴風浪的侵襲。
- (3)地形變化，使得大浪集中，沿岸流增強形成海岸加速侵蝕。
- (4)人為蓄意破壞。
- (5)海灘抽砂用於都市建設。
- (6)河川整治，輸砂量減少。
- (7)海堤修建，阻斷砂源。

由以上數點可知，除了大自然無可抗拒力量的作用外，人類經濟活動對海岸自然平衡的破壞是造成侵蝕最大的因素。因此，如何建立一套完善的海岸監測系統，並適當的規劃與管理，是目前所迫切需要的。

過去對於海岸之保護無非是修建堤防，或各式海堤、突堤、離岸堤等並不斷加長、加固以保護海岸陸地，不但工程巨大，耗資驚人，且破壞自然環境，一旦堤防損毀，海水倒灌，

更造成生命財產嚴重威脅。近年來，發現以柔制剛，順應自然的海岸養灘計畫，對海岸自然景觀衝擊最小，而且能達到保護海岸的目的，因此世界先進國家紛紛採用，並探討其成效。美國政府在沿佛羅里達16公里長海岸，花費美金二千五百萬元於三處不同性質海岸分別進行養灘計畫，如圖一所示。

- (1) Redington Beach，位於佛羅里達西側海岸南端，完工於1988年。
- (2) Indian Rocks Beach，位於佛羅里達西側海岸北端，完工於1990年。
- (3) Indian Shores，位於佛羅里達西側海岸中段，完工於1992年。

此三段海岸養灘完工後，均有詳細的地形調查，追蹤記錄，沉積物分析及波浪觀測等。

因佛州海岸長久以來即飽受侵蝕威脅，尤其自二次世界大戰後，旅遊業急劇發展以來，海岸保護更形重要，各種海岸保固工程，如加長海堤，或增建各式突堤、離岸堤等，但自從邁阿密海岸的養灘計畫圓滿成功後，採用養灘計畫保護海岸已成為最主要且最受矚目的方法。

飽受侵蝕威脅的上述三處海岸，主要是因其海岸地形突出，直接受浪衝擊，另外則是地形較陡，易受侵蝕作用。三處海灘性質各異，一方面進行養灘，保護海岸，另一方面則進行長期監控、觀察，以瞭解在不同性質海灘進行養灘計畫之成效。表一列明三處海灘之施工方式，表二及圖2為養灘完成時與6個月後之沙性質分析。表三為養灘完成時與6個月後各個斷面之海底坡度變化，圖3則為養灘前、養灘後及6個月後之斷面變化圖。圖4為三種海灘養灘後海岸線被侵蝕之速率，顯然的，較陡之海灘其被侵蝕速率較快。表四為6個月後各個斷面海岸線變化及其水面下土方量變化。圖5為6個月後三處海灘之土方侵蝕量。利用長期觀測及追蹤分析，可以瞭解在不同性質海岸進行養灘計畫會有不同的效果。台灣四周海岸侵蝕問題極為嚴重，利用養灘計畫既能保護海岸又能減少負面衝擊，維持自然景觀，其效果是肯定的，但我們仍應多蒐集資料，比較評估，才能收事半功倍之效。

| Project         | Fill Dates                 | Method                                                         | Source       |
|-----------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------|
| Redington Beach | Begin May 88<br>End Jul 88 | Suction dredge, pumped directly onto beach                     | John's Pass  |
| Indian Rocks    | Begin Jun 90<br>End Dec 90 | Suction dredge/barged to staging area/pumped onto beach        | Egmont Delta |
| Indian Shores   | Begin May 92<br>End Nov 92 | Clamshell dredge/barged to staging area/conveyor belt to beach | Egmont Delta |

表一 三處海岸養灘作業方式比較

41

PROJECT MEANS

|                      | Backbeach |       | Swash |       |
|----------------------|-----------|-------|-------|-------|
|                      | POST      | 6-MOS | POST  | 6-MOS |
| Ind Rocks            |           |       |       |       |
| Mean(phi)            | 1.72      | 1.85  | 1.68  | 1.68  |
| St. Dev.             | 1.29      | 1.11  | 1.07  | 1.44  |
| % CaCO <sub>3</sub>  | 32.22     | 34.04 | 27.74 | 30.70 |
| % Gravel             | 12.18     | 6.60  | 6.92  | 12.52 |
| Grav/CO <sub>3</sub> | 0.37      | 0.18  | 0.24  | 0.40  |
| Ind Shores           |           |       |       |       |
| Mean(phi)            | 2.69      | 2.34  | 2.50  | 2.21  |
| St. Dev.             | 0.97      | 1.25  | 0.78  | 1.03  |
| % CaCO <sub>3</sub>  | 16.77     | 17.39 | 12.15 | 17.72 |
| % Gravel             | 2.73      | 5.60  | 1.84  | 3.88  |
| Grav/CO <sub>3</sub> | 0.18      | 0.31  | 0.15  | 0.22  |
| Red Beach            |           |       |       |       |
| Mean(phi)            | 1.72      | 0.86  | 1.10  | 1.43  |
| St. Dev.             | 1.84      | 1.57  | 1.82  | 1.47  |
| % CaCO <sub>3</sub>  | 42.10     | 51.27 | 39.67 | 33.17 |
| % Gravel             | 19.07     | 16.79 | 23.13 | 13.08 |
| Grav/CO <sub>3</sub> | 0.45      | 0.33  | 0.53  | 0.35  |

表二 養灘完成當時與6個月後各種沉積物分析

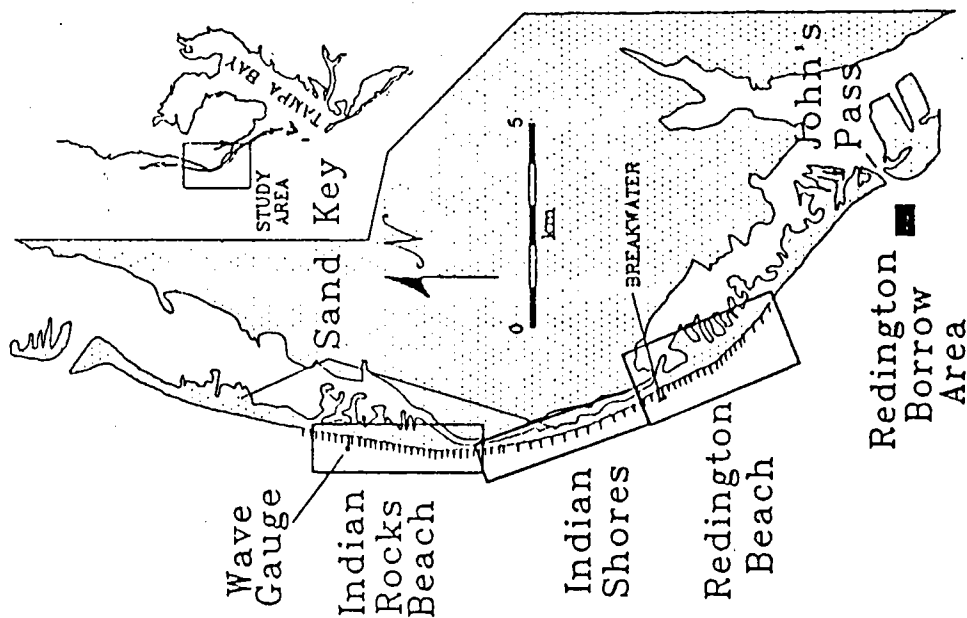


圖1 佛羅里達西岸實施養灘作業之三處海岸位置

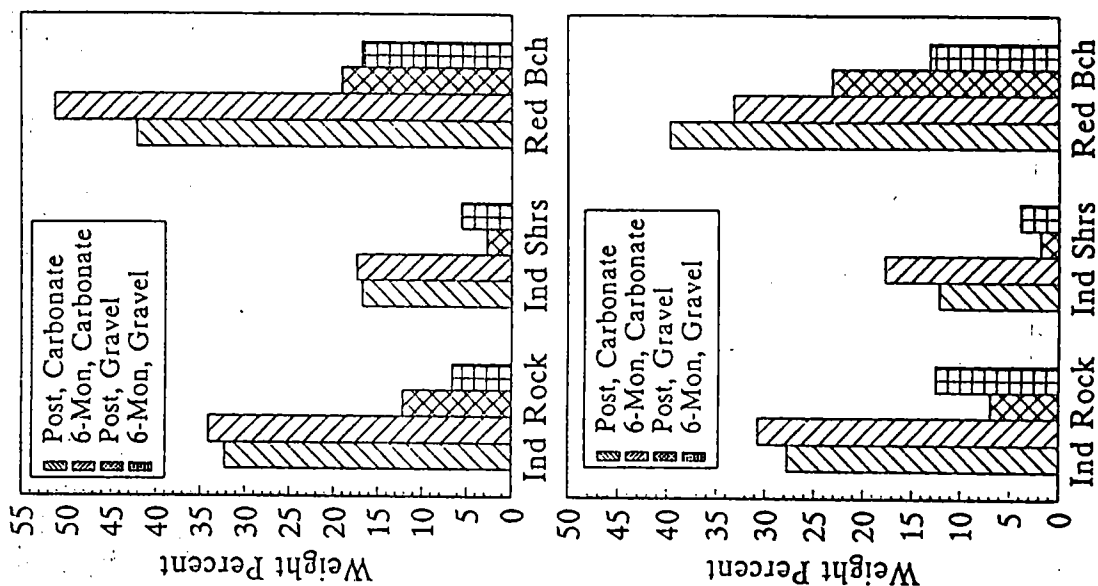


圖2 沉積物分析比較圖

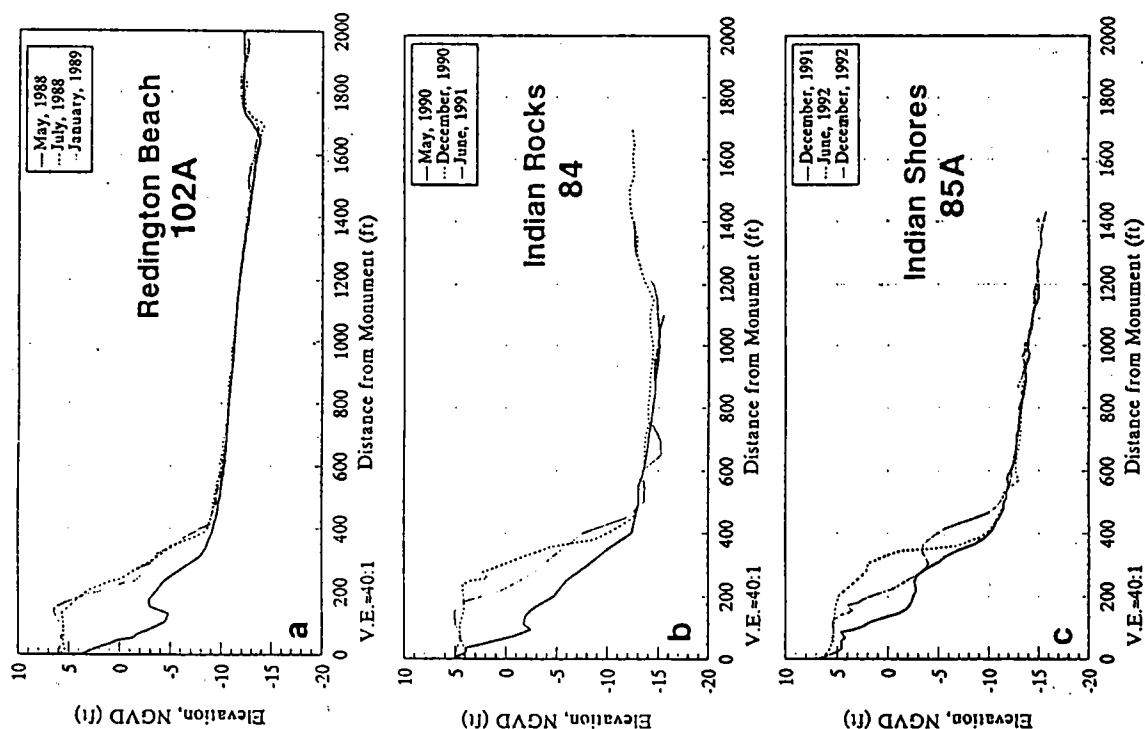


圖3 養灘前，養灘完成時，以及6個月後之海灘斷面圖

| PROJECT   | PROFILE | AFTER 6 MONTHS   |        |
|-----------|---------|------------------|--------|
|           |         | % of Nourishment | Volume |
| IND ROCKS | R83     | -20.8%           | 4.4%   |
|           | R83A    | -42.0%           | -23.5% |
|           | R84     | -33.1%           | -25.4% |
|           | R84A    | -31.1%           | -20.0% |
|           | R85     | -49.6%           | -47.9% |
|           | MEANS   | -35.3%           | -22.5% |
| IND SHRS  | R85A    | -58.2%           | -11.8% |
|           | R86     | -40.5%           | 3.1%   |
|           | R86A    | -37.4%           | -12.0% |
|           | MEANS   | -45.4%           | -6.9%  |
| RED BEACH | T100    | -34.0%           | -18.0% |
|           | R102G   | -21.7%           | 2.8%   |
|           | R102A   | -8.3%            | 8.5%   |
|           | R103    | -8.8%            | 7.6%   |
|           | R103A   | -25.9%           | -5.9%  |
|           | MEANS   | -19.7%           | -1.0%  |

表四 養灘6個月後之海岸線變化及體積變化量

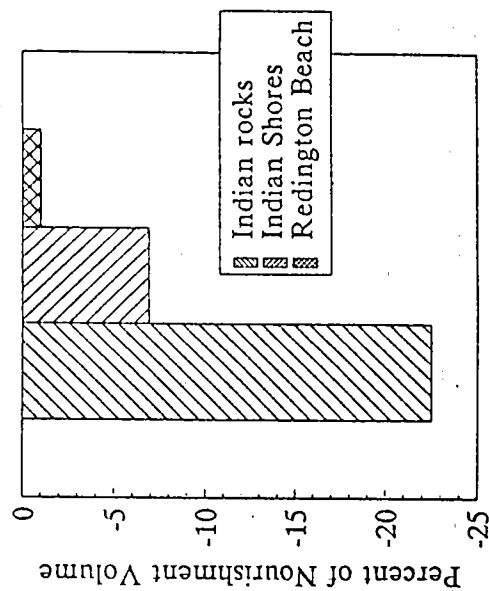


圖5 養灘6個月後之體積量變化比較圖

| Profile         | O-10' NGVD |      |
|-----------------|------------|------|
|                 | Post       | 6mos |
| Indian Rocks    | R83        | 0.11 |
|                 | R83A       | 0.11 |
|                 | R84        | 0.11 |
|                 | R84A       | 0.09 |
|                 | R85        | 0.06 |
|                 | MEANS      | 0.09 |
| Indian Shores   | R85A       | 0.13 |
|                 | R86        | 0.10 |
|                 | R86A       | 0.09 |
|                 | MEANS      | 0.11 |
| Redington Beach | T100       | 0.04 |
|                 | R102G      | 0.06 |
|                 | R103       | 0.05 |
|                 | R102A      | 0.06 |
|                 | R103A      | 0.05 |
|                 | MEANS      | 0.05 |

表三 養灘6個月後各斷面之坡度變化

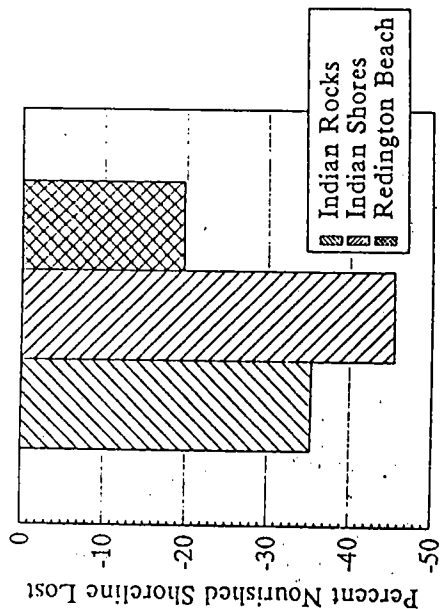


圖4 三處海灘之海岸線侵蝕比較

# 碼頭岸壁構造與波浪反射消減

陳冠宇

港研所數學模式組助理研究員

## 1. 前言

波浪經由港口或越波等途徑進入港池後，往往會造成港內碇靠船舶的動搖，嚴重者將導致船舶不能作業，甚至損害船體造成災難。為降低港內波動，除了妥善佈置防波堤以減少入港的波浪能量外，對港內的波浪也需要設法消減，以免局部的動盪擴大到港內其他區域，甚至引起港池的共振。

消波式的岸壁構造，由於可充分利用港內水域作為船席，以符合貿易運輸量增加後對碼頭設施的大量需求，因此近來甚受港灣設計者的歡迎。然而，除了消波式結構之種類繁多，選擇合適的岸壁結構以求波浪的消滅已成為一個有待解決的課題外，由於現有的消波式岸壁對長波的效果不彰，因此如何設計一種不論波長大小其消波效率皆良好的結構，也仍有待解決。本文即在探討各種消波式岸壁之消波機制，並希望提出能有效消滅長波的可行方法。此外，碼頭前碇靠的船舶對岸壁消波之影響亦有待釐清，筆者將一併對船舶運動的分析在文末作一簡單的介紹。

## 2. 岸壁消波之機制探討

消波式岸壁構造大體來說都有一多孔牆分隔岸壁內與岸壁外(即港池)。入射波浪的一部分經此多孔牆進入岸壁內的消能池，再透過種種機制將這些能量耗散，不令其反射或使反射波之相位改變，抵消多孔牆的反射。一種構造通常有兩種以上的消波機制，俾求岸壁消波最大之效果。以下即對各種消波機制之探討。

### 2-1 內外位差造成的水面噴流現象

因消能池受多孔牆包圍，水位變化並不與港池內一致，岸壁內外於是產生一水位差。此水位的不連續造成水面附近的噴流，進而產生紊流，耗散能量。

### 2-2 水流流經孔隙或凸起物的分離現象

水經由多孔牆的孔隙進出時，因孔隙本身並不圓滑，造成水流分離而生旋渦，耗散能量。消能池內多設凸起的枚狀物攪亂水流，也有同樣的消能效果。

### 2-3 消能池的能量截流(trap)現象

消能池外側的多孔壁反射波浪，內側不論是傾斜壁、直立不透水壁或多孔壁也都有波浪反射。因此適當的消能池長度可使消能池兩側壁的反射波反相互相抵消，能量便截流在消能池內藉紊流慢慢耗散。

消能池截流的消波效果十分顯著

，但前題必須是波浪的週期與消能池長度相配合。因此只要週期稍有不同，消波效果即大打折扣。例如單一消能池的萬代福塊(perfor cell)或蜂窩牆(honey wall)的反射係數，即對週期相當敏感。此外，波長很長時，消能池所需長度過大，也不能切合實用。

#### 2.4斜面的碎波現象

斜面碎波是自然海灘的主要消波機制。當波浪在斜面上傳播時，隨著水深的逐漸變淺，波高變高，波長變短，最後波浪的相對波高超過極限值而破碎。能量則隨碎波產生的紊流耗散。

碼頭岸壁上方因為必須平坦以作爲裝卸營運的場所，因此不像防波堤可以設計成斜面。一般利用斜面消波的結構多將斜面設於消能池遠離多孔牆的另一側。例如單一消能池的萬代福塊與棧橋式碼頭皆是利用此原理消波，另有一種多斜度(マルチスロ-プ)沉箱的設計(參見圖(一))，係將多孔牆的孔隙本身做成斜面，使波浪在進入消能池前即減少能量，亦是利用此種斜面的碎波現象。

### 3.長波的消波難題

#### 3.1消波方法的效果有限

如前所述，對長週期波浪若採用消能池能量截流的方法，所需消能池長度定因太長而不符實用；若是採用斜面碎波的方法，也同樣遭到必須將岸壁結構加長加深的困擾。這是因爲長波的相對波高甚小，要使長波在斜面上破碎，必須要有相當長度的斜面

才行。因此這兩個方法或許在爲抵抗外海惡劣環境的巨大防波堤還可以應用，但對水域有限的港內岸壁並不適合用來消滅長波。

短波的能量集中於水表面，所以水面的噴流現象可以消除大量的波能，但對水粒子運動由床底到水面都相當均勻的長波而言，此種消波的方法就非常有限了。因此總括說起來，現有的消波岸壁對八秒以上的長波效果都十分有限。但長波卻是引起港池共振的主要原因，因此長波的消波問題仍有待深入研究。

#### 3.2長波之特性與波能消滅

長波的水粒子運動以水平方向爲主，且由水面到底床相當均勻。因此長波時通過一垂直面的水量相當大，對障礙物也具有較大的穿透性。根據部分學者對單一開口薄防波堤的研究(參見參考書目1.)不論開口是在底部或中間，即使開口不大，長波都有相當好的穿透率(transmission coefficient)由於長波具有如此良好的穿透性，可以推測岸壁只要相對較低的孔隙率即可透過大量長波能量。

長波通過岸壁面的水量甚多，如果沒有有效的耗能機構，這些能量將以位能的形式，再透過岸壁面傳回港池。岸壁面孔隙率越大，通過的水量越多，需要消能的水量越大，就越不易達到良好的消波功能。因此以較少孔隙的岸壁，配合良好的消能機構來消滅長波，應可達到不錯的效果。

#### 3.3應用平壓塔型消能池消波之構想

平壓塔(surge tank)通常設置在壓力水管當中，用來減輕壓力急驟變化

對水管的動壓。對水波而言，水為不可壓縮流體，波表現在水面的起伏上，若是於岸壁孔隙的盡頭，放置一類似平壓塔的消能池，池徑數倍於孔隙，流入的水不會很快的提高水位，則能量不會轉成位能，而是在消能池內藉紊動而耗散。日本電力中央研究所開發的斜面狹縫型(斜面スリット)沉箱(參見圖(二))即部份採用這種設計。

利用這種類似平壓塔的設計，我們可以設想一種可能的長波消波式岸壁(參見圖(三))。圖中所示岸壁係以有孔混凝土塊構成，方便施工。下部混凝土孔隙傾斜，斜率隨著距岸壁面的距離而變陡，期使波浪在斜面上破碎，或當水向下流時在斜率變化處產生水躍(hydraulic jump)，耗散能量。

上部混凝土塊分為傾斜孔隙與平壓塔消能池。兩部分不互相連通，以控制進入消能池的水面不致升降過多。上部之傾斜孔隙則可對短波產生消能波作用。

這種針對長波的消波式岸壁在消減長波的同時，也希望能同時對短波產生消波效果。惟實際的消波能力，結構穩定性及施工便利性等，仍有待進一步研究。

#### 4. 船舶碇靠的影響與計算分析

碼頭通常都有船隻停靠裝卸或暫避風浪，但一般討論消波岸壁的特性時，並未把船舶碇靠的影響考慮進來。事實上商船的吃水甚深，可能造成

偌大之反射而使消波式岸壁無法發揮作用。船與水波，岸壁間的偶合(coupling)也可能使船的運動變大，如此一來也許波浪的反射減少了，但卻令碼頭的泊船作用喪失。因此，評量岸壁消波能力時應同時評估整體的反射率及船舶的運動量，以求周延。

分析計算船舶在岸壁前受週期波作用下的運動之方法，可參見參考書目3,5。

#### 5. 結語

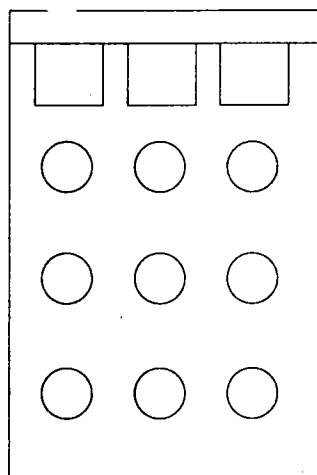
消波式岸壁可以減弱波浪反射，防止波浪能量反覆干擾水域之穩靜。而良好的消波式岸壁結構在碇靠船舶時，更可避免船身受力，減輕船隻的動搖程度。因此，佈置消波式岸壁——尤其是可以有效消減長波的岸壁，應該是解決港池振盪的良方。希望本文的介紹與建議能使長波消波與船舶影響獲得應有的重視與深入的研究。

#### 參考書目

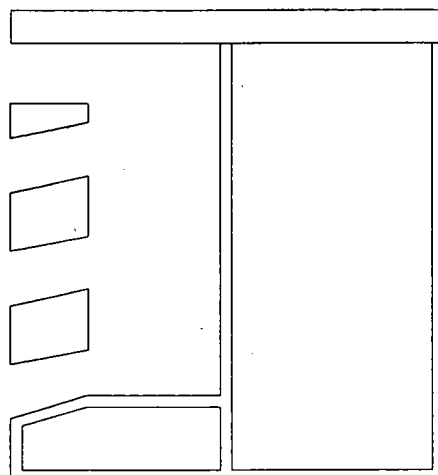
1. Abul-Azm, A. G. (1993) "Breakwaters", J. Wtwy., Port, Coast and Oc. Engrg., ASCE, 119(6), 587-605.
2. Toru Sawaragi, Shin-ichi Aoki (1991) "Prediction and Attenuation of Wave Induced Ship Motion in a Harbor", Coast. Engrg. in Japan, 34(2), 243-265.
3. Wehausen, J. V. (1971) "The Motion of Floating Bodies", Ann. Rev. Fluid Mech., 3, 237-268.

4. 阿部宣行，鹿島遼一(1988) "防波堤，護岸の構造形式調査"，日本電力中央研究所調査報告，U88012.

5. 日本建築學會，(1990) "海洋建築物構造設計指針(浮游式)同解説"

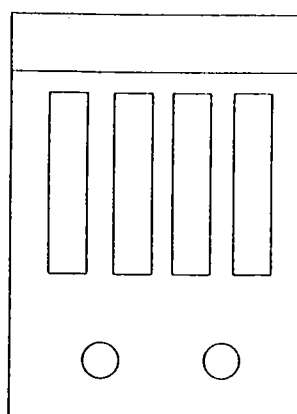


前視圖

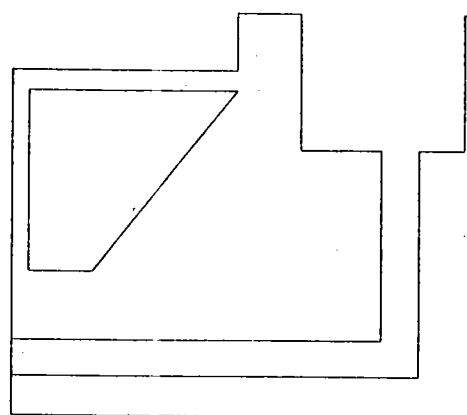


側視圖

圖 (一)



前視圖



側視圖

圖 (二)

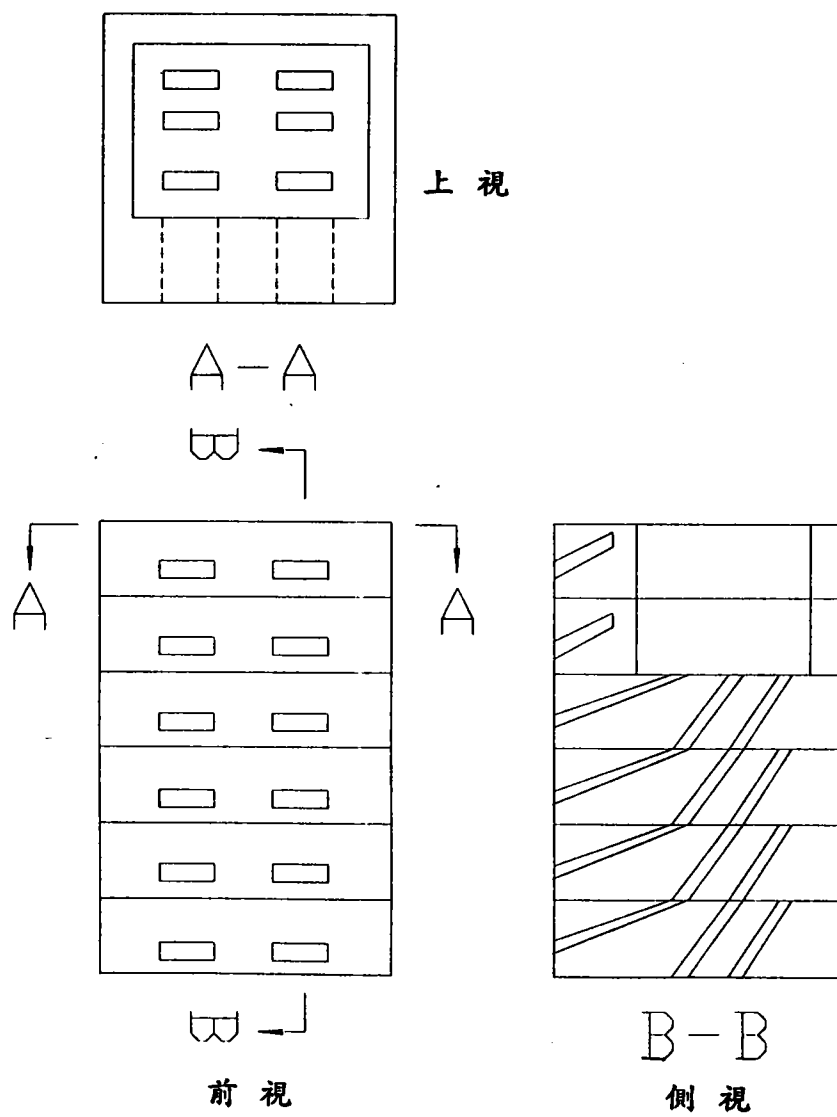


圖 (三)

# 台中暨高雄港區水平地層 反力係數之探討

趙光華

港研所大地工程組助理

## 摘 要

鑑於一般工程師於工程規劃及初步設計時，因水平地層反力係數之推估公式甚多，所得數值差異甚大，在缺乏該工程區域內之地質資訊情況下，常覺無所適從，爲了彌補經驗公式在應用上常受到不同地區土層變化特性之限制，本研究特別蒐集本島西南沿海重大建設工程及在此區域所做補充地質調查工作之現地側壓儀試驗共54組，將其試驗結果加以分析整理，除與常用的標準貫入試驗N值所推估的水平地層反力係數經驗式詳加比較，歸納出較適合本沿海地區之推估公式外，並提出電子式荷式錐貫入試驗 $q_c$ 值所推估之水平地層反力係數建議公式，俾使土層水平反力係數之連續變化情形有較佳的詮釋，此外與現地平板載重及現地樁側向載重等試驗所推求之地層反力係數值亦進行比較，結果顯示垂直向平板載重試驗所得之值偏高，而水平向平板載重及樁側向載重試驗與LLT試驗結果較接近。

## 一、前言

臺灣地處地震頻繁的環太平洋地震帶暨西太平洋颱風常經之路徑上，

而西南沿海更是處於人口稠密，地震規模大，震源淺的本島西部地震帶，此地區結構物除須承受上部結構傳下的垂直荷重外，也承受地震力、風力、土壓力等不同來源的水平荷重，尤其海域或港灣工程結構，由於海流、波浪、船之停泊及繫留繩等產生之衝擊力或拉力，均會傳遞至基礎結構上。這些側向力的影響，都是工程師在設計上必須考慮的重要因素。

結構基礎在承受側向荷重時應考慮的安全因素包括下列兩項：

1. 基礎周圍土壤是否有足夠的側向抵抗力，是否會因抵抗力不足產生剪力破壞。
2. 基礎結構在水平荷重作用下之水平變位是否在容許範圍內。

上述問題均可利用基礎土壤之水平地層反力係數（Coefficient of Horizontal Subgrade Reaction）加以分析求解。由於基礎土壤側向抵抗強度大小與基礎設計之安全與工程經費有關，而土壤水平地層反力係數爲推求土壤側向抵抗強度的重要參數之一，但國內工程師於進行工程設計時往往由於缺少可靠的該項資料，常根據標準貫入試驗N值或個人經驗加以推估，以致有許多非屬必要而採用斜樁的例子，甚或高估側向抵抗而致工程失敗

的個案亦時有所聞。

本研究就台中及高雄沿海地區沖積土層進行現地側壓試驗、平板載重試驗及樁側向荷重試驗等直接求取土壤之水平地層反力係數，其結果並與各專家學者建議之經驗公式加以分析比較，提供港灣以及一般工程設計或評估之參考。

## 二、水平地層反力係數之推求

水平地層反力係數的推求方法有多種，較常用的有下列四種：

1. 樁側向載重試驗
2. 平板載重試驗
3. 側壓儀試驗
4. 由相類似土壤性質推導之經驗公式推求

### 2.1 樁側向載重試驗推求水平地層反力係數

Winkler (1867) 係最早以地層反力模式來闡述土壤行為的學者，他將土體視為一系列獨立的線性彈簧，故只有在荷重作用時才有變位發生，對承受側向荷重的樁變位可以方程式(1)表示

$$E_p I_p \frac{d^4 y}{dx^4} = -K_h B y \dots \dots \dots (1)$$

上式可按解析法 (analytically) 或數值法 (numerically) 求解，解析法所得結果雖較準確，但僅適用於  $K_h$  為常數的情況。

(1) 式微分方程式的求解，除考慮水平地層反力係數隨深度之變化外

，亦應考慮樁頂之邊界條件。

若  $K_h$  為常數不隨深度而變化，則 Hetenyi (1946) 根據線性理論 (Linear theory) 導出下列公式。

(I) 自由樁頭

(a) 剛性樁 (Rigid pile,  $\beta L < 1.5$ )

$$y = \frac{4H(1 + 1.5 e/L)}{K_h \cdot B \cdot L} \dots \dots \dots (2)$$

(b) 無限長樁 (Infinitely long pile,  $\beta L > 2.5$ )

$$y = \frac{2H\beta(e\beta + 1)}{K_h \cdot B} \dots \dots \dots (3)$$

(II) 固定樁頭情況

(a) 剛性樁 ( $\beta L > 0.5$ )

$$y = \frac{H}{K_h \cdot B \cdot L} \dots \dots \dots (4)$$

(b) 無限長樁 ( $\beta L > 1.5$ )

$$y = \frac{H\beta}{K_h \cdot B} \dots \dots \dots (5)$$

式中  $y$ ：樁頭水平位移  $H$ ：水平荷重

$K_h$ ：水平地層反力係數

$e$ ：偏心距  $B$ ：樁徑

$E_p I_p$ ：樁材料勁度

$L$ ：樁貫入長

$\beta$ ：係數  $= (K_h \cdot B / 4E_p I_p)^{1/4}$

### 2.2 平板載重試驗推求水平地層反力係數

平板載重試驗可分為垂直於地層方向及與地層成水平方向之平板載重試驗等兩種。Terzaghi (1955) 認為水平地層反力係數  $K_h$  值與土壤性質、密度和基礎結構之幾何形狀等有關，

為簡化其關係及考慮大部份的結構荷重導致的土壤應力均在土壤的彈性工作應力範圍內，故 Terzaghi 建議水平地層反力係數可考慮為線性彈性參數，並根據一系列之平板載重試驗結果，歸納出砂性土壤水平地層反力係數  $K_h$  值與土壤深度成正比，與樁或深基礎寬度成反比，用公式表示如下：

$$K_h = n_h \frac{x}{B} \dots \dots \dots (6)$$

式中  $n_h$ ：水平地層反力常數 (Constant of horizontal subgrade reaction)

$x$ ：深度

$B$ ：基礎寬度

對在砂土層之樁基，Terzaghi (1955) 假設彈性模數與砂土密度和覆土壓力有關並建議

$$n_h = \frac{A \times r}{1.35} (t/ft^3) \dots \dots \dots (7)$$

式中  $r$ ：砂土密度

$A$ ：因數

有關  $A$  及  $n_h$  之經驗值如表一所示。

對黏性土壤而言，Terzaghi (1955) 認為水平方向的地層反力係數與垂直方向之地層反力係數相同，且不受深度影響。

Terzaghi 建議  $k_s$  值如下：

$$K_s = \left( \frac{1}{1.5B} \right) (\bar{K}_s) \dots \dots \dots (8)$$

式中  $\bar{K}_s$ ：1 英呎寬方形平板之反力係數 ( $t/ft^3$ )

$B$ ：基礎寬度或直徑 (ft)

表一 砂土層之  $n_h$  值 ( $t/ft^3$ )

| 相 對 密 度       | 疏 密     | 中等緊密     | 緊 密       |
|---------------|---------|----------|-----------|
| A 值範圍         | 100—300 | 300—1000 | 1000—2000 |
| 建議 A 值        | 200     | 600      | 1500      |
| 乾或濕砂， $n_h$ 值 | 7       | 21       | 56        |
| 浸水砂， $n_h$ 值  | 4       | 14       | 34        |

表二 一英呎方形平板在過壓密粘土之  $\bar{K}_s$  值 ( $t/ft^3$ )

| 黏 土 稠 度               | 堅 實     | 極 堅 實   | 堅 硬 |
|-----------------------|---------|---------|-----|
| 不排水剪力強度 $C_u(t/ft^2)$ | 0.5—1.0 | 1—2     | 2   |
| $\bar{K}_s$ 範圍        | 50—100  | 100—200 | 200 |
| $\bar{K}_s$ 建議值       | 75      | 100     | 300 |

對過壓密黏土 ( overconsolidated clay ) 之  $\bar{K}_0$  值, Terzaghi 建議值如表二所示。

### 2.3 側壓儀試驗推求水平地層反力係數

LLT 試驗結果所得之地層反力係數  $K_h$  不能直接應用於基礎分析, 由於水平地層反力係數與基礎寬度, 容許側向位移等有關, 實際應用時應加以換算, 一般換算方法有下列三種:

#### (I) Menard 法 (1963)

$$\text{當 } B > 0.6\text{m 時 } \frac{1}{K_h} = \frac{2}{9E_s} B_0 \left( \frac{B}{B_0} \times 2.65 \right)^{\alpha} + \frac{\alpha}{6E_s} \cdot B \dots \dots (9)$$

$$\text{當 } B < 0.6\text{m 時 } \frac{1}{K_h} = \frac{B}{E_s} \cdot \frac{4(2.65)^{\alpha} + 3\alpha}{18} \dots \dots (10)$$

式中  $B_0$ : 參考寬度或直徑 (=60cm)

$B$ : 樁徑或寬度

$\alpha$ : 流動因數 (Rheological factor) 與土壤種類有關, 例如泥炭土、粘土  $\alpha=1$ , 沉泥  $\alpha=2/3$ , 砂  $\alpha=1/2$ , 砂含礫石  $\alpha=1/3$ 。

#### (II) Imai 法 (1970)

水平地層反力係數通值 ( Gen-

eral  $K_h$  Value )  $\bar{K}_0$

$$\bar{K}_0 = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2r_0(r_s - r_0)^2}{B \times y^2}} \cdot K_h \dots \dots (11)$$

#### (III) Yoshida & Yoshinaka 法 (1972)

$$K_h = 3\alpha' E_s \left( \frac{1}{B_0} \right) \left( \frac{B}{B_0} \right)^{(3/4)(\alpha-1)} \cdot y_t^{-m} \dots (12)$$

式中

$$\alpha' = 1.3 \sqrt[12]{\frac{B'}{E \times I}} \cdot \frac{1}{1-\mu^2} \sim \frac{1}{1.3} \sim \frac{1}{1.6}$$

$EI$ : 樁材料勁度

$B_0$ : 樁參考寬度 (=30cm)

$m$ : 常數與樁及土壤種有關如表三所示

$y_t$ : 樁在地表面之位移

$B$ : 樁徑

$\mu$ : 波松比

### 2.4 由經驗公式推求水平地層反力係數

由經驗公式推求  $K_h$  值的公式極多, 此類公式大都與當地的土層特性和施工經驗有關, 工程師在引用時應特別謹慎。經驗公式推求  $K_h$  值, 一般均根據標準貫入試驗  $N$  值推估, 茲說明

表三 指數  $m$  值

| 樁 $m$ 值<br>種類 | 0~0.3 | 0.3~0.4    | 0.4~0.5   | 0.5~0.7                 | 0.7~1.0 |
|---------------|-------|------------|-----------|-------------------------|---------|
| 打擊樁           | 彈性    | 沖積土<br>粘質土 | 砂或<br>砂質土 | —                       | 塑性      |
| 場鑄樁           | —     | —          | —         | 在 $y_t > 2.0$<br>mm 之情形 | —       |

如下：

根據N值推估水平地層反力係數之公式極多，有關之經驗公式大都為日本學者所提出

(1)日本土質工學會

$$K_h = 5.6NB^{-3/4}y^{-1/2} \dots\dots(13)$$

(2)日本道路協會

$$K_h = 11.964NB^{-3/4} \text{ (平時)} \dots\dots(14)$$

$$K_h = 240NB^{-3/4} \text{ (地震時)} \dots\dots(15)$$

(3)橫山公式

$$K_h = 0.2N \dots\dots(16)$$

(4)矢作公式

$$K_h = (1.089N^{3/4} + C_1 + C_2)y^{-1/2} \dots\dots(17)$$

(5)赤井、高橋公式

$$K_h = 0.502N^{0.37} \dots\dots(18)$$

(6)福岡、宇都公式

$$K_h = 0.691N^{0.406} \dots\dots(19)$$

(7)吉中

$$K_h = \frac{7}{1.2} NB^{-3/4} \dots\dots(20)$$

上述中 $K_h$ ：水平地層反力係數，

$\text{Kg/cm}^3$

y：設計時樁頭容許變位置，

cm

B：樁徑，cm

$C_1, C_2$ ：係數，依基礎及土層種類而定如表四

利用SPT-N值推求之 $K_h$ 值相差極大，且未指出適用之土壤性質，部份公式且指出 $K_h$ 值與樁徑之關係，故用於基礎設計時仍不太適宜，僅能作為規劃或初步設計之參考。

表四  $C_1$ 及 $C_2$ 值

|         |                            |                                 |                            |                                                  |
|---------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|
| $C_1$ 值 | 鋼<br>預<br>場                | 管<br>力<br>混<br>凝<br>土<br>注      | 格<br>格<br>格                | 1.073<br>0.44<br>1.149                           |
| $C_2$ 值 | 砂<br>砂<br>砂<br>有<br>粘<br>沉 | 礫<br>土<br>礫<br>砂<br>機<br>土<br>泥 | 層<br>層<br>互<br>層<br>層<br>層 | 0.866<br>0.217<br>0.255<br>-0.362<br>-0.275<br>0 |

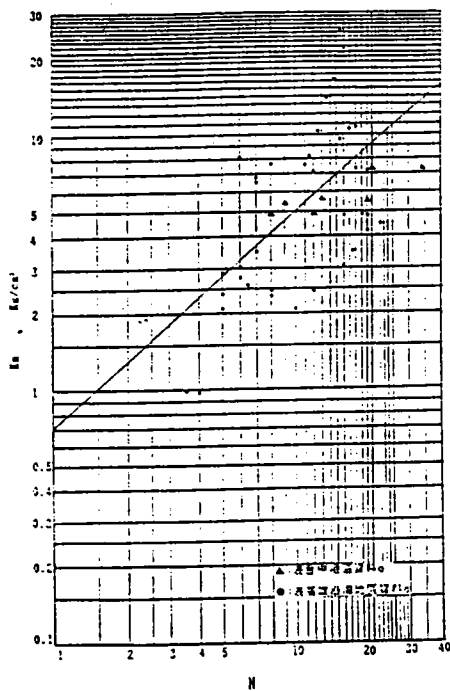
### 三、試驗結果分析與討論

#### 3.1根據側壓儀試驗結果推求 $K_h$ 值：

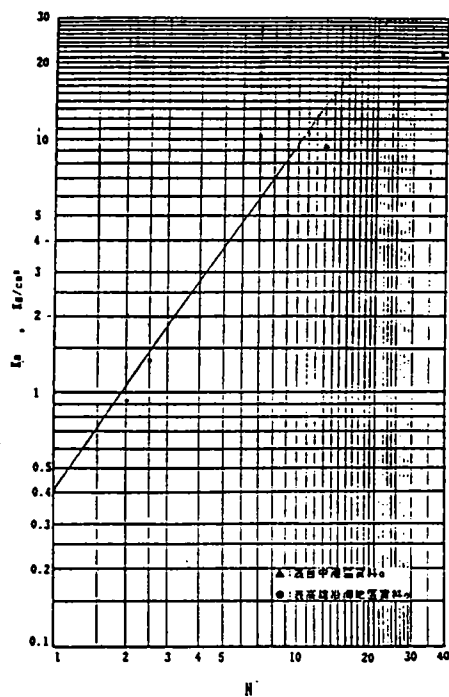
為瞭解台中及高雄沿海地區之水平地層反力係數變化情形，特將LLT試驗結果所得之地層反力係數 $K_m$ 與試驗深度處地層之標準貫入試驗N值及試驗鑽孔旁之電子式荷式錐貫入試驗 $q_c$ 值，分別依試驗位置土壤種類繪製 $K_m-N$ 及 $K_m-q_c$ 關係圖，並利用統計歸納方法求出 $K_m-N$ 及 $K_m-q_c$ 關係式，最後再將LLT試驗所推求之水平地層反力係數 $K_h$ 值與各種經驗公式比較，供做估計水平地層反力係數之參考。

(1)建立SPT試驗N值與LLT試驗 $K_m$ 值之關係式：

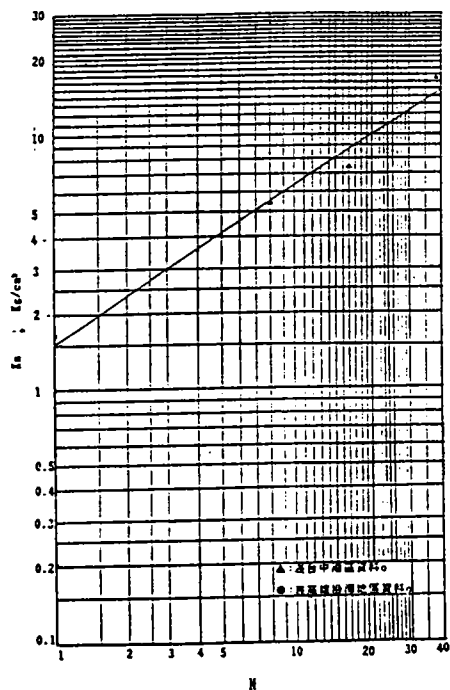
由台中及高雄沿海地區所進行的LLT試驗資料可分別繪製圖一至圖三等不同土層之 $K_m-N$ 關係圖並歸納出表五所列之關係式，茲將分析結果整理如下：



圖一 砂土層 LLT- $K_s$  值與 SPT-N 值關係圖



圖三 黏土層 LLT- $K_s$  值與 SPT-N 值關係圖



圖二 沉泥層 LLT- $K_s$  值與 SPT-M 值關係圖

表五 不同土層  $K_s \sim N$  之關係

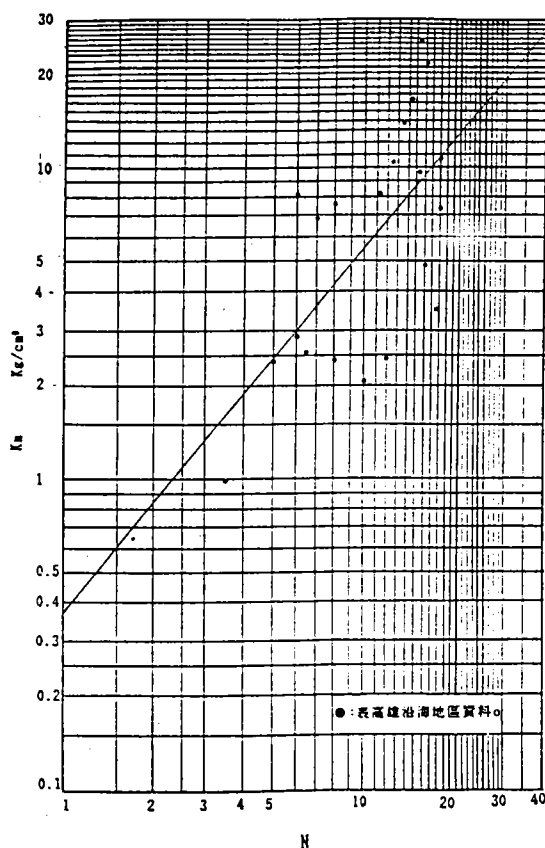
| 土層分類 | $K_s \sim N$ 之關係式      | $\log K_s$<br>估計值之<br>標準差 | R 平方  |
|------|------------------------|---------------------------|-------|
| 砂土層  | $K_s = 0.706N^{0.841}$ | 0.269                     | 0.351 |
| 沉泥層  | $K_s = 1.603N^{0.597}$ | 0.066                     | 0.983 |
| 粘土層  | $K_s = 0.412N^{1.361}$ | 0.215                     | 0.898 |

因台中、高雄沿海地區上部土層主要為砂土層，故 54 組 LLT 試驗資料中大部份為砂土層共佔 46 組，而沉泥層與粘土層只各佔 4 組，然因其尚具相當好的迴歸結果，未免遺珠之憾，乃提出其關係式以供參考。

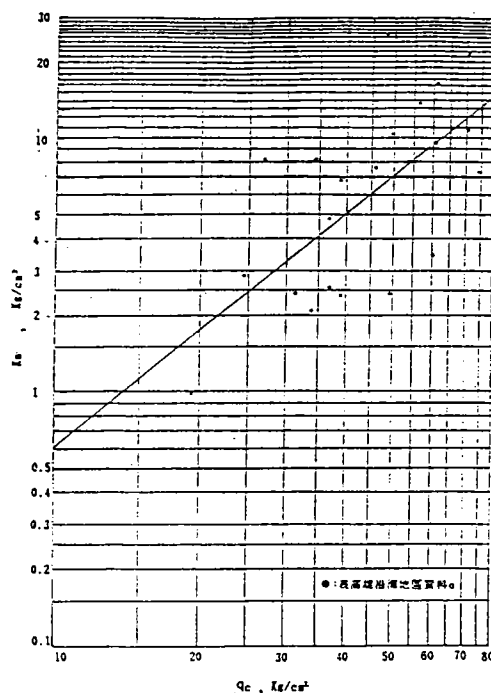
(2) 建立 CPT 試驗  $q_c$  值與 LLT 試驗  $K_s$  值之關係式：

為建立其關係式，本研究特別選取在高雄縣永安鄉油化天然氣接收

站工程及高雄港第五貨櫃中心碼頭工程兩處LLT試驗位置旁所進行CPT試驗之資料以予分析統計。可繪出圖四及圖五砂土層 $K_m-N$ 及 $K_m-q_c$ 之關係圖，並歸納出表六所列之關係式。



圖四 砂土層LLT- $K_m$ 值與SPT-N值關係圖



圖五 砂土層LLT- $K_m$ 值與CPT- $q_c$ 值關係圖

從21組砂土層LLT試驗資料分析的結果，可發現分別由N值與 $q_c$ 值推估 $K_m$ 之關係式兩者相當契合，若比較其R平方及估計值的標準差，則以 $q_c$ 值推估者較佳，故建立具有正確且經

表六 砂土層 $K_m-N$ 與 $K_m-q_c$ 之關係

| 土層分類 | $K_m-N$ 與 $K_m-q_c$ 之關係式 | $\log K_m$ 估計值之標準差 | R平方   |
|------|--------------------------|--------------------|-------|
| 砂土層  | $K_m=0.385N^{1.162}$     | 0.295              | 0.417 |
| 砂土層  | $K_m=0.018q_c^{1.533}$   | 0.293              | 0.425 |

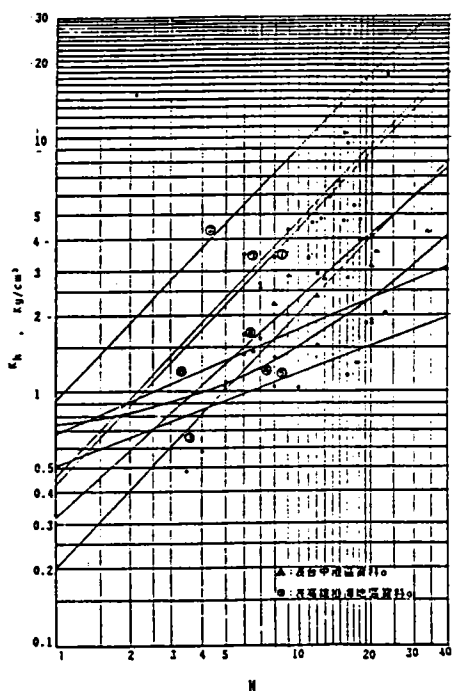
濟、快速和能獲知連續土層變化多種特性之CPT試驗來推估 $K_v$ 值供作參考實屬必要，惟因欠缺沉泥層與粘土層LLT與CPT之對應資料，致無法進行此項整理歸納。

### (3) LLT試驗值與各種經驗公式之比較：

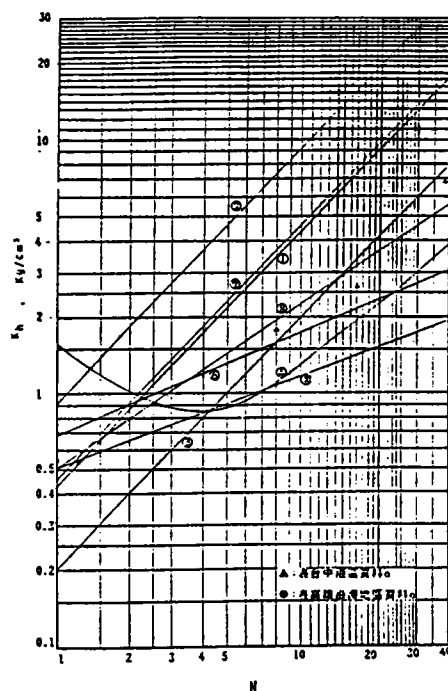
為瞭解各種水平地層反力係數推算公式於台中及高雄沿海地區之適用性，特將LLT試驗結果所得之地層反力係數 $K_v$ 利用 Menard; Imai; Yoshida & Yoshinaka 等建議之公式換算成樁徑30公分，容許側向變位為1公分之

水平地層反力係數 $K_h$ ，再與常用N值推估 $K_v$ 值之經驗公式進行比較，並建立不同土層 $K_h$ -N之關係式。茲利用LLT試驗資料，可繪製圖六至圖十四並歸納出表七至表九所列之關係式如下：

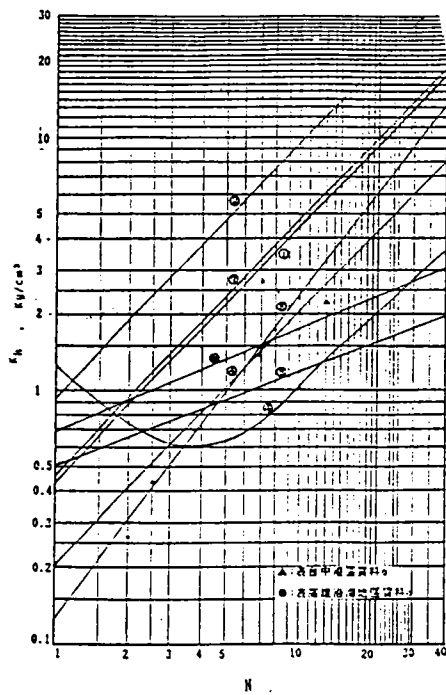
(圖中①日本土質工學會公式 ②日本道路協會公式(平時) ③橫山公式 ④矢作公式(預力混凝土樁) ⑤赤井、高橋公式 ⑥福岡、宇都公式 ⑦吉中公式 ⑧本研究歸納之公式)



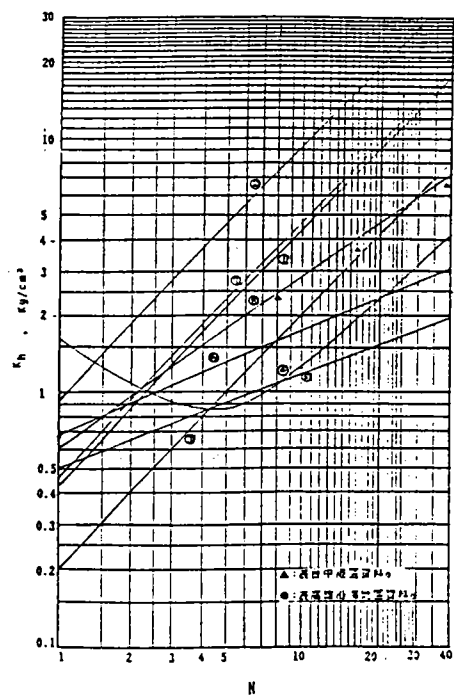
圖六 利用Menard法推估砂土層 $K_v$ 值與SPT-N值關係圖



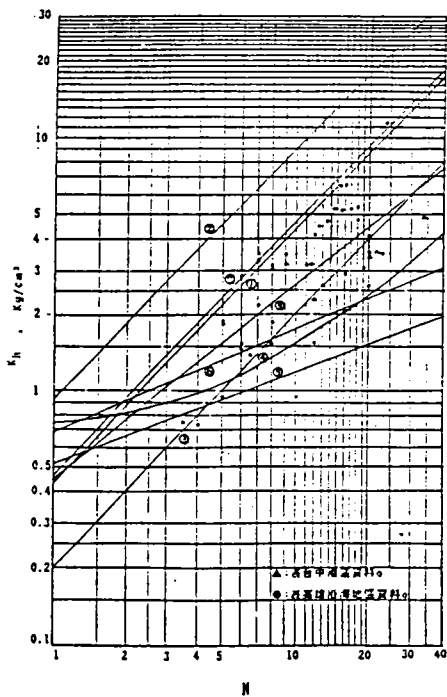
圖七 利用Menard法推估沉泥層 $K_v$ 值與SPT-N值關係圖



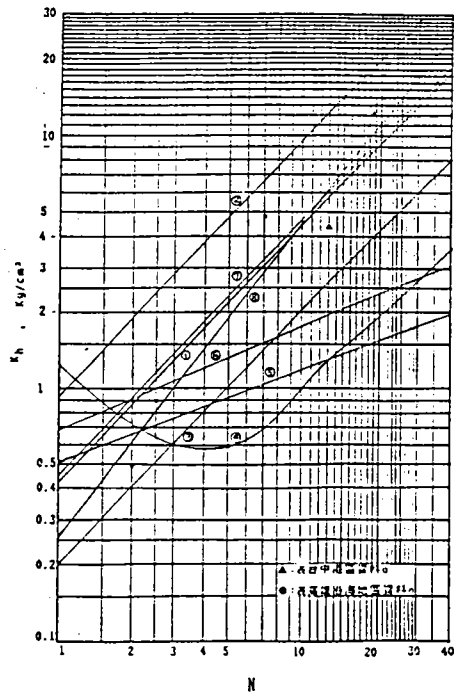
圖八 利用Menard法推估黏土層 $K_h$ 值與SPT-N值關係圖



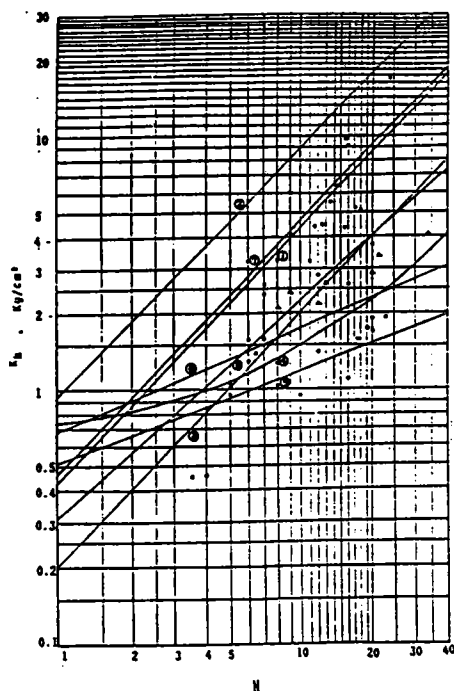
圖十 利用Imai法推估沉泥層 $K_h$ 值與SPT-N值關係圖



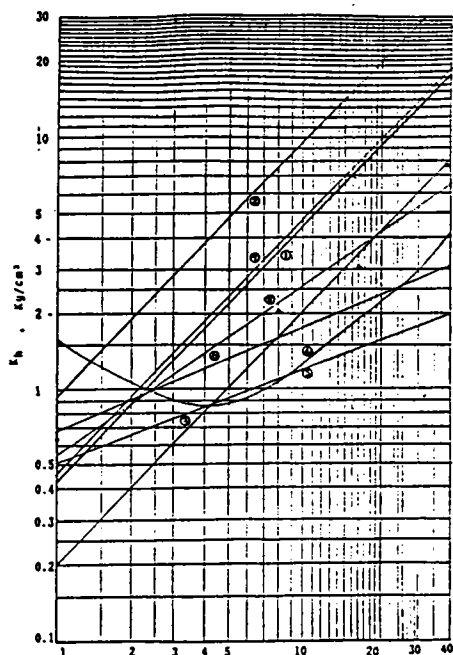
圖九 利用Imai法推估砂土層 $K_h$ 值與SPT-N值關係圖



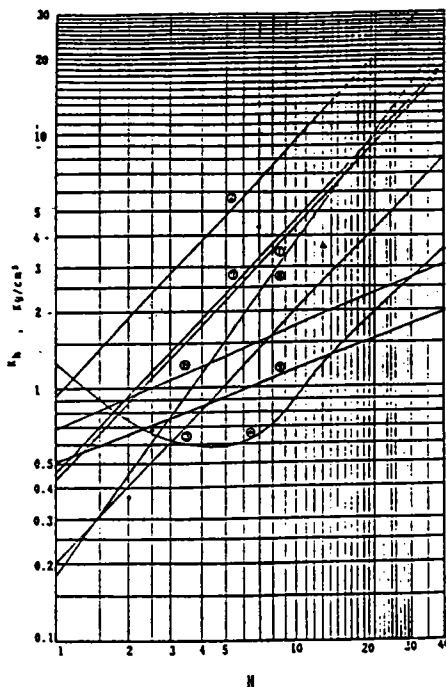
圖十一 利用Imai法推估黏土層 $K_h$ 值與SPT-N值關係圖



圖十二 利用 Yoshida & Yoshinaka 法推估砂土層  $K_h$  值與 SPT-N 值關係圖



圖十三 利用 Yoshida & Yoshinaka 法推估沉泥層  $K_h$  值與 SPT-N 值關係圖



圖十四 利用 Yoshida & Yoshinaka 法推估黏土層  $K_h$  值與 SPT-N 值關係圖

由圖六至圖十四及表七至表九，顯示對台中及高雄沿海地區而言，採用 Imai (1970) 建議之公式推算  $K_h$  值，有較好的迴歸結果，其中砂土層及沉泥質之  $K_h$  值較接近橫山公式，而黏土層之  $K_h$  值較接近日本土質工學會或吉中公式。

### 3.2 根據平板載重試驗結果推求 $K_h$ 值：

本研究於台中港區共進行兩組平板載重試驗，一組為垂直向載重試驗，另一組為水平向載重試驗，如圖十五所示，試驗結果所得之地層反力係數，垂直向為  $2.5 \text{ Kg/cm}^3$ ，水平向為  $0.96 \text{ Kg/cm}^3$ 。若根據 Terzaghi (1955) 建議對基礎尺寸之修正公式，即  $K_h =$

$$K_h \left( \frac{B+0.3}{2B} \right)^2, \text{ 修正為基礎寬度 } 30 \text{ 公}$$

表七 利用Menard (1963) 公式推估 $K_h \sim N$ 關係

| 土層分類 | $K_h \sim N$ 之關係式      | $\log K_h$ 估計值之標準差 | R 平方  |
|------|------------------------|--------------------|-------|
| 砂土層  | $K_h = 0.332N^{0.846}$ | 0.257              | 0.376 |
| 沉泥層  | $K_h = 0.505N^{0.653}$ | 0.092              | 0.972 |
| 粘土層  | $K_h = 0.133N^{1.245}$ | 0.221              | 0.874 |

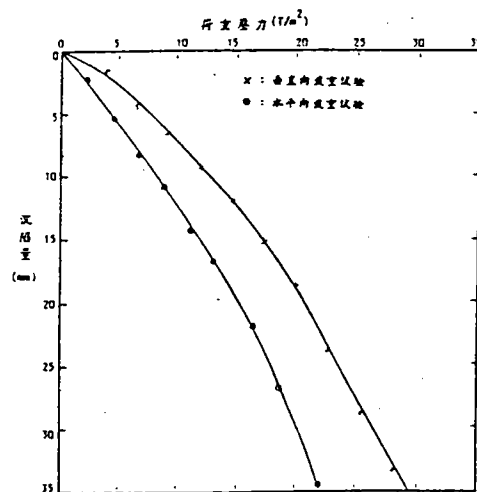
表八 利用Imai (1970) 公式推估 $K_h \sim N$ 關係

| 土層分類 | $K_h \sim N$ 之關係式      | $\log K_h$ 估計值之標準差 | R 平方  |
|------|------------------------|--------------------|-------|
| 砂土層  | $K_h = 0.434N^{0.779}$ | 0.181              | 0.507 |
| 沉泥層  | $K_h = 0.661N^{0.614}$ | 0.016              | 0.999 |
| 粘土層  | $K_h = 0.267N^{1.222}$ | 0.205              | 0.886 |

表九 利用Yoshida & Yoshinaka (1972) 公式推估 $K_h \sim N$ 關係

| 土層分類 | $K_h \sim N$ 之關係式      | $\log K_h$ 估計值之標準差 | R 平方  |
|------|------------------------|--------------------|-------|
| 砂土層  | $K_h = 0.313N^{0.849}$ | 0.257              | 0.378 |
| 沉泥層  | $K_h = 0.577N^{0.653}$ | 0.092              | 0.972 |
| 粘土層  | $K_h = 0.187N^{1.305}$ | 0.237              | 0.869 |

分後之地層反力係數，垂直向為  $3.91 \text{ Kg/cm}^3$ ，水平向為  $1.5 \text{ Kg/cm}^3$ ，而該試驗深度之標準貫入試驗  $N$  值約為 6，代入本研究所得之估算砂土層  $K_h$  值之建議公式，即  $K_h = 0.434N^{0.779}$ ，可計算得  $K_h$  為  $1.75 \text{ Kg/cm}^3$ 。此與水平向平鉞載重試驗所得之地層反力係數  $1.5 \text{ Kg/cm}^3$  較為接近，但比垂直向平鉞載重試驗所得之地層反力係數  $3.91 \text{ Kg/cm}^3$  為低，是故若以垂直向平鉞載重所得之地層反力係數做為分析基礎側向抵抗之依據，則偏於高估。



圖十五 平鉞載重試驗

### 3.3 根據樁側向載重試驗結果推求 $K_h$ 值

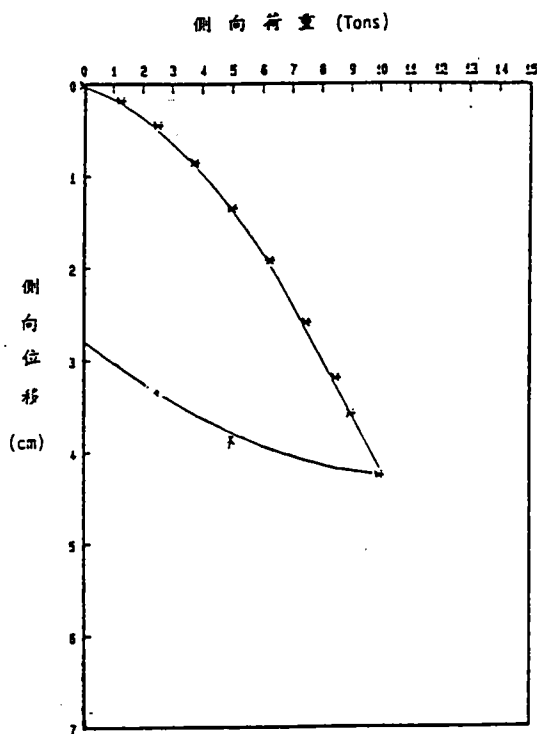
：

樁側向載重試驗在台中港區進行試驗，採用30公分樁徑長10公尺之PC樁，側向荷重與地面平行施加於樁頭，圖十六表示側向荷重與樁頭位移關係，該圖顯示側向荷重施加至3噸後，樁頭側向位移有明顯的增加趨勢，側向荷重為10噸時，樁頭傾向位移達4.3公分。圖十七為樁側向載重試驗之樁體變位量測結果，資料顯示基樁在深度2.5公尺以上有較大的側向位移，而深度2.5公尺以下樁變位極小。

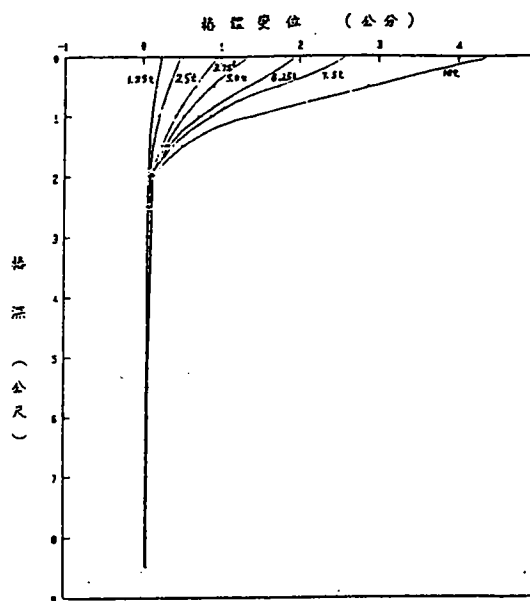
若根據Hetenyi (1946) 之線性理論解 (Linear theory) 對無限長樁且樁頭自由情況，且假設土壤水平地層反力係數  $K_h$  值為常數情況，水平荷重與樁頭側向位移關係如 2.1 節(3)式

$$\text{，令該式中之} e \text{ 為} 0 \text{，則} y = \frac{2H\beta}{K_h B} \text{。}$$

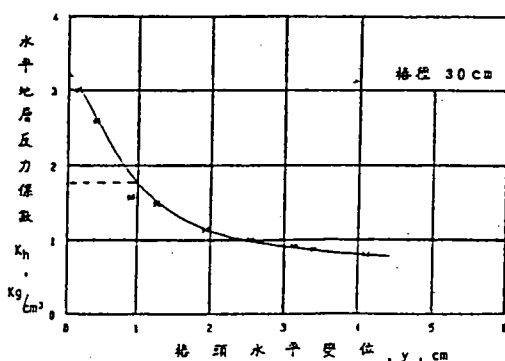
由上式可繪出圖十八水平地層反力係數  $K_h$  與樁頭水平變位  $y$  之關係圖，顯示樁徑30公分，容許變位考慮為1公分時  $K_h$  值為  $1.7 \text{ Kg/cm}^3$ ，與本研究所歸納之建議公式  $K_h = 0.434N^{0.779}$  所計算之結果  $1.75 \text{ Kg/cm}^3$  極為相近。



圖十六 側向荷重與側向位移的關係



圖十七 樁側向載重樁體變位量測結果



圖十八 水平地層反力係數與樁頭水平變位關係

#### 四、結論

1. 以樁側向載重或平鉸側向載重試驗推求水平地層反力係數，為最直接且較準確之試驗方法，但所需經費昂貴且試驗費時，故建立 SPT-N 值或 CPT- $q_c$  值推估水平地層反力係數經驗公式以供作規劃或初步設計之參考，實屬必要。

2. 根據 LLT 與 SPT 之試驗結果，現地側壓儀試驗結果所得之地層反力係數  $K_m$  及標準貫入試驗 N 值之關係如下：

$$\text{砂土層：} K_m = 0.706N^{0.841}$$

$$\text{沉泥層：} K_m = 1.603N^{0.597}$$

$$\text{粘土層：} K_m = 0.412N^{1.361}$$

3. 根據 LLT 與 CPT 之試驗結果，砂土層現地側壓儀試驗結果所得之地層反力係數  $K_m$  及電子式荷式貫入錐試驗之尖端阻抗  $q_c$  值之關係如下：

$$K_m = 0.018q_c^{1.533}$$

4. 將 LLT 試驗結果之  $K_m$  值利用 Menard (1963)；Imai (1970)；Yoshida & Yoshinaka (1972) 建議之公式，換算成樁徑 30 公分，容許側向變位 1 公分之水平地層反力係數  $K_h$  後，

顯示本研究區域以 Imai (1970) 建議式推估  $K_h$  值有較佳的迴歸結果，其  $K_h \sim N$  之關係如下：

$$\text{砂土層：} K_h = 0.434N^{0.779}$$

$$\text{沉泥層：} K_h = 0.661N^{0.614}$$

$$\text{粘土層：} K_h = 0.267N^{1.222}$$

5. 根據 Imai (1970) 建議式之推估值，比較各種經驗式之計算結果發現不同土層適用之公式如下：

(1) 砂土層及沉泥層：

$$0.502N^{0.37} \leq K_h \leq 0.2N \leq \frac{7}{1.2} NB^{3/4}$$

即  $K_h$  平均值接近：橫山公式

上限值接近：吉中公式

下限值接近：赤井、高橋公式

(2) 粘土層：

$$0.2N \leq K_h \leq 5.6NB^{3/4}y^{1/2} \left( \text{或} \frac{7}{1.2} NB^{3/4} \right)$$

$$\leq 11.964NB^{3/4} \text{ (平時)}$$

即  $K_h$  平均值接近：日本土質工學會或吉中公式

上限值接近：日本道路協會公式 (平時)

下限值接近：橫山公式

6. 因台中及高雄沿海地層上部土層主要為砂土層，故對沉泥層及粘土層之資料極為有限，所整理歸納之公式，仍須有更多的各種土層資料予以修正，以期對水平地層反力係數有更精確的推估結果。

# 「港灣技術短期訓練班」公告

錢爾潔      港灣報導編輯委員

- |   |                                          |       |                                             |
|---|------------------------------------------|-------|---------------------------------------------|
| 宗 | 旨：培育及訓練港灣工程人才，加強海岸資源開發與保育，防止天然災害，促進社會繁榮。 | 訓練對象： | 港務局、水利局、漁業局、觀光局、旅遊局、縣市政府及台電、中油及顧問公司等機構工程人員。 |
| 時 | 間：中華民國八十三年五月三日至五日，為期三天。                  | 報名費：  | 每名學員收費新台幣1,500元（含午餐費、講義費、鐘點費等）。             |
| 地 | 點：台中縣梧棲鎮港灣技術研究所一樓第一研討室。                  |       |                                             |

港灣技術研究所八十三年度「港灣技術短期訓練班」課程表

| 科目<br>名稱<br>時間 | 日期<br>五月三日<br>(星期二)       | 五月四日<br>(星期三)     | 五月五日<br>(星期四)      |
|----------------|---------------------------|-------------------|--------------------|
| 09:00~10:00    | 報到                        | 海岸探討<br>(黃清和、邱永芳) | 海岸之決定<br>(簡仲和)     |
| 10:00~12:00    | 調查概況<br>台灣沿岸波浪<br>(張金機)   | 防蝕對策及實例           | 海岸結構物設計水位          |
| 13:30~16:30    | 之應用<br>碎形法則在海岸工程<br>(吳瑞賢) | 遙測應用<br>(陳繼藩、陳錕山) | 海岸保護工法之探討<br>(郭金棟) |

## 課程簡介：

### 一、「台灣沿岸波浪調查概況」

—港研所所長 張金機

台灣位於西太平洋，冬季受強烈東北季風侵襲，夏季則受颱風威脅，造成海上波浪洶湧，除影響海上航行及作業船隻安全外，也可能破壞沿岸各項工程設施。本節將概述國內波浪調查情形，分析沿岸波浪特性，並對未來波浪調查與資料建檔、分析提出建議。

### 二、「碎形法則在海岸工程之應用」

—中央大學土木所教授 吳瑞賢

碎形法則簡介、碎形維度計算、河川及海岸線形狀描述、海岸滲流形狀的碎形特性、碎形法在工程上之應用。

### 三、「海岸漂沙防治對策及實例探討」

—港研所海工組組長 黃清和

港研所研究員 何良勝

港研所副研究員 邱永芳

台灣西海岸沖淤近況、海灘特性、保護對策，彰濱工業區人工岬灣可行性水工模型試驗及澎湖觀音亭海濱遊憩區定沙水工模型試驗實例介紹。

### 四、「遙測在海岸地區的監測應用」

—中大太空遙測中心教授 陳繼藩

中大太空遙測中心教授 陳錕山

被動式與主動式遙測資料之簡介及其在海岸地區監測之應用，包括：衛星影像圖之製作、土地覆蓋類別之制釋、土地之變遷及海浪波譜之獲得與預測等。

### 五、「海岸結構物設計水位之決定」

—成大水利及海洋所教授 簡仲和

設計水位之定義及相關問題、現場潮汐資料之觀測及分析、天文潮位之特性及分析、暴潮資料分析與數值模式、國內現行設計水位決定方法之探討。

### 六、「海岸保護工法之探討」

—成大水利及海洋所教授 郭金棟

海堤坡度及孔隙率對波浪溯升之影響、海岸保護塊設計、離岸堤位置及其對背面海岸之影響等。