

## 要 目

- \* 美國浚渫淤泥排放管理策略及環保控制方法介紹
- \* 擁抱蔚藍海岸竟是如此困難
- \* 消波式鋼板樁碼頭在台灣西海岸之適用性
- \* 改進台灣地區各港埠貨櫃營運之建議
- \* 港埠作業民營化之探討
- \* 21世紀的港口與港口再開發之理念(一)
- \* 蘇澳港11號碼頭非破壞性檢測

中華民國八十四年七月出版

## 目 錄

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 一、美國浚渫淤泥排放管理策略及環保控制方法介紹..... | 1  |
| 郭石盾 高雄港務局過港隧道管理處處長           |    |
| 二、擁抱蔚藍海岸竟是如此困難.....          | 11 |
| 邱文彥 國立中山大學海洋環境學系副教授          |    |
| 三、消波式鋼板樁碼頭在台灣西海岸之適用性.....    | 14 |
| 林碩章 東昀工程技術顧問公司總經理            |    |
| 四、改進台灣地區各港埠貨櫃營運之建議.....      | 26 |
| 王慶福 港研所規劃組研究員兼組長             |    |
| 五、港埠作業民營化之探討.....            | 31 |
| 朱金元 港研所規劃組研究員                |    |
| 六、21世紀的港口與港口再開發之理念(一).....   | 38 |
| 劉文雄 港研所規劃組助理研究員              |    |
| 七、蘇澳港11號碼頭非破壞性檢測.....        | 46 |
| 柯正龍 港研所港工組助理研究員              |    |

# 美國浚渫淤泥排放管理策略及環保控制方法介紹

郭石盾 高雄港務局過港隧道管理處長

## 一、前言

在美國，每年約有數千萬立方之挖泥量，其中的90%之淤泥可接受以一般排泥方法處理（表示其污染程度未超過管制標準）。但其潛在之污染問題仍受到各界之關切。擔心浚渫淤泥之排放終將對水質及陸上生物造成不利的影響。因為大部份水道（域）均處於工業及都市所在地，淤泥因受污水注入而遭到污染。同時，即使在農業區，也會因農業使用殺蟲劑而被污染。

因為淤泥受到污染之性質和程度將因水道（域）地點不同而有很大之差異。適當之排泥方法將涉及各種不同之可行代替方案。同時對處理各種污染物流動及存在特定問題之控制方案也將因不同情況而有所差別。因此，一套全盤性、長期之浚渫淤泥排放管理策略就因應而生。此項浚渫管理策略提供一項決策構架（Frame work for decision-making），以選擇最可行之排泥方案及確定最適當之控制方法，使浚渫淤泥排放所產生之污染問題減至最少。該項管理策略，也成為長期發展策略之一部份，不僅適用於

污染淤泥排放方案之控制，而且也將擴展到淨泥（Clean Sediments）之排放作業，包括動、植物棲地開發及工程用途公益設施之填地等。

## 二、技術管理策略

美國工程軍團(CE)所擬定之浚渫淤泥排放管理策略(The dredged material management strategy)廣泛包括處理浚渫淤泥、浚渫技術、以及浚渫淤泥排放方案等課題。長期管理策略則考慮到擬浚渫淤泥特性、浚渫淤泥排放潛在影響、浚渫淤泥污染性質及程度、浚渫設備、工程規模、工地特殊條件技術可行性、財務問題以及社會經濟層面影響等因素。技術管理策略二項特性為淤泥排放方案考量及適當淤泥排放管理策略之選擇其實施步驟。有關步驟如附圖1所示，茲簡述如后：

(一)進行初步污染潛能評估：

依據Section 404 of the Clean Water Act(USEPA 1980)之測試條件評估擬浚渫淤泥是否有明顯污染含量（也就是高於基礎標準）。

檢測方法為：

1. 分析污染物注入淤泥之可能性，

2. 依過去試驗資料及附近類似淤泥研製淤泥污染之可能性，

3. 有無可能受到農業或都市污染物逕流影響

4. 有無受到污染物溢流影響，

5. 有無因工業或大都會污染物排放影響。

評估結果，如污染程度不超出基礎標準 (Background levels)，則排放時可不加以限制，在環保條件、排放方法、工地特性、及社會經濟考量下，可依圖1.所示之淨泥處理方法：水中排放(1)圍堵排放(2)或其他公益使用(3)擇一方案辦理。

假如評估結果，污染程度超出基礎標準，顯然將對環境生態造成影響，必須依圖1.所示之污染淤泥 (Contaminated sediments) 處理方法：限制水中排放(6)或限制圍堵排放(7)擇一辦理。

(二)選擇可行排放方案：

技術管理策略將浚渫淤泥排放分成下列七種考量：

1. 一般水中排放 (Open-water disposal(1))，

2. 一般圍堵排放 (Confined disposal(2))，

3. 其他公益使用 (Other beneficial use(3))，

4. 污泥水中排放 (Open-water disposal — contaminated sediments(4))，

5. 污泥圍堵排放 (Confined disposal — contaminated sediments(5))，

6. 限制水中排放 (Open-water disposal with restrictions(6))，

7. 限制圍堵排放 (Confined disposal with restrictions(7))。

如附圖1.除了(1)、(2)、(3)三種屬淨泥排放可依上述(一)試驗結果及考量因素逕於排放外，其他(6)及(7)二種均屬污泥排放，均應受到某些程度的限制並分別以(4)及(5)二種考量作前置分析：

※污泥水中排放(4)：

污泥水中排放(4)必須考量水柱和海底環境之潛在影響。

水柱影響，可以水中溶解污染物的化學分析法 (Chemical analysis of dissolved contaminants) 分析，其中應特別注意分析時之混合及稀釋效應 (The effects of mixing and dilution)。如水質甚差，則須進一步作水柱生物分析 (Water column bioassay) 試驗。

海底影響 (Benthic impacts)，首應比較挖泥區及排泥區之淤泥污染物濃度。假如挖泥區淤泥之污染物濃度低於或相當排泥區者，則結論是排泥不會對海底環境造成影響。如果是大於的話，則必須從事生物分析／生物累積分析試驗，以決定污染物之生態可用度。

根據上述分析，如對環境影響可以接受，則該項淤泥可依淨泥作一般水中排放(1)。否則，需以限制

水中排放(6)再作評估。

※限制水中排放(6)：

從事浚渫淤泥限制水中排放(6)有四種選擇，包括：海底排放；以物理、化學及生態方法處理淤泥；水中圍堵；以及水中掩埋。每種選擇可單獨使用或配合其他選擇合併應用。對各種選擇方案之設計必須依高效率、可用性、費用和時效作技術可行性評估，如屬可行，以適當水中排放控制實施。否則，必須以污泥圍堵排放(5)重新分析。

※污泥圍堵排放(5)：

污泥圍堵排放(5)，必須評估下列潛在內題：放流水質；逕流水質；滲流產生及其水質以及污染物之被動、植物吸收。

放流、逕流以及滲流水質影響必須以修正淨析法(Modified Elutriate)，逕流及滲流試驗則以所做污染物釋放化學分析結果做評估。假如考慮混合與稀釋後分析污染物含量仍超出適用標準，則應以生物分析決定潛在的毒性。至於動、植物吸收必須以適當生物分析及生物累積評估。評估結果，其影響在可接受程度範圍內，則該項淤泥可以一般圍堵排放(2)處理，否則

務狀況、以及社會經濟方面影響。實施方案設計時應著重效率、可用性、適合性、費用以及時程等技術可行性評估。如可行，以適當圍堵排放控制實施。否則，必須以污泥水中排放(4)重新評估處理。

(三)確定潛在影響問題：

每一種淤泥排放方案對污染淤泥之管理皆呈現有不同的潛在影響問題。該些問題經初步評估工地特殊狀況、浚渫方法和預期場地利用考量評定後，即可確定。對水中排放而言，污染物影響問題不外乎與水柱有關之水質或與海底有關之沉泥二方面。而對圍堵排放而言，污染物影響問題則須考量與放流、逕流及滲流有關之水質以及與動、植物吸收之污染物方面。

(四)採行適當試驗方法：

特殊污染物問題的影響程度，必須以適當試驗方法評估。每一種試驗方法都須針對特定淤泥而設。對擬浚渫淤泥之試驗依下列二個問題作探討；①把淤泥排放何處使污染物活動減至最小？問題是屬地點選擇測試，沒有特定排放方法作規劃，只要適當排放環境即可。②可利用之排放地點是否可接受排泥？

彙整所有試驗資料，評估污染對環境可能造成的傷害，分析存在問題與解決方法相關性，確定對水中拋放或圍堵排放之適當限制條件，假如經測試所評估的影響程度可以接受，則可採取一般淨泥之水中排放或圍堵排放方法辦理。

#### (六)擬計執行計劃：

根據試驗方法確定特定環境問題後，必須擬定一項執行計劃提供適當的排泥作業以及有效的污染管制。

#### (七)確認可行的管制方法

對於相關執行策略，有數種措施可以採用。在控制水柱及海底影響方面，可經由海底擴散、處理、水中圍堵、水中掩埋方式在海底排放。至於對圍堵排放之控制則可透過處理，儲存以及再利用辦理。

#### (八)評估設計條件：

浚渫淤泥排放設計條件必須依環境及健康保護、技術可行性、經濟、可靠度及執行成效、以及其他工程及作業因素作考量。

#### (九)選擇適當管制措施：

最後選定之污染程度管制標準必須適合於不受特別限制之水中排放到完全控制的圍堵排放範圍。目前許多技術多屬CE所採行者或正研發者。

### 三、潛在問題及控制方法

主要之浚渫淤泥排放方法是水中排放以及圍堵排放。對任何一種排放方法均存在許多變數，而每一個變數都會對排泥區污染物之存在

產生重大的影響。唯如能應用適當之管理技術，則無論採取何種排放方法，均可獲致浚渫淤泥排放之安全環境控制。

#### (一)水中排放：

當淤泥於水中排放，將會有污染物被釋放出來而進入水柱區。另外，也將對海底生物造成物理影響及來自淤泥污染物之長期生態累積。

##### 1. 水柱影響：

##### (1)潛在問題

當浚渫淤泥排入水中（或因挖泥被攪動時），介於淤泥層水間易被交換的化學成份將可能釋出而流入水柱區。雖然，有大多數之重金屬、營養質、石油化合物、及氯化碳氮化合物摻夾在淤泥細顆粒及有機物中，但當浚渫或淤泥排放進行中或進行後，只有極少數該些有害物質含量會從淤泥中釋放而流入水柱。至於錳、鐵、毒性氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）、磷酸鹽以及放射性二氧化矽等，當浚渫淤泥於水中排放時，在水柱中之含量，在短時間內可能會比水柱之基礎含量高些，但一般而言，持續不會太久。

##### (2)試驗方法

使用溶解污染物化學分析作現有水質標準測試。目前，美國均以標準淨析法(Standard Elutriate Test)作試驗，但必須考慮混合與稀釋問題。

##### (3)控制方法：

※水中定點排放(Subaqueous discharge point)。

※使用擴散設備(Diffusers)。

※污泥水中圍堵(Subaqueous confinement)，

※污泥水中掩埋(Capping of contaminated material subaqueously)。

## 2. 海底影響：

### (1) 潛在問題：

水中排泥將帶給海底生物某一程度之污染物。污染物在生物細胞組織中累積之能力，將視生物在污染淤泥中之暴露延時、暴露濃度、鹽度、溫度以及污泥之化學組成而定。

### (2) 試驗方法：

可以浚渫地點與排放地區淤泥之污染物含量濃度作比較分析。假如浚渫地點淤泥有害污染物含量濃度較高，則必須以生物分析／生態累積分析，決定污染物含量之環境影響。

### (3) 控制方法：

與水柱影響控制方法雷同。

## (二) 圍堵排放：

當浚渫淤泥無法使用水中排放處理時，可以圍堵方法代之。圍堵排放區之構成可藉圍堤圍成一排泥區。對一般淤泥，其設計通常僅考慮留置淤泥當中之固體部份而容許所挾帶之餘水從圍堵區放流，有關其設計及運轉二項基本原則：

※提供足夠之淤泥儲存能量，

以符合浚渫作業之需求。

※設計於浚渫淤泥排放時，使固體淤泥在圍堵區內沉澱效果達最高效率，以確保放流水品質。

對污染程度較嚴重淤泥之圍堵排放，必須設計到能使淤泥留置放排泥區內，嚴格控制污染物之外流，使潛在之環境影響減至最少。至少有六種以上之污染特性必須加以考慮：

※淤泥排放過程中，污染從放流水釋放出來；

※淤泥排放後，溶解性或浮懸顆粒隨著表面逕流水流出；

※污染物經滲透流入地下水；

※植物從污泥直接吸收，接著間接由動物取食植物而吸進污染物；

※當污泥排放時或排放後，污染氣體或揮發性污染物之放出。

一般而言，污染浚渫淤泥圍堵排放對環境造成之影響遠比水中排放者來得大。

### 1. 放流特性：

#### (1) 潛在問題：

浚渫淤泥在圍堵區內排放，經過沉澱之過程，而淨化之表面水於繼續排泥中從排泥區流出形成放流水，可能包含有溶解性污染物和顆粒狀污染物。但全面污染物中絕大多數是屬顆粒狀污染物而污染到下游受流區。

#### (2) 試驗方法：

由於標準淨析法不能反應出存在圍堵排泥區內影響污染

物釋放之情況。因此，一般都採修正淨析法試驗圍堵排放區放流水中污染物之溶解及顆粒狀濃度，在靜水沉澱狀態下測得。但因排泥過程中也須分析發生於排泥區內之地質化學改變，因此，須以水柱沉澱分析，模擬排泥區有效沉澱之設計——也就是排泥區水池之大小、深度以及進流水速度，用以估計特定排泥條件之沉澱效果。

根據前述一項試驗結果，在放流水中之全部污染物濃度就可求得。然後再比較預估之污染物濃度與考慮適當混合區之可適用水質標準就可決定擬實施圍堵排放之接受程度。如試驗結果無法接受，則須以適當之水柱生物分析測試。

### (3)控制方法 (Disposal controls)：

※過濾法 (Filtration)

※吸附法 (Adsorption)

※離子交換 (Ion exchange)

※化學氧化處理 (Chemical)

※生態處理 (Biological treatment)。

## 2.表面逕流特性：

### (1)潛在問題

浚渫淤泥在圍堵區排放後，降水過程也開始進行，如因大雨而產生地面逕流，則在圍堵區內之淤泥將因污染物隨逕流水外流而對整個環境產生影

響。

### (2)試驗方法

淤泥表面逕流水質試驗須考慮淤泥乾化過程之效應。在實驗室可以模擬造雨機進行試驗。試驗方法是從擬浚渫水道鑽取淤泥樣品，以其原濕的還原狀態放在一土底試驗儀 (Soil-bed lysimeter) 上讓其自然乾燥。在乾燥過程中，將人造雨間歇性作用在 Lysimeter 上，然後收集表面逕流水樣品，分析選定之水質參數。人造雨繼續作用，直到淤泥完善乾燥，即可測出淤泥乾化時表面逕流水質。

### (3)控制方法

※保持排泥區良好狀況，

種植植物鞏固堤面；

※表面以石灰消毒；

※避免酸化 (Acidification) 及減少分解 (Dissolution)；

※將堤面覆以人造防水膜

※於污染淤泥上加蓋淨土

## 3.滲流特性：

### (1)潛在問題：

一般而言，如圍堵排泥區設於陸地則因地下次表層之滲流可將浚渫淤泥之污染物帶至鄰近之透水層而造成地下水污染。此種狀況，尤以圍堵排泥區靠近於淡水透水層，更加顯著。

### (2)試驗方法：

※Batch leaching test



，以有氧及無氧連續試驗，以確定在不同環境狀況下影響淤泥污染物之移動及釋放速度；

※以Permeameter test，求證質量傳遞方程式及在Batch leaching test中污染物從固體狀況到水中狀況分離係數。

※以One-dimensional, convective-dispersive mass transfer equation測定污染物滲流以及評估污染物在淤泥與排放區底部介面之流量。

#### (3)控制方法：

※選擇適當排泥地點，最好是粘土層不透水區；

※降水使滲流產生減至最少；

※以化學添加劑預防或遲緩滲流；

※圍堤內部加以襯裡，以防漏水或滲水；

※堤面加固避免滲透及滲流；

※從事滲流水收集、處理或回收。

#### 4.植物吸收：

##### (1)潛在問題：

當浚渫淤泥在乾潮區濕地或陸地排放後，植物就在排泥區生長。大部份情形，細粒淤泥含有大量氮和磷，提供排泥區相當有利之植物生長環境。一般而言，以圍堵排放之淤泥皆因分析含有污染物者，所以極有可能污染物經淤泥排放，

透過植物吸收而最後經人類食品進入人體。

##### (2)試驗方法：

※從擬浚渫淤泥水域中鑽取淤泥樣品放在實驗室中之濕地環境及陸上環境。然後把一種稱之Cyperus esculentus植物移植在上述二種淤泥上。在其成長過程中，觀測其生長、Bhytotoxicity、以及污染物之生態累積，然後嗣植物收成，再分析其污染物含量；

※利用浚渫淤泥之有機物泥精(Organic extrantant)分析植物對某些稀有金屬如鋅、鎘、鎳、鉻、鉛和銅的吸收情況，分析植物吸收。

##### (3)控制方法：

※以消毒或化學處理減少或避免污染物從浚渫淤泥釋放後被動、植物吸收；

※以淨土覆蓋或挖地埋藏。

#### 5.動物吸收：

##### (1)潛在問題：

動物與植物一樣，也喜歡棲居於濕地乾潮區或陸上之圍堵排泥區。甚至很多野生動物也會在排泥區繁殖生長。最關心的是棲居於圍堵排泥區已受污染的動物將移轉到一般民生食物內的問題。

##### (2)試驗方法：

評估動物吸收浚渫淤泥污染物之適當試驗方法必須考慮到淤泥排放後之環境問題及影

響動物對污染物吸收生態效果之物理化學變化。

試驗方法可利用一種地蟲 (Earthworm) 作試驗，分析浚渫淤泥污染物之毒性及生態累積。試驗時將地蟲放入潮濕或風乾狀態之淤泥內，經過28天後再測試地蟲之含毒量及污染物之生態累積。

#### (3) 控制方法

與植物吸收控制方法相同。

#### 6. 其他影響：

其他潛在之影響包括浚渫及淤泥排放時所溢出之毒氣或揮發性毒物，因對人體有害，都必須在浚渫規範內詳加訂定。

### 四、結 論

(一) 本文所述之美國浚渫淤泥排放管理策略及環保控制方法，雖然考慮技術處理項目繁多，評估不易，但過程嚴謹，邏輯性佳，且對各種浚渫作業端視污染情況而定，取捨彈性很大，大小工程可依實際情況斟酌辦理，不失為一完善管理制度。同時，該項管理策略是屬長期性管理法規，初期實施之不適，或實施上之困難，只要假以時日就能趨於正常。非但可使浚渫淤泥排放之環境評估步入正軌，而且浚渫淤泥排放環境影響也可獲致長期之控制，值得借鏡。

(二) 在美國浚渫淤泥排放之環境影響評估有一項很重要之基本概念，也就是除了管理策略所規定之排

放標準，如陸拋之放流水、逕流水、滲流水、動植物吸收等，以及海拋之水柱及海底影響等淤泥污染化學成份之含量與水質標準外，還有所謂之環境基礎標準，如受水區表面水質標準與地下水質標準，以及被動、植物吸收之營養質成份標準等，此觀念之含義：

1. 基礎標準本身必須符合環保污染容許標準；任何浚渫淤泥排放時，其放流水、逕流水、滲流水所含化學成份及有機物營養質以及從淤泥析出對水柱及海底生物影響之化學成份標準與基礎標準相比，如排放標準超過基礎標準，表示排泥後將對環境造成污染，直接排放不能被接受，必須加以處理至符合規定水質後始準拋放。如排放標準未超出基礎標準，則表示可以接受，可依設計之適當方法，直接從選定排泥區拋放（目前美國之例）。

2. 如擬排泥地點受水區基礎水質標準本身未能符合環保規定標準，即使擬排淤泥本身或本身或經處理後已達規定標準排放，結果將因受水區基礎標準差而仍達不到環保效果。如果受水區基礎標準未達環保標準，而擬排於淤泥又不符規定標準，則拋泥後，將雪上加霜，使環境更惡化（目前台灣之例）。

(三) 除前述(二)項之環境基礎標準，在從事水中排泥生物分析時，尚有數項參數必先建立，即參考淤泥、控制淤泥、稀釋濃度以及試驗品

種等：

1. 參考淤泥是浚渫淤泥從事水中排放時，如必須作生物分析，從排放地區附近未受浚渫淤泥排放影響之自然水域環境取樣，供模擬排泥區未曾排泥狀況水質參考之游泥。在生物分析試驗時，此項參考游泥將對擬浚渫淤泥作比較，並作為試驗結果之解說依據。

2. 控制淤泥是生物分析中對固體狀態淤泥之試驗結果，亦即擬浚渫淤泥與參考淤泥相比結果，超過規定標準的，則必須重新試，而重新試驗之比較淤泥，則從環保局指定未受污染地點取樣，稱之控制淤泥。

3. 現場稀釋度是依典型淤泥水中排放作業（以大型平底船開底排泥）及淤泥性質，以Tetra Tech Computer Model模擬求得淤泥排放後4小時之濃度定之。

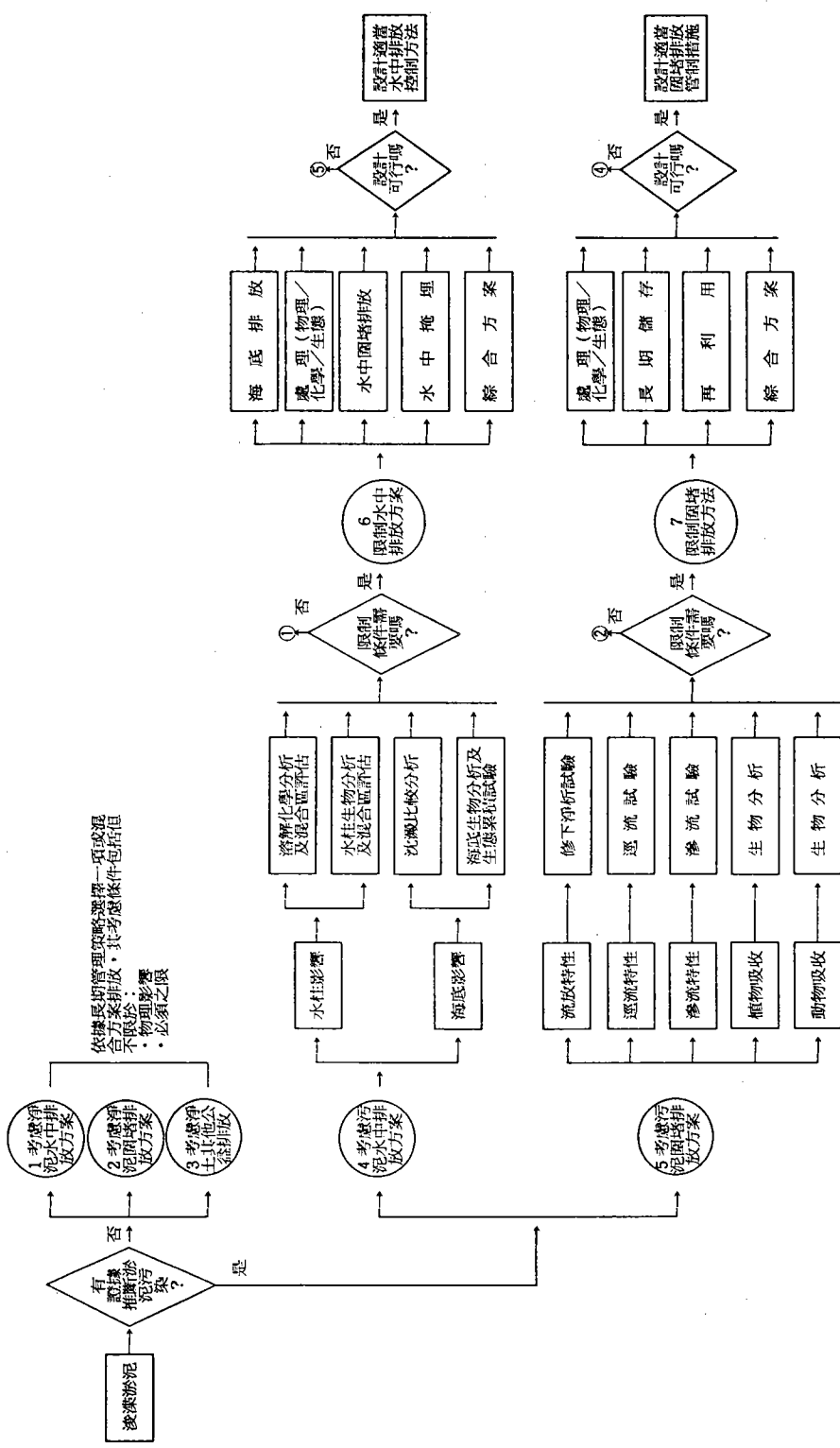
4. 試驗品種：依生物分析不同狀態，如液態、浮懸顆粒狀、固體狀態，所選用試驗之魚種。

## 五、參考資料

(一)US Army Corps of Engineers; "Management Strategy for Disposal of Dredged Material: Contaminant Testing and Controls", Miscellaneous paper D-85-1。

(二)US Army Corps of Engineers; "Water Quality Impacts of Aquatic Dredged Material Disposal", Technical Report DS-78-4。

(三)US Army Corps of Engineers; "Treatment of Contaminated Dredged Material", Technical Report DS-78-14。



圖例：

A. □表示試驗方法、可行方案及潛在問題等確定問題。

B. ◇表示各種評估作業，未定案之考慮。

C. ○表示各種評估選擇方案，已定案或繼續評估方案。

圖 1 美國淤泥排放管理策略及環保管制方法流程图示意图。

## 擁抱蔚藍海岸竟是如此困難

邱文彥 國立中山大學海洋環境學系副教授

去年夏天颱風陸續侵襲台灣，造成沿海許多地區嚴重災害。每年黑面琵鷺飛抵台南七股，必定掀起濕地保護與工業開發的論戰。就在西部海岸正大興土木、填海造地的同時，台灣的海岸正面臨著迅速侵蝕、地盤下陷、海域日益污染，以及天然資源顯著銳減的困境。儘管台灣海岸的問題日復一日，年復一年地頻頻發生，迄今仍沒有跡象顯示，我們的海岸資源已獲得確保，海岸問題有了減緩的跡象。在此海岸地區亟需統籌協調，建立適當法制之際，由內政部研擬的「海岸法」草案，在一次審查會中卻未被行政院接受。原擬在「國土綜合開發研討會」中充份討論的「海洋管理政策綱領」，卻被「農地釋出」的狂熱奪走應有的討論空間，如今「海岸法」猶如一宗懸案，似進似退，若有若無。究竟「海岸法」應如何建構，海岸管理又應何去何從，亟需國人共同關切和集思廣益。

過去對於國土源資的經營，幾乎是「重陸輕海」、「海陸分家」。常見的地圖裏，海域向來是「一片空白」。與海岸相關的法規多不勝枚舉，但海岸事務始終是一個「

三不管」的邊陸地帶，或「各行其是」的局面。例如台北縣林口海濱的「非法」填海，無論是由土地使用、保安林管理、廢棄物處置、海堤維護、海埔地開發或國有財產管理等法規而言，相關機關均難辭其咎。但至今填者照填，卻沒有一個機關採取懲治的措施，而有關的法令也似乎奈何不了這種「既成事實」。台灣沿海違規超抽地下水肇致嚴重的地盤下陷，情況如出一轍，幾年來又改善了多少？因此台灣的海岸管理需要一個強而有力、整合協調的機制，當無庸置疑。

「海岸地區」係指海岸線兩側水陸交接的地帶，包括濱海陸地與近岸海域。由於海洋的調節與作用，海岸地區經常造就了獨特、重要卻敏感脆弱的生態系。例如紅樹林對於水系調節、棲地提供、海岸穩定及水質改善，即扮演了重要功能。但紅樹林一經破壞，重行造林將需二、三十年的時間，且成本甚高，存活不易。保育人士動輒呼籲復植紅樹林，但如環境條件已有重大變遷，其成果恐不樂觀。所以海岸地區維繫其生態與環境的「自然過程 (Natural Processes)」，發

揮其應有的功能，可以說是最根本的目標。

近岸海域因為陽光充足，營養豐富，不但是「食物鏈」的起源，更孕育了全球百分之九十的魚貝產量。是故，國際間對於海岸地區的管理，均至為重視。例如，美國在一九七二年間即制定了「海岸地區管理法（CZMA）」，並以補助方式鼓勵各沿海州訂定有效的海岸管理執行計畫。紐西蘭在一九九一年制定了「資源管理法（Resource Management Act 1991）」，把海岸視為國家永續發展最重要的資源。一九九四年間，復公布了「海岸政策說明書（Coastal Policy Statement 1994）」。而聯合國「環境與發展委員會（UNCED）」於「二十一世紀議程（Agenda 21）」中，除呼籲各國保護海岸此一人類共通的資產外，並大力倡議整合性的海岸管理（Integrated Coastal Zone Management），強調海陸一體。目前，這種整合的理念已經成為國際性組織或研討會的熱門議題，而海岸地區的保育應優於開發，更屬各國已有的共識。

海岸地區無論在國防安全、交通運輸、經濟生產、廢污涵容、景觀遊憩和教育研究上，均提供人類諸多的便利與功能，因此全世界一半以上人口都是居住在距海不遠的地區內。正因為這種功能與便利，海岸地區「多樣化」的使用不但是個必然的需求，同時也是一種趨勢。然而，如何在這種多樣化使用

的需求中，追求海岸資源環境的保育與保護，必然是今後海岸管理最重大的挑戰。一般而言，海岸地區須有權責明確的主管與執行機關，建立由政策、法規、計畫、措施等完整的體制，以統籌協調海岸相關事務。海岸地區也須有詳盡的資源調查、整體的保育利用計畫，以及能確實執行的分區管理策略或措施。但是這種海岸地區管理的整體計畫，必須有充分的調查資訊作為基礎。至於區位適宜性分析、環境影響評估、開發許可及管理財務等，都是海岸管理經常採用的機制。

許多與國家永續發展攸關的資源環境，必須由公家部門所有和管理，以防杜私人所有後壟斷阻礙了公共權益，此即為「公共託管原則（Public trust doctrine）」。我國土地法第十四條稱：「海岸一定限度內之土地不得為私有」，以及西班牙、新加坡等「海岸法」宣示海岸國有原則，都呈現了這種理念。但內政部研擬之海岸法（草案）卻透過一個合法機制，讓私人「所有」海岸土地，不但影響了民眾親水與公共通行權益，也與上述理念反其道而行。此外，海岸主管機關（內政部）也自行開發海岸（淡海新市鎮），如何解決「選手兼裁判」的問題，海岸法（草案）並未解決這項課題。至於地方執行機關的安排，草案亦無隻字片語。這些結構性的根本問題，必然與海岸法的定位定性密切相關，而不能不慎重思考。

目前海岸開發行為實屬無法無天，公家部門各取其利，儘可能迴避應有的研究調查，似乎以開發售地為唯一職志；私人部門當然不落人後，竊佔豪奪，再索補償。整個海岸地區，完完全全成了少數機關或人群「利」字攸關的「資源」。此一惡劣現象，究竟合法乎？合理乎？未來台灣海岸管理需要什麼樣的政策綱領與法規制度，的確還有

不少省思的空間。然而我們十分憂心的是，如此曠日廢時的海岸立法完成之前，海岸資源與環境恐已破壞殆盡。在現階段的過渡時期，儘速落實已發布的「海埔地開發管理辦法」，並嚴格審核海岸開發的環境影響評估，恐怕是目前較為可行與極其必要的作法。

（本文主要内容曾刊載於民國八十三年十一月二十五日中國時報）

# 消波式鋼板樁碼頭在台灣西海岸之適用性

林碩章 東昀工程技術顧問公司總經理

## 一、前言

消波式鋼板樁碼頭，這個名詞是筆者首先於民國八十三年元月出版之 NO.27 期「港灣報導」中所提出者，該文中對消波式鋼板樁之斷面型式、設計概念、結構設計要點及消波室（日文稱為遊水部）設計概要曾作過簡單的介紹。文中並曾提及台灣西海岸大多為砂質海岸，採用鋼板樁來興建碼頭相當普遍，諸如淡水港砂石碼頭之主樁，台中港工作船渠、沈箱渠，中油公司投資之油駁船碼頭等之主樁以及十二至十四號碼頭之擋土設施，安平港三、四號碼頭之主樁，高雄港內之許多碼頭等等皆為鋼板樁碼頭之施工實例。採用鋼板樁興建碼頭有施工迅速、工程費較低之好處，它比棧橋式碼頭可節省相當可觀之挖泥費，甚至於塊石拋放費亦相對地減少，故對西海岸建港工程而言，頗具適用性，本文希望更一步詳加討論並舉例說明之，希望能引起民間投資企業主事者之重視，而能使消波式鋼板樁碼頭獲得青睞，減少投資支出，提高事業計劃之報酬率。

## 二、深水碼頭之設計之各種設

## 計斷面之適用性

於西海岸興建碼頭工程常見之可行斷面以板樁式、沈箱式、棧橋式最為普遍，型式之選用考量因素很多，本文無意多作討論，僅以最主要的因素，挖泥量與碼頭消波功能討論之，為防止港池淤淺而必須具消波功能時應以棧橋式為最佳選擇，挖泥量之多寡與施工位置之現有地形情況，自有不同，試以圖一說明之，如果碼頭法線之位置與現有地形之關係如圖中①所示，則不宜選用板樁型式，宜用沈箱式或棧橋式，如果是圖中②或③之情況，則選用板樁式比起棧橋式或沈箱式可節省大量之挖泥量，特別是興建中之港內，如果無適當的排泥地點可供定位式挖泥船排放時，泥方就必須以自航式挖泥船拋放外海，挖泥之施工費用就相當可觀，此時如能採用消波式鋼板樁碼頭則可兼取消波功能與減少挖泥支出之優點，實為理想之設計斷面。

## 三、消波式鋼板樁碼頭之斷面設計例

本文僅以 -14.00m 之貨櫃碼頭



爲例試算各種可行斷面並以之比較其適用性，經初步設計結果可行斷面如圖A.B.C.D.所示。

圖A爲沈箱式。

圖B爲棧橋式。

圖C爲消波鋼板樁式。

圖D爲板樁式。

因本例爲深水碼頭，採用之鋼板樁，非一般之U型或Z型即可滿足需求，板樁之斷面係數需爲組合型或鋼管排樁始足以夠用。沈箱式碼頭作爲貨櫃碼頭使用時會有相鄰沈箱不均勻沈陷，造成前輪軌道扭曲之問題，在此不作討論，僅針對本文主題消波式板樁碼頭斷面加以說明。

板樁係以鋼管排樁所構成，兩相鄰鋼管樁一支伸至RC版，另一支之樁頂則在低潮位以下，使低水位可穿透其間而達RC版下方之拋石消波設施，上部冠牆則設計消波孔，使高水位經過消波孔而可抵達內側之遊水部。高水位時即依靠消波孔及遊水部之反射波來減殺波能。

#### 四、消波式板樁碼頭適用性說明

(一)主樁之打設視地形之高低，可能爲陸上打樁或海上打樁，主樁打設完工後，陸側之基樁均可陸上打樁，俾利節省打樁費用，且工期較短。

(二)RC厚版之設計除對板樁具有減壓作用外，施工時樁位之誤差較不嚴格，不似版樁結構，對樁位之準確度要求較高。

(三)陸側基樁之懸空段很少，剛

性較佳，發揮較大之摩擦承载力，故樁之入土深度可較小，節省打樁費。

(四)施工位置之地形如爲②之情況則主樁之前側挖泥抽於樁之後側，整個工程往往可使挖填方接近平衡。

(五)主樁兩側之水位可維持平衡，殘留水壓不致造成板樁漏砂，而使碼頭後緣鋪面沈陷。

(六)整個結構之基樁較棧橋式不暴露於空氣中，故防蝕工程費較少。

(七)潮差較小之地區，可不設置RC版下方之消波設施，故RC版之打設時可無須架設模板，不似一般棧橋式碼頭之上部結構，有繁複之版樁結構。

(八)以四種設計斷面而言，其工程費之高低比較如下：

$$A > B > C > D$$

(九)消波功能之比較如下：

$$A = B > C \approx D$$

(十)施工工期之長短比較如下：

$$A < B < C < D$$

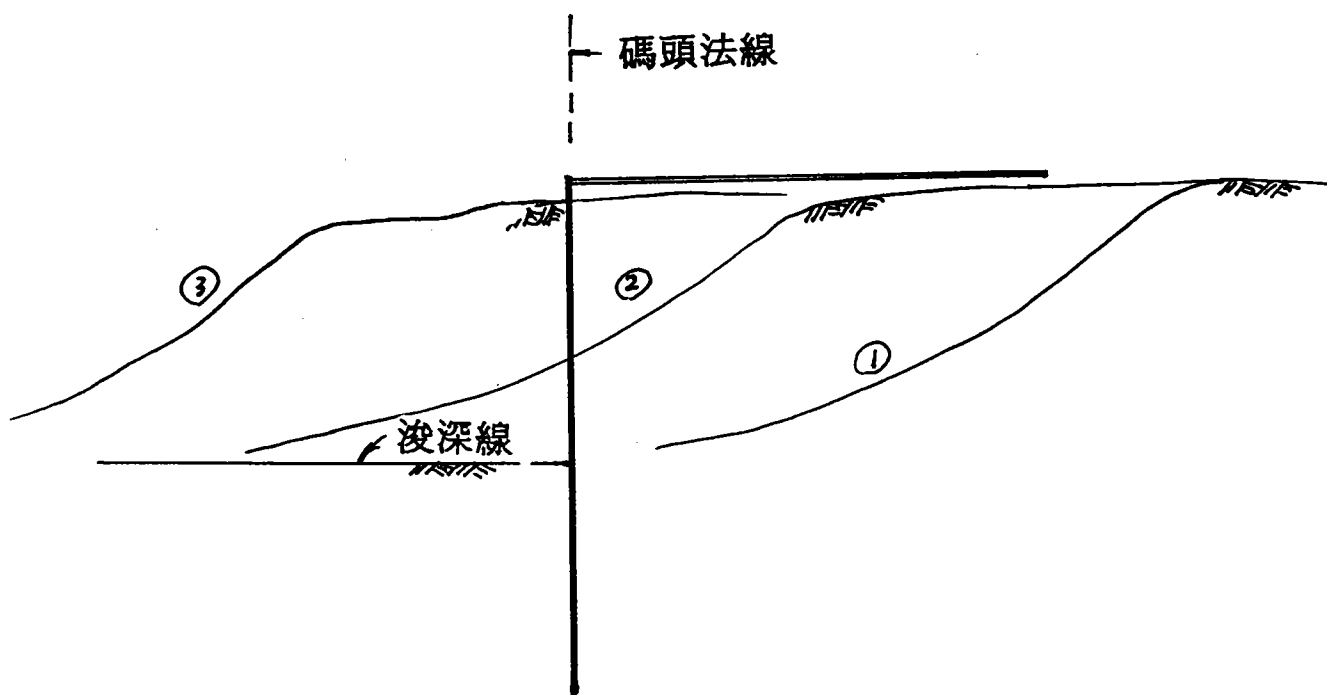
(十一)綜合上述，可知消波式鋼板樁碼頭在原有地形爲②或③之情況下，絕對有其高度之適用性。

#### 五、國外施工之實例

筆者謹舉四施工實例，說明此種消波式鋼板樁碼頭的確被歐美廣泛地採用，以下例一至例四均爲鹿特丹港之實例，由文中英文說明可知各例均爲深水碼頭，水深由-13.65m至-23.00m，可停靠50,000

DWT至300,000DWT大型船。雖然各斷面並非與筆者之構想相同，但因因地制宜，在潮差較大之台灣中部西海岸，我們更賦予較多的功能而有

消波式鋼板樁碼頭的構想，他山之石可以攻錯，這種省工期又減少投資的碼頭，荷蘭人會用，我們不但會，而且更理想化。



圖一 碼頭位置與原有地形之關係

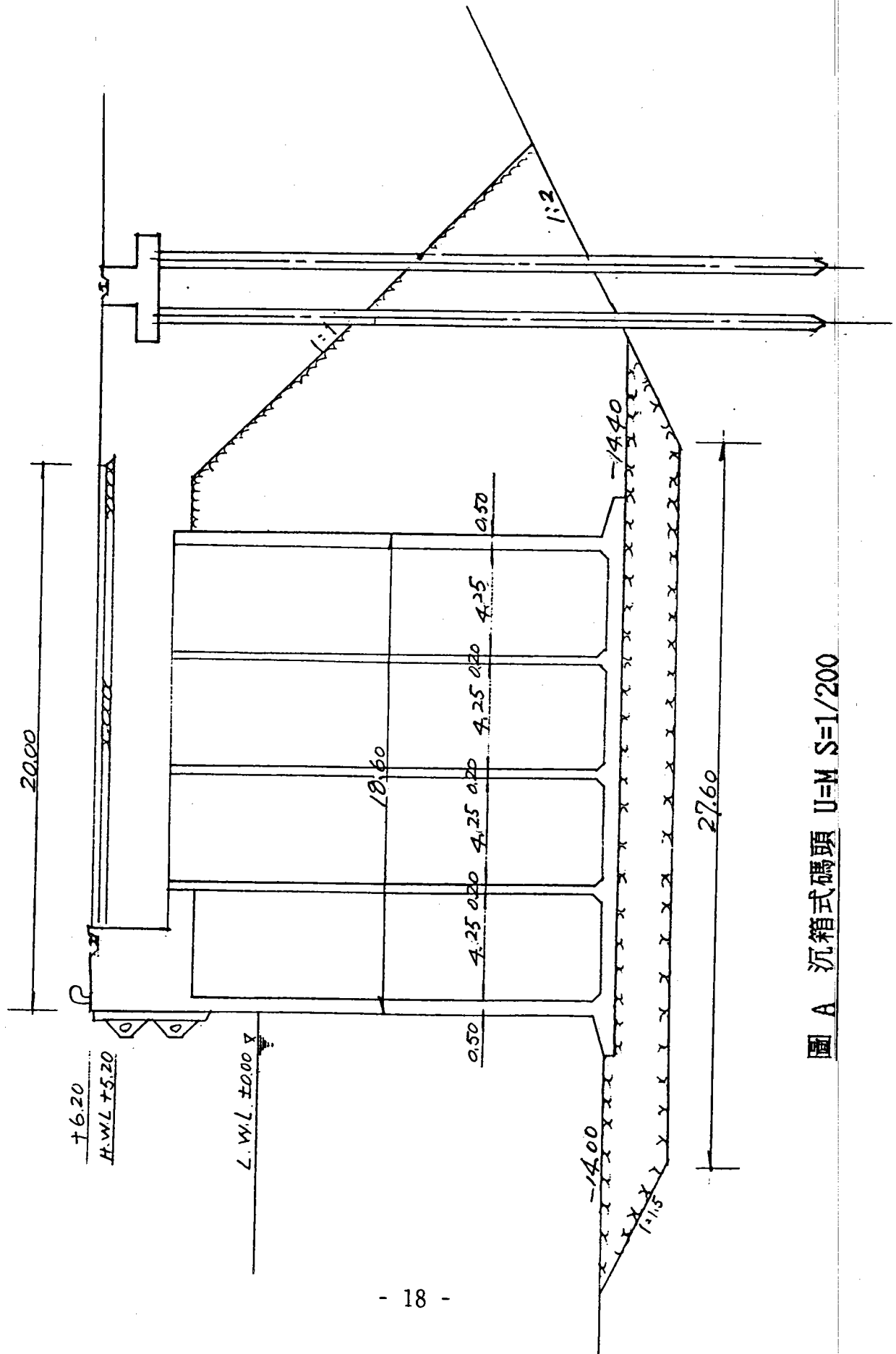
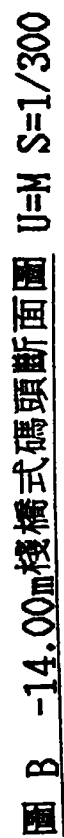
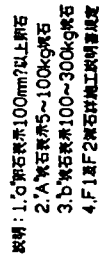


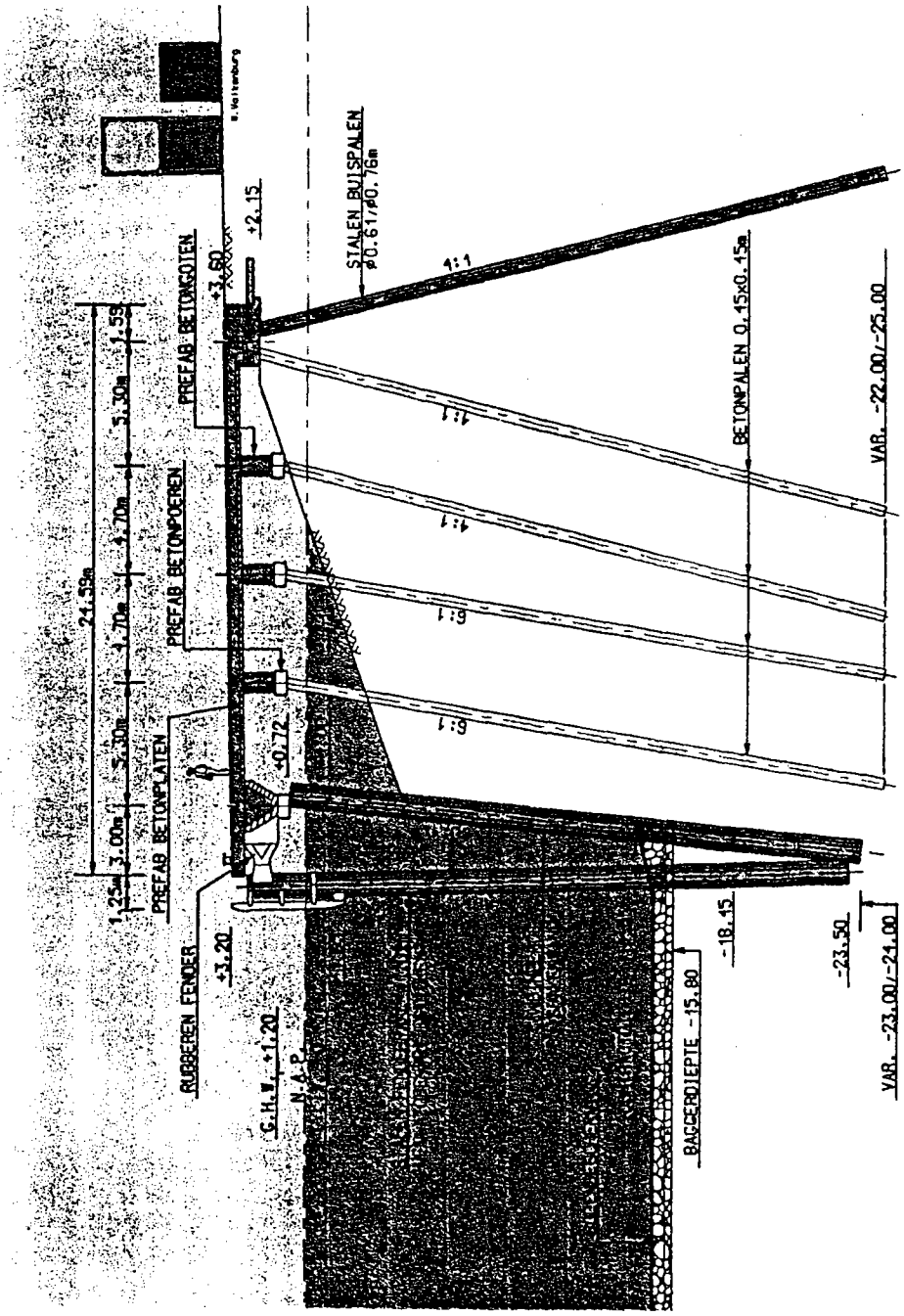
圖 A 沉箱式碼頭 U=M S=1/200





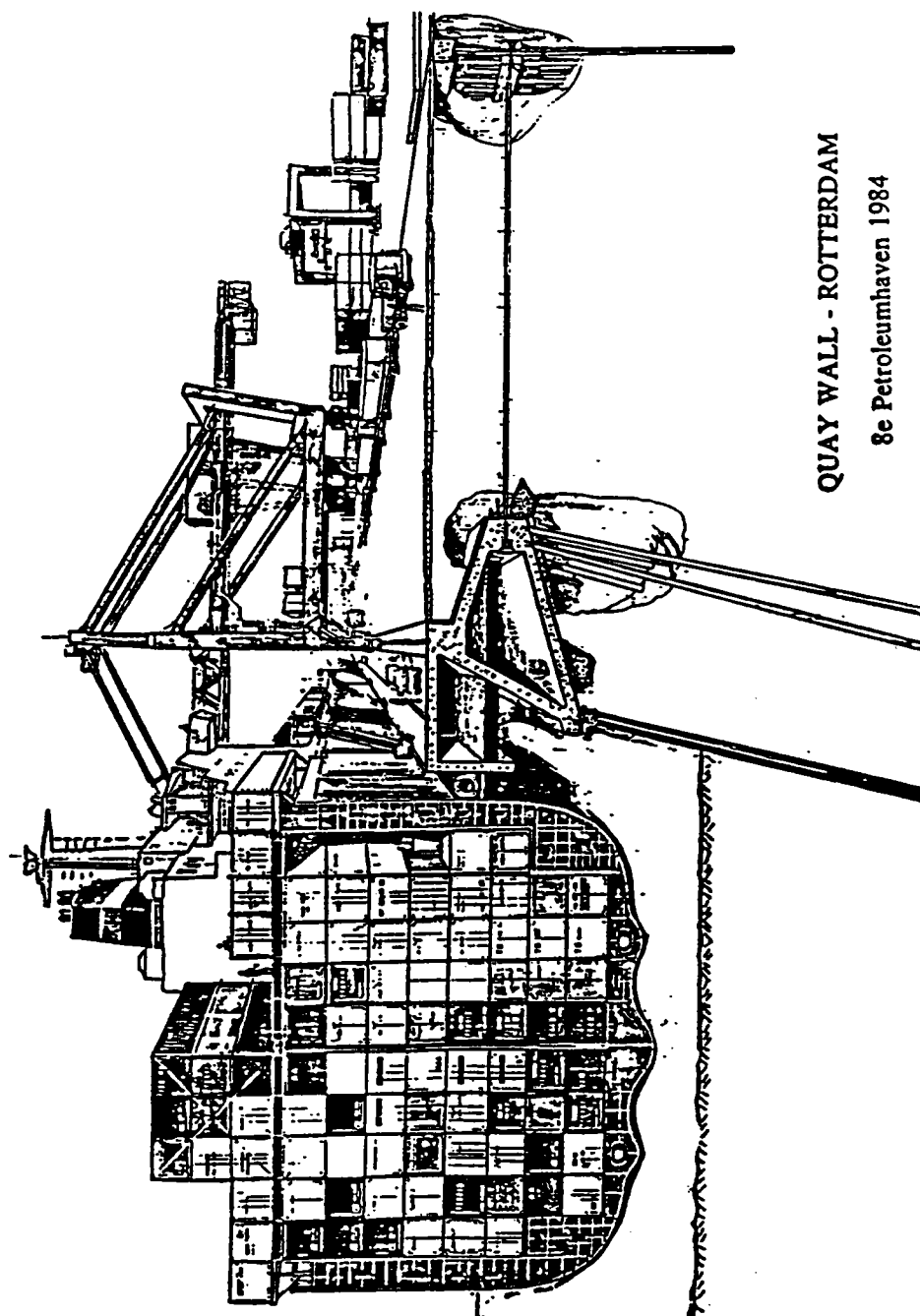
- 20 -





例 —





# QUAY WALL - ROTTERDAM

8e Petroleumhaven 1984

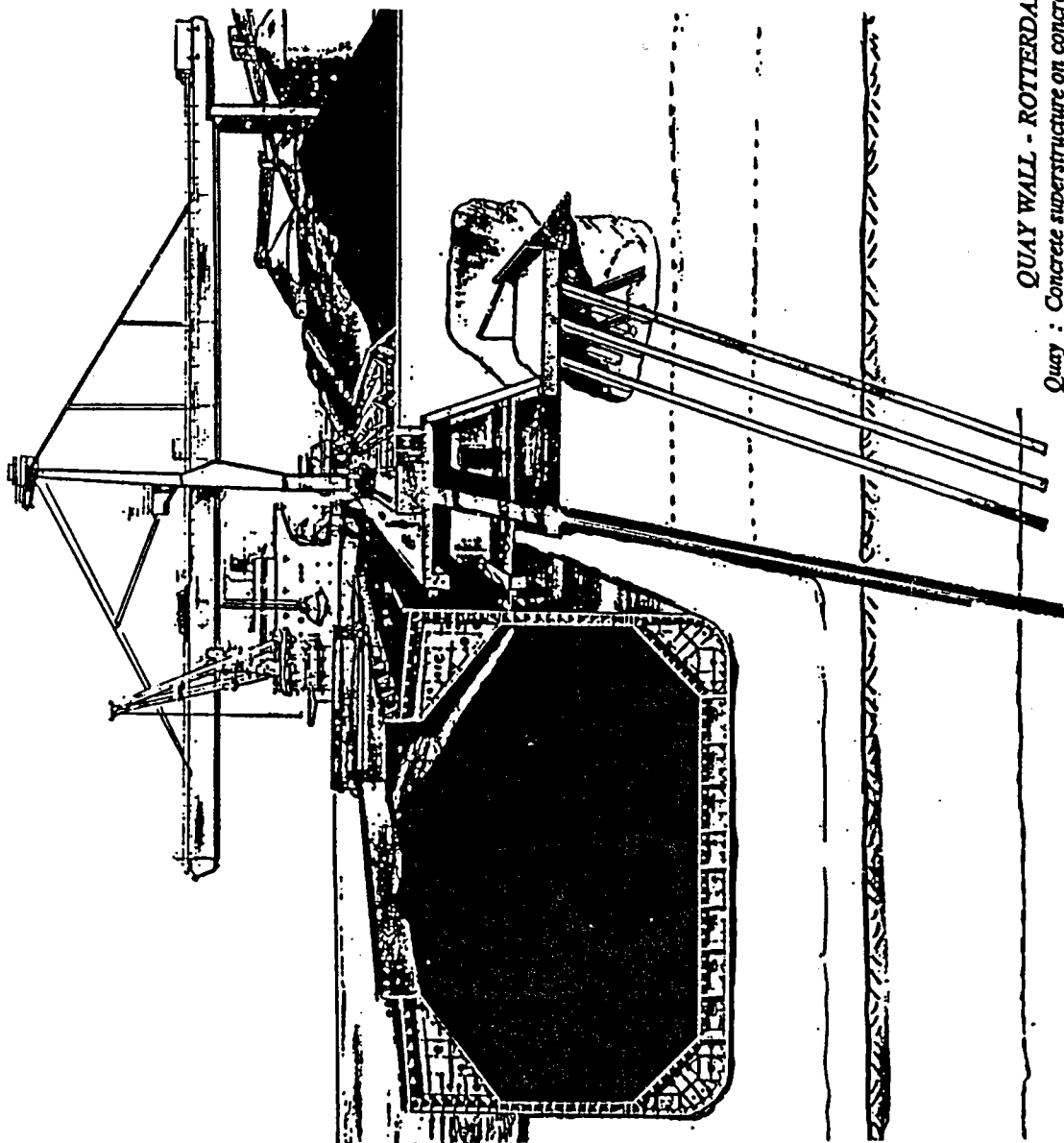
*Maasvlakte : Euro Container Terminus (ECT) - 1984*

*Quay : : Concrete delta-shaped top construction on top of concrete pile and hollow steel-box-piles. Anchoring to anchor wall that also functions as the foundation for the backleg of the container crane.*

*Height of quay wall : 3.5 m + NAP*

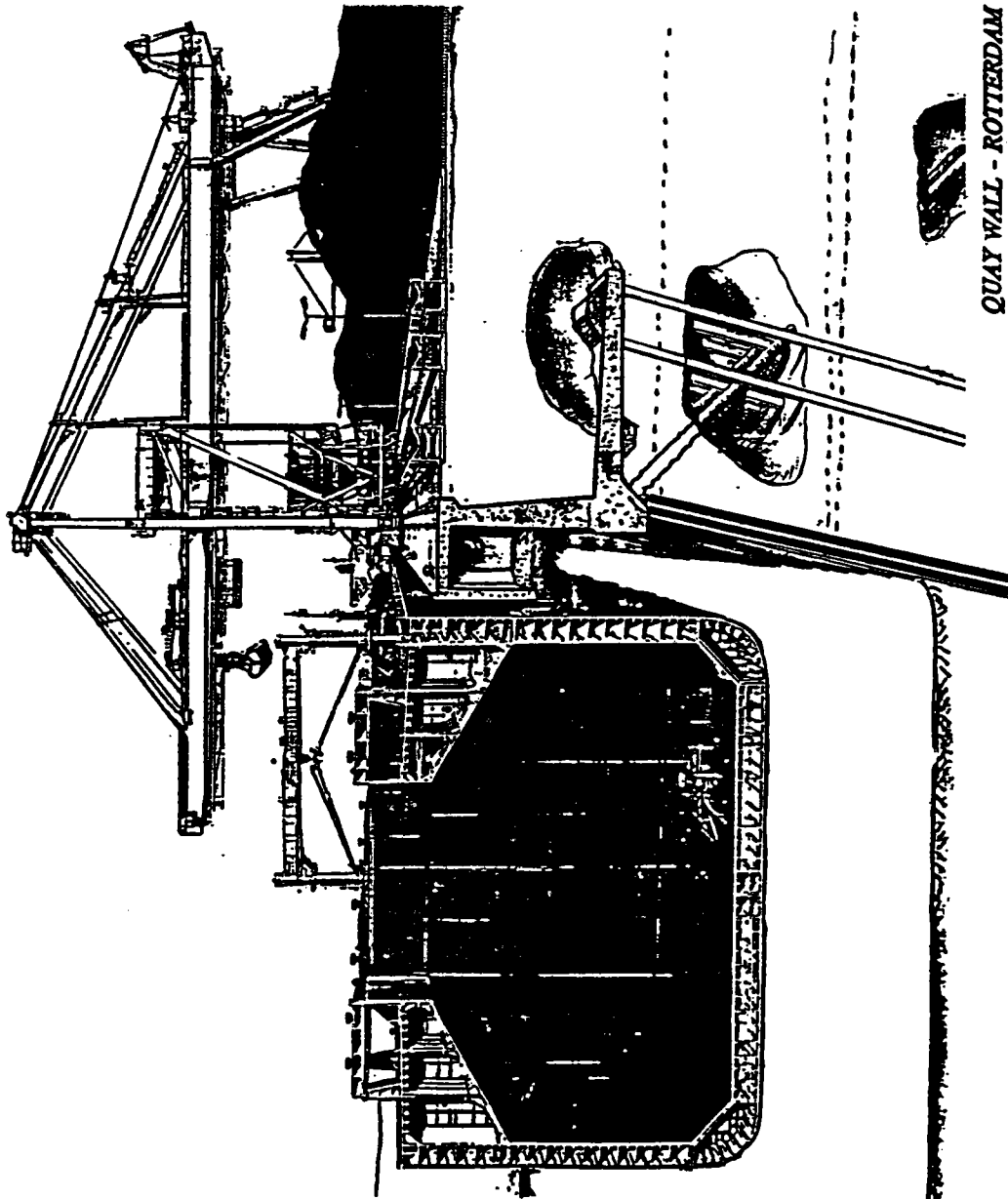
*Depth of harbour basin : 13.65 m - NAP, (with further deepening to 15.65 m - NAP possible).  
Accessible for container ships of up to 50,000 DWT.*

例 二



例 三

QUAY WALL - ROTTERDAM - Sint Laurenshaven 1963 (Bollek)  
 Quay : Concrete superstructure on concrete piles and steel sheepiles. This sheepile is earth-retaining and bearing. The structure is heavily loaded by the crane and the ore storage.  
 Height of quay wall : 3.35 m + NAP.  
 Depth of harbour basin: 13.65 m - NAP, accessible for ships of upto about 80,000 DWT.  
 At high water ships of upto 120,000 DWT can be received.



QUAY WALL - ROTTERDAM - Mississippihaven 1984

Maasvlakte : EMO (European bulkhandling company)

Quay wall consists of a heavy concrete L-shaped wall, that at the waterside is founded on very heavy hollow steel box-piles and at the backside on concrete piles. Additional tension piles are provided for sufficient anchorage to withstand the heavy earth pressure.

Height of quay wall : 5.00 m + NAP.

Depth of harbour basin: 23.00 m - NAP, accessible for ships of upto about 300,000 DWT.

例 四

# 改進台灣地區各港埠貨櫃營運之建議

王慶福 港研所規劃組研究員兼組長

交通處為因應時代之需求，以發揮各港埠最佳之貨櫃營運狀況，委託本所辦理「改進台灣地區各港埠貨櫃營運之研究」計畫，希望藉由本計畫研擬出港埠貨櫃營運可行之改進方向及策略，本報告目前業已完成，限於篇幅，在此謹節錄出本研究之建議，以供各港參考。綜合台灣各港貨櫃營運現況及績效、內外部環境因素等之分析，並參酌航商及港埠相關單位之意見，謹針對各港個別及共同營運問題，分別提出以下之建議事項。

## 一、基隆港貨櫃營運之建議

(一)配合民營化趨勢，開放部份貨櫃碼頭及後線設施供主要航商聯合承租經營，以提昇貨櫃營運效率，及避免航商遷移航線而流失部份貨源。

(二)改進貨櫃碼頭之優先靠泊制度，以兼顧公平及服務效率為原則。減低收取非優先船移讓碼頭之移船費，以減少在港內有空船席時非優先船因顧慮被迫移讓而不願靠泊，而造成船席閒置。

(三)鼓勵航商採「裝卸貨櫃先進場」之作業方式，予以優先調配船

席，以提高貨櫃船席生產力。

(四)基隆港短期內增加貨櫃碼頭之可能性低，可以添增橋式起重機來替代增加貨櫃碼頭，以紓解船席不足之問題。

(五)基隆港貨櫃場地空間受限下，引進高效率之貨櫃場作業方式、堆取設施、貨櫃儲存方式。

(六)檢討較不適用之設施（如船舶修造廠）改建為港區貨櫃儲放場之可行性。

(七)配合西岸聯外道路之即將完成，研究將貨櫃基地全部配置在西岸港區之可行性。

(八)重新檢討港區配置規劃，研究港區內興建高層貨櫃集散場或港區外大型貨櫃集散站之可行性。

(九)擴增基隆港貨櫃作業能量，並實施碼頭出租制度，吸引航商經營貨櫃業務，以緩和北櫃南運之現象。

(十)積極推動北部新港或基隆港擴建，以因應北部區域貨櫃貨源遠超出其他區域甚多，而基隆港卻無對等設施能量來提供，造成大量之內陸轉運現象。

## 二、台中港貨櫃營運之建議

(一)實施貨櫃基地出租營運方式，配合優惠之租賃條件，俾與他港實施良性競爭，以緩和貨櫃南北運輸問題，充分利用現有設施提高經濟效益。

(二)繼續開放後線貨櫃倉儲業務供民間企業投資經營，形成市場競爭，以提昇服務品質。

(三)增加台中港公用碼頭貨櫃起重機數量，以提高貨櫃碼頭能量，縮短貨櫃船在港作業時間。

(四)台中港未開發土地尚多，對外交通系統亦甚便利，應可配合政策規劃提供廠商設廠及建立物流倉庫等。惟有關土地、固定設施、產權、租金高低等因素仍需再做深入檢討，以吸引廠商投資。

### 三、高雄港貨櫃營運之建議

(一)調整公用碼頭以增加出租貨櫃碼頭，以提高船席生產力。

(二)訂定出租貨櫃碼頭保證運量之限制，及以二階段計費方式取代固定費率方式，以激勵航商攬貨增加港埠貨源。

(三)檢討貨櫃基地設施租金之合理計算模式，以排除航商抗拒及維持港務單位之公權力。

(四)就港埠整體發展而言，貨櫃基地經營不宜有太多之分割，各自為政而失去整體使用之效益，應鼓勵現有承租航商聯合經營，以達到統一調配、相互支援之功能，提昇整體貨櫃營運效率。

(五)公用碼頭位置應集中，碼頭後線交通動線要通暢，以利事先進

儲之貨櫃裝船時，不致拖櫃作業往來費時與不便。

(六)誘導承租碼頭之航商樂意在碼頭空檔時，提供非承租航商泊靠及裝卸，以收統一調度相互支援，發揮碼頭應有之能量。

(七)誘導主要航商聯合承租經營貨櫃碼頭及後線設施，並用電腦整合碼頭作業系統，透過專家系統執行船舶裝載、船席指派、場站存取規劃、進出貨櫃集散場等作業，有效縮短船舶在港及貨櫃運送時間。

(八)高雄港租用碼頭橋式起重機之租金計算，應參酌合理之勞動量、折舊情形、造價等因素，使租金趨於合理。

### 四、花蓮港貨櫃營運之建議

短期內花蓮港之貨櫃貨源預期不多，仍不具發展貨櫃業務之條件，如遽然添購貨櫃機具，將形成投資浪費外，港務局財力亦不勝負荷。將來航商或貨主如確認有需要時，建議採合作投資興建方式，以有效掌握貨源及降低港務局財力負擔。

### 五、台灣地區港埠貨櫃營運之建議（各港共同之部份）

(一)健全港埠管理體制方面

1.短期內應就體制內透過授權，逐步放寬人事、預算、採購等諸多限制，使港埠經營管理逐漸走向企業化。

2.中長期應推動整體港埠體制之改革及經營組織之調整，使

「航、港行政管理」與「棧埠營運」各自分立，並加速港埠經營管理自由化、民營化、國際化。

(二)改進貨櫃基地營運方式方面

1.貨櫃基地應朝「貨櫃基地營運作業電腦化」方向改進營運，使透過電腦資訊系統進行船席安排、設備及人員調派、裝卸機具整備與作業、場站規劃，以利貨櫃船靠離、裝卸及貨櫃之堆放、查詢、提櫃、領櫃更為有效與便捷。

2.因應民營化趨勢，修訂現行港埠設施投資與營運規章，提供航商永續經營貨櫃基地之投資方式。

3.改進貨櫃基地設施租賃制度。

(三)改進船席調配制度方面

1.船席調派採電腦化作業，透過專家系統研擬最適化之船席調派。

2.簡化進港船舶之安檢作業，縮短貨櫃船在港作業時間，以提高船席之週轉率。

3.船舶進出港之清艙、聯檢作業，研究將查船之責任交由船長負責，由航商出具無走私及偷渡保證書之可行性，以縮短船舶在港時間。

(四)加強裝卸設施及作業方面

1.研究裝卸設施合理之使用年限及折舊方式。

2.全面實施貨櫃裝卸作業電腦化管理，提升港埠作業效率。

3.加強現場裝卸管理，並記

錄工作人員作業情形，隨時檢討改進。

4.開放由航商及民間企業投資經營裝卸公司，並自行雇用碼頭工人，以提昇營運效率。

5.因應港埠裝卸業務開放民營，避免特權介入而影響營運績效，應訂定明確合理之資格規範。

(五)加強貨櫃場施及作業方面

1.以免租優惠方式鼓勵貨櫃先進場措施，以發揮貨櫃場最高之使用率。

2.貨櫃集散站管理電腦化，以加速貨櫃提領作業與便於集散站管理。

(六)健全港埠費率方面

1.港埠業務費費率宜賦予適度彈性，依港埠能量大小、服務水準，依各港地理位置特性、環境條件優劣、商港設施能量、服務水準及運量等狀況，考量配合競爭力強弱，適時作機動調整。

2.公用碼頭之碇泊費計費單位改以小時為計費單位，以提高船席生產力。

3.取消裝卸工資對內分配制度，全面檢討裝卸費率及港務局投資裝卸機具報酬率之合理性。

(七)加強碼頭工人管理

1.加速碼頭工人之新陳代謝。

2.隨著碼頭作業機械化、自動化，重新調整碼頭工人工作分配及工人工資制度。

3.參考歐美及亞洲作業較優

之港口制度，及參酌我國港口作業習性，修訂現行碼頭工人管理辦法。

4. 開放裝卸公司，由航商及民間企業投資經營，自行雇用碼頭工人，以提昇營運效率。

(八) 加強海關作業配合

1. 延長海關勤務時間，以緩和貨櫃集中結關之尖峰，平衡港埠及聯外交通之負荷。

2. 重新檢討廢除不必要之海關規費，以提高台灣港埠競爭力。

3. 海關對轉運櫃於港區內儲放時，免除固定位置、固定範圍之限制，以增加儲放空間之彈性運用。

4. 減少對轉口貨櫃之干預，對轉口櫃免予抽驗。

5. 引進較高科技之檢驗設備或儀器，以減少驗櫃必須拆裝櫃產生之延滯。

(九) 加強貨櫃集散站管理方面

1. 嚴格要求貨櫃集散站之經營規模，以避免小型貨櫃集散站林立，產生惡性競爭，影響服務品質。

2. 對集散站等特殊行業工人之工作時數及勞資關係作一合理的檢討改進。

3. 加強取締非法空櫃經營業，以維護合法貨櫃集散站業者之權益，使貨櫃集散站產業步入常軌來發展。

4. 由交通部協調相關單位於都市計畫通盤檢討時，就相關地政

法令中對經營貨櫃集散站之地目規定加以檢討、修訂，以消除業者的經營障礙。

(十) 推行港埠資訊電腦化方面

1. 建立港埠資訊網路，添購資訊軟、硬體設備及加強人員訓練，舉凡港灣、船席、裝卸、倉棧、機具、維修等部門都納入港埠網路連線，以加速港埠作業，提高工作效率。

2. 加速港埠資訊網路與財政部推動之「貨物通關自動化」網路連接，以提高港埠服務品質。

(十一) 改進貨櫃南北內陸轉運方面

1. 配合高雄海運轉運中心之成立，建立環島航運系統，協助業者克服台灣沿海船運經營之困難。

2. 加強沿岸貨櫃海運貨櫃之棧埠作業流程、航政作業及報關作業流程及文件作業等之相互配合。

3. 規劃各港轉運櫃專區，並得視業務量時調整，轉運船靠泊船席無須使用專用碼頭，以接近擬轉運之貨櫃所存放之櫃區之碼頭為原則，避免押運之困擾。

(十二) 推行港埠貨物運銷中心

1. 建立以港埠為中心之貨物配銷中心，以加強進出口貨之處理、分類、保管、配送、加工、展示及銷售的機能。

2. 為配合政策規劃提供廠商設廠及建立物流倉庫，有關土地、固定設施之產權、租金高低等因素需再做深入檢討。

3. 比照新加坡、香港自由港之措施，免除轉口樞查驗及限制措施。

4. 有系統修訂定相關法令，包括航運、海關、倉儲、電信等方面，減少法令干涉或牽制，以

利於運銷系統之建立。

5. 建立一套以港口為中心的開放式航運資訊網路系統。

6. 加速建立自由貿易區，並納入際港埠貨物運銷整體系統中。



# 港埠作業民營化之探討

朱金元 港研所規劃組研究員

## 一、前言

由於民營業者具有經營策略富彈性、服務品質佳、營運效率高之特性，並且因此能提升港埠的整體競爭能力以及減低政府行政上與財務上之負擔，因此在以市場經濟為導向之國家，莫不致力於港埠作業之民營化，以提升其經營之績效與在國際航運市場上之地位。台灣地區基、高兩港之裝卸作業制度，承受歷史包袱之影響，港務局與碼頭工人的僱傭關係糾纏不清，至今尚未釐清，從而影響整個港埠之營運效率。因此，未來在台灣地區港埠要發展為亞太海運中心，必須提升作業效率之要求下，各項作業之民營化，似乎也是必須要進行的工作，而且是越早進行越好；否則，夜長夢多，以後為了改制所要因此付出之代價可能會越來越高。港埠作業之民營化，世界各國之民營化過程與民營化程度，不盡相同，端視各國本身特殊環境及其需要而定。其實，只要能滿足航商、貨主以及港埠使用者種種需要並且能對於市場環境變遷迅速作出適當反應之制度，即為一好的制度，而不必拘泥

於某一特定型式。

## 二、民營化之優點

根據英國港埠協會 A.B.P 研究及顧問有限公司常務董事，Eric E. Pollock，發表之論文，說明了就港埠事業而言引起民營化興趣的原因。首先，大家對於公營企業、公營商業與服務機關，都有一個共同的觀點，就是：太官僚、太沒有彈性、無法適當反應顧客的需求。更甚者，即使一些比較有效率與賺錢之單位，也仍然必須要受到公務機關種種法令規章不利的限制，而這些單位，也只有在民營化後，置身於以市場為導向的競爭氣氛中，才能完全發揮它的營運潛能。

廣泛的說，前述這些限制條件之形成，乃是因為在經營管理過程中，經常牽涉到下述之一項或多項之因素：

—人事管理經常受到公務機關僵硬法規的限制與阻礙，

—預算受到上級機關審察、擱置，甚至更改或變動，

—費率之制定，不能由實際執行運作的機關按其狀況自由裁量與判斷，

一行政法令加諸於不同作業階段之限制，例如：顧問諮詢、內陸運輸之開發、內陸貨櫃集散站的設置或者荒廢港區土地之再開發等。

去除這些限制以後，港埠民營化最大的優點，就是港務局可以很自由的把它不想要經營之作業項目，或者由其本身經營無利可圖的項目，移轉給第三者去經營。而在政府這方面，則可以因為港埠作業之民營化，減輕財政上以及行政管理上之沉重負擔。

### 三、民營化的型式 (Pattern)

民營化目標的達成，大體而言，可以經由下述幾種不同的途徑或者大小不一的民營化規模來完成。

#### 3.1 典型的民營化型式 (The Classical Pattern)

典型的以及試驗過並且證明效果良好的民營化型態，就是地主港的觀念 (Landlord Concept)，鹿特丹、紐約、安特衛普以及漢堡港等各類不同碼頭之營運方式，就是地主港觀念之模範，不論在貨櫃碼頭、多用途碼頭 (multi-purpose terminal) 或者乾散貨、液態散貨等碼頭都是如此，即使在法國里哈佛港 Le Havre 之 C.I.M 油碼頭以及在 Rouen 之多功能碼頭等，裝卸作業都是由民營公司經營的。

撇開可以已經由民營機構經營之特定作業項目不談，例如：拖船、駁船、引水作業 (雖然有很好的理由，可以說明必須由港務局來經營引水作業) 等，單就裝卸作業部

分之民營化過程，就有好幾種，包括 Le Havre 之 C.I.M 油碼頭以及香港葵涌貨櫃碼頭，民營公司提供之設施甚至包含基礎設施 (infrastructure)；或者僅限於上部設施 (superstructure) 之提供與經營；有些港埠之碼頭吊桿與起重機甚至還是由港務局提供的呢。無論如何，大家普遍的共識就是：民間投資於碼頭各項設施之百分比，應該要儘可能的高，以確保民營化以後之經營與管理更有彈性與效率。

港務局與私人經營者彼此之關係，其合法之規範架構通常透過租賃 (lease) 契約之訂定，在比利時則稱為特許權 (concession)。租賃契約包含碼頭船席控制範圍內數十公頃之上部面積，租期通常為二十~五十年之長期契約。租約內容應該要說明碼頭出租的目的，包括在何種狀況下可以修正的條文，以及在合約到期或者經營者破產而導致契約關係結束或中斷之處理與安排。如果港務局認為適當，也可以要求提供技術性或者監視性之措施，例如：安全裝卸噸量、起重機軌道計、建築管理規則以及統計資料之回饋等。但是基本上仍然要尊重經營者之管理責任與意見。

在法國，港務局與私人經營者關係之管理，係透過特許權的給予以取代彼此租賃關係之簽定，港務局對於取得特許權者，仍然保有許多實質上之控制權。例如：所有的機械設備與經營者自備之各種設施，必須於特許權到期的時候，仍然

保持良好的狀況，並且無償的交給港務局。雖然如此，法國最近發展的趨勢則是傾向於將特許權之運作時更具有彈性，使得彼此之關係，或多或少與租賃型態之關係相似。

特許權的型式，也應用到英法間渠道隧道（Channel Tunnel）之建造，以及英國位於Dartford第三條橫跨泰晤士（Tames）河橋樑之建造。位於Dartford這條橋由英國Trafalgar House與以前紐約港碼頭之經營者USL採取策略聯盟之方式經營，特許權為二十年，屆時橋樑包括引道，都要交還英國政府。這個策略聯盟之所有投資，則將經由過路費之收取來獲得償還及取得利潤。

### 3.2 廣泛的民營化型式(Comprehensive Pattern)

廣泛的民營化型式僅僅出現於英國，它包含用來建設港埠之土地所有權，以及原先被稱為港埠核心之功能與其它種種的港埠設施與服務項目等，以港務局認為合適之方式直接或透過第三者加以釋放。雖然這種民營化方式，很多人持保留態度，但是這種民營化理論的擁護者卻認為這種方式至少擁有兩種獨特的優點：(1)鼓勵同樣從事港埠經營與開發之機構聯合經營，例如：英國港埠協會A.B.P.購買Colchester與Teignmouth；(2)幫助民營機構提供各項作業分工之最大可能範圍。

根據港埠其原來的法律地位（status），港埠民營化可經由下述

程序達成：

(一)原來港埠所有者出售其所有之股權，例如：A.B.P.自英國政府購買Colchester與Teignmouth，

(二)擁有自治權之管理委員會發行股票給原來之公債持有人。

處在政府之地位，在港埠民營化過程中，首先必須決定有那些項目是私人機構有興趣也應該要鼓勵的，而又有那些是應該要限制或解除參與障礙的。例如：政府可能希望限制外國人持有股數的百分比，同樣的也有可能限制外國僱員參與的範圍，以作為促進經營效率之獎勵措施。

如果民營化隱含著私人可以在財政上公平的參與，則保證有多少資金仍必須由政府持有的型態，雖然在事務之運作可以被導引像私人機關一樣，卻仍然不能視為真正的民營化。例如位於Senegal地方自治的Port of Dakar轉變成國營公司，只不過是對於在公家體制下，受到種種不合理限制且困擾的經營環境，所採取的先發制人策略而已；同樣的在瑞典，設立新的Port of Gothenburg A.B.以接管原先受市政府控制的港埠設施經營，相信也是基於同樣類似的理由。除此以外，Port of Gothenburg A.B.在取得所謂的民營地位後，將某些港埠作業儘量分工，交給其成立的子公司經營，則證明比由其本身來經營好得多。

最後值得一提的是，原先港務局就公務機關而言認為是其責任的

部份，例如：長期發展規劃、基礎設施投資、港埠相關作業之監督、港埠行銷與公共關係等，雖然民營化後，仍然要付予民營機構行使相關責任的權力。

### 3.3 港埠作業之分割

紐西蘭政府對於前節最後所述的責任部份，尋求可能的第三種解決方法。為呼應已故國家港埠顧問提交給運輸部的報告「港埠產業」(port industry)，文中企圖將貨物裝卸流程中，未具商業利益以及具有公共責任的部份與具有商業利益的部分分開來。因此所有主要的港埠委員會，不得不組織一家公司或多家公司來經營具有商業行為的設施。在新的「股份有限公司法」計劃下，這些主要港埠在公司一開始成立時，必須取得新公司百分之五十的股權，而其它百分之五十的股權則分散至其它地方有關當局。這些公司必須依照「公司及商業法」之條款經營，並且也必須像成功的企業一般，發給其股東紅利。

雖然如此，仍然有若干之灰色地帶無法釐清，例如：應該由誰負責各類碼頭基本的基礎設施，現有碼頭前線的碼頭工人組織架構是否需要修正或者中止，使得僱主與僱員之間有直接的關係。紐西蘭政府希望這些新的方法能夠提高港埠內部或者港埠之間的競爭力，從而使得裝卸公司有真正的誘因去檢討整體之人力資源水準和真正需要的裝卸機具數量及效率。

## 四、問題的產生

在民營化的過程中，會陸續產生各種不同的問題，其中最主要的包括：整體大環境的形成、選擇適宜的經營者來經營欲民營化的作業項目，以及監督民營公司的績效等。

### 4.1 民營化之整體大環境

包括政治情勢、經濟需求、社會環境等條件，都必須要有利於民營化之進行。港埠之競爭環境，是民營化後所不可或缺的，即使在單一港埠內沒有競爭，至少也必須要港埠間彼此有競爭情形，因為這樣才可以免除壟斷的後果。另外，對於港埠之勞力問題取得一致的共識，至少不排斥的態度，也是民營化成功的先決條件。要取得碼頭工作者接受港埠民營化之發展，實施前長時間充分之資訊宣導是不容忽視的。最後，民間公司必須要有承作的意願而且要有能力執行其業務。還好，在這方面民營公司之表現，確實有案例證明它們有這個能力。

### 4.2 民營業者之選擇

如何選擇適宜之經營者是一件非常困難的事，因為並沒有一套標準模式或者一套普遍被接受之程序可資遵循。同時，也因為欲民營化項目之本質不一，而使得這項選擇更加複雜。譬如在法國，貨物裝卸業務開放自由競爭(Free competitive sector)，任何人或公司只要符合單一條件，也就是願意支付勞工局必須之規費(Labour Board

levy)，就可以提供貨物裝卸之服務。相反的，在英國則必須先取得相關港務主管機關之執照許可，才可以承作貨物裝卸。撇開這些特殊的情形不談，再來討論不同碼頭之使用與經營情形，則獨立專用之碼頭與共同使用的碼頭同樣的也應該要分開處理。

就專用碼頭而言，並沒有選擇經營者的問題。因為這些專用碼頭之經營者，不是使用這個碼頭之航運公司就是其子公司，或者是負責提供某類貿易全部服務之貿易機構。正如前面所述，租約必須包括權利與義務或責任，可能還包括由港務局提供之岸肩起重機。專用碼頭之例子很多：美國紐約港之 Sea Land 與 ACL 碼頭，Casablanca 之磷酸鹽碼頭，臺灣高雄港之出租碼頭以及許多石油公司之原油裝卸設施等。

而對於共同使用碼頭，則沒有一個明顯的解決方案，召開國際標準得標者來參與經營，可能是不錯的選擇方法。這種方式已在加拿大溫哥華之 Centerm 與 Vanterm 碼頭、馬來西亞巴生港之貨櫃碼頭，與香港葵涌貨櫃碼頭之建造與營運等案例，獲致良好的結果。香港政府曾經考慮有三種方案提供給投標者選擇：

(一)海域出租，其餘的規劃、設計、施工、營運，完全由得標者負責，

(二)行政單位負責碼頭岸壁與碼頭之填築，後續之完成與營運則由

承租者負責，

(三)與貨物裝卸業務，各自分開或合併，去經營一個完全建造好的碼頭。

最後，香港政府採取了第一案，而且為葵涌三個貨櫃碼頭的經營者所遵循。根據香港海事處處長的說法，這個方案導致貨櫃碼頭之經營非常的有效率。碼頭經營者除需付出一筆使用權利金外，每年仍然必須按地價負擔某一比例之土地租金。租期結束，原有經營者則擁有優先承租權。

對於未來有可能參與經營業者的優點評估，是非常重要的。就這方面，結合當地利益、港務局或者在已開發國家有良好裝卸信譽且專業又可靠的公司，是值得推薦的。在葡萄牙里斯本之里斯本港即由德國北部港埠與葡萄牙當地業者所共同投資經營。波斯灣的 Venice 以及馬來西亞巴生港之貨櫃碼頭，也是同樣的情形。

不管選擇的手續如何規定，在選擇的過程中，都有可能是抱怨與牢騷不斷。比利時一些業者就對 Antwerp 市政府將 Antwerp 港 Berendrecht 碼頭之經營管理權給予 Hessnatic 之決定深感困擾，因此其中之一的 Katoen Natie 乃決定到法國之 Zeebrugge 投資三十億比利時法郎興建貨櫃碼頭，但是卻又對外宣稱該舉動不是針對 Antwerp 市政府之報復。

4.3 港務主管機關與民營業者的關係

有許多例子顯示，例如在紐西蘭，港務主管機關在碼頭之經營者當中，持有股權，如此可以監督該公司之營運績效。撇開這些有利的條件不談，這種安排之優點引發許多爭議。降低該公司想積極從事商業活動的希望，可能就是這種組合的結果。更甚者，如果議會也同時有代表在敵對公司之董事會時，港務主管機關可能發現它們自己置身於很不愉快的地位。以下之討論，將僅限於港埠公司或者港埠經營者，已完全民營化而可以完全獨立者而言。前英國碼頭運輸局(British Transport Board)主席Sir Arthur Kirby在其於1965年三月，對於英國運輸研究所(Institute of Transport)所作報告中，關於港務主管機關之權力與港埠功能委辦所引發之困難與含意之一段話，可以引述參考：

「在目前的大環境下，港務主管機關在實際港務運作之權力有限，因為有太多人參與其運作，因此當有事情做錯時，沒有一個人是需要負完全責任的，也不能完全責備某一個人。某個港的名聲不好，但是其發生的原因卻往往不是該港務主管機關所能掌握的，不管是貨物裝卸、僱員人數、作業方式、不同種類作業之代理業務、或者實際之船舶靠離船席等工作。改善之道就是港務主管機關必須對於在港區管轄範圍內之各項作業，擁有完全控制的權力。簡而言之，港務主管機關在自己的房子內必須是扮演主人

的角色——這項聲明，我瞭解，並不是非常受歡迎。」

在那個時代的英國港埠，普遍存在有那種情形——在許多情況當中，無法無天且人數眾多的碼頭工人，即可茲說明。但更重要的是，它指出港務主管機關與經營者的責任分開後之後果。在某種程度範圍內，所引發之困難可以利用契約之訂定在不同的團體間加以約束。雖然如此，但是將條件加以限制——法國式的特許權型式——將對民營企業營運的優點——營運彈性——有不良之影響。

事實上，Rotterdam和Antwerp港務主管機關對於民營業者的態度，可以說已經儘量避免去干擾。在紐約，規模較小的民營業者會受到港務主管機關之嚴密監督，而對於規模較大之業者則較少干涉。建立港務主管機關與民營業者彼此間之合作與相互信任，的確是在民營化後所必須追求之目標。正如同Antwerp港務主管機關經常講的：

「對於民營業者有利的事情，同樣的，對於港也是有益的。」

## 五、結 語

典型的民營化型式，在過去已經有許多港埠實行成功，這種型式也有許多的變形，使得它可以適應不同的環境而作調整。尤其在考量港務主管機關對於港埠長期發展之利益與國家責任下，港埠之民營化更值得慎重考量。在此，將引述Eric E. Pollock作為本文的結語

「港埠民營化可以提高港埠之競爭力與營運效率，因此，對於港埠本身有利、對於港埠使用者有利，同樣的也對於國家整體的經濟也有益。雖然如此，卻沒有任何單一之民營型式可以應用到各港，同樣的也沒有一套簡單的民營化過程普遍為世界各國所接受。所以必須就各國國情，甚至各港之經營特性加以考量，考慮不同作業習慣民營化後的潛在相關性，可能的話甚至可

以詳細列舉符合當地所需要與希望的各項民營化基準。如果能徹底的將這些準備工作完成，則港埠民營化所須付出的代價將相對較低，而其所獲得的利益卻相對的很高。」

註：本文摘譯自J. G. Baudelaire  
發表之Privation of Port  
Activities within the  
Context of Port Public  
Responsibilities.

# 21世紀的港口與港口再開發之理念(一)

劉文雄 港研所規劃組助理研究員

## 壹、概 要

港口是由海陸雙方面所形成的空間，故具有獨特的性質，亦即港口是為一臨海新市鎮的大舞台。本文所述，臨海新市鎮的開發主要的考量係以港口的整體開發為主。

港口與都市雖具有密切關係，唯港口有其獨特功能與規劃之結構。臨海新市鎮的開發並不似「市區地再開發」有特定的架構，港口之規劃係採用各種結構加以組合而成。其中公共設施與公共業務佔著極大的分量。而臨海市鎮的開發，並不一定僅局限於港口之再開發，而重新開始加以港口開發者亦不在少數。因此本文所述不一定僅限於港口再開發，而是以港口整體開發加以敘述。

## 一、沿 革

從以往傳統的港口功能與任務來看，主要者如下：

1. 港口為海陸交通的交接點。
2. 港口為工業等生產的空間（如：工業港）。
3. 港口為都市活動之場所（由填築之新生地提供作都市活

動之場所）

4. 港口為海洋遊憩活動之場所。

5. 港口為水產業之基地。

6. 港口具有防災的功能。

港口原為綜合以上之功能而興建，唯隨著時代的變遷而有所變化。茲以日本港口開發之演變至目前新港口型態的出現過程簡略的敘述如下：

### (一)日本港口開發的經過(流程)

日本的各港口與運輸網路的開發始自德川幕府時代即隨著許多港市的開發在進展著。並使之留存為目前各地區歷史性的港口遺產。而東京方面則因物流關係，在其港口開發的同時即利用所填築的海埔新生地或臨海區加以規劃遊憩設施，此即為形成目前東京港口之簡單由來。

明治以後橫濱、神戶為拓展國際貿易而開始以物流中心加以進行港口開發，始逐漸發展成為目前的港口都市。其所形成的京濱工業地帶則是日本臨海工業地帶特有之港口佈置的開始。

但事實上日本是在二次世界大戰以後才正式進行港口規劃。



表 1-1 為二次世界大戰戰後日本  
港口開發史的概觀。

表1-1 港口規劃的時代新理念

| 戰後復建期          | 高度成長前期                    | 高度成長後期                           | 調 整 期                         | 安定成長期                           |
|----------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 碼頭規劃<br>(戰災復建) | 工業港之興建<br>(臨海工業地<br>帶之形成) | 貨櫃集散站，<br>渡輪站之興建<br>(因應運輸革<br>新) | 綠地，廣場之<br>規劃<br>(港口環境之<br>改善) | 創建綜合性的<br>港口空間<br>(港口興盛的<br>復興) |

資料：運輸省港灣局民間活力促進室「21世紀之港口與民活事業（九州山口地區港口開發研討會資料）」

#### 1. 戰後復建期

在1945年（昭和20年代）日本在擬定港灣法時即將其港口的制度結構加以擬定，同時為復建計，開始加以港口規劃。

#### 2. 高度成長前期

1955年（昭和30年代）日本經濟朝著重化學工業化發展而成為高度成長期。由大規模海埔新生地的填築及開挖興建工業港為重點加以區域性的開發。且在此期間的港口規劃必須符合經濟之需求，而主要之港口則因船舶的混雜而加速進行碼頭規劃。

#### 3. 高度成長後期

1965年（昭和40年代）仍持續加速工業港開發，且因應運輸革新，以貨櫃運輸及渡輪運輸等作為主要的對象。

#### 4. 調整期

時至1965年（昭和40年代）後半期時，日本已擠入先進國家的行列，由於迅速的成長而產生了社會撓度的副作用，亦即浮現出公害及區域品質之差異。於是港口方面隨即開始著手加以綠地規劃及公害措施之處理。

至此時期為止，已形成所謂物流與產業等傳統的港口。而這些加諸於日本的經濟與社會之影響，則是龐大的社會資本支出。

#### (二) 港口再開發的出現

港口在高度成長的過程中必須投資龐大的資金，亦即往昔所規劃的設施已呈現物理性的老舊化時，碼頭必然亦發生無法因應物流革新的現象。尤其許多碼頭已面臨無法因應船舶的大型化、革新的裝卸方式或是貨物處理之功能等問題。針對這些問題，港

口應再開發加強使之成為可以因應物流功能之新型態。

### (三) 新型港口之形成與實現

從1965年（昭和50年代後半期）已成安定成長期，亦即步入成熟的社會階段與面臨要求新型港口的型態的來臨。

「所謂成熟的社會係針對新時代的來臨，日本的港口從量的擴充與質的規劃被迫從未有過的大轉變。

因此港口在整體上而言需具有多元化的高度功能，同時亦需具有市民生活豐富的廣闊空間，因此規劃綜合性的港口空間實為一重要的課題」。

以上所述，欲形成及實現此類綜合性的港口空間實為目前的一大課題。此關係著港口整體的問題，尤其在鄰近於市區地之港區內港部份而言，對進出通道之容易性，老舊化的設施、環境的改善等需求上均需由再開發來增加許多因應的措施。而日本名古屋的公園碼頭即可作為初期的代表實例。

此種型態的再開發港口從美國的波士頓（Boston）雖可看得見，然在日本與外國的情況則有所不同。茲將其不同處略述於下：

1. 名古屋港並非港口本身的衰退所致，而是因為往昔的港口功能與目前不成協調的關係而需加以導入新

的功能。

2. 在日本的惡劣天然條件下，規劃設計時有關技術上的必要條件很多。

3. 與1.項有關者為由往昔的港口功能在需求上同時加強很多時，則需以現代化最新的港口規劃加以整合。

而上述之各項條件，則必需由港口功能加以配合始可見效。

## 二、 21 世紀的港口

### (一) 前言

目前各國的社會正朝著21世紀的國際化、資訊化、都市化邁進，並步入成熟化社會之途徑。而因應此型社會情勢的港口規劃，其長期的策略即為「21世紀的港口」，而其中有關今後港口規劃的目標如下：

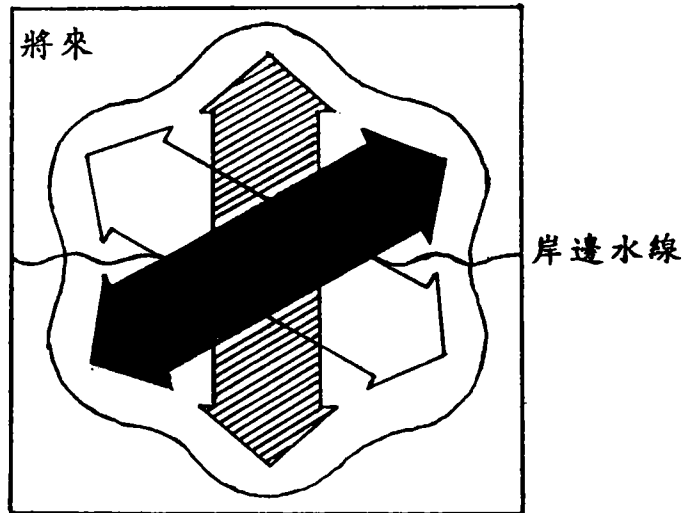
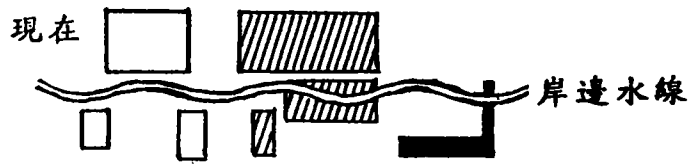
目標 I 為創造綜合性的港口空間。

目標 II 為港口互相推動的網路。

而欲達成上述的重要措施是如何加以彙整，同時在措施的推動時，很明顯的需要有新的規範作為依循。

### (二) 創造綜合性的港口空間

在21「世紀的港口」中，特別與本文有關最為基本且最為重要的乃是創造綜合性的港口空間，因詳述過於冗長，故僅簡述於下，其模式則如圖 1-1 所示。





  
 圖例：物流      生活      產業

圖 1-1 綜合性的港口空間概念圖

港口位於陸地與海域之交界處，是從物流活動或產業活動及群眾勞動休憩生活中貴重的國土空間。

港口真正任務是使海岸線的前後空間形成具有綜合性功能的活動空間。

因此在吾人稱呼港口或碼頭的時代開始，港口即具有海陸交通樞紐結構的功能，為人們集結及商品交易行為等各種會社與經濟活動的場所，其功能隨著時代

的變遷逐漸演變至今。

在1955年（昭和30年代）後半期開始在成為高度成長期後，為因應急速增加的物流與工業生產的增產，各港口的擴建僅止於確保廣闊的海岸線與工業用地而已，但並未加以充分的提升整體空間的功能。

其結果雖使現在的港口，雖可作為海上貨物的裝卸及確保用地，然而卻導致交通之混雜，環境的惡化及地區居民對海洋之疏

遠感等各種問題的發生。

21世紀各國的社會正朝向國際化、資訊化、都市化而發展，進而邁向成熟化社會的康莊大道。然在此種成熟化的社會而言，所有領域的要求均需達到高品質化及多元化。為因應這些要求，在港口海岸線之前、後方上，必需導入有關物流、產業、生活等諸項功能予以調適，進而將其功能互相加以結合，使之在整體上形成可發揮高度功能的綜合性空間。

在迎合安定成長持續時代之今天，從因應貨物量的增加與工業用地的擴大方面應改變的重點是應以人、物集結從事多元化的高度活動來創造綜合性的港口空間為目標。

在物流空間方面，除了因應運輸之廉價、迅速、可靠性、可選擇性等之要求外，更需要具有資訊功能及保管功能之綜合性物流中心，而港口與腹地之間更需規劃高品質的臨海道路與之直接聯繫，同時物流中心的各種手續更需加以簡化及自動化，亦即需擴充資訊系統加以推動，而在港內更需規劃廣闊具有充分安全的航道或泊地，使之成為高品質的物流空間。

在產業空間方面，因應尖端

產業或國際化，資訊化的同時更需推展新的產業，並規劃綠地加以調適，而在規劃高品質的物流設施與國際展示場及國際會議廳等的同時更需導入研究設施及通訊設施等，使之形成高品質的產業空間。且需有效運用原有的資源或技術予以提升港口規劃來振興地區性的產業。

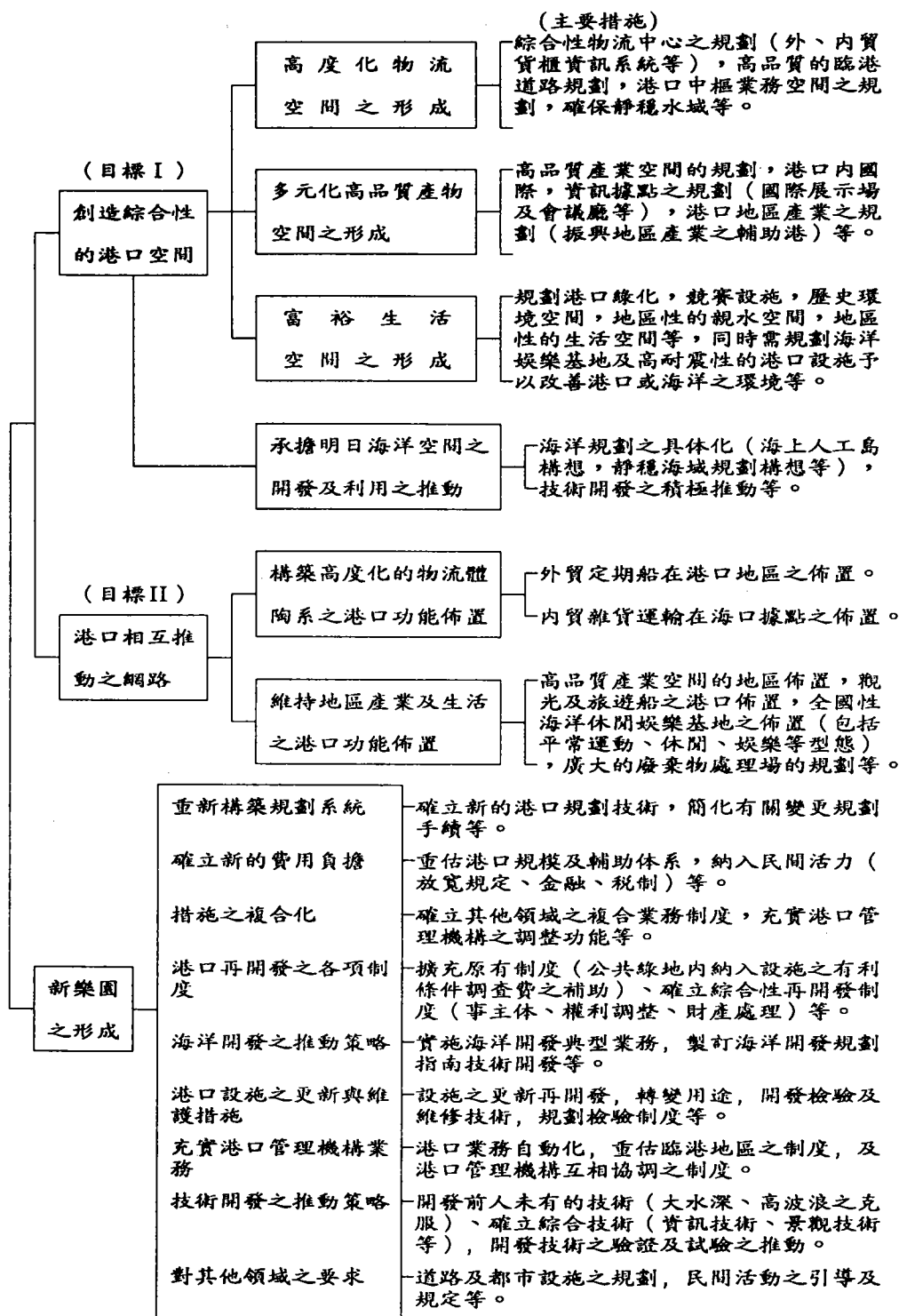
在勞動、休憩、生活的空間方面，則應推動吾人在接觸海洋的大自然及文化時，可享受有風趣的生活，利用海洋及船舶來規劃社團競賽或社團活動等設施，並促進歷史性的港口設施及景觀之保存，規劃有遊艇碼頭及沙洲等海洋性的娛樂基地，使之成為既熱鬧又富裕的生活空間。同時更需提昇高耐震性的港口設施規劃來改善海洋環境。因此在海洋的開發或利用時，港口必需有效的運用經驗或技術來開發，以迎接將來吾人朝向廣闊海洋活動空間的來臨。

以上所述是在創造港口空間的過程中，需將以往沒有的多元化功能導入目前港口內的方法。

### (三)主要措施與規範

在「21世紀的港口」欲達成上述目標時，在港口規劃所需考量的主要措施與理念彙整如表1-2所示。

表1-2 「21世紀之港口」措施体系



### 三港口再開發之結構概要

前面一、二中所述均係表示現有港口型態的概略，因此很期盼在此類型態的港口加以多元化的開發，然港口在其性質上與一般的市區地之規劃結構有所不同。即

1. 港口是彙集許多基本設施（如防波堤、航道及碼頭等）始可發揮功能者。故這些建設不但需費很長的時間及投資，且無法馬上獲取回收的。
2. 由上述可知，港口具有許多公共設施，故於再開發時應如何妥善處理這些公共設施是非常重要的。
3. 港口涵蓋陸上與海上兩方面具有的廣闊空間，故依據此條件加以開發是很重要的。尤其海上通常是公有水面，但重要的是應如何做好這些公共管制。
4. 由上述歸納起來知悉港口方面雖是較易取得廣大的開發空間，而重要的是應如何利用此種特性來開發。
5. 港口的開發其效果與影響所及的範圍很廣，因此需考量從遠大的觀點上加以開發。
6. 港口具有其獨特的天然條件，且具有其獨特的利用情況。因此納入新的多元化功能時，其規劃方法及興建技術均需涵蓋這此條件及特性。
7. 港口再開發時，若原有的功

能很多時，則將來的維護項目會很多，故基本上應加以適當的調整。

由上述具有之各種條件，知悉港口在規劃、業務、管理、營運或技術方面均具有其獨特的結構，故在港口再開發時亦應按其結構加以執行（請參閱港口再開發之所述）。茲將港口開發之結構概要簡述如下：

#### （一）港口之規劃與港口再開發

在一般的主要港口方面，港口的規劃大致上是由10年至15年加以評估規劃，港口規劃的基本原則，是由港口需求評估、基本設施之規模及營運量與土地利用規劃等加以決定，由此所完成的基本規劃即是作為日後該港規劃之基本方向。對該港港口基本的規劃所作的公共及民間問卷調查則是作為該港港口規劃執行之藍本。而港口再開發時則以該港港口規劃為藍本。即

1. 並非港口整體再開發而是某些特定部份予以開發。
2. 非僅限於基本設施而已，其多元化的功能與設施均需加以檢討。
3. 依據企業化，其具體的項目均需加以檢討。

依據21世紀振興港口的規劃統計結果，均以解決特定問題者為多，為了增進創造綜合性的港口空間，這些工作均應由國家統一執行辦理，且依據其辦理之結果，若認為有需要時，可將一部

份的港口規劃予以變更辦理。

## (二)港口業務與港口再開發

港口業務主要的可分成由國家或港口主管機關直接辦理之公共業務及受委託之第三者含公、民營單位辦理之業務及民營獨資辦理之業務等。在港口方面而言，基本設施是不可或缺的，同時必需以龐大的投資來辦理難以回收的公共業務。且還須辦理海埔新生地之填築等，這些工作港口主管機關一般可以發行公債來辦理，然後亦可再將一部分出售給民間。且這些公共設施之規劃基本上亦可委由民營單位承辦，即民營單位可受公家機構的委託來辦理基本設施的規劃。亦即創造綜合性港口空間時的多元化設施之公共業務，同樣可由民營單位來規劃辦理，只要公家機構的委託制度嚴謹即可。而在港口再開發方面，並非需如都市再開發的制度那樣嚴謹，應視這些業務結構之組合，以港口的性質有效的運用前述方法來辦理公共設施的規劃是最為重要的。

## (三)港口的管理、營運與再開發

港口空間中可說陸域為臨港地區，水域則為港口區域，主要的是在此範圍內必須規定作為辦理港口的公共業務及其他適當的港口空間之用。臨港地區則是作

為港口活動的陸上空間之用，依港口活動之種類為主，可區分為商港區、工業港區等。而在各個分區中又應分別對興建之建築物的用途加以規定。而在港口區域方面為了港口之開發或利用等應允許其使用水域及設置必要的公共設施等，唯使用所填築的海埔新生地時則需加以批准認可。

在港口再開發時，這些規定一樣仍可適用。事實上這些規定的目的乃在於創造適當的港口空間，亦即考量在創造綜合性的港口空間時有適當的規定可作為多元化規劃之依循。

## (四)港口之規劃與港灣及海岸結構物設計基準

在法規上規定港口規劃時，須依交通主管機構所擬定之港口規劃標準辦理。且在興建港口之公共設施時，均須依港灣及海岸結構物設計基準加以辦理。因港口在其陸上具有之天然條件與利用條件等，在技術面上與市區地有很多不同的地方，尤其在技術上的基準均另有規定，而這些規定，不論在港口再開發時，或在創造綜合性港口空間之多元化規劃時，與通常的情形完全一樣可以適用。因此在規劃時必需涵蓋港口空間的特性加以擬定之。

# 蘇澳港11號碼頭非破壞性檢測

柯正龍 港研所港工組助理研究員

## 一、前言：

港灣構造物因為受到海洋環境直接衝擊侵襲，極易發生腐蝕，為使其能在設計年限內發揮正常功能，建立一套定期的檢查制度，以及早發現混凝土劣化和鋼筋腐蝕並針對損壞達到某種程度時進行適當的修補是有必要的。本文將簡單介紹應用現場目視觀察、試錘試驗及超音波試驗、鋼筋腐蝕電位量測、電阻試驗、保護層厚度量測及氯離子分析等非破壞性檢測方法來評估蘇澳港11號碼頭目前狀況。

海洋環境下鋼筋混凝土結構物之劣化腐蝕原因主要包括混凝土材料配合設計不當、保護層厚度不足、施工時夯實、養生不良導致產生裂縫、水密性不佳或採用不適當材料如海水、海砂等，加上外在環境惡劣結構物長期浸漬於海水中，受到氯化物、硫化物等有害物侵蝕，造成混凝土體積膨脹、龜裂或剝落，並因大氣中二氧化碳及混氣作用使得混凝土產生中性化現象等促使內部鋼筋因為鈍態保護膜受到破壞進而發生腐蝕等。

## 二、構造物概要：

蘇澳港第11號碼頭為棧橋式構造物，包括三十餘支底樑，每支底樑係由五支小樑在現場澆鑄接頭而形成五個連續跨度樑。混凝土設計強度為 $210\text{kg/cm}^2$ ，於民國六十六年完工，至檢測時（民國八十三年）使用壽命約為十七年。

本檢測選擇10號樑作詳細檢查，其他樑做選擇性檢測作為評估腐蝕情況的依據，檢測前先在選定之樑側面及底面繪製間隔20公分之方格，以為往後各項試驗之測試點。

圖一至圖三分別為碼頭斷面、檢測項目、平面及底樑之示意圖。

## 三、檢測方法：

本檢測地點均位於碼頭面下，人員儀器均不易進入、檢測前須先予架設工作架，才能順利執行工作，故工作前先僱請潛水人員逐隻拖進竹子並於碼頭面下編成工作架。

研究人員再利用低潮位時進行檢測。

檢測方法包括：

(一)現場實地觀察：R.C結構物設計時多以強度設計法為主，承受



受拉力區域之混凝土因抗拉強度較差常會有裂縫發生，這些裂縫便成為腐蝕因子入侵的捷徑，並使內部鋼筋生鏽膨脹。所以裂縫的寬度為決定腐蝕程度的原因之一。

若發生過大之裂縫即應評估對鋼筋腐蝕的影響，並即實施修補工作。（於潑濺區不得大於0.15mm）

#### (二) 試錘試驗：

試錘試驗是利用試錘衝擊混凝土表面後，其反彈距離經指針讀出其反彈數，藉此用來推算混凝土表面硬度，但不能指出內部的實際強度，故一般仍須配合其他方法，才能評估混凝土品質。

本次檢測採用Schmidt廠Type NR之試錘，儀器本身附有記錄反彈數之設備，可免除逐次用人工記錄可能產生之誤差。

#### (三) 超音波試驗：

本次檢測應用英國CNS儀器公司之PUNDIT超音波測定儀，其應用於混凝土強度檢測之原理為利用脈波發射器將超音波脈波傳入混凝土中利用接收器量測脈波在其內部之傳遞時間，再依據脈波之傳遞路徑距離計算脈波速度。利用超音波試驗評估混凝土強度，因影響混凝土性質之因素非常多，故仍須配合其他試驗再下判斷。

#### (四) 鋼筋腐蝕電位量測：

混凝土內鋼筋腐蝕是一種電化學反應，在鋼筋表面會形成陰

極（鈍態）和陽極（正在腐蝕中部份），因此各位置會有不同電位和電流型態，利用此種原理，可測量某一範圍之電位變化分佈情形，評估鋼筋表面發生腐蝕的可能程度。

腐蝕電位與鋼筋腐蝕機率關係ASTM C-876及Van Daveer依據統計值建議電位在-200mV C.S.E時腐蝕機率各為小於10%和5%，電位在-200mV至-350mV C.S.E時腐蝕機率為大於50%和55%，電位若小於-350mV C.S.E時腐蝕機率則提高至大於90%和95%（C.S.E為硫酸銅參考電極電位）

#### (五) 電阻量測：

當電流經由混凝土內離子流動時則會產生電阻，因此假設電阻與混凝土孔隙量有關，電阻大則混凝土內孔隙少，滲透性差故腐蝕因子不易侵入，鋼筋腐蝕機率低。

將電阻與腐蝕電位併同考量，腐蝕電位小於-350mV C.S.E時，若混凝土電阻大於12K  $\Omega$ cm時，腐蝕速率很小，如果電阻小於5K  $\Omega$ cm時，腐蝕速率會很大。僅考慮電阻時，當電阻值大於20K  $\Omega$ cm，混凝土狀況極佳，鋼筋尚無腐蝕發生。

檢測時採用英國廠之HDRA meter 電阻測定儀。主要是由二個固定間距為5cm之探針（Probe）和可讀取電阻之主機所組成。

#### (六) 保護層厚度量測

檢測時應用非破壞性電磁儀

器Micro Covermeter量測保護層之厚度，本儀器使用前，須先選擇鋼筋之直徑，據此選擇探頭之型式再測讀保護層厚度大小。

保護層厚度愈厚則對於防止腐蝕因子之滲透能力愈大，故能提高防蝕能力，根據國外研究資料，在海洋環境下飛沫帶鋼筋混凝土結構物之保護層厚度最少須在8公分以上。

#### (七)氯離子侵入分析

為瞭解氯離子之侵入深度，

檢測時用電鑽鑽取，取得深1cm，2cm，3cm，4cm，5cm之混凝土粉末，再帶回試驗室依據

AASHTO-T260之酸溶法測定混凝土內氯離子含量，氯離子的侵入會破壞鋼筋表面之鈍態膜，使鋼筋發生氧化作用而生成鐵鏽，其侵入程度，依結構物所處之位置而有不同。飛沫帶因為乾濕反覆作用而最嚴重。混凝土鋼筋腐蝕機率與氯離子關係如表一所示。

表一 混凝土腐蝕機率與氯離子含量關係

| 氯離子佔有水泥重量百分比 | 混凝土附近鋼筋目前狀況                               | 腐蝕危險率<br>(Kg/m <sup>3</sup> ) |
|--------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| 小於0.4%       | 1. 已經中性化                                  | 高                             |
|              | 2. 沒有中性化，但是製作混凝土時，C <sub>3</sub> A含量少於8%。 | 中等                            |
|              | 3. 沒有中性化，但是製作混凝土時，C <sub>3</sub> A大於或等於8% | 低                             |
| 0.4~1%       | 1. 同上1.                                   | 高                             |
|              | 2. 同上2.                                   | 高                             |
|              | 3. 同上3.                                   | 中等                            |
| 大於1%         | 上述1. 2. 3.                                | 高                             |

#### 四、結果與討論：

(一)現場實地觀察結果10-1, 10-2號樑除裂縫外，拉力筋位置亦有水平裂縫。10-3號樑僅有微小裂縫應為乾縮形成，其他有較大裂縫為1-1, 1-3, 12-1, 26-1號樑均有拉力筋位置之水平裂縫，部份裂縫並有鏽水參出，其內部鋼筋可能已發生腐蝕，應及早加以防制、防止惡化蔓延。底版有二處鋼筋嚴重腐蝕，外部混凝土亦已剝落，更應及早維修。

由剝落處觀察，可明顯看出，面版保護層厚度不足5公分。

(二)試錘試驗、超音波試驗、腐蝕電位量測、電阻試驗

1.原預鑄混凝土設計強度為 $210 \text{ kg/cm}^2$ ，相對應反彈數據應在30左右，由現場試錘多大於30，顯示大部份區域混凝土表面硬度良好。

2.超音波波速介於 $1.5 \sim 4 \text{ km/s}$ 之間，顯示大部份區域混凝土品質不均勻。

3.腐蝕電位約在 $-300\text{mV}$ 至 $-400\text{mV}$ 之間，小於 $-350\text{mV}$ 部份低於全部測點之50%，故研判鋼筋腐蝕機率應在50~90%之間。

4.電阻值大部份在 $5 \sim 10 \text{ K}\Omega\text{cm}$ 之間，因本碼頭面臨海水，混凝土表面常保持潮濕狀態，且相對應之腐蝕電位小於 $-350\text{mV}$ ，故研判混凝土內部鋼筋腐蝕機率

可視同腐蝕電位量測結果。

相關數據及等高線圖示如圖四、圖五。

(三)氯離子濃度大部份都在0.5%以下，越遠離船席部份濃度有越高趨勢，由碼頭構造型式及底下碎波塊排列檢討，應為海水潑濺作用影響。本碼頭因使用已有17年時間，氯離子逐漸侵入，濃度顯得較高，並有部份鋼筋受到影響而發生腐蝕，如混凝土保持較高之PH值， $\text{Cl}^-/\text{OH}^-$ 之值小於0.63則鋼筋腐蝕速度並不致太快，但仍應特別注意保護層厚度確保及裂縫發展情形。氯離子濃度與深度關係示如圖六。

由現場實地觀察及上述試驗綜合判斷，混凝土部份區域內部鋼筋已開始腐蝕生鏽，應優先採取防蝕措施以確保結構物使用安全。

(四)台灣地區屬於極易腐蝕的海洋環境，為了確保港灣構造物之耐久性，使能安全地提供服務，使用非破壞性檢測技術是較可靠方法之一，目前科技日新月異，新的非破壞性檢測方法不斷被研發出來，如何落實定期檢查及培養檢測人才並吸收新知，使能推廣應用於土木工程上，應為目前重要課題。

(五)應用非破壞性檢測技術時，由於混凝土為一不均質材料，每項方法均尚有未能完全克服之缺點或限制，故應同時使用多種方法綜合判斷，才能得到一個比較正確之結果。

# Electrical Resistance (K $\Omega$ -cm)

## 10-1L

|   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| D | 254 | 261 | 259 | 267 | 259 | 261 | 193 | 268 | 268 | 217 | 193 |
| C | 325 | 219 | 300 | 318 | 273 | 365 | 242 | 264 | 253 | 236 | 190 |
| B | 372 | 356 | 373 | 403 | 327 | 389 | 298 | 261 | 256 | 264 | 228 |
| A | 405 | 418 | 410 | 387 | 389 | 369 | 361 | 340 | 350 | 300 | 276 |
|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |

## 10-2L

|   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| D | 271 | 298 | 315 | 302 | 313 | 301 | 280 | 261 | 292 | 298 | 271 | 252 | 311 |
| C | 250 | 359 | 355 | 318 | 344 | 343 | 335 | 286 | 300 | 314 | 312 | 258 | 289 |
| B | 393 | 422 | 399 | 397 | 419 | 378 | 381 | 323 | 331 | 306 | 362 | 359 | 289 |
| A | 400 | 408 | 347 | 386 | 411 | 363 | 368 | 289 | 346 | 243 | 340 | 236 | 305 |
|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |

## 10-3L

|   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| D | 336 | 316 | 305 | 330 | 350 | 311 | 288 | 343 | 325 | 332 | 259 | 348 | 344 |
| C | 326 | 303 | 270 | 291 | 314 | 372 | 345 | 412 | 373 | 336 | 281 | 375 | 386 |
| B | 387 | 340 | 335 | 344 | 363 | 385 | 424 | 446 | 416 | 401 | 373 | 421 | 472 |
| A | 429 | 397 | 376 | 423 | 444 | 438 | 457 | 453 | 470 | 439 | 443 | 489 | 488 |
|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |

# Schmidt Hammer, Rebound (N)

|   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| D | 38 | 26 | 31 | 34 | 24 | 26 | 30 | 35 | 31 |
| C | 32 | 34 | 34 | 39 | 38 | 40 | 38 | 32 | 36 |
| B | 32 | 32 | 33 | 36 | 37 | 40 | 26 | 38 | 38 |
| A | 33 | 29 | 40 | 38 | 40 | 41 | 27 | 35 | 39 |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |

|   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| D | 38 | 42 | 42 | 41 | 43 | 44 | 38 | 37 | 25 |
| C | 42 | 42 | 41 | 40 | 44 | 43 | 36 | 40 | 44 |
| B | 42 | 41 | 42 | 44 | 42 | 40 | 38 | 32 | 43 |
| A | 39 | 21 | 28 | 34 | 32 | 32 | 32 | 38 | 37 |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |

|   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| D | 31 | 40 | 42 | 40 | 42 | 32 | 44 | 42 | 41 | 36 |
| C | 36 | 40 | 40 | 40 | 45 | 45 | 44 | 38 | 42 | 41 |
| B | 40 | 38 | 38 | 40 | 42 | 40 | 41 | 41 | 38 | 41 |
| A | 38 | 38 | 46 | 40 | 41 | 38 | 37 | 41 | 38 | 45 |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |

# PUNDIT, Ultrasonic Pulse (Km/sec)

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| C | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| B | 2 | 2 | 5 | 4 | 4 | 1 | 2 | 4 | 2 |
| A | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 |
|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| C | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| B | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| A | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| D | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2  |
| C | 2 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2  |
| B | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2  |
| A | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  |
|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

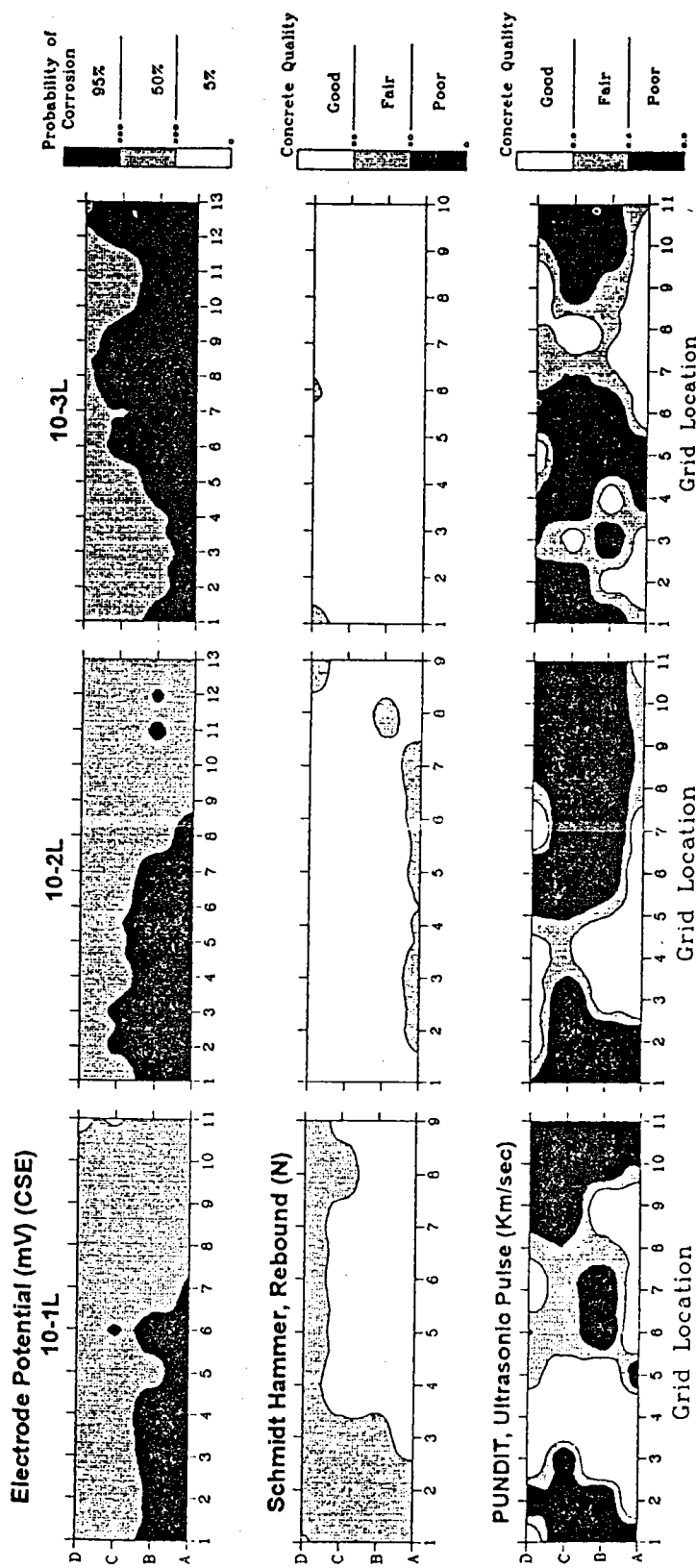
# Electrical Resistance, Resistivity (K $\Omega$ -cm)

|   |    |    |   |   |    |   |    |   |    |    |    |    |
|---|----|----|---|---|----|---|----|---|----|----|----|----|
| D | 11 | 10 | 7 | 6 | 11 | 5 | 12 | 7 | 10 | 11 | 9  | 8  |
| C | 1  | 2  | 3 | 4 | 5  | 6 | 7  | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 |
| B | 1  | 2  | 3 | 4 | 5  | 6 | 7  | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 |
| A | 1  | 2  | 3 | 4 | 5  | 6 | 7  | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 |
|   | 1  | 2  | 3 | 4 | 5  | 6 | 7  | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 |

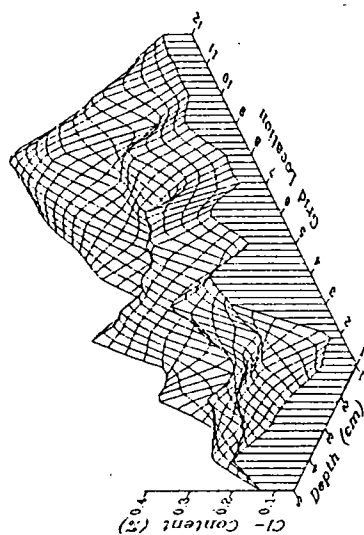
|   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |    |    |    |
|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|----|----|----|
| D | 9 | 6 | 4 | 11 | 4 | 6 | 4 | 4 | 7 | 5  | 8  | 5  |
| C | 1 | 2 | 3 | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| B | 1 | 2 | 3 | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| A | 1 | 2 | 3 | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|   | 1 | 2 | 3 | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| D | 8 | 4 | 3 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6  | 6  | 6  |
| C | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| B | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

圖四 10號樑左側腐蝕電位，反彈數，超音波波速及電阻係數數據圖



圖五 10號樑左側腐蝕電位，反彈數，超音波波速之等高線圖

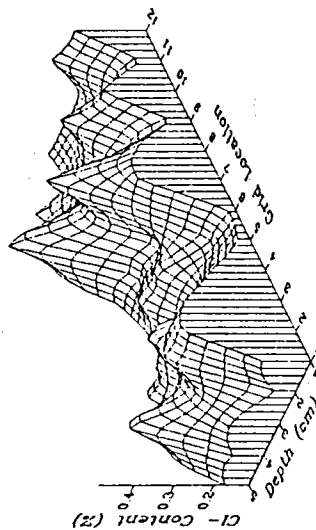


Chloride Content (%)

10-1L

| Depth (cm) | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1          | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 2          | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 |
| 3          | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.1 |
| 4          | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.3 |
| 5          | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |

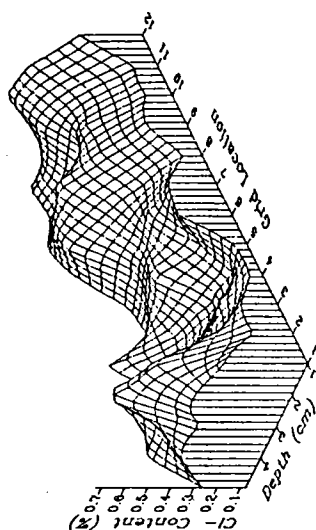
Grid Location



10-2L

| Depth (cm) | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1          | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 |
| 2          | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.3 |
| 3          | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 |
| 4          | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 5          | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 |

Grid Location



10-3L

| Depth (cm) | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1          | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 |
| 2          | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 |
| 3          | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 0.6 |
| 4          | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.3 |
| 5          | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.2 |

Grid Location

圖六 10號樑左側氯離子濃度與深度關係圖