

目 錄

一、規劃設計概論·····	1-1~26
二、海岸規劃·····	2-1~33
三、商港規劃·····	3-1~47
四、堤岸設計·····	4-1~17
五、漁港規劃·····	5-1~40
六、防波堤設計·····	6-1~12
七、遊艇港規劃·····	7-1~32
八、碼頭設計·····	8-1~33

規劃設計概論

* 港灣技術研究所所長 張金機

一、前言

全球性海岸空間急劇擴充，估計世界上約有75%人口集中在海岸地區；加上許多海岸結構物往往不能發揮預期效果，經常發生嚴重海岸災難，造成無法估計的損害。台灣為一海島，過去由於經濟蓬勃發展，出口貿易帶動港灣工程建設，也因為可利用土地資源有限，如何有效規劃開發、保育海岸空間成為海岸工程重要課題。

海岸工程所涵蓋範圍相當廣泛，主要包括

- 一港灣工程：遊憩港、漁港、軍港、工業港與商港。
- 一海岸保護：防波堤、海堤、離岸堤、突堤、導流堤與養灘等工程。
- 一新生地開發：小型農漁養殖區及大型新生地綜合開發。
- 一廢棄物填海工程。
- 一海岸遊憩。

本章將介紹海岸工程規劃設計所需資料與所應考慮因素。

二、氣象調查

(一)風力

風力為海面波浪成長主要參數，亦為產生暴潮及海岸飛沙之外力，其重要性包括

- 一規劃港口及航道方向，碼頭佈置。
- 一推算波浪、暴潮及飛沙量。
- 一規劃可施工天數。
- 一評估船隻不能進出港口，不能碇靠及不能裝卸作業時間。

風速觀測風速計必需設在海岸空曠處，一般推算波浪均以海面上10m高為標準，因此在此特定高度測量所得風速資料應換算為10m高度之風速。若長期風速觀測地點遠離海岸，則應在海岸作一、二年之短期風速觀測，並與長期觀測資料建立相關性。

風力資料統計分析項目包括

1.風玫瑰圖 (Wind Rose)

方法：按年、季及月統計各風向風速分佈，如圖 1。

目的：可以了解主要風速、風向分佈、研判各方向波浪能量，作為堤線佈置，港口及航道方向與碼頭佈置之依據。

2.風速累積概率 (Wind Speed Exceedance Probability)

方法：按年、季統計風速累積概率，如圖 2。

目的：作為不能作業時間評估 (Down-time Evaluation) 之依據，如港口不能進出，船舶海上不能作業，碼頭不能碇靠，不能裝卸；估計陸上與海上可工作天數等。

3.風速延時頻率 (Wind Speed & Duration Distribution)

方法：統計風速10m/s，15m/s，20m/s及25m/s以上延時與發生次數，如圖 3。

目的：風速延時頻率可作為評估船舶與施工機具等待時間之依據，例如：風速大於15m/s船隻不能進港，該船在外海可能等待時間幾小時，發生機率多少。其餘如不能碇靠，不能裝卸等。

(二) 颱風

颱風為夏、秋季威脅台灣最大之天然災害，尤其是海岸地區，每當颱風侵襲時強風巨浪破壞海岸結構物，颱風產生暴潮，挾帶豪雨淹沒沿岸地窪地區，造成重大損失。

其重要性包括：

— 颱風波浪推算依據，決定設計波浪。

— 颱風低氣壓引起暴潮，氣壓與風速風向作為暴潮推算依據。

— 颱風前進路徑作為港灣佈置。

依據侵本省颱風概略可分為七類，如圖 4。其主要調查項目包括

— 颱風路徑

— 前進速度

— 中心氣壓

— 最大暴風半徑，及十級七級風半徑

— 最大風速等

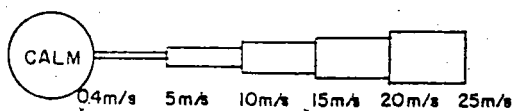
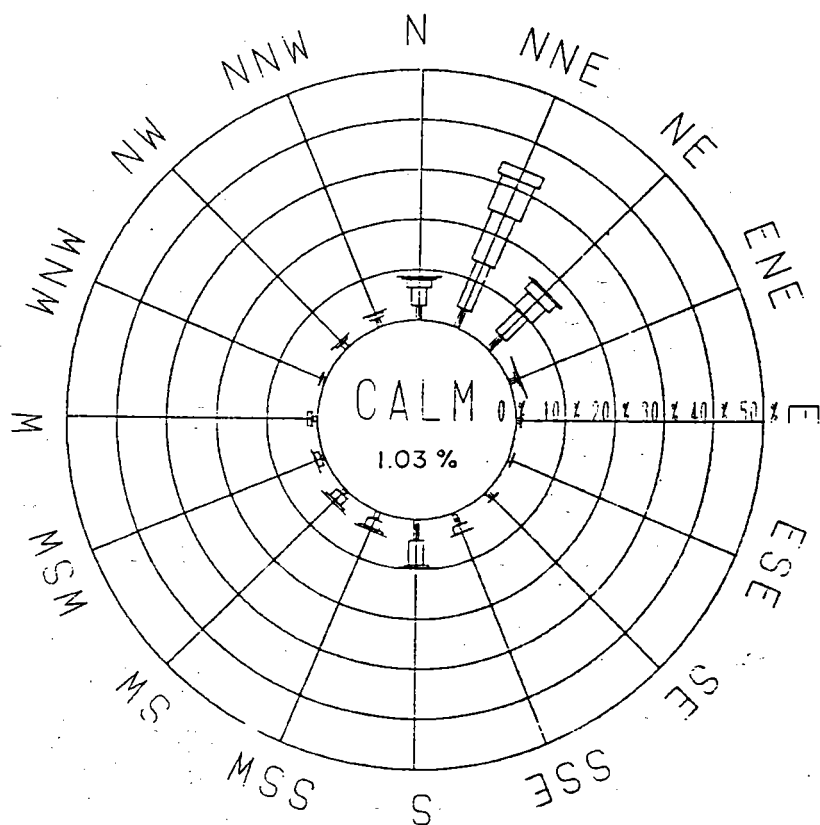
(三) 降雨

降雨調查包括降雨強度、降雨天數、每月季及全年雨量等。

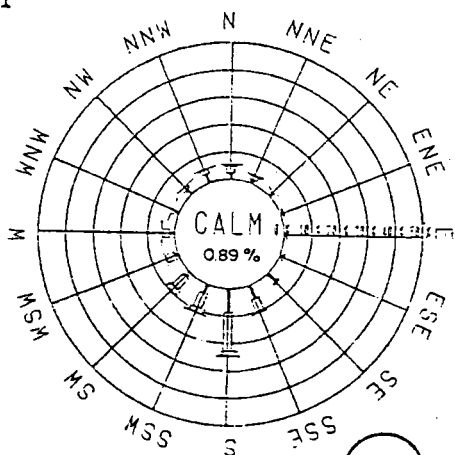
— 降雨強度作為排水溝渠設計之依據。

— 降雨天數作為擬訂施工計畫及碼頭裝卸作業之依據。

— 雨量多少作為整體評估之依據。



JULY



DECEMBER

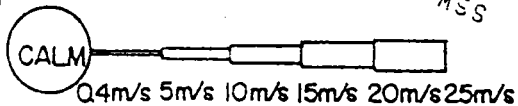
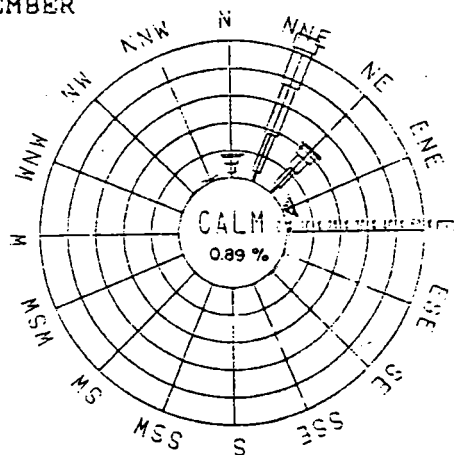


圖 1 風玫瑰圖

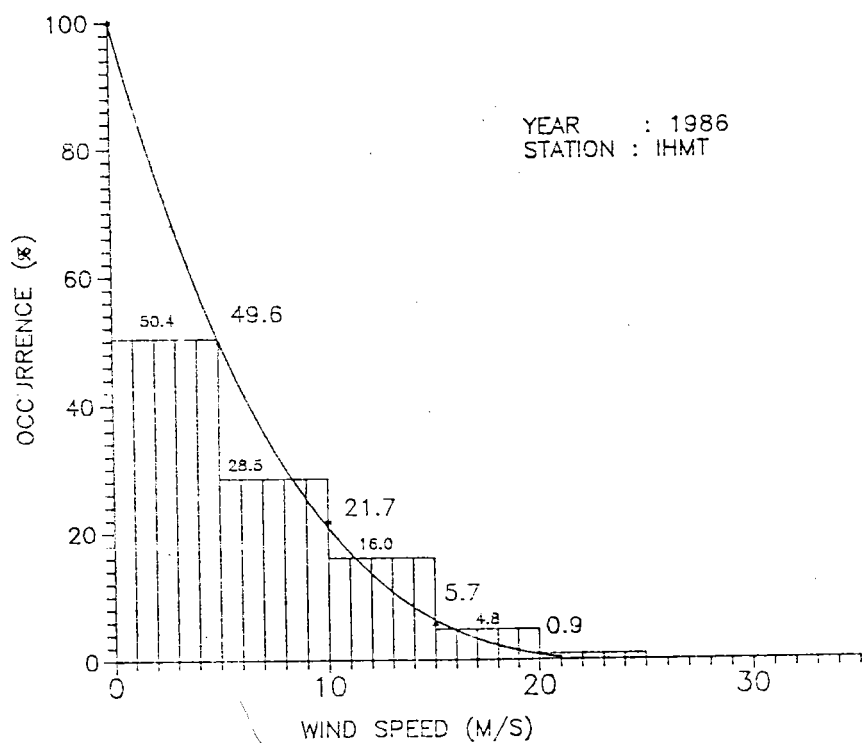


圖 2 風速累積概率

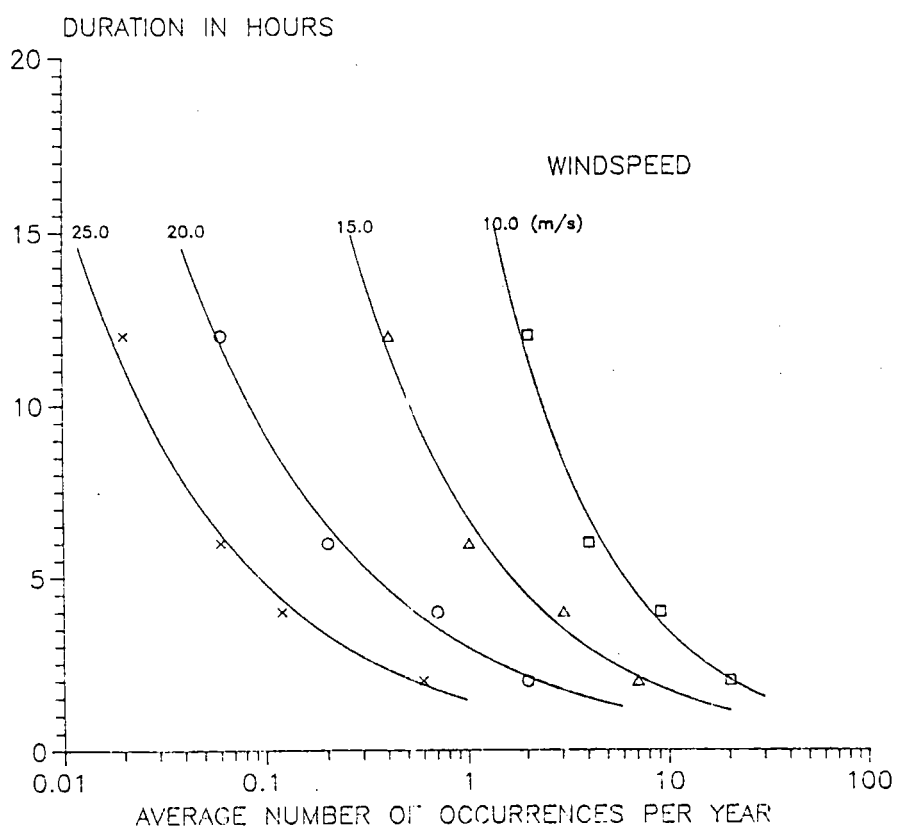


圖 3 風速延時概率

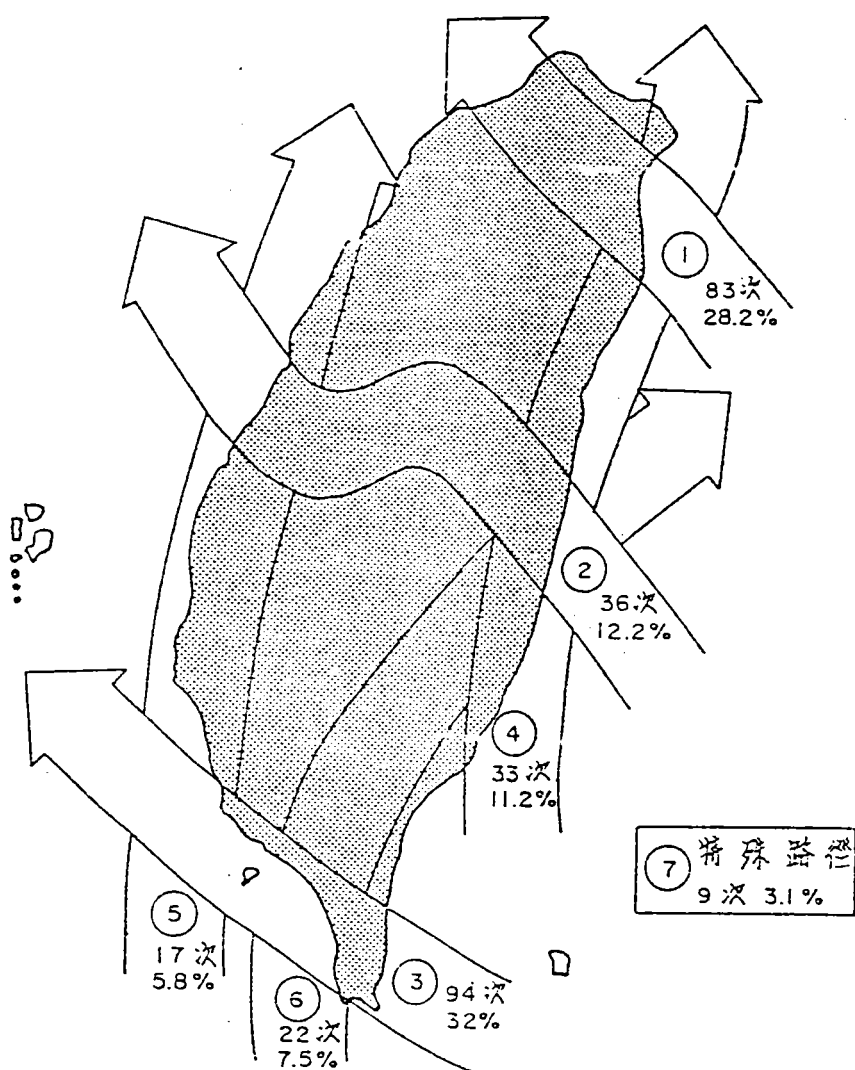


圖 4 侵襲台灣颱風路徑

四其他氣象調查項目包括：霧、日照、溫度、氣壓、濕度等。

三、海象調查

(一)波 浪

波浪為海岸構造物最主要之外力，其重要性為

一決定海岸構造物設計波高。

一規劃港口、航道方向及港池與碼頭佈置。

一評估船隻不能進出港口及碼頭不能碇靠及不能作業時間與概率。

一估計海上可施工天數。

設計波高最好能有十年以上之完整資料統計分析決定，但事實上並不可能，因此常以陸上長期氣象資料追算海面波浪（包括颱風波浪）。若工程規劃設計地區缺乏海象與氣象資料時，則可參考鄰近地區可用之實測資料。

海外各方向設計波高、週期決定後，需考慮波浪淺化，折射及繞射等現象，求得構造物前設計波浪條件。

波浪資料統計分析項目為

1.統計波浪特性

方法：根據波浪紀錄資料分析時序、波高、週期、統計平均波高（ H_m ），最大三分之一平均波高（ $H_{1/3}$ 或 H_s ），最大十分之一平均波高（ $H_{1/10}$ ），最大波高（ H_{max} ）及其相對應週期。分析各種統計波高相關特性，如圖 5。

目的：海岸工程上所稱波高，除特別註明外，一般泛指指示性波高 H_s （即最大三分之一平均波高 $H_{1/3}$ ），構造物因其重要性或採用公式不同，設計時經常用最大波高或不同之統計波高，因此，必需依據各種統計波高特性相關性，可以求得設計所需波高。

2.波高與週期聯合概率分佈

方法：波高、週期聯合概率分佈，如圖 6。

波高、週期聯合概率分佈可利用長期觀測資料，按月、季、年分別統計。

目的：聯合概率分佈可以了解最常發生之波高、週期概率及波浪尖銳度分佈情形。

3.波高超值累積概率

方法：波高超值累積概率，如圖 7。

波高超值累積概率分析可就長期觀測資料，按季、年分別統計。

目的：波高超值累積概率分佈可以作為評估下列項目之依據。

一估計海上不能作業時間。

一估計各種噸位船舶不能進出港時間。

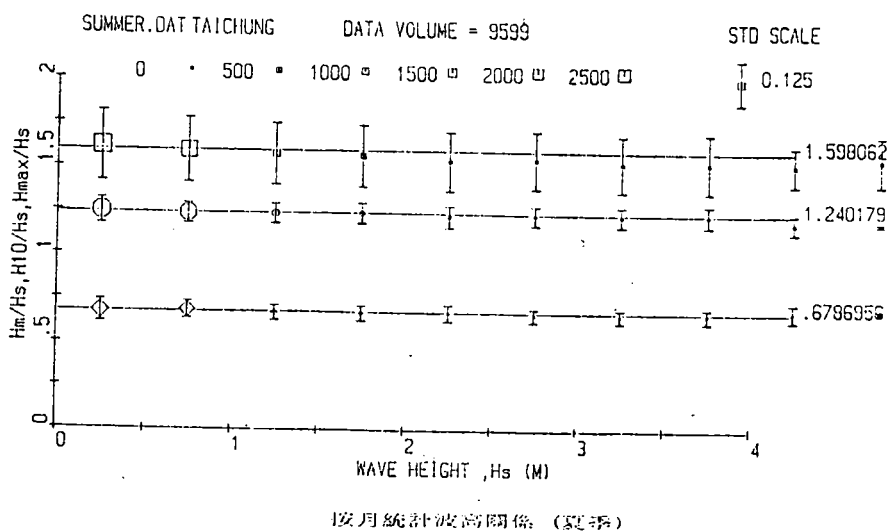
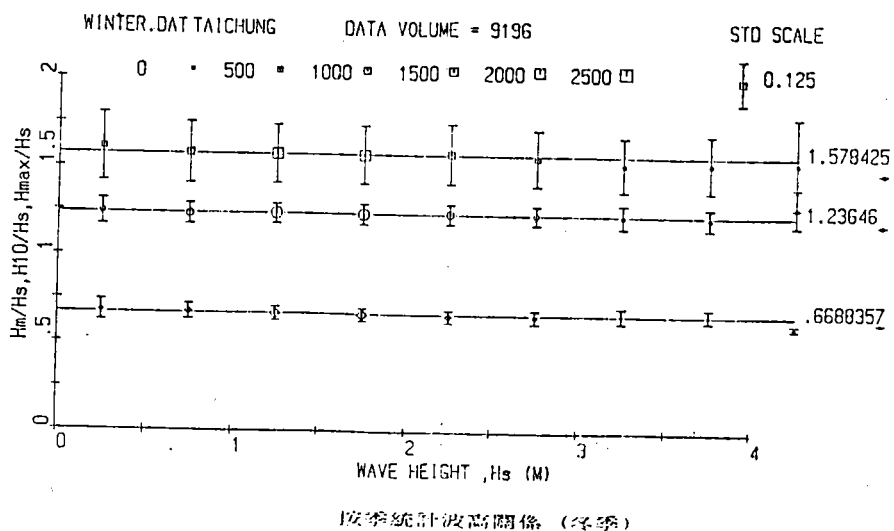


圖 5 統計波高相關性

Graph showing Lines of Constant Steepness Ratio Wave Height to Wave Length ($H_{1/3}$) versus Time (T_z) in seconds. The graph includes curves for constant steepness ratios of 1.10, 1.20, and 1.30. A specific wave is tracked with points 1, 5, and 10 marked on its path. The wave data number is 9593.

SUM	0.0	0.0	0.4	10.2	28.7	35.6	17.9	5.2	1.4	0.3	0.2	0.0	0.0	100.0
OVER	6.0													0.0
	5.0													0.0
	4.0													0.1
	3.0													0.1
	2.0													0.5
	1.0													0.8
	0.0													1.9
														5.4
														12.0
														36.7
														42.4

WAVE DATA NUM. = 9593

OCTOBER-MARCH

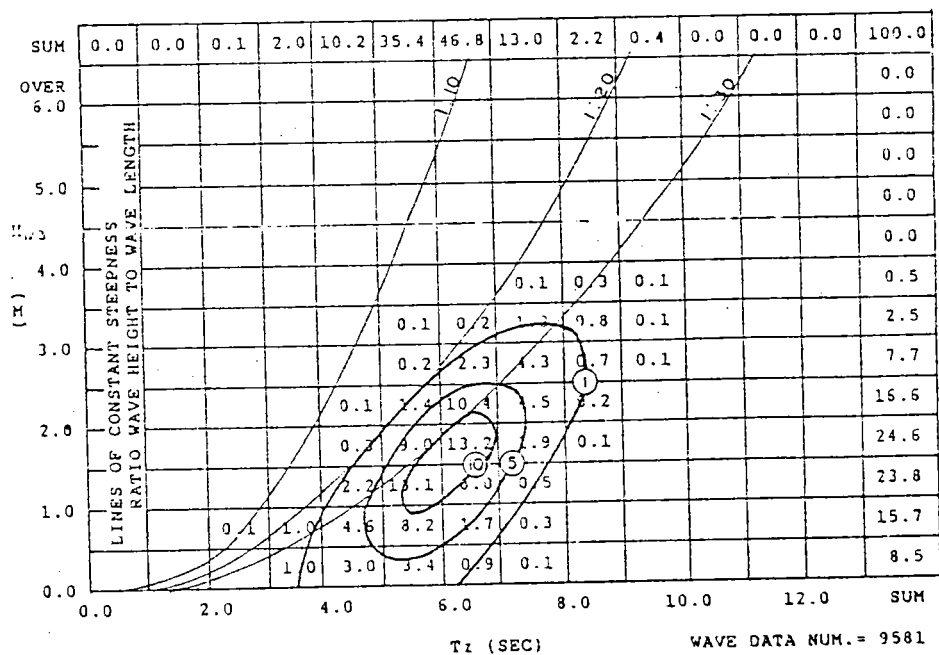


圖 6 (a) 波高與週期聯合概率分佈 (冬、夏)

ANNUAL

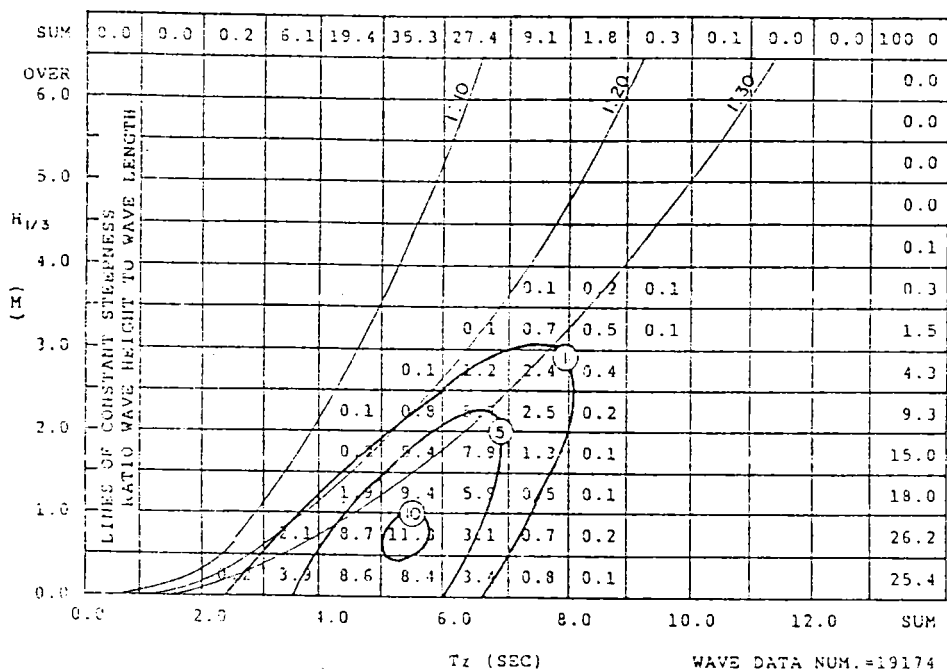


圖 6 (b) 波高與週期聯合概率分佈 (全年)

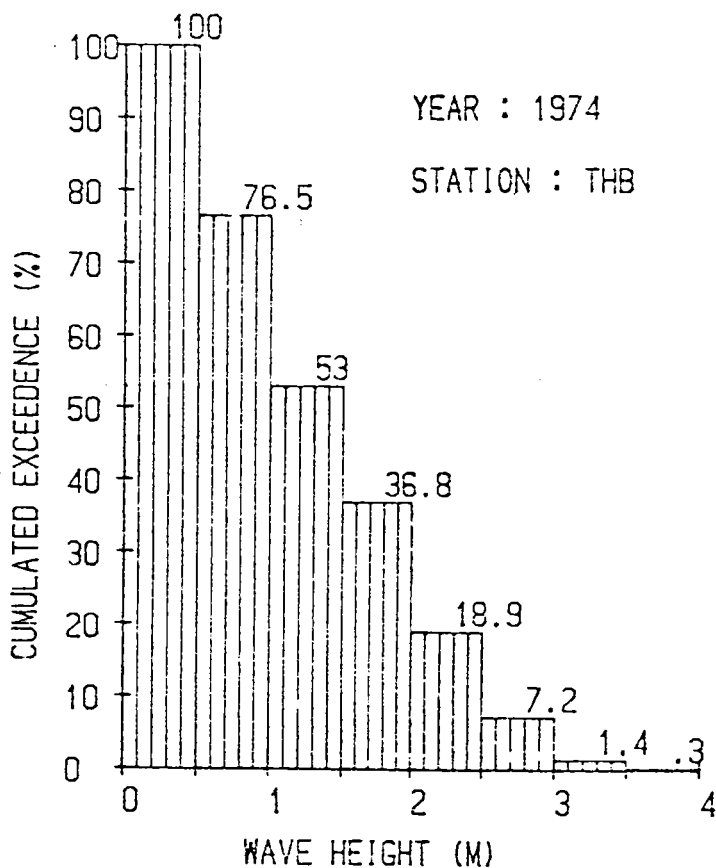


圖 7 波高累積概率

—配合試驗或數值模擬求得碼頭不能碇靠及不能裝卸時間。

4.波高極端值統計分析

方法：波高極端值統計方法一般採用Gumbel,Normal或Lognormal等方法，但對部份測站因資料不足可採用Weibull方法，如圖8。

目的：求取不同之迴歸週期，設計波高。

5.風速與波浪相關特性分析

方法：分冬、夏季選擇相同特性之風速資料與波高資料點繪如圖9，分析其相關特性。

目的：—根據風速資料估算海上風浪，作為施工參考。

—推算以往海上風浪之依據。

(二)潮 汐

潮汐因其作用力不同可分天文潮與氣象潮（暴潮）。天文潮為海水面受天體運動引潮力作用產生之規則性變化。暴潮則為因氣壓降低及吹風等氣象變化產生之海水位抬升。潮汐統計分析項目包括：

1.潮位統計分析

方法：潮汐統計分析項目主要包括下列潮位：

—平均水位（M.W.L.）：長年高潮位與低潮位平均值。

—大潮平均高潮位（H.W.O.S.T.）：朔望後，1至3日內發生大潮時最高高潮位（每月二次）之長年平均值。

—大潮平均低潮位（L.W.O.S.T.）：朔望後，1至3日內發生大潮時最低低潮位（每月二次）之長年平均值。

—最低潮位（L.L.W.L.）：紀錄資料中最低水位。

—最高潮位（H.H.W.L.）：紀錄資料中最高水位。

目的：—基準水位（D.L.）通常根據最低潮位為基準，港灣工程以最低潮位為基準水位。

—平均水位為陸上工程，如道路、排水等以平均水位為基準，台灣以基隆港平均水位為陸上基準水位。

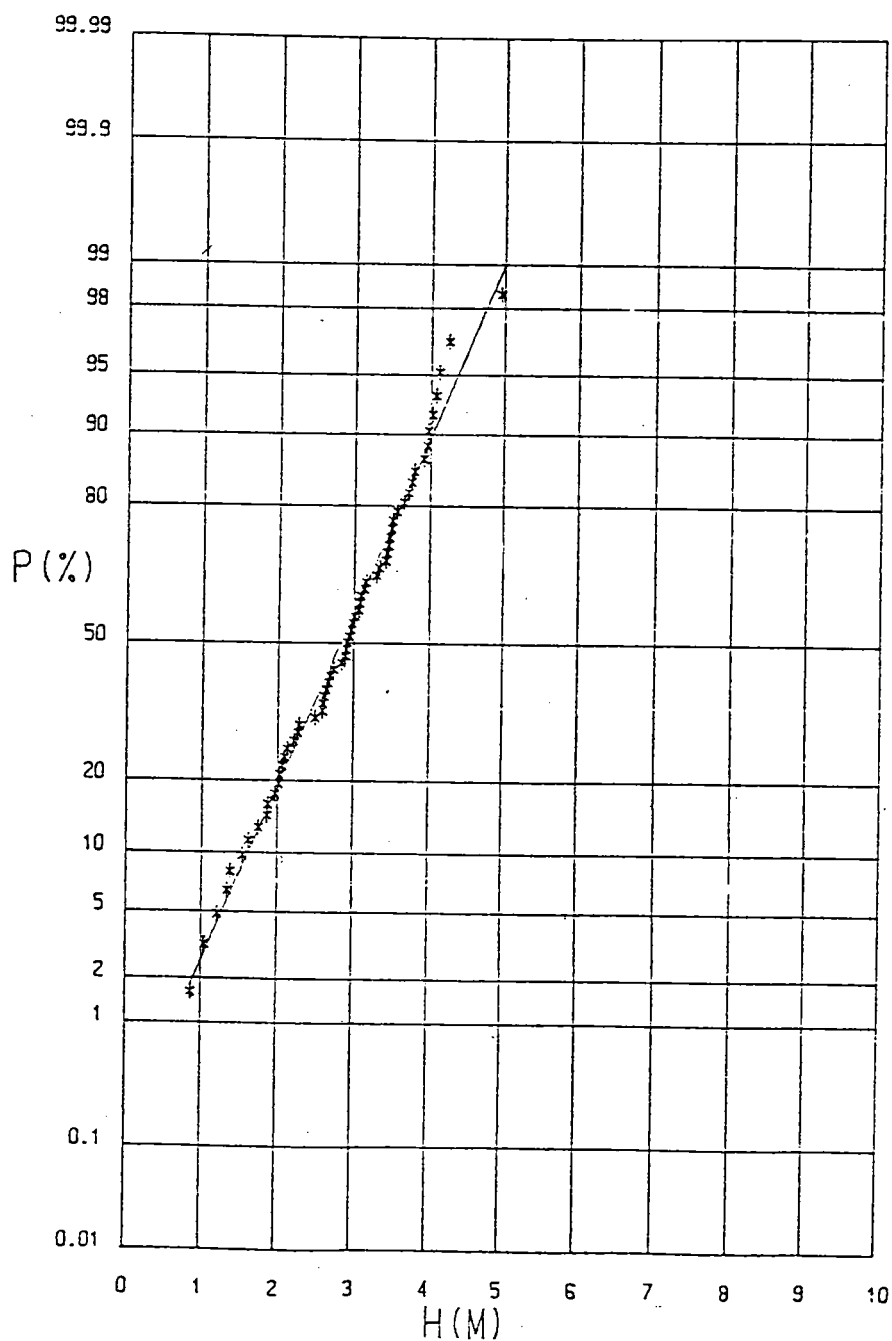
—高潮位與低潮位為陸上排水設計之依據。

—最高潮位（H.H.W.L.）天文潮高潮位時發生暴潮，造成最高潮位，為決定堤防、碼頭設計高度之依據。

2.潮位調和分析

方法：天文潮因天體作週期性有規律之運行，因此各測點地形及位置不同可以根據長期潮位紀錄（最好一年以上）利用最小乘方迴歸潮汐水位求得各分潮之振

ALL YEAR DATA



$$Y = -3.015656 + 1.065979 X$$

圖 8 (a) Normal 法極端值分析 (全年)

ALL YEAR DATA

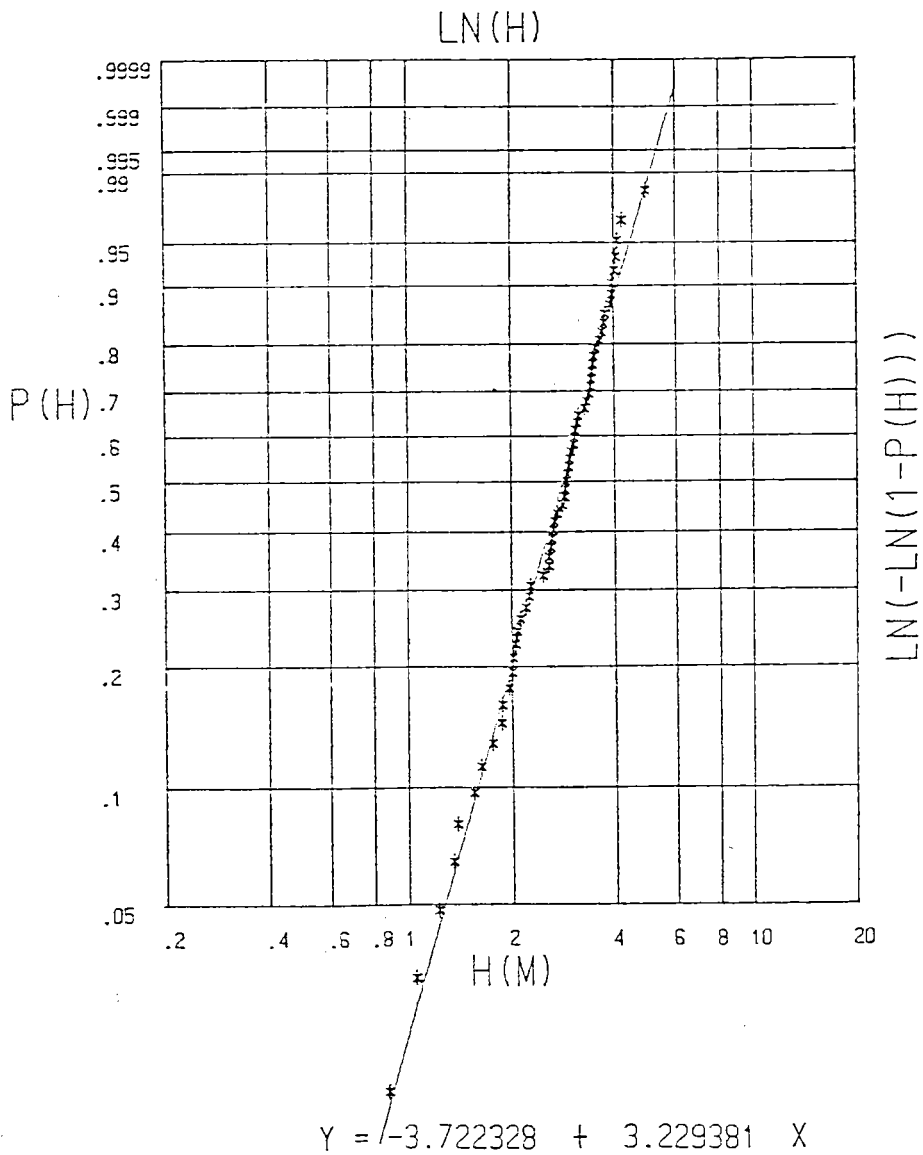
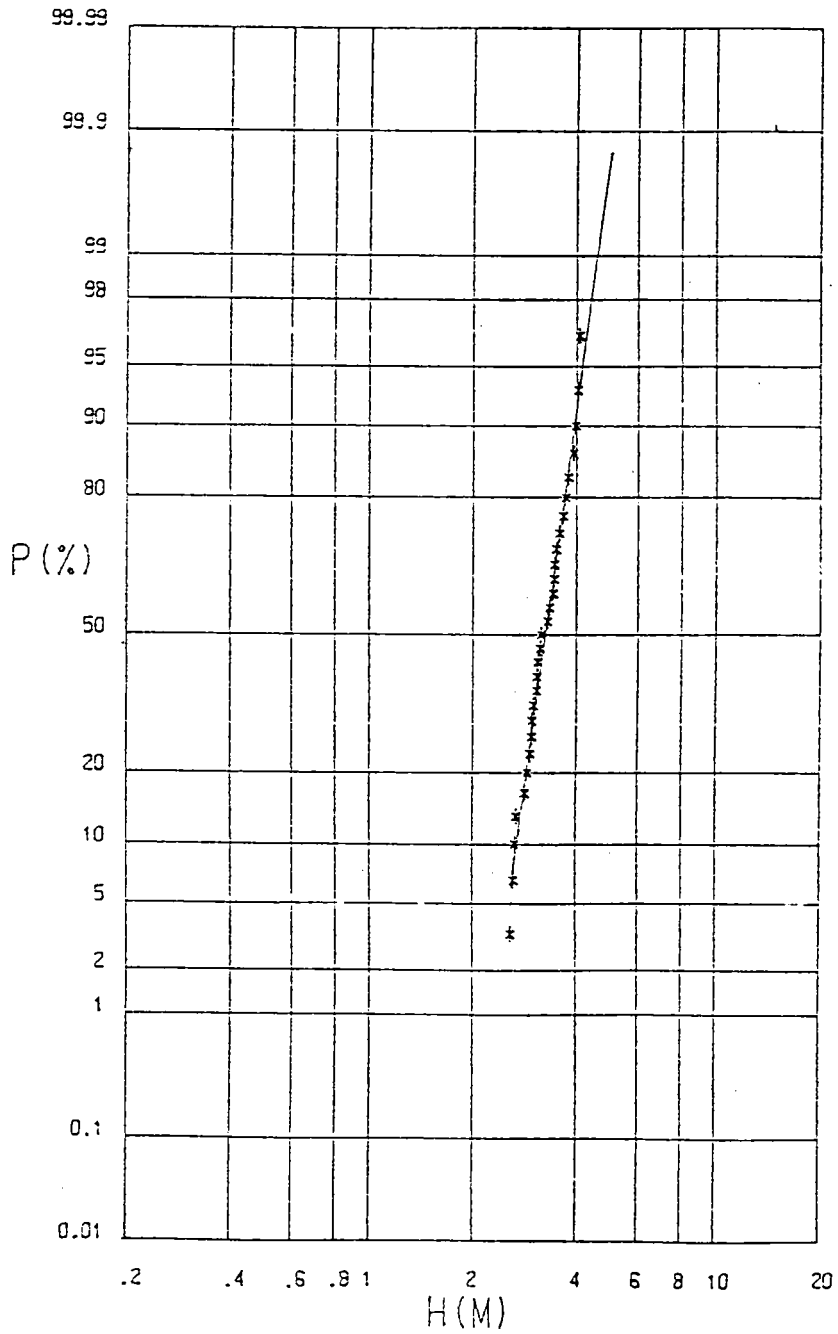


圖 8 Weibull 法極端值分析 (全年)

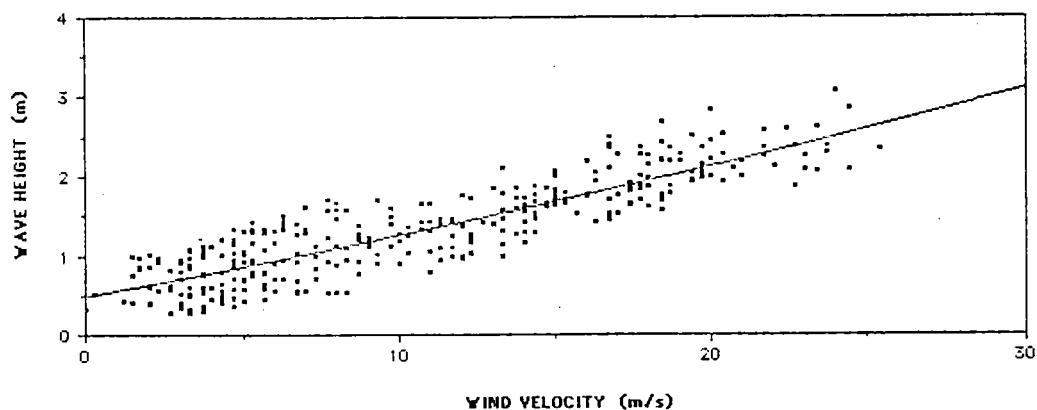
WINTER DATA



$$Y = -8.07315 + 6.861179 X$$

圖 8 (c) Log-normal 法概端值分析 (冬季)

1972.11 Wind-Wave Second-Relation Graph

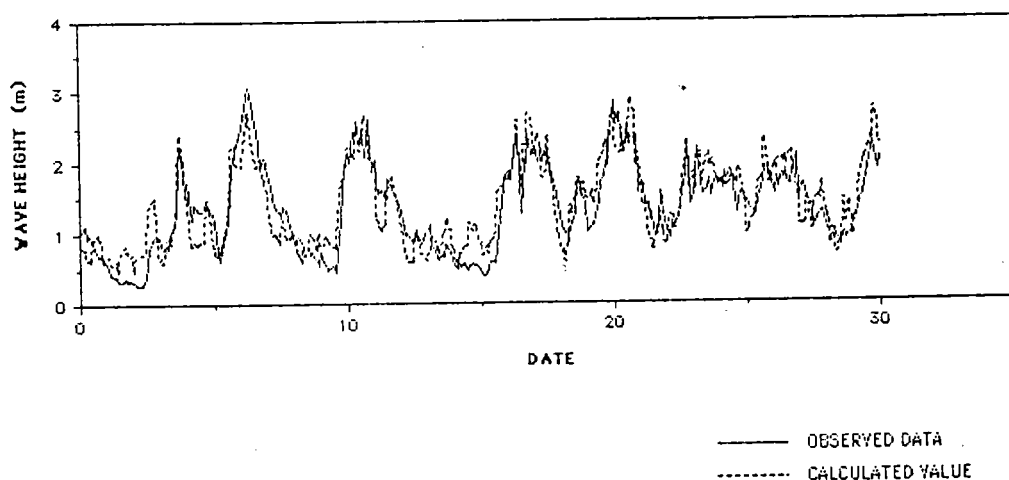


$$H = 0.49284 + 0.071325 * V + 0.00052605 * V^2 \quad R^2 = 0.777$$

TIME LAG : 0Hr

61年11月風速與波高二次關係

1972.11 Wave Observed-Calculated Value Graph



61年11月計算值與實際值比較

圖9 風速速與波高相關特性及波高計算值

幅及遲角。

目的：利用之調和分析所求得潮汐之調和常數振幅及遲角，可以預報未來潮汐變化或追求以往特定時間之潮位。

3. 暴潮分析

暴潮為天文潮以外，因氣象因素所造成之潮位偏差。暴潮若發生在朔望高潮時，可產生最大高潮位。

方法：潮位偏差主要由低氣壓及吹風剪力所造成，簡易外海潮位偏差計算方法為：

$$\zeta_{\max} = 0.911 \Delta P + 0.048 \frac{U^2 \cos^2 \theta}{d} F$$

上式中 $\zeta_{\max}$ 為最大潮位偏差 (cm)

ΔP 為氣壓降 (mb)

U 為風速 (m/s)

θ 為風向與海岸線法線夾角

d 為水深 (m)

F 為吹風距離 (km)

一選擇以往颱風侵襲時可能發生暴潮之紀錄資料 (天文潮 + 潮位偏差)，利用潮汐調和分析所求得調和常數追算潮位變化 (天文潮)，將暴潮中天文潮分離求得潮位偏差。

目的：潮位偏差與大潮高潮位重疊可以發生最高潮位，作為設計水位。

4. 最高潮位分析

方法 1：利用長年潮汐紀錄資料，每年選擇一個最高潮位，利用迴歸分析計算各種不同再現年數可能發生之潮位，如圖 10。

方法 2：根據颱風中心氣壓及風速資料求得不同再現年數氣壓降 ΔP 及風速，利用上節所述求取潮汐偏差 $\zeta_{\max}$ ，再求得最高潮位。

目的：決定港灣及海岸構造物設計水位。

(三) 海 流

海岸流況為影響海岸地形變化、污染擴散、港口方向及船舶航行等之主要因素。海流可分為恆流、潮流、風吹流、沿岸流及裂流。海流統計分析項目包括：

1. 風速與流速相關特性分析

方法：相對應風速與流速分別點繪於座標上，求取最佳迴歸曲線，如圖 11。

目的：一測點流速與吹風關係。

一迴歸曲線上、下分佈可視為潮流變化。

一風速擴近零時迴歸曲線可顯示恆流流速。

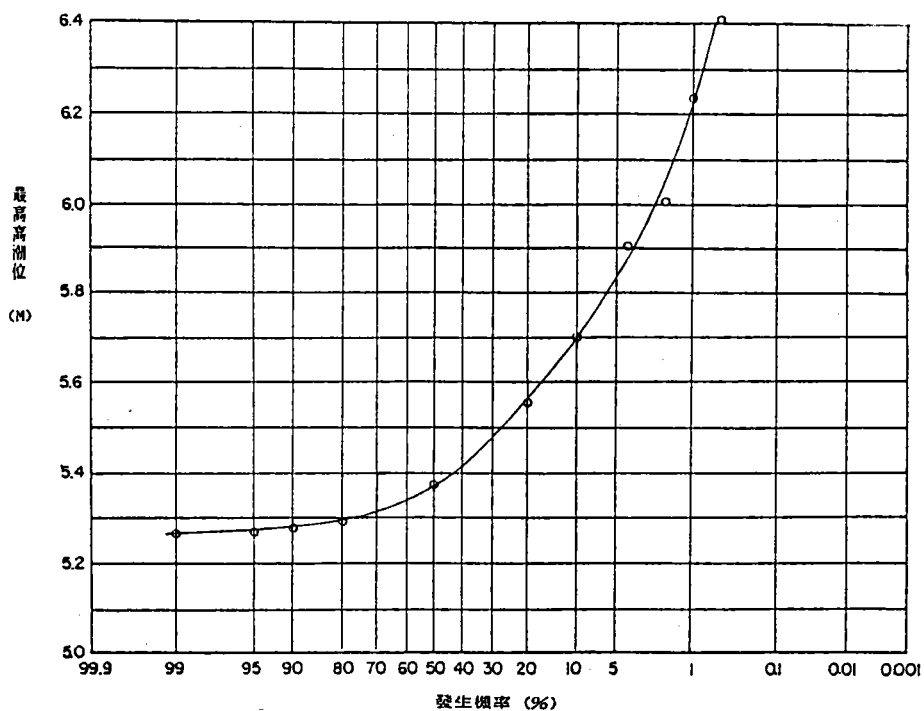


圖10 台中港最高潮位出現機率分析圖

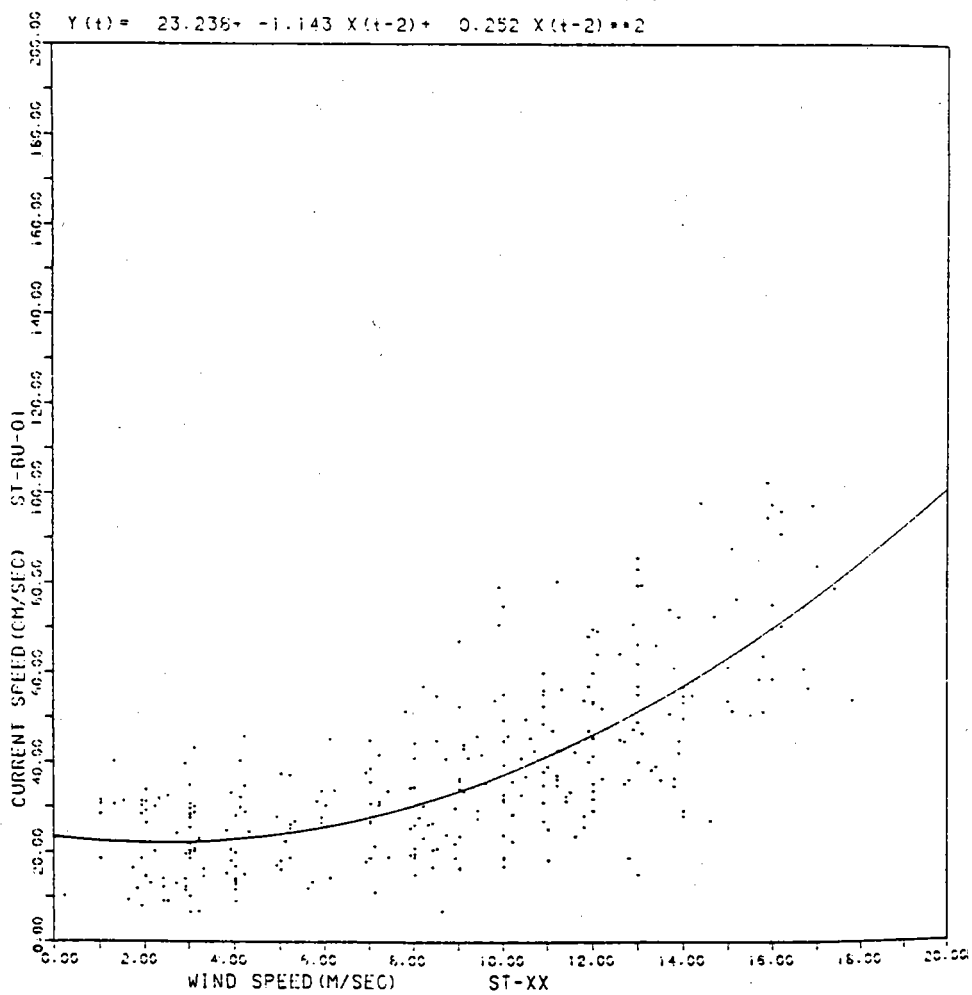


圖11 風速與流速相關特性

2.流況、波浪、潮位及風力延時變化。

方法：將流速、流向、風速、風向、潮位及波浪延時變化繪如圖12。

目的：一流速、流向受吹風影響。

一流速、流向受潮汐漲落影響。

一作爲校驗流速計算、數值模型之依據。

3.流速向量前進圖（Progressive Vector Diagram,P.V.D）。

方法：水粒子運動跡線，根據流速、流向與延時資料點繪如圖13。

目的：一評估污染質擴散之依據。

一作爲流速分佈模擬校驗依據。

四、地象調查

地象調查包括地形及海岸變化、地質承載力、海底底質、漂沙及地震等。

(一)地形及海岸變化

方法：辦理規劃區域地形及水深測量，岩岸每年一次；沙岸每年至少二次，必需時在颱風過後辦理局部測量。

目的：了解地形變化及沿岸沖淤特性，作爲養灘、護岸之依據。

(二)地質承載力

方法：與一般土木工程相同，利用鑽探、探測等方法採取土壤分析物理特性及承載力。

目的：一土壤承載力作爲構造物設計依據。

一地層土壤物理特性，評估興建結構物是否造成滑動、沈陷等。

(三)海底底質

方法：分析海底底質粒徑分佈及化學特性。

目的：一評估漂沙活動區間及漂沙移動方向。

一了解海岸泥沙來源。

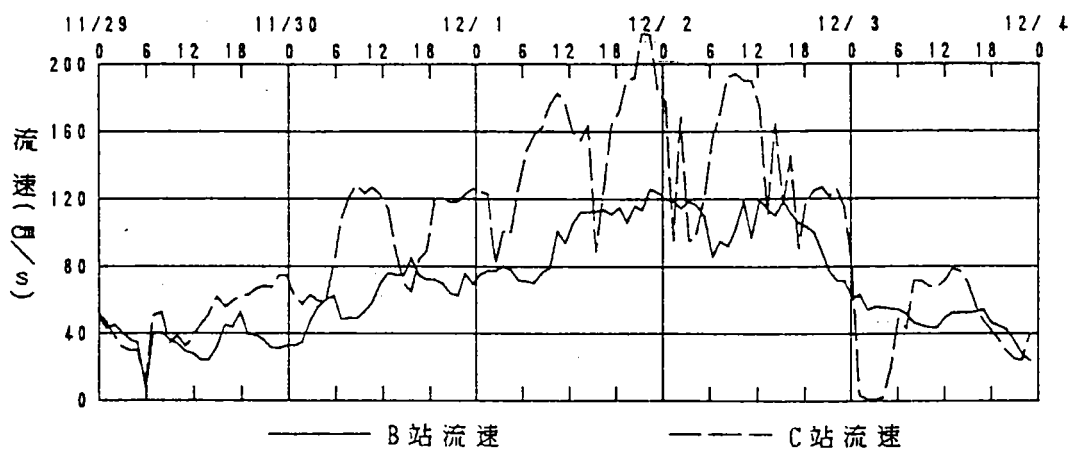
五、模型試驗

海岸水工模型試驗可分爲平面佈置試驗、漂沙試驗及斷面穩定試驗等，分別概述如后：

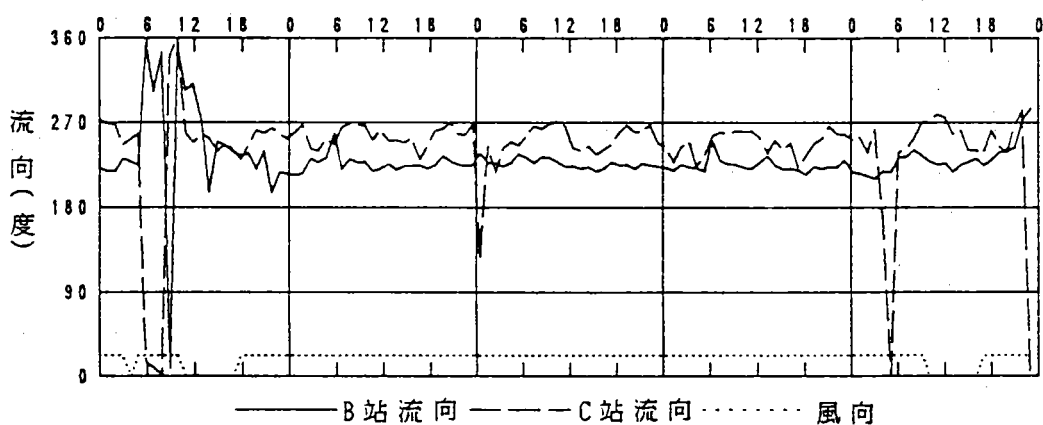
(一)平面佈置試驗

方法：1.利用定床模型按模型率（以不小於1/100爲原則）鋪設地形，並製作各種結構物模型。

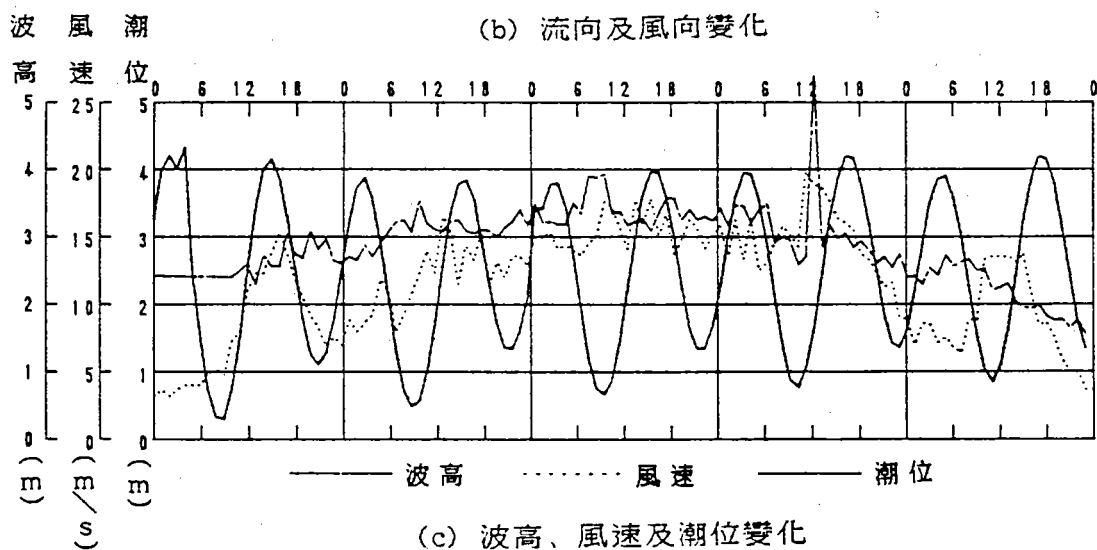
2.依據外海實測波浪利用造波機在試驗水池內按模型率製造試驗入射波浪。



(a) B、C站流速變化



(b) 流向及風向變化

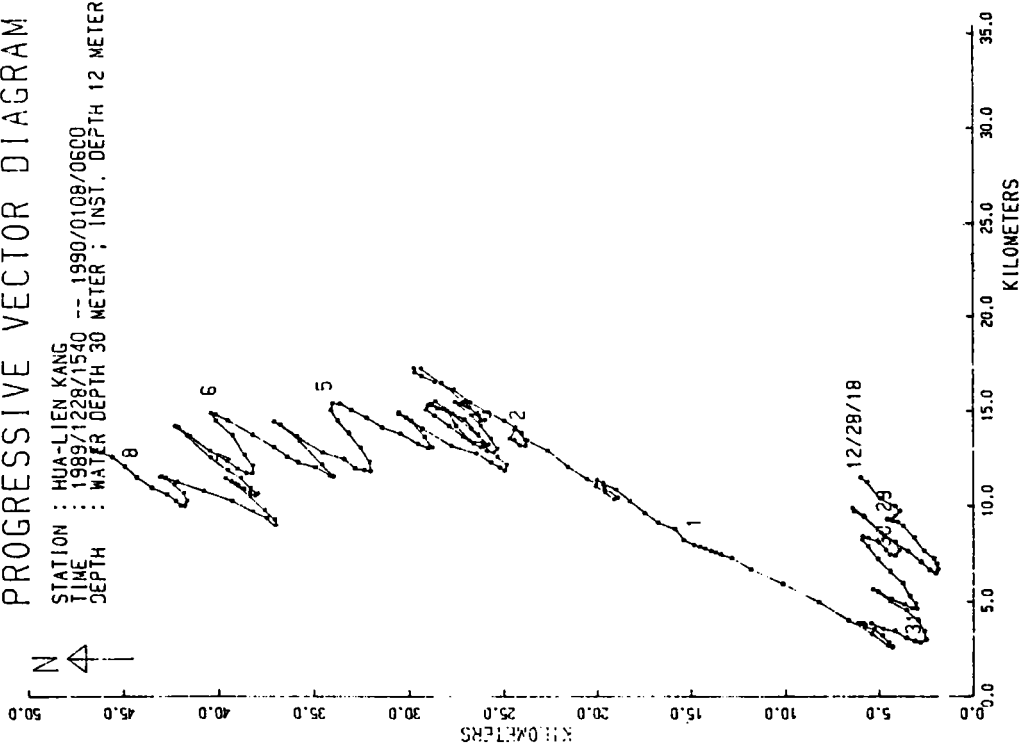


(c) 波高、風速及潮位變化

圖12 台中港B、C站流況及波浪、潮位、風力變化
(民國70,11,29~12,4)

PROGRESSIVE VECTOR DIAGRAM

STATION : HUA-LIEN KANG
 TIME : 1989/1228/1540 --- 1990/0108/0600
 DEPTH : WATER DEPTH 30 METER ; INST. DEPTH 12 METER



PROGRESSIVE VECTOR DIAGRAM

STA : MAI-SANG-TING-CHOU
 TIME : 1989/0301/1410
 WATER DEPTH : 12 METER ; INST. DEPTH : 3 METER

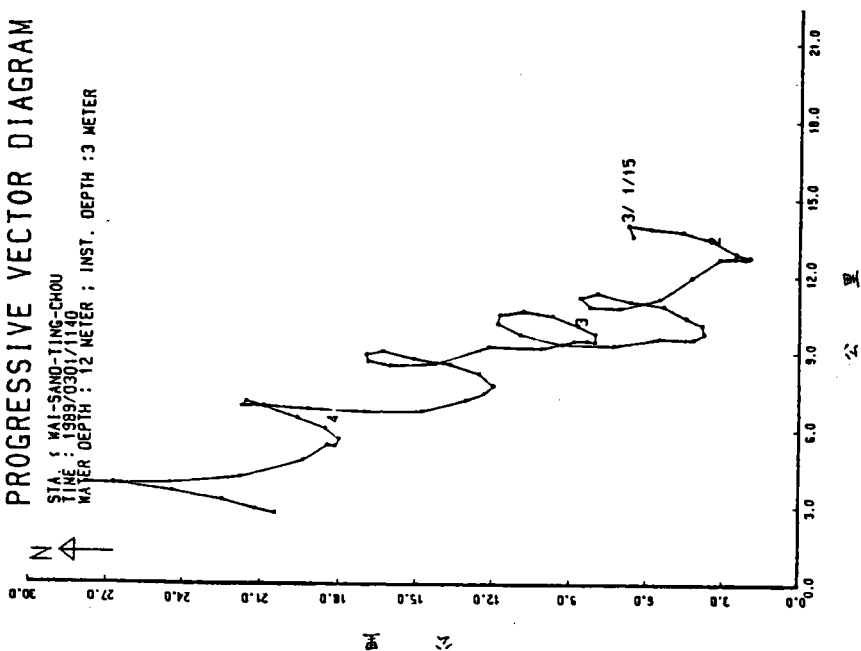


圖 13 流速向量前進圖 (P.V.D.)

- 3.量測港口、航道、碼頭前及重要水域波高，計算測點波高與入射波高比值，如圖14。
- 4.模擬碇靠船隻及其繫纜系統，試驗波浪作用下，量測碇泊船隻運動量（Ship motions）如圖15，及纜繩拉力與護舷壓力，如圖16。

目的：1.評估各種不同外廓堤防佈置對港池遮蔽效果。

- 2.根據外海波浪統計結果及試驗所測得繫纜船隻運動量，纜繩與護舷受力及港池穩靜程度，評估不能作業時間（Down-Time Evaluation）包括不能進、出港口、不能碇靠及不能裝卸作業時間，甚至疏散時間（或稱逃港時間）。

- 3.根據不能作業時間評估每年可能等待時間，進而決定防波堤佈置。

(二)漂沙試驗

方法：1.根據模型律製作動床模型，漂沙試驗常因涵蓋廣闊，為便於垂直向波高，及水深量測，模型常採用不等縮尺模型（Distorted model）。

- 2.漂沙試驗因模型上砂粒無法比例縮小，在主試驗前常辦理預備試驗，在模型上製造各種試驗條件（波浪、沙源等），使原型地形變化特性在模型上重現，以求得試驗縮尺。

- 3.主試驗結果利用預備試驗模型縮尺，估算漂沙量。

- 4.漂沙試驗到目前為止仍屬於定性而非定量試驗。

目的：一了解海岸沖淤特性，作為構造物佈置與結構設計之依據。

一評估興建海岸工程對上、下游地形影響。

一評估航道維護挖泥量。

(三)斷面試驗

方法：1.構造物斷面根據模型縮尺（以不小於1/36為原則）在試驗水池內製作模型。

- 2.利用造波機製造外海入射波浪，依試驗目的觀測堤防穩定、量取波浪溯上、越波量、波壓力，計算反射係數等。

目的：根據堤防穩定性、溯上、越波量等試驗結果選擇最佳斷面。

六、結 語

海岸工程規劃、設計因工程性質不同，所需規劃、設計條件迥異，有些須利用電腦辦理數值模擬，例如港口操船模擬、污染與流況數值計算等。除此之外，因工程用料取得、交通、人文資料、環保問題都需在規劃設計時加以考量。

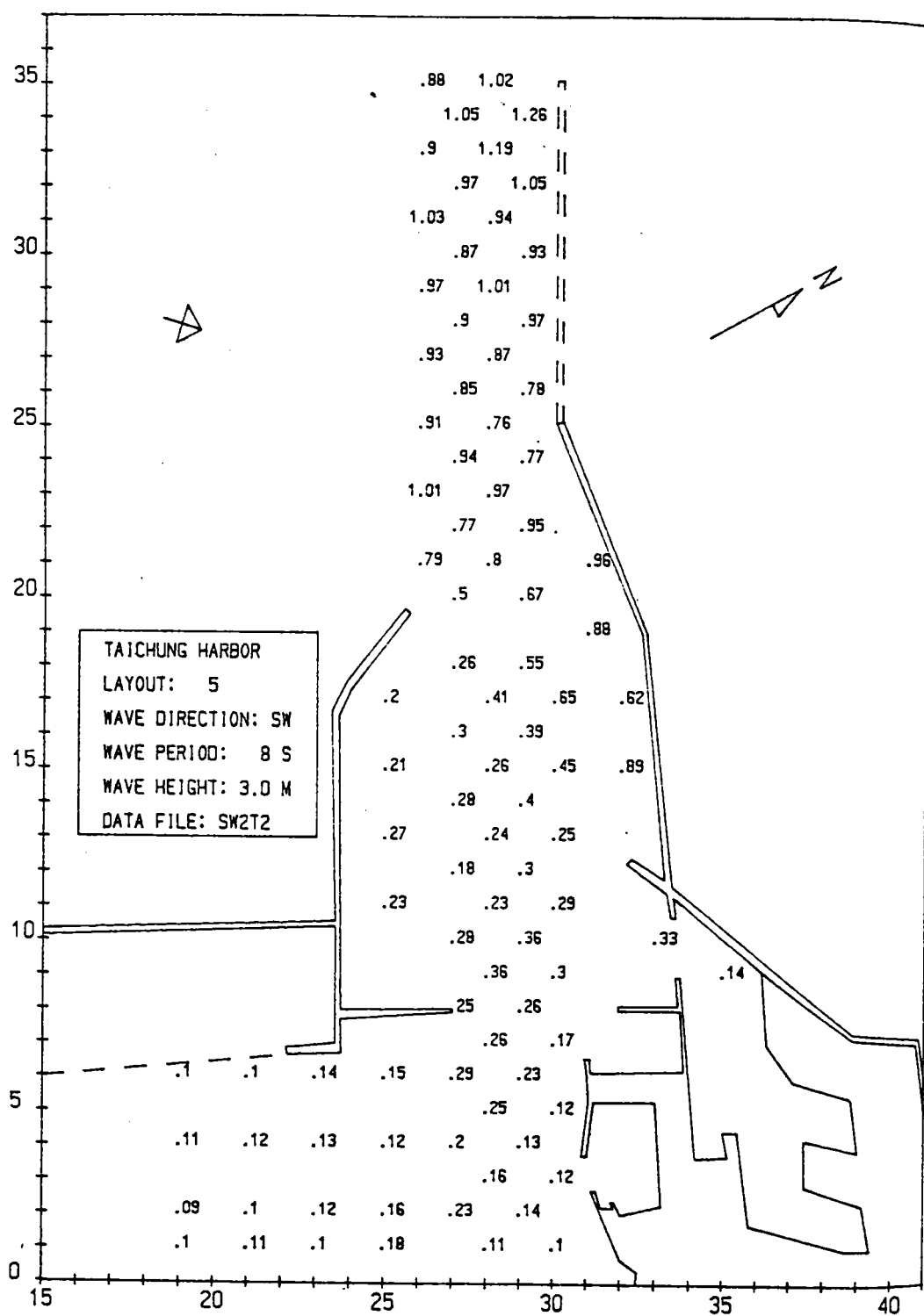
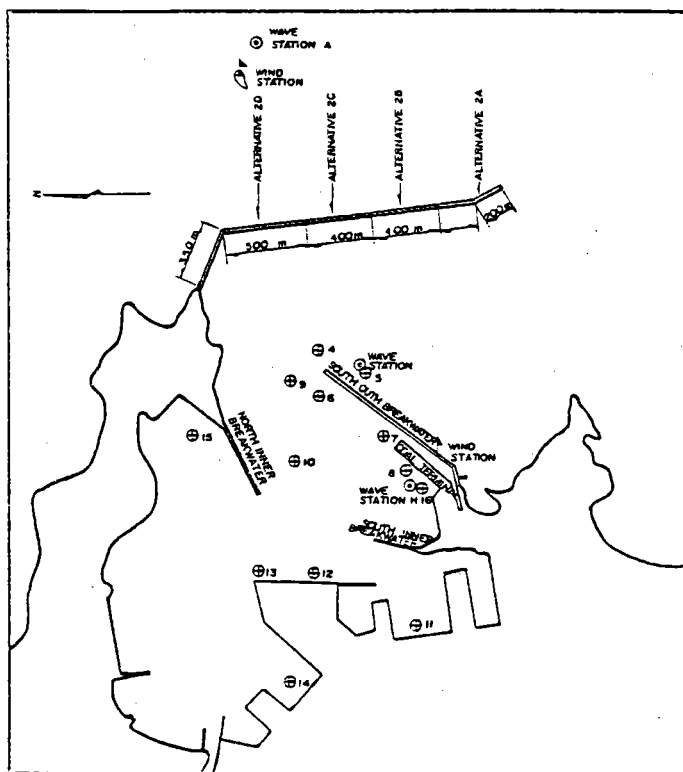
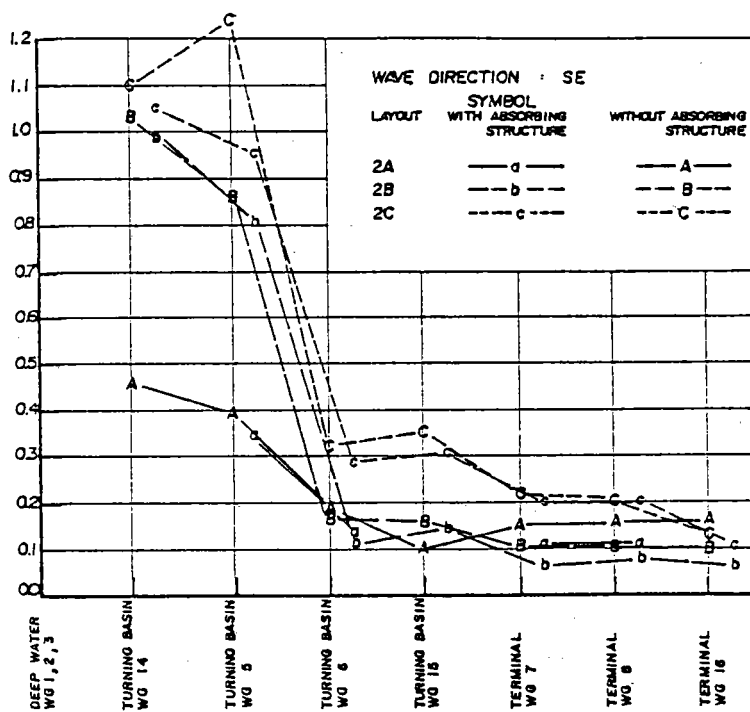


圖 13 流速向量前進圖 (P.V.D)



SU-40 HARBOR—WIND AND WAVE STATIONS ARRANGEMENT OF WAVE GAUGES



WAVE HEIGHT COEFFICIENTS—COMPARISON OF DIFFERENT LAYOUTS

圖14(b) 遮試驗波高係數變化

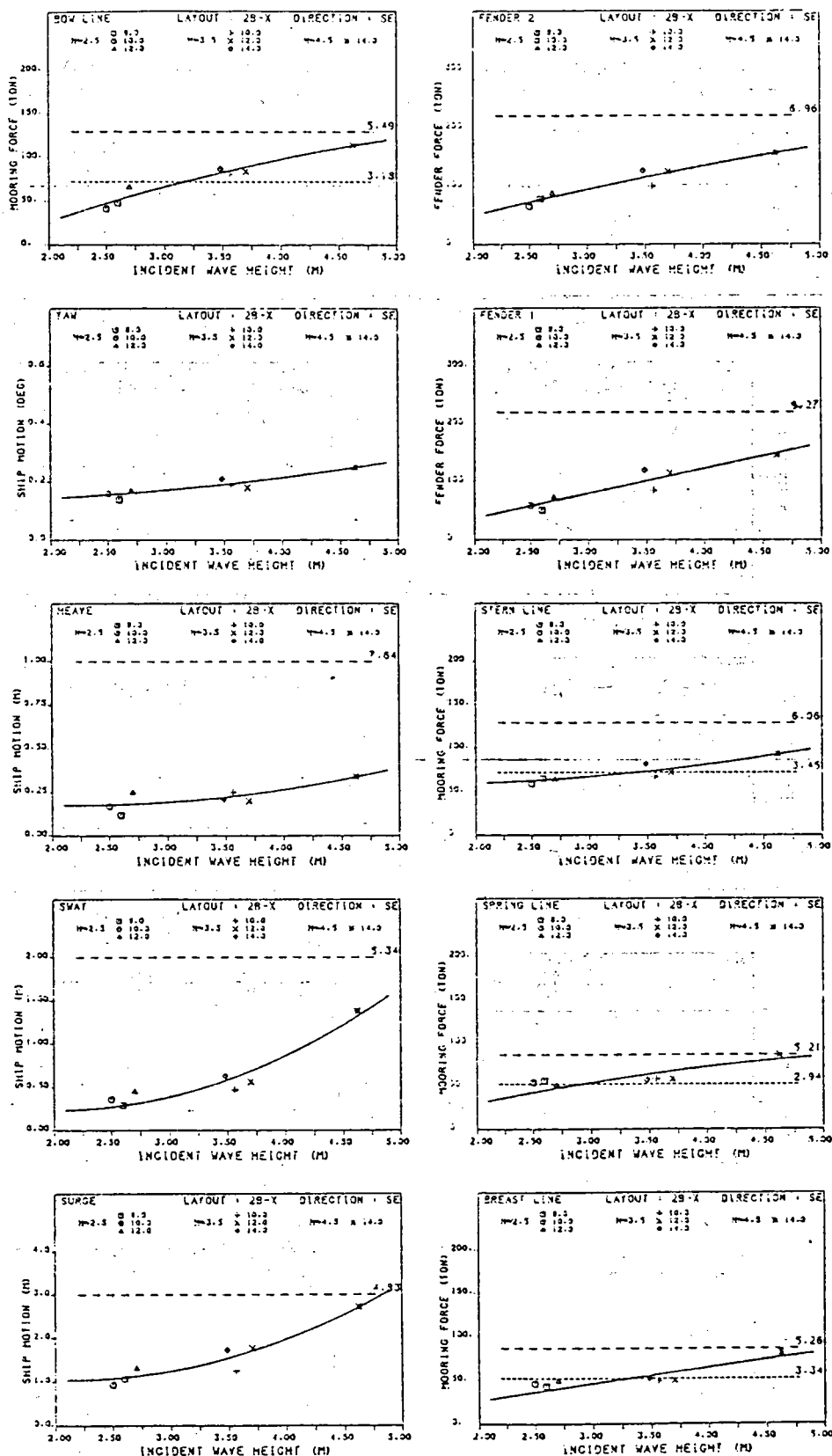
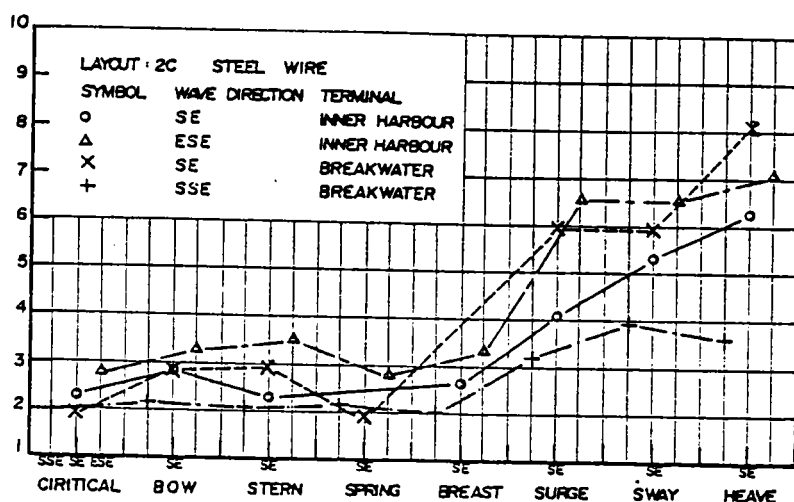
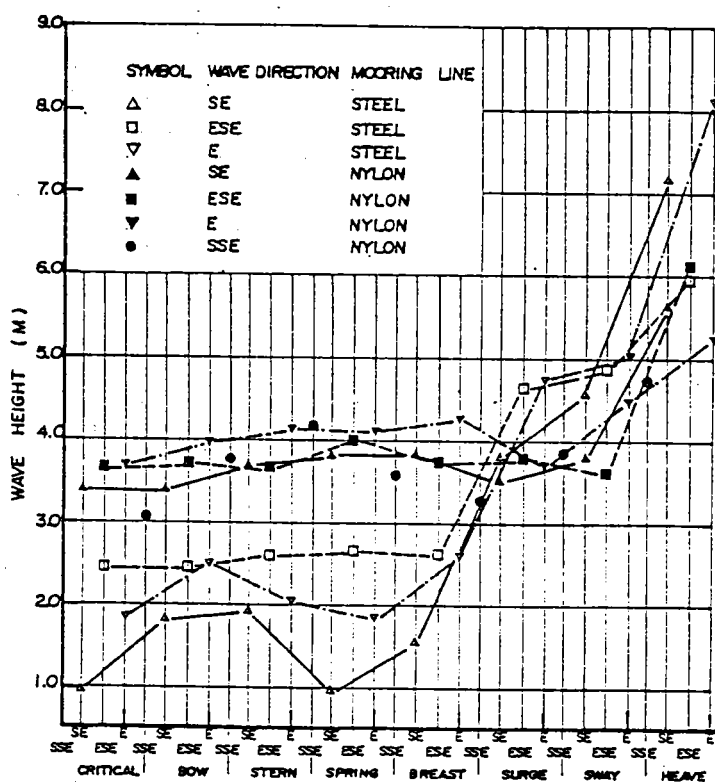


圖16(a) 船隻運動與纜繩、護舷受力與波高關係



COMPARISON OF OPERATIONAL DOWN TIME WAVE HEIGHT FOR T⁺ TERMINAL LAYOUTS



WAVE HEIGHT THAT CAUSING DOWN TIME OPERATION —
LAYOUT 1 COMPARISON OF WAVE DIRECTION & MOORING LINE.

圖16(b) 不能作業波高—纜繩受力與船隻運動

七、參考文獻

- 1.郭金棟，77.年 5.月，海岸工程，中國土木水利工程學會。
- 2.湯麟武，78.年 4.月，港灣及海域工程，中國土木水利工程學會。
- 3.中華顧問工程司，77.年 4.月，台中港港口擴建計畫評估研究。
- 4.張金機等，77.年 8.月，台中港港口流況調查研究，港灣技術研究所專刊50號。
- 5.曾相茂等，78.年 6.月，台灣四周海象氣象調查研究(四)，港灣技術研究所 78.研(三)。
- 6.曾相茂等，79.年 6.月，台灣四周海象氣象調查研究(五)，港灣技術研究所 78.研(三)。
- 7.張金機等，77.年 6.月，台中港港口擴建水工模型試驗研究，港灣技術研究所專刊47號。
- 8.C.K.Chang, Hydraulic Model Study of Taipower Su-Ao Coal Unloading Terminal, IHMT, Special Report No. 33.

海岸規劃

*港研所海岸工程組組長 黃清和

壹、前言

台灣四面環海，除本島以外另有85個離島，海岸線長約1,600公里，面積僅36,000平方公里，且陡峻之山地佔75%，故這宜於生產、居住之單位面積人口密度、國民生產密度極高。經濟、文化活動大部集中於沿海，海岸成為人民生活中不可或缺之一環。惟台灣海岸線單調缺少變化無明顯之灣澳可做為天然港灣或做養殖海域之用，但有斷崖海岸、海蝕台、海埔地、外海砂洲、瀉湖、珊瑚礁岸、海岸砂丘等等各式各樣海岸特性不同之海岸。此等海岸或提供人們休閒旅遊場所或供建設港灣運輸之地，亦提供不少土地開墾為漁業、養殖、晒鹽、農墾、工業基地等生產、休閒空間，誠為台灣極寶貴之資源，不能不加珍惜，慎重加以規劃、保護利用。

台灣本島沿岸各縣市中，海岸發生侵蝕者計有雲林縣、高雄縣、台東縣、花蓮縣及宜蘭縣。大致保持平衡者計有台北縣、屏東縣，但淡水河口南岸、高屏溪口西北岸等處亦有侵蝕，其他縣市之海岸雖有淤積但其淤積量亦逐漸減少中。台中縣、雲林縣及台南縣之低潮線在最近20年亦在後退中，亦即此等海埔地面積正在減小。海岸受波浪作用凹凸之岸逐被整平，雲、嘉、南地區之外海砂洲普遍南移面積萎縮，尤以雲南外海者最不安定。

貳、海岸變化之原因

海岸為海陸之交界，具有各種各樣之地形形態，其位置不停地在變化，由陸地及海洋之營造力長期相互作用形成之帶狀地區。除受波浪、潮汐長期作用之外，地殼運動引起之土地昇降、氣候引起之海面變化、河川輸砂或火山活動引起之海岸地帶土砂供應等都屬於長期性之變化，而海岸施工或颱風等引起之海岸變化則屬於較為短期性之反應，海岸變化結果形成海岸線之前進或後退。茲將海岸變化原因分析如下：

1. 地殼運動引起之變化

海岸前進或後退之重要原因之一為地盤運動引起之地形隆昇或沉降。台灣位於環太平洋造山帶地殼運動激烈之地區，海岸變化受其影響尤為顯著。地殼變動除地震時

短時間發生之顯著變化外，平時亦以緩慢之速度不斷地在進行變化，地震發生之變化形成斷層及海岸斷丘，土地昇降之結果可由海蝕台之隆昇及砂灘之沉降把握。緩慢之長期變化者須賴地層等之沉積物狀態推斷，二者可能以相反之傾向出現，而地震之地殼運動支配海岸地形。

2. 氣候變化引起之變動

地質時代之第四紀之後，地球一再發生氣候變化，海水面因而昇降對海岸地帶產生影響。第四紀後100萬年間最少經過Gunz、Riss、Wurm四次大水河期，冰河期海面下降，間冰期海水位上昇，後冰河期（post glacier）進入溫暖期地球冰塊溶解海水面徐徐上昇，經20,000年上昇100~130m，海水侵入陸地形成溺谷。

大陸棚邊緣平均水深為132m故Wurm冰河期最盛之海岸線在現在大陸棚邊緣。

又世界大陸棚平均坡度為 1.9×10^{-4} ，海岸平均每年上昇5mm則海岸線每年後退25m。後冰河期海面上昇最高時約在5,000年前，據推估此時海面約比現在高6m，可見海岸線要比目前侵入陸地甚深，其後海面又漸下降，陸地擴大，此間有小幅度之昇降。地殼運動引起之陸地昇降與氣候變化引起之海面昇降相互平行，如陸地上昇速度較快則產生隆昇作用反之發生沉降作用，沖積世以後繼續發生世界性沉降作用。

3. 堆積物產生之變化

改變海岸地形之主要原因之一為河川流入之土砂、石礫堆積於河口附近形成之三角洲，此種海岸一般呈現堆積性海岸，其前進速度受河川流域面積及其地形、植物等有關之河川輸砂量支配。例如美國密西西比河每年約有三億噸之流砂使河口以每年104m之速度前進。面臨外洋之河口如有沿岸流則因搬運作用使前進速度遲鈍。此外火山噴出物、山崩、地層滑動等流出海岸之土砂石之堆積，熱帶海域造礁珊瑚之生育亦為海岸發達之原因，生長快速者100年會長3m。

4. 波浪作用

波浪以千鈞萬力之勢長年不停拍擊海岸，沿海岸搬運堆積物造成海岸顯著變化，又以颱風通過時或冬季季節風吹送時帶來巨浪，對海岸之破壞力及搬運力尤大。波浪隨季節風而有季節性變化，輸砂方向、海岸寬度因之而有週期性變化，經長年累積之結果而有堆積性、侵蝕性海岸之發生。岩石海岸雖不如砂石海岸變化明顯，但一般受海蝕後海岸後退形成海蝕台、海蝕崖，其後退速度因岩石強度結構而異，普通第三系泥岩年約後退0.3~0.4m，第四系軟岩石年約1m以上。台灣為颱風必經路徑，颱風來臨時浪高7~8m周期可達12~14秒，通過後亦有2~3m波高9~10秒波浪，餘波可能延續2~3日，冬季季節風波浪亦可達4~5m周期8~10秒。此一頻繁出現於台灣四週之波浪襲擊海岸使海岸地形發生激烈變化，海岸侵蝕極為嚴重，當為海岸變化的主要原因。

5. 人爲因素

就平地稀少的台灣而言，海岸乃極珍貴之存在，自然成爲生產及運輸之基地，到處有商、漁港、海埔地，爲保護此等設施興建不少防波堤、護岸、海堤、導流堤，離岸堤等。此等設施改變沿海波浪與潮流破壞海岸平衡，海岸以比平常更快之速度變化，侵、淤現象更明顯，影響所及常達結構物長之3、4倍，乃至海岸災害增加。又因河川治水水土保持、築壩、採礦使河川輸砂量改變，引起更嚴重之海岸侵蝕。

6. 平均海水面之變化

平均海水面可能因強風吹送或局部性氣象條件而變化，短期者可能因月、季、年而異，長期者則十年、百年、千年、萬年之變動。就工程觀點言，所注意者可能爲數十年以內之變化，而就地理學者所注意者乃千、萬年之長期變動。季節性之海水面變化多爲氣溫變化所引起水溫變化，使海水密度及鹽分濃度變化，唯水溫變化受海洋之影響，非由太陽輻射之年變化所可單純地予以解釋。如冷水塊移向近海或深層冷水之湧升，均會因其密度較高，使水面下降。湧升流於春季達最大，故海水面春季最低，夏季湧升流弱，再不斷接受太陽輻射熱加溫於秋季達最盛，故秋季平均海水面最高。上升高度可20~30cm，海流亦會引起海水面上升，就北半球而言，海洋流向之右側水位上升，流速愈高上升量愈高，就本島而言受黑潮影響較大，黑潮移近海岸則可能引起水面上升，唯其高度當僅數公分。氣壓變化亦爲海水面變化之因，在海洋中影響較小而海岸影響較大，其規模亦約20公分。此等原因如重疊發生則可能產生較大而較長期之海水面變化，也許可能長達10、20年。據Namias and Hwang (1972)之調查，美國南加州1958~1969年間，水溫上升1℃海水面上升3.7cm，氣壓引起者0.6cm，海流引起者1.0cm，冰山溶解引起者1.0cm共計6.3cm。

依據潮位站長期觀測結果，海水面一直持續上升，1950年代之研究認爲年上升量約1~2mm，而1980年代之研究則認爲3~4mm/yr，其原因乃因冰山溶解，唯各地因陸地之隆升或沉降而有不同。最近幾年來由於臭氧層之破壞使地球溫度升高加速，冰山溶解導致之海水面上升更加明顯。

倘進入21世紀，氣溫與海水上升關係仍保持不變，則21世紀後半海面將比現在上昇30~100cm。Hoffman (1983)自人類能量消費趨勢估計CO₂增加量，以數值模擬推算出在2100年海面可能上昇0.5~3.7m，而最現實之提案則爲1.2m，今年世界環境會議中專家亦同意此一數值。

海水面如有數十公分乃至一公尺之上昇，則海岸線必將後退，低漥地區 (low land) 即所謂零米地帶將因而浸水。美國環保署正以美國海岸爲對象進行詳細之調查研究中，台灣沿海平均海水面之昇降如何迄無資料有待分析了解。但自世界性平均水位上升結果視之，台灣當不例外。

平均海水面上升之結果將導致海岸線之內移，離岸砂洲緩慢移向陸岸，海崖侵蝕加速海灘消滅。Bruun (1962) 曾提出一理論模式，當水位上升時砂灘之泥沙將被移往外灘堆積。因此海岸線內移而近灘底床上升但水深維持不變，此一理論後來被Schwartz (1965, 1967) 在實驗水槽中予以證實，並由經Bubois (1975, 1977) 現場實地驗證，即一般所謂之Bruun Rule。

倘使海水面上昇 a 則前灘後退量 x 為

$$x = a \cdot \cot \theta, \quad \theta \text{ 為前灘坡度}$$

依此推估，台灣海岸之侵蝕距離在北部及南部，如海面上昇30cm則大約會後退10m左右，倘於22世紀初水位上升100cm則海岸可能後退30m，而沿岸低窪地帶如高程1m以下者將沒於海水中。最近雲、嘉、南、屏沿岸一帶已因為超抽地下水而使地盤下陷0.48~2.8m不等，在大潮時即發生淹水現象（如彌陀、網寮、口湖一帶），倘再加溫室效應之海面上昇後果不堪設想。

美日等國認為此一海水面上升引起之海岸侵蝕所需防治工作規模極大，誠非土木工程所可防止者。因此僅能做重點之區域防禦工程建設海堤護岸等，其他地域只得任其自然侵蝕。實際上目前世界各地有不少地方海拔在零米以下，此等地區多已有海堤保護，即使數十公分程度之海水上昇，引起之災害當不致如想像中嚴重，但如有颱風暴潮發生損失當不貲。

參、海岸空間之規劃

一、海岸空間之利用

海洋被認為生物之肇源，人類早已知道利用海洋與海岸做為交通與生產的空間，並進而填海造地化滄海為桑田從事農漁業生產。最近由於科技進步，對海洋的了解也較豐富，故海岸開發工程大規模化，海岸空間利用也從農漁業之初級產業發展為工商、服務業之生產空間，利用價值大大提高，用途多樣化。就其使用目的分可歸納為下列用途：

- (一)農漁生產用：如開闢為農牧墾殖區、漁塢、鹽田、淺海養殖或海洋牧場業。此種用途乃早期先人開發海邊±0公尺以上地帶將沿岸水邊加予築堤圍墾之做法，乃至利用近代科技創造適合於養殖水產環境增加漁獲生產高價位水產物之空間利用。此種空間利用如不圍堤對現況改變較少、亦少污染，但如圍堤範圍大則對生態及海岸自然環境均產生影響。
- (二)工業用地：如一般工業、石化煉油、發電廠址，高污染工業用地等。由於污染性工廠設置於內陸，不論水、空氣、噪音等污染影響範圍較廣且直接影響至附近居民生

活，乃至冷卻用水取得不易等，自以設置在海邊或海中較為有利。而在土地狹窄或人口稠密高度開發之地區，土地取得不易，大型工廠只有求助於海岸新生地之開發，此種海岸利用之形態海岸環境之影響最大。

(三)交通運輸：如商港、漁港、軍港、工業港及能源港及海上機場、碼頭、航路、橋樑及跨海道路、海底隧道等。此種用途除港灣及海上機場對海岸自然地形將產生衝擊外，其餘對生態影響較小。

(四)都市用地：包括海洋都市、濱海都市新市區、沿岸都市更新，海濱外貿展示場、流通中心，以及公園綠地等，用以疏解過密人口改善都市環境。此種土地利用價值最高，如開發規模不大對環境之衝擊尚可容忍。

(五)海洋性休憩用：包括海水浴場、人工海灘、釣魚碼頭、海洋博物館或展望塔、海濱青年運動中心、遊樂場遊艇碼頭（港）等，提供海洋活動空間，使居民回歸至海洋、親近海洋，因係供大眾使用易受歡迎較無發展阻力。

(六)廢棄物處理用：包括一般垃圾及產業廢棄物掩埋場、垃圾處理廠、污水處理廠等。此種使用如處理不當會引起二次公害。廢棄物掩埋場填滿之後可覆土興建高爾夫球場、公園或遊樂場等之用。

(七)儲存用：如做為海面海中儲油槽、儲糧庫等以供危機時之用。

二、海岸空間開發方式及範圍之演變

早期之海岸開發都在沿岸水邊以上之區域，以簡單之土堤小規模開發，只需就地取材將粘土填高阻擋海水浸入保護開墾地即可。因在平均水位線以上僅於高潮或暴潮時方有海水侵入，平常亦無波浪作用，故雖簡陋亦可維持。因多屬私人開墾、規模較小都在數十公頃以下，如日據時代明治糖廠開發蔗田及製鹽廠開發鹽田乃至沿海居民自行開墾之土地。及至光復後推土機及小型抽沙機等土木機械出現後，人類已有建築大斷面海堤之能力，對海岸亦較了解，故建設之範圍推廣至漲落潮與潮間帶即所謂海埔地。開發之新生地與陸地相連，二面以海堤圍成堤址，水深大約不超過 5 公尺面積數百公頃，如新竹海埔地，王功海埔地等等，多做農、漁、鹽田之用。近十餘年海岸工程發達，各大型施工設備齊全，海岸開發由前灘區推展至淺海區，目前已由水深 5 公尺進展至 20 公尺，或與陸地相連或採離島方式（即人工島），開發面積亦以數百公頃為多。為興建工廠，建築物都採用圍堤填土方式，前者屬圍墾（Reclamation），後者則屬土地開發（Land Development）俾能避免潮水淹沒並使排水容易。海岸開發由淺而深，由近而遠，發展之原因固乃施工技術發達之結果，但污染性工業遭受沿岸居民反對而不得不將開發地點選擇在離岸數公里外之外海填海造地，俾能與陸地保持相當距離做為緩衝區，減低對沿岸之公害及建設之阻力亦有關連。將來一旦沿岸空間開發

達某一程度，淺海空間取得不易時，更可能發展至水深20~50公尺，所可能遭遇之工程技術問題將更困難。

三、開發海岸之利弊

(一)開發海岸之利

由於沿岸水域經圍堤或填土之後，水域變為陸地，或海域空間利用為養殖、交通或儲藏之空間，空間使用密度提高。如變為陸地則土地面積增加，原來只能做水產用之海域即可變為都市、工廠、休閒、機場等用地，利用價值更可大幅提高，解決土地不足問題。再則由於沿岸開闢為新生地之後，海岸線外移，海面與原有陸地距離增加，波浪潮水災害減少，對內陸有保護作用。更因陸地摩擦作用風速減低，飛砂及鹽水飛沫擴散範圍減小，對農作物之鹽害減輕，背後農業生產量提高，土地價值會增值，故對沿岸陸地一般均有正面之影響。

(二)開發海岸之弊

1.對物理環境之影響

- (1)海象：由於圍堤造地需建設海堤，佔有原來水域使波浪發生反射或繞射，波浪、海嘯及暴潮可能因而發生平面之變化，更可能使潮流、近岸流發生變化。流速變緩之區域，可能使水質惡化，懸浮質沉澱，流速變快處使水質混濁，但水質改善。混濁度、底質、水質之改變影響到水產環境，生態隨之改變。
- (2)海岸水域空間消失，地形改變：由於水域填土空間變為陸地，海岸地形發生突變，使波流、水深發生變化，漂砂移動因而改變，使原來平衡之海岸發生侵蝕或堆積，此種影響於開發範圍愈大發生之衝擊愈嚴重。由於漂砂影響，底質粒徑分佈發生變化，對海床生物棲息產生影響，填土層厚必生壓密沉陷。亦可能於地震時發生土壤液化現象。
- (3)施工中污染擴散：由於填土用土砂石之採砂、抽砂浚渫、搬運、傾倒過程中泥砂難免會溢出擴散到海域造成污染，影響生態水產環境。唯此種施工中砂土之擴散可借工程方法使之局限於某範圍。
- (4)由於混濁度影響海水透光性，水域減少使水氣交換面積減少，開發面積太大則可能使大氣溫度局部上升、水溫改變。施工機械之振動及噪音等不無對生態有所影響。

2:對化學環境之影響

此種影響大部分發生於工業區工廠排放之污水，使附近水域之鹽分濃度，D₀、COD、HP、PCB、水銀等水中溶量發生變化。

3.對生態環境之影響

由於上述物理及化學環境之改變，可能使得生物生產系及漁業生產系之分佈、密度、棲息、生產因而發生變化。海洋生態鏈甚為複雜，如其中一環失去平衡立即波及他環，因而發生減產、逃避乃至消失。

4.對自然之影響

填海勢必犧牲海岸，大部分海岸開發工程均與陸地相連，故自然海灘因而消失。海灘與潮間帶（海埔地）、濕地之生態最為複雜，若干貴重生物、植物因填海而完全消失，鳥類失去餌食及棲息場所乃遷棲。此種損失當為生態保護者所不能忍受者。

另言之，如開發面積過大，因海陸吸散熱條件不同亦可能使溫度變化，再加大氣、海洋受污染，生活環境亦受威脅。

5.對社會之影響

原來依賴漁業維生之漁民因海域被佔用失去漁場，開發區鄰近地區漁業環境改變漁業資源減少，勢必被迫轉業或失業。如無相當之補償及輔導將引起社會問題。開發區內興建之工廠規模較大，常阻斷交通，土地由公有轉換為私有、切斷人民親海之通路，產生所謂通路權問題，此一問題於美國尤為嚴重。而海岸開發常需巨大資本，因此在若干國家成為大企業之獨佔利益，不能不預防。開發新生地會誘致工業及都市人口之密集，災害危險、交通問題因之衍生。海岸附近之歷史古跡、文化風土、生活習慣等亦有遭受破壞之可能。

以上負面影響有的可借工程技術在規劃設計時預為防範減低其影響，有的屬於不可逆性之破壞，不能不慎重考慮。一味追求開發利益，後果不堪設想。

四、海岸保護與管理

海岸保護與海岸利用為一體之兩面，只知開發利用而忽略保護，不僅自然海灘消失增加自然災害，並使水產資源枯竭，生態環境受衝擊，同時可用之沿岸土地資源消失。為提高海岸利用之價值調和利用目的之衝突，有秩序的開發海岸，俾使土地做最佳利用，並有效保護海岸自然及生態環境，使後代子孫長年享用，不能不有完善之管理制度以規律開發行為。

(一)海岸保護之基本目標

海岸保護包括：

- 1.對沿岸生態之保護
- 2.對沿岸自然（地形）之保護

沿岸生態保護之基本目標在維持沿岸生態系於最佳之狀態下，即儘量保持沿岸環境在近似於自然狀態下。故就沿岸生態言，水之管理最為重要，沿岸區淡水

與海水交會，其鹽分濃度、濁度、含氧及碳酸化物因淡水流量及海水循環而定。海水可分垂直循環及水平循環，一般較安定，但受局部地形影響，在淺水、灣內幾無垂直循環，潟湖及灣澳水平交換少易受污染，故不容許有污染源。而淡水則流量不定，難予控制，倘河川、排水等淡水水系有所改變，沿岸鹽分濃度分佈立即改變，對生態影響最敏感，故應儘量維持自然形態免波及生態環境。

保護海岸自然地形之宗旨在維護自然海灘免受暴潮、地盤下陷、潮流及人為之破壞，國土免於流失，並保障沿岸居民生命財產之安全，免受海水之災害。

(二) PCU觀念

為因應環境管理上之需要，應將海岸分為三類管理：

- 1.保護（Preservation）區—環境保護上重要區，在此區內排除任何有害之外力，不得有任何開發行為。
- 2.保育區（Conservation）區—環境保護上應加予關心之地區。為保護生態、文化、歷史古跡、自然、景觀、天然資源，開發上有必要予以限制，應予慎重使用，控制開發行為。
- 3.可利用（Utilization）區—環境保護上一般關心地區。在開發行為時僅需做一般性注意。

就海岸而言：重要保護區包括：珊瑚礁、藻場、貝床、海草床、植物性潮間帶、砂丘及前灘、繫陸島、繁殖地、養育地、越冬地、採餌地等。此等地區均應予保存。

保育區禁止無秩序之開發，免使歷史、文化、景觀或自然被破壞，產生不可逆性之損失。在開發時應採取特別之預防措施，細心維護控制，不得改變海岸環境影響生態，同時自然災害威脅地區不能因之而擴大。

可開發區指自地文、排水及其他要素判斷比較適宜於開發，在生態、休憩及公共上重要性不高，可高度開發利用之地區。但在規劃設計上須對海岸生態環境、景觀、水理特性等予以充分之考量盡量減少其負面影響，並對污染做積極的防治。

(三)美、日之海岸管理

美國擁有14.3萬公里之海岸線橫跨大西洋與太平洋同時五大湖亦有1.8萬公里之沿岸。不論其地勢、氣象、生態及自然特性均極為複雜多變化，全國人口約為55%住在沿岸50哩（80公里）內，而預計於2,000年可能達到80%，且六大都市均濱海、湖發達。因此美國沿岸地區之利用不論工業、能源、漁業、休閒活動等都極為發達而多樣。主要工業之40%臨海而設，石油精煉之60%集中於沿岸，大型休閒活動以海洋為主，海岸自然環境乃成為市民日常生活不可或缺之一部份。由於各種各樣不

同形態之事業雜陳且集中於沿海都市，過密利用之結果損傷優厚之天然資源，乃引起全民之高度關心沿岸資源與環境之保育，尤以優美之海濱及湖邊大部份淪為私有，市民失去親海權產生所謂Public Access問題倍受批評。大西洋岸各州舊金山灣等許多低濕地及潟湖、海埔地被大量開發沿岸生態被破壞環境惡化已極，乃於1960年起立法保護海岸限制大規模之開發行為，聯邦政府亦於1972年訂立「海岸地區管理法」，其他沿岸各州亦陸續訂立有關海岸保護及管理之法律，指定保存保育及利用區域，生態系管理之基本原則，管制原則與基準，以及規劃考慮要素等，對沿岸人類之活動有效管制並積極保護海岸生態。

日本迄今尚無海岸管理法，但有關海岸保護及利用之相關法令約有29種。其中最與海岸利用與保護關係最深者為「海岸法」及「公有水面埋立法」國土利用計畫法、國土綜合開發法、港灣法、自然環境保護法、水產資源保護法等，對海岸開發利用及歷史文物、自然環境、生態保護等都有法律之限制，但尚感無法達到管理之目的，而就區域之需要另訂瀨戶內海環境保護特別措施法（1978）東京灣亦期望仿照美國BCDC成立綜合管理委員會採取許可制，目前正積極推動中。

五、海岸開發範圍之限制

基於生態保護及海岸環境保護之需要，美國聯邦政府海岸管理法指定海岸保護範圍自領海起至高潮域下降海岸地（Shoreland），而華盛頓州則指定自領海至最高潮位線以上內陸200呎（61公尺）間為保護範圍，加州則劃定自領海起至最高潮位線往內陸延伸1,000碼（914公尺）為海岸保護範圍。日本依其海岸法海岸保護範圍介定在春分日高、低潮位線起左右50公尺之內。凡此各國各州有不同之介定範圍，依其保護需要及其土地開發情況而異，同時亦得視地形、地質、潮位、潮流流況及歷史文化社會背景而劃定，並無一定準則。

為因應未來台灣西海岸可能之開發利用，政府應邀集有關生態、水產、生物、歷史、社會、地理、水利、林業、都市計畫等等有關之學者專家深入研究，依據海氣象，歷史文化、水文、地理及生態、水產等等條件劃定海岸何地應屬保護區，保育區或可開發區。可開發區亦須依其利用事業之類別、資源特性、人口發展等等訂定分區使用管制，避免不同使用目的者利害相尅俾能達到調和之目的。

已如前述封閉之內灣、潟湖、海水交換不良污染易累積，潮間帶（海埔地）生態複雜，水產生產價值高，潮口、河口其淡水海水交換鹽分濃度變化大且非人為所易控制，對生態影響頗大，而砂丘、砂洲、繫陸島等地形結構脆弱且有保護海岸抵禦海水災害之功能，此等地點均不宜開發且應加強保護。

就水深而言，水深愈淺愈容易開發，工程成本愈低，但水邊或沿岸一帶生態最為

複雜且多屬重要漁業或養殖區。基於生態保護，自然環境保護及照顧漁民計，應劃為保護區不應有開發行為或僅能容許小規模之開發。倘若能了解水深或離岸距離與水產量及生態分佈之關係，則可依此劃定某一水深以內為保護區，以外為可開發區。通常水產生產量在水深 0 ~ 5 公尺（若干地區達 10 公尺）內較高，以外則遞減。基於此觀點，建議如欲開發台灣西海岸為工業用地或機場等，在中西部海岸坡度較平緩處以水深五公尺為界，以內之淺水區留做保護區（或稱緩衝）區禁止開發，或僅可做零污染事業開發之用，水深 5 公尺以外外海區可做為開發區，在北部及南部海岸坡度約在 1 / 100 ~ 1 / 200 地帶之海岸則以水深 10 公尺為界，以內為保護區以外為可開發區。此外每一區之開發面積亦不宜過大，約以 500 公頃為度，且區與區間應留有充分之空間俾海水有充分之交換機會，避免對環境造成過大衝擊。日本過去類多濱海開發，近則多以 15 ~ 18 公尺水深為開發區，如關西機場，神戶港都島等，且其面積約在 500 公頃，即基於污染、噪音等公害可借緩衝帶予以減低，當地居民之阻力亦可和緩，值得借鏡。

肆、防止海岸侵蝕設施

一、概述

1. 由於漂沙移動使灘線後退，此種現象稱為侵蝕，屬於此類海岸謂之侵蝕海岸。
2. 從漂沙觀點而言，供給某海岸之沙量少於從該處流失之沙量時，海灘成為侵蝕海岸；反之即成為堆積海岸，兩者相等時成為穩定海岸。
3. 防止侵蝕之施工方法有海堤護岸，突堤或丁壩，島堤（離岸堤）以及人工養灘等設施。

二、防止侵蝕施工方法之選擇

1. 選擇防止侵蝕之施工方法時，應徹底檢討侵蝕原因，海岸及鄰接地狀況，對鄰接海岸之影響，投資效果等因素，然後決定之。
2. 普通就侵蝕海岸而言，沿岸漂沙之特性為決定防止侵蝕施工方法之主要原因。
3. 防止侵蝕各種施工法之特徵如下：

(1) 海堤及護岸

海堤及護岸係防止侵蝕之設施且可防止背後土沙之流失，在侵蝕厲害處或不容許擴大侵蝕時，應與其他施工方法併用。

(2) 丁壩

防止侵蝕設施之突堤與下面章節「防止淤積設施」之防沙堤不同，不用單獨突堤，而均採用每隔一段距離設置數條突堤之方式，丁壩之效果有下列各種現象：

甲、堆積沿岸漂沙而形成海岸線之前進。

乙、使沿岸流遠離海岸。

丙、可減少波浪帶走海灘之沙。

故安定漂沙多之海岸，將使海岸線前移。為阻止沿堤防、護岸之漂沙且防止護基之沖刷等狀況，宜設置丁壩。

(3) 島堤（離岸堤）

島堤設置之目的有：

甲、利用背後產生之折射波所形成之沙丘。

乙、減少作用於背後海灘之波力，防止海灘侵蝕。

島堤與其他施工方法比較，其建設費與維持費較高，故在丁壩及護岸仍不能防止侵蝕時，始採用。

(4) 養灘工程

自然海灘具有減殺分散波浪能量，而保護鄰接地域之功能。對海岸補充土砂，用人工造成海灘維持之，此種施工方法稱為「養灘工程」。附近有大量且廉價可得之土沙，或積極擬將海岸線前移時，採用此種施工方法，尤其沙灘海岸之港，一面要維持港口之水深，將上方堆積之沙，以管線補充下方之侵蝕時，此法特別有效。

4. 防止侵蝕所採用之各種施工方法，各有優劣點：

單獨採用上述之施工方法，對侵蝕厲害之海岸，不能期待獲致良好之效果，故併用幾種施工方法，較易獲得成效。以日本之新瀉港為例，可以作為說明，如圖 1 所示：

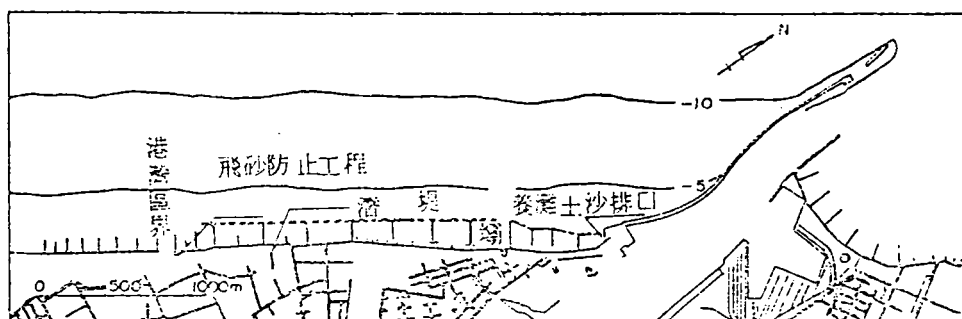
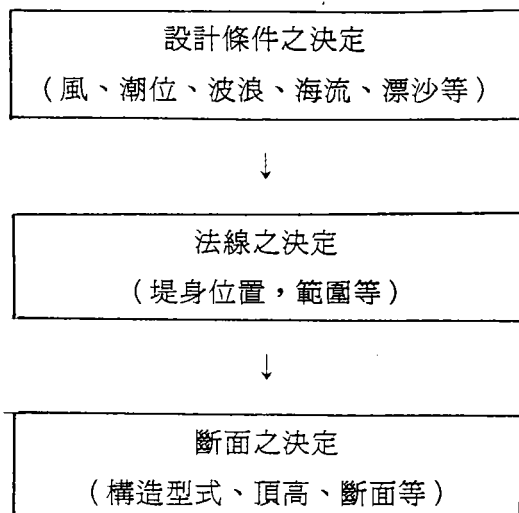


圖 1 日本新瀉港對海岸侵蝕之設施

5. 選定防止侵蝕之施工方法時，應徹底調查其施工方法，對鄰接海岸之影響情形，若擬保護之海岸，適為鄰接海岸之漂沙來源時，應特別注意，不可使鄰接海岸發生侵蝕現象。

三、海堤及護岸

1.設計程序



爲防止侵蝕，建設之海堤及護岸及兼具高潮防護之目的，故設計時應考慮能滿足兩者之條件。

2.法線之決定

海堤及護岸之法線應定在海灘之後端爲原則。

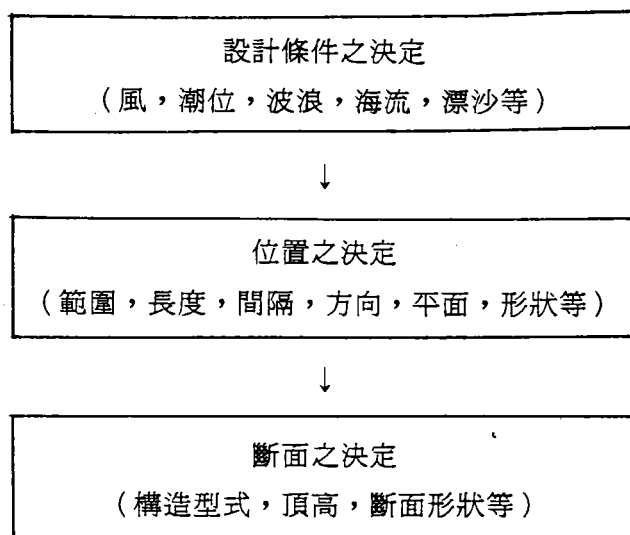
由波浪衝到堤身產生之反射波及沿波面之水流，會更加劇烈的侵蝕堤基，因而常發生沖刷護基之現象，故通常法線設在波浪作用不到之海灘後端爲宜。

3.斷面之決定

- (1)對於沿堤坡面之水流，由於反射波產生之護基沖刷背後所填土沙被吸出等現象，必須要特別注意。
- (2)爲考慮上述情況，將坡面作成梯階形狀或 $1:3 \sim 1:4$ 之坡度，以減少反射波爲宜。
- (3)佈置丁壩，以減弱坡面水流及安定堤前之海灘。
- (4)若不採用上述之對策設施時，應假定堤基會產生沖刷之情況，而將基礎徹底埋深。

四、丁壩群

(一)設計程序



(二)突堤之佈置

1. 突堤之長度

突堤兩端之位置應考慮下列事項，而決定之：

- (1)有海堤，護岸等之結構物時，原則上使突堤之根部密接該結構物，如為自然海灘，應將突堤延長，以免氣候惡劣時波浪沖進堤趾之背後。
- (2)突堤之堤頭應延長至將沿岸漂沙捕集且能堆積之位置，設置丁壩群時，一面施工，一面調查漂沙堆積之狀況，突堤互相之影響，以及對鄰接海灘之影響為宜。

1. 通常波浪繞到背後沖刷下方而引起突堤根部之破壞，故有海堤，護岸等之構造物時，應使突堤之根部密接這些構造物，以防止波浪之繞進為宜；又在自然海灘之情況下，遇較壞氣候時，將突堤延長至稍高水位（H.W.L.）加上波之湧升高度位置。
2. 突堤之堤頭位置必須徹底考慮沿岸漂沙之移動狀況而決定，沿岸漂沙之移動，根據Saville之試驗得知：深海波之波形尖銳度（ H_0/L_0 ）如小時，主要在灘線附近移動；如波形尖銳度大時，多發生沿岸沙洲，漂沙在碎波帶附近較為多，在壩線附近反而較少。故尖銳度小之波浪，宜採用長度較短之突堤，可發揮捕集漂沙之效果；反之則需要相當長之突堤，突堤長度之決定方法如下：

(1)美國式：

首先要調查建築突堤附近之海灘面與沿岸漂沙狀況，從波浪之各種因素繪出波浪之折射圖，然後決定突堤間隔之距離後，繪垂直於波向線且侵蝕數量與堆積數量相等之線ab（即上游突堤前堆沙未飽和時，下游部份灘線後退，部份灘線因堆積而前移），俟安定後，下游灘線向前推進至mn線如圖2，由圖上量出cn，將cn距離移到如圖3，

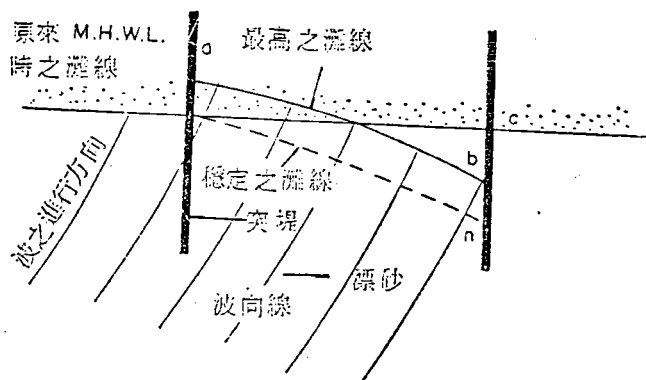


圖2 美國式突堤長度決定法

海灘斷面上，向陸側延伸若干，以免被波浪冲刷，此成為近岸之水平部份，中間傾斜部份係從此到平均低潮面以上，此間之坡度與原來之海灘斷面相同，若由於突堤捕集到比原來海灘沙粒徑較粗之沙礫時，可使坡度更陡；海側水平部份之長度pr，由沿岸漂沙量而定，如須將漂沙完全遮斷p點應在高潮位以上；將np線延長與原斷面相交於s，s點為突堤下部的終點，r點可稍後退。

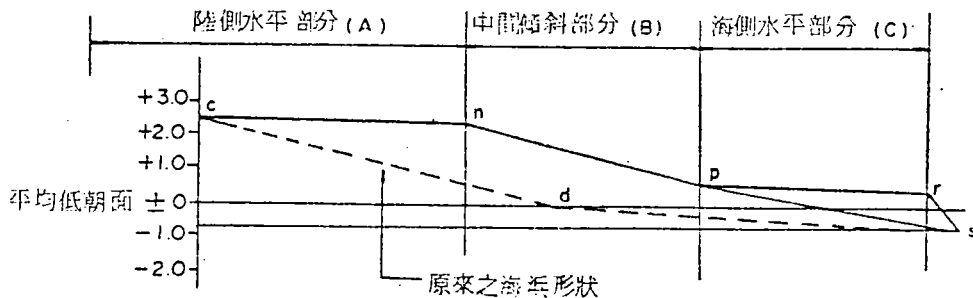


圖3 突堤斷面

(2)永井式

永井做海底 $1/20$ 坡度及陸岸坡度 $1/5$ 之移動床試驗結果，表示如下；突堤堤頭不會被冲刷且沙會堆積在突堤水中部份的長度約是灘線至碎波帶距離的40

%長度。

(3) 嶋野，本間，堀川式

依據固定床及半移動床之狀況試驗，侵蝕性之波浪帶往遠海之砂，由平坦之波浪再帶回灘線附近堆積，又防止碎波使堤頭破壞之突堤長度係至碎波帶距離之40%~60%為有效。

3.使丁壩充分發揮功能，並使鄰近海灘受較小之影響，在上、下方地域必須將突堤之長度順序佈置妥當，有下列方法：

(1)在下方突堤頭法線傾斜角為 6° ，使突堤長度慢慢減短，其間隔與長度必須要有適當之比例，如圖4所示，根據德國但澤（Danzing）工業大學試驗，適當角度為 $2^\circ \sim 3^\circ$ 。

(2)灘線彎曲時，只將突堤長度減短，很自然的與臨近海灘接續，如圖5所示。

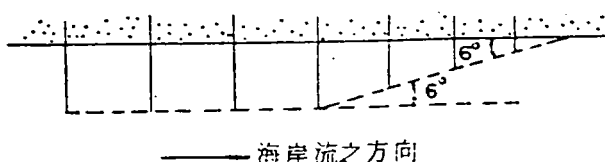


圖4 丁壩與海灘接續之方法

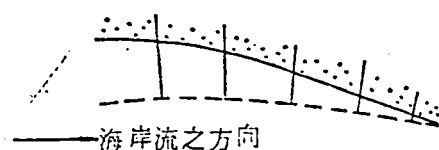


圖5 海灘彎曲時丁壩與海灘接續方法

(3)將突堤之長度固定，而變化堤高之法。

4.上述之方法均非十全十美，故施工時不可將突堤長度一氣呵成，應視漂沙淤積之情形而施工為宜。

5.建設突堤時，應從漂沙下方施工，一方面調查其效果，另一方面則希望能以向上方之順序施工。

2.突堤之方向

突堤方向之決定，應採取對波向最有效之方向，波向不一定時，採取對灘線直角之方向為原則。

向海岸侵襲之波浪，通常在入射方向周圍會變動，故普通突堤設置於灘線垂直方向，惟波向大致一定時，希望找出有效之突堤方向，依永井氏之試驗結果，入射波與突堤所成之角度（ δ ）考慮冲刷波力之點時，以 $100^\circ \sim 110^\circ$ 為最適當，如圖 6。

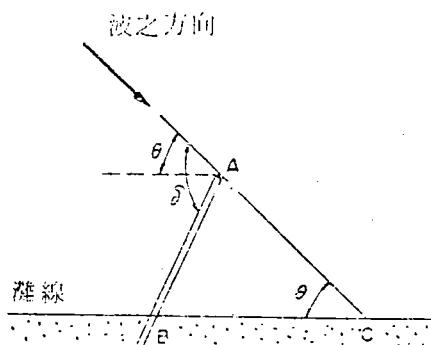


圖 6 突堤設置之方位（永井式）

3. 突堤之間隔

突堤與突堤之間隔通常為突堤長度的 1 至 3 倍。

突堤間隔之決定，要考慮到灘線後退之最後狀況，期能維持海灘深度之最小限度，故以維持海灘之原有深度為宜，因此調查附近海岸之實例，採取最適用於該海岸之突堤間隔較妥，因而有下列構想：

1. 美國式

請參考上面章節突堤長度說明 2.(1)。如圖 2 所示。

2. 佐藤式

決定海岸突堤佈置時，佐藤氏考慮堤頭水深比前灘波度前端水深為深，突堤上方之灘線略垂直於碎波帶附近之波向，為將圖 7 所示之海岸線前進 ℓ 長時，使能滿足 (A) 式之條件而決定 (L) 與間隔 (D) 之關係即可。

$$\frac{D}{L} = \left(1 - \frac{L}{\ell} - \frac{h\ell_0}{h_0L} \right) \cot \theta \cdots \cdots (A)$$

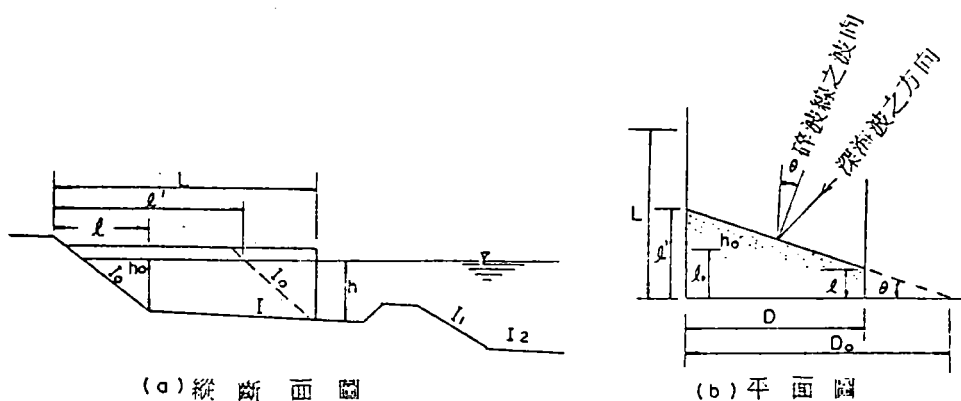


圖 7 突堤之間隔 (佐藤式)

3. 永井式

永井式做試驗結果，為使沙能淤積，發現 (θ_s) 與 (θ) 之間有 $\theta_s = 0.4\theta$ 之關係，如圖 8 所示， $\alpha = 110^\circ$ ， $\theta = 35^\circ \sim 55^\circ$ 時， $D \doteq 3\ell$ ， $\theta = 60^\circ \sim 90^\circ$ 時，則 $D = 4\ell$ 之條件較佳。

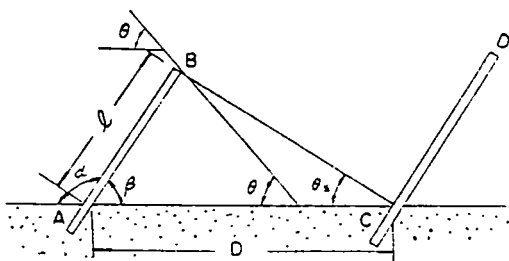


圖 8 突堤之間 (永井式)

4. 嶋野式

依據嶋野氏等所作之試驗結果，突堤之間隔與長度之關係 $D \doteq \ell \sim 3\ell$ 時比較適當， 3ℓ 似嫌稍大。

5. 其他

除上述之外，各國採取突堤長度與間隔之比為 1 : 1 隨水流之強弱而稍有增減。Kressner 在丹麥 (Denmark) 工科學會做模型試驗，其結果突堤間容許最大間隔為突堤長之 5 倍，如超過 5 倍以上，則海岸流會流進其間而將沙土帶出。

突堤之堤頭部份，因波力沖刷以致破壞之例甚多，沖刷深度可想大致與該處波高相等，故應加強結構以免沖刷；另一方面，必須要做防止沖刷之對策，惟目前尚未有極有效之防止沖刷之對策，通常採用之方法如下：

甲、雖被沖刷仍不影響堤身之安定，將地基埋深之方法均可用 (井筒式，打樁方式)。

乙、從經濟方面著想，雖受沖刷產生破壞，但仍不失突堤全體之功能，且容易修補之方法（方塊，疊石方式等）。

丙、為直接防止基礎前面沖刷及由於底面淘出而破壞，加鋪護基料或瀝青墊等方法。

4. 突堤之頂高

突堤之頂高，原則上依照下面事項決定之：

(1) 陸側之水平部份

原則上採用波浪不超越之高度。

(2) 中間傾斜部份

使略與海底坡度平行

(3) 堤頭部份

採用水平或與海底坡度平行，頂高由構造及供給下方之漂沙量而決定之。

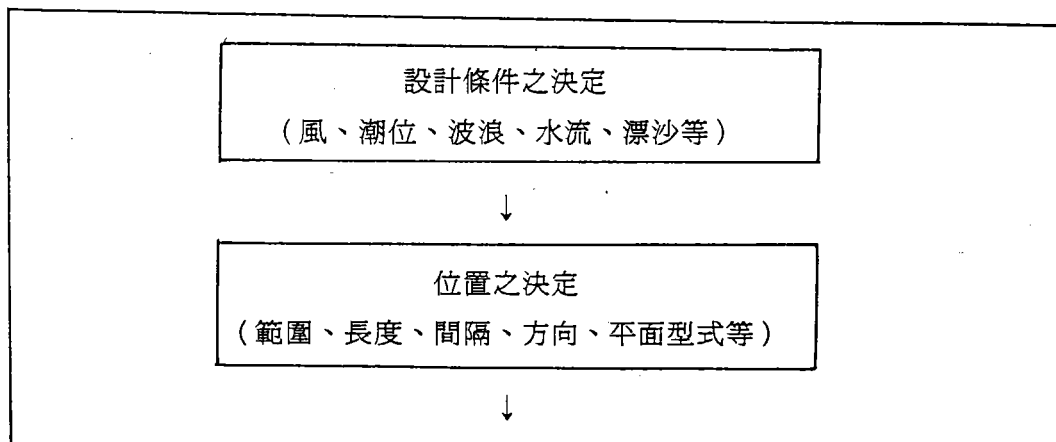
1. 陸側水平部份之頂高以波浪爬升之高為高度，以免波浪繞進根部沖刷或越過突堤頂將下方沙移動，波浪之爬升高度通常由於潮位及侵襲之波浪而定。

2. 中間傾斜部份之頂高略與海底坡度成平行，該部份不做水平是因漂沙主要集中在海底面附近而移動，另一方面則因頂部越高則受波力越大，增加工程費之故。

3. 堤頭部份作水平或與海底坡度平行，視突堤之透過性，即透過供給下方之漂沙量及波力關係而定。

五、島堤（離岸堤）

(一) 設計之順序



斷面之決定
(構造型式、堤高、斷面等)

(二)島堤之佈置

1.長度及間隔

(1)形成繫岸沙洲而防止沿岸漂沙時，島堤之長度應考慮兩頭波浪之反射，由於島堤減弱之波高而決定，此時與鄰接堤之間隔互相不影響之下，儘量採用較長為原則。

(2)為減弱背後海灘之波力時，以採用連續之島堤為原則。

- 1.島堤之長度，由灘線之距離或入射波之波長等關係而決定。為遮斷沿岸漂沙之島堤，必須要有充分之長度，以利減弱背後之坡高及沿岸流速而使沙堆積；以保護海岸構造物及海灘為目的之島堤，必須在必要範圍內，作有相當效果之遮蔽設施。
- 2.形成繫岸沙洲防止沿岸漂沙時，繫岸沙洲完成後，將會產生突堤之作用，因此使島堤互相之間保持相當之寬度，以利形成繫岸沙洲之現象。
- 3.為減弱作用於背後海灘之波力及防止海岸土沙之流出，所建造之島堤如有間隔時，土沙會由此處流向深海，故不設間隔。島堤內易產生沿海灘之沿岸流，故宜設突堤減弱其水流。

2.島堤與灘線之距離，應考慮下列事項而決定之：

- (1)建設之目的。
- (2)漂沙移動範圍與漂沙量之分佈。
- (3)應遮蔽之漂沙量。
- (4)海底坡度及海底性質。
- (5)島堤之長度及高度。
- (6)天氣惡劣時之碎波位置。

- 1.形成繫岸沙洲上漂沙時，考慮島堤之長度，頂高及兩頭之反射波而決定離灘線之距離，Sanvage氏曾用木屑做試驗，結果如下：波長(L)與島堤距灘線之距離(ℓ)之比，即 ℓ/L ，對產生繫岸沙洲極重要，試驗顯示，長80cm週期0.8sec，島堤水深為10 cm，島堤長度與波長相同時，產生界限之 ℓ/L 為5/4。
- 2.島堤設置目的在減弱背後海灘之波浪時，島堤通常宜設置在波浪之碎波帶，然而

靠近海灘時，由是島堤影響波浪至海灘，故必須採取相當之距離，以利平穩而免波浪之擾亂。在日本新瀉西海岸佈置如圖 1，此種佈置使外海 3 m 左右之入射波高，經遮蔽後到達堤內水域時，減弱至 1 m 左右，侵襲海岸之波力同時減弱。

- 天氣惡劣，經常受波浪侵襲之碎波帶，對堤身或其基礎安全而言均不佳，島堤之位置，必須設置在使越波對海底或堤背後之基礎擾亂不到之水深處，尤其在坡度很陡之海底設置潛堤時，因海水回流被阻止，故陸側水域之水位會上昇，該水流越過堤頂產生漩渦，而引起嚴重的冲刷作用，因此必須對頂高之關係作澈底之檢討（參考圖 9）。

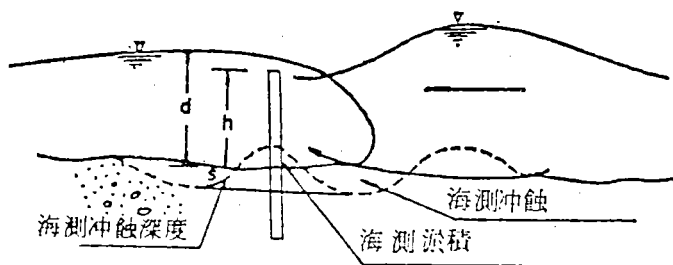
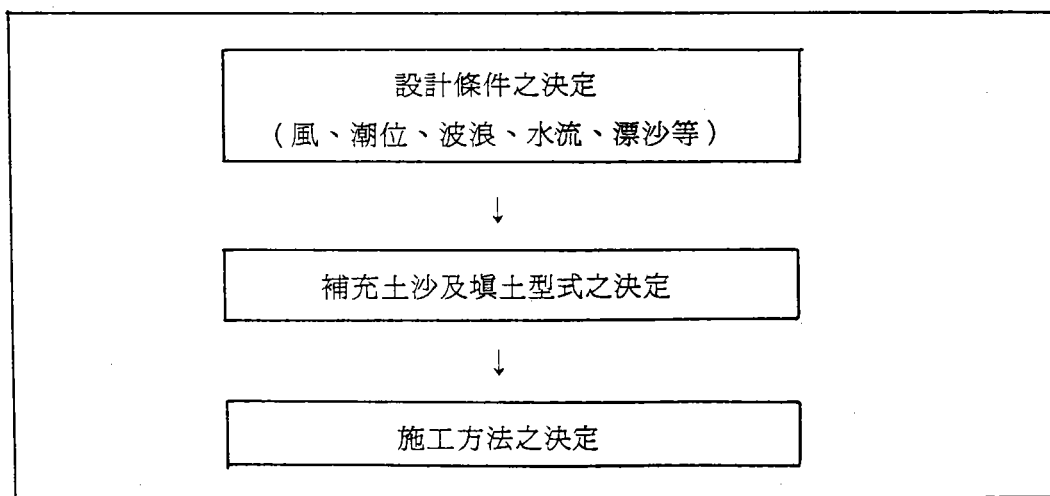


圖 9 潛堤附近之侵蝕作用

- 島堤之位置應選在離開灘線某一距離，使能澈底消耗背面碎波後之能量。
- 此項與(3)(4)項雖有矛盾，惟儘量靠近灘線設置島堤時，可減少工程費。

六、養灘工程

(一)設計程序



(二)補充土沙

- 補充之土沙經波浪之篩分析作用，坡度與粒徑之組成有關，通常粒徑細則形成緩

坡度，粗則形成陡坡度，目前之狀況下，用定量之處理比較困難，故補充土沙前測量海灘或與條件相似之附近海灘坡度，然後分析粒徑作為參考為宜，同時要特別注意季節之變化。

2. 為特別之理由要求養灘坡度時，希望以補充之土沙能造成所要求之坡度，但實際上，不易獲得大量指定粒徑之土沙；能否得大量之沙為第一條件，關於粒徑之組成為第二條件，此種情形，推測能適應該種條件之坡度，必須要檢討是否與其他方面之要求所決定之坡度相異。
3. 要作養灘工程之海岸，求土沙之不足量時，於長時間做深淺測量及灘線附近之地形測量，然後比較歷次測算出之土量，為最好之方法。
4. 如 1. 項所述，對海岸補充土沙時，由於波浪之篩分析作用，即粒徑細者向遠海移動，粗者留在碎波地帶附近，故補充粒徑小之土沙對抵抗灘線附近之侵蝕無效。

(三)堆沙之斷面形狀

1. 頂高以自然海灘之後灘高度為準，能稍高較為適當，如附近無自然海灘時，從波浪作用或海灘地質之地點推定之。
2. 在堤防或護岸之前面填土時，如其寬度狹窄，因前面水深及海底坡度之變化，反而會增加對堤內之越波現象。
3. 從經驗上決定堆沙斷面上之寬度，加以保護背後地區所需之寬度，加上施工中可能發生之侵蝕寬度。繼續侵蝕之海灘，可考慮一年平均侵蝕量乘設置年數之積，但季節或短時間之變動大時，必須要考慮增加寬裕量。
4. 坡度採用較自然海灘前灘之坡度為陡，但海底坡度則決定於受波浪作用底質之粒徑，故較自然坡度陡時，由於波浪之作用，養灘之海側會慢慢變成適合需要之坡度，因此養灘之坡度較自然海灘之坡度陡時，不必嚴格規定，施工方法從自然決定之情形為多。

(四)養灘工程施工方法之決定

養灘工程施工法有如下三種，採用時選擇適合於當地海岸之實情者：

1. 連續補沙法
2. 貯藏砂法
3. 直接置沙法

1. 連續補沙法係在保護區內崩塌之上面一處或數處連續補給沙土，即可增加沿岸漂沙造成海灘，維持海灘。此施工法，包括將堆積在導流堤或防坡堤上之土沙，以輪泥管輸送泥沙補充崩塌之處。

2.貯藏沙法與連續補沙法不同，即將相當一定期間份量之沙，事先貯藏在保護區之上方數處，以利補充下方之崩塌而增加土沙之移動量。

3.直接置沙法，在保護區之全長，一次將沙堆積，此與貯藏法不同，此情況仍對下游海灘之貯藏沙有用，海岸造成後之維持亦需繼續補充土沙。

4.美國養灘工程施工實例

(1)美國Connecticut州之Prospect海岸

(2)美國California州Hueneme港海岸

(3)美國Florida州之Worth湖口海岸

5.日本養灘工程施工實例

(1)新瀉西海岸（西突堤以西）

(2)苫小牧海岸

伍、防止淤積之設施

一、概述

1.漂沙，飛沙及河川流出之土沙侵入航道，泊地等港灣水域而沉澱，堆積，使水深度變淺且阻礙港灣功能之現象稱為淤積。

2.淤積之原因分別如次：

(1)漂沙，飛沙從港外侵入港內。

(2)河川流出土沙之沉澱，堆積。

(3)由於港內擾動而底質土沙之移動。

此外尚有其他現象之淤積，即由於港灣地域特性，自然條件等情形，因越波流入之土沙，從防波堤空隙侵入之土沙等而導致淤積，(3)項中由於港內沙洲之移動，陸上之崩塌，浚渫坡面之崩塌等現象，使航道及泊地淤積。

二、防止淤積之對策

1.防止淤積之對策有：（甲）防止沿岸漂沙，（乙）河川土沙及（丙）飛沙等方法。

淤積之主要原因為，漂沙之侵入，水面穩靜而沉澱。為防止沿岸漂沙，以丁壩控制漂沙量，且必須設防沙堤以阻止漂沙之侵入。如河川流出土沙為其原因時，必須設導流堤制水設施，或分水路等防止方法。由於飛沙之原因，必須作防止飛沙設施。

2.亦有因港灣構造物之功能及特性，結構上之缺點等，引起港灣水域之淤積現象，即利用島堤作為防波堤而產生漂沙之異常淤積，或因防波堤基礎的透過性大，引起漂沙透過以致港內淤積，抑或因防波堤高度不夠，由於越波之侵入，使沙沉澱而導致淤積等，如有上述之情況時，將港灣構造物改善，或補救構造物缺點，或拆除構造物之一部份，即可避免淤積，此種措施可視為防止淤積之對策。

3.在河口港如不將河川流出之土沙完全阻止，意欲防止港內淤積極為困難，在河川上游加強水土保持等改善工程，則流出之土沙將會減少。另一方面，由於河川坡度，流出土沙粒徑之變化而將原來淤積在河口之沙移動在港內淤積，故考慮防止淤積時，必須周密考慮河川改善計劃與關連性之問題。

（甲）防止沿岸漂沙

一、防止沿岸漂沙之構造物種類

（一）防沙堤

1.防沙堤之佈置

（1）建築在沙灘海岸之防波堤兼備防沙堤之功能，經過長時間在防波堤上方淤積

土沙，最後繞過堤頭，進入港內而淤積，故儘量利用沿防沙堤之水流成反射波將上方淤積之土沙擴散，此種防沙堤通常考慮下列事項而設計之：

甲、通常與海岸線垂直，並延至碎波帶。

乙、比碎波帶為深時，將堤彎曲當作防波堤遮蔽波浪，同時利用反射波，沿堤流，將漂成擴散至港口相反之處，如作此種處理漂沙仍然很嚴重時，則需在上方另建築一處垂直於海岸線之防沙堤以防止漂沙。

(2)如圖10之港灣，泊地內土沙被擾亂，尤其泊地之土沙進入港內航道而淤積時，亦可能在航道之入口處建築防沙堤。

(3)土沙由河川流入河口港灣時，使用河口導流堤發生功能。

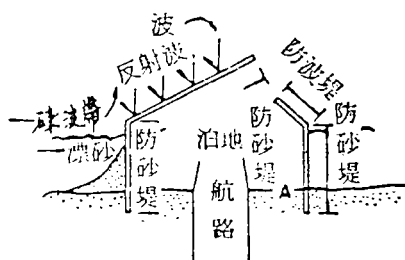


圖10 防沙堤位置圖

2.防沙堤之長度

防沙堤之長度，必須採取能確實防止沿岸漂沙之長度。

(1)沿岸漂沙主要在碎波帶內發生，故防沙堤必須延長至碎波帶以外之深海處。

(2)防沙堤如要兼防波堤作用時，必須要採取具備防波堤條件之長度。

(3)防沙堤兼河口導流堤作用時，必須要採取能滿足導流堤條件之長度。

(4)雖將防沙堤延長相當之長度，要完全防止沿堤之水流帶進港內之漂沙，通常極為困難，故防沙堤之下方為泊地或航道時，要經常浚渫維持之，因此考慮該因素而決定最經濟之長度。

3.防沙堤之堤頂高

防沙堤之堤頂高如下各項處理：

(1)防沙堤堤根附近

迎上波不能越過之高度為標準。

(2)較碎波帶淺之部份

H.W.L.以上 $0.6H$ 之高度為標準。

(H 為防沙堤堤頭附近之波高)

(3)較碎波帶深之部份

H.W.L.加上某些寬裕高度作為標準。

- (1)因越波含有浮游沙，故不希望有越波發生，但構造上之限制，從經濟方面著想，亦許可有越波現象。
- (2)通常由於波浪衝擊防沙堤根部，沙越過堤頂，故堤頂必須有相當高度，普通視實際情形，加高堤頂或向陸側延長防沙堤。
- (3)較碎波帶為淺之部份，因碎波越過時浮懸沙甚多，如採取H.W.L.以上 $0.6 H$ 之高度，則波浪大部份不致越過對需保護之場所而言，當無淤積之現象。
- (4)較碎波帶為深之部份，因漂沙垂直分佈，集中在海底附近，發生越波亦無妨，故採取H.W.L.之高度即可，惟為考慮小型船隻之安全，仍以加上寬裕高度為宜。
- (5)防沙堤兼有其他目的時，應視需求而決定堤高。

4.防沙堤之型式及構造

防沙堤之型式期能達到防止全部漂沙之功能，故原則上採用不透過構造，惟在下列情況宜併用消波設施。

- (1)由水流所引起之劇烈冲刷。
- (2)由於反射波而淤積或對船隻航行有妨礙時。

(二)利用丁壩群穩定上游之海岸。

- 1.建築丁壩群防止沿岸漂沙淤積時，必須確知漂沙之來源，通常漂沙來源可分述於次：

- (1)由河川供給。
- (2)由鄰近海岸供給。
- (3)由崩塌海岸供給。

漂沙由河川產生時，應考慮河川附近之水土保持；由崩塌海岸所產生時，宜採用護岸等設施。

- 2.漂沙產生自鄰近海岸時，可在上游設置丁壩群，或如圖11所示，在防波堤堤頭附近建築島堤捕集繞進之漂沙，如繫岸沙洲達到港口時，用輸泥管送至下游海岸。

- 3.丁壩群之構造或佈置應依上面章節「防止海岸侵蝕設施」為準。

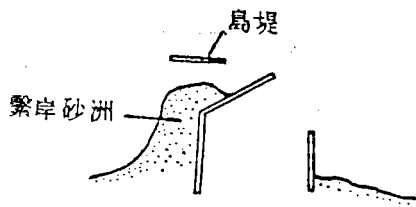


圖11

(乙) 防止河川漂沙之設施

(一) 防止河川漂沙設施之種類

於河口港或類似之港灣，為防止河川漂沙淤積於港內而維持港灣功能之工程設施有下列各種：

1. 導流堤

導流堤係將河道內水域分為港灣泊地及河川水域，可分為兩種型式：一為防止河川流入泊地內之分離堤型式，另為固定水路而充分發揮河川進入海處之水流力量為目的之河口導流堤型式。應採用何種型式，視港灣之地形及河川之形狀而決定。

2. 分水路

港灣水域與河川完全由分水路分開，徹底防止漂沙。

3. 沉沙池

於河口港，利用河道作為港灣泊地及航道，在港灣水域上游部份，設置計劃之沉沙水域，使河川流出之土沙沉澱於池內而浚渫之，可防止港灣全面淤積，此種施工法稱為沉沙池工法。

4. 此外尚有浚渫坡面緩衝法，即為防止港內擾動之土沙移動，防止港內砂洲崩塌之護岸工程，或安定河床坡度之施工法等，但效果不甚良好。

(二) 施工法之選擇

選擇施工法時，必須要充分考慮港灣地形，水理條件，淤積等過去之記錄及經濟效果等各項，導流堤為防止河川土沙流出之有效方法，惟因使港灣水域變得狹窄，故於狹窄之港口施工極為困難。分水路係最有效之防止法，但工程費高，故不易實施。僅採用除分水路以外之任一施工法時，無法徹底防止土沙流出，因此必須幾種方法合併使用。

(三) 防止河川流出土沙設施之佈置與構造

防止河川流出土沙設施之佈置與構造應從各港之自然條件（特別為河川之性質，形

狀)，經濟條件，利用狀況，設施規模之大小及施工條件等各點加以檢討後決定之。

1.導流堤爲防止河川流出土沙進入港灣水域之設施，應就下列各項而檢討之：

(1)導流堤設置後仍要確保洪水流量（計劃洪水量）能順利流出之河川斷面。

(2)導流堤之法線佈置不得使河川水流中心有變化。

(3)堤是要有充分之長度，以免河川流出土沙在港灣泊地內迴流，堤高亦需有充分之高度以免有溢流現象。

2.通常防波堤或兼防沙堤作用之河口港導流堤，應就下列事項檢討之。

(1)法線：應調查風，波浪，潮流，漂沙，河川流量，飛沙等自然條件後決定之。

(2)導流堤之形狀爲充分發揮河川之挾沙能力，宜採直線形平行導流堤。

3.沉沙池之位置及規模與捕集流沙量之關係，因河口港之地形，水理條件等不同極爲複雜而難以明確分析。沉沙池決定位置之方法，必須做有關淤積之分析，通常在港灣水域上流附近較多，規模之大小通常依靠經驗來決定，圖12表示日本新瀉港之例。

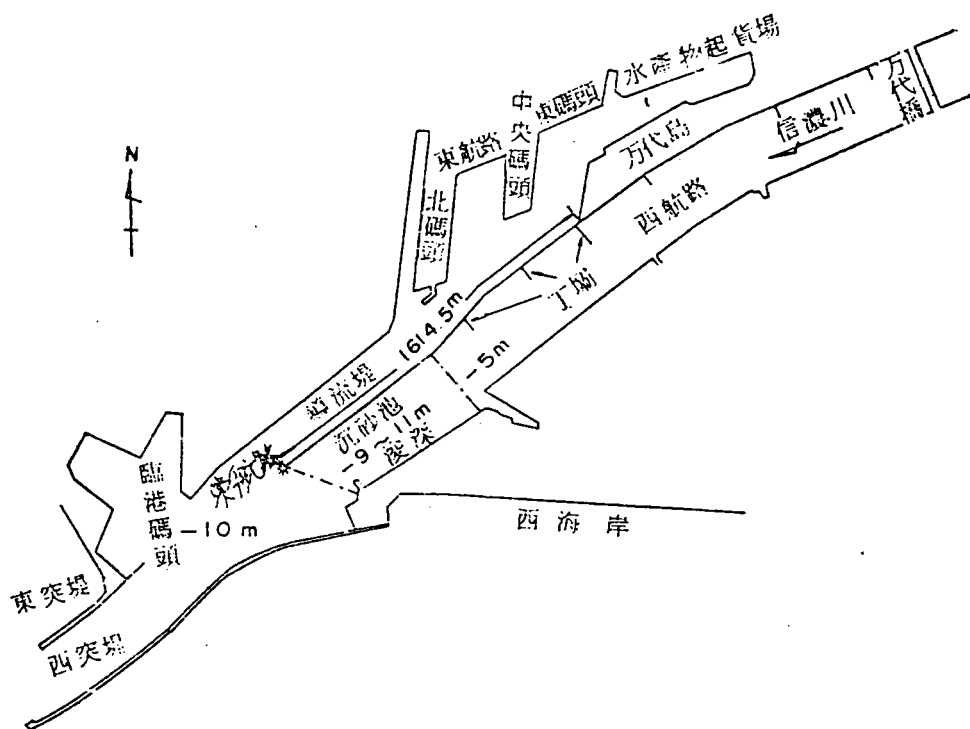


圖12 日本新瀉港平面圖

4.需設分水路之港，如日本秋田港、新瀉港、直江津港等。

(丙) 飛沙之防治

(一) 防止飛沙設施之種類

防止飛沙設施之目的為防止從海岸或沙灘地帶侵入港域水面之飛沙，其設施有下列各種：

1. 堆沙設施

人工造成沙丘，防止飛沙飛進港域水面，或種造林木待其生長後，達成防沙效果。

2. 定沙設施及覆蓋設施

用人工沙丘以期全面定沙，阻止沙之移動。

3. 種樹及造林

在飛沙地域內作長久定沙計劃時，在定沙或覆蓋地域內種樹或在飛沙地域後面造林。

(二) 堆沙設施

1. 設置位置

為造成人工沙丘，設置堆沙柵位置，以與主要風向成直角且設在直線上為原則；由於地形關係，海岸線或港內水邊線不一定與主風向成直角，此時首先與海岸線或港內水邊線平行設置直線形之沙柵，然後再作成與主風向成直角之短距離堆沙柵；主堆沙柵與輔助堆沙柵之相交處，因易受風蝕，故須注意施工。

2. 形狀

用堆沙柵造成人工沙丘之高度以10公尺為限度，且須保持一定高度，傾斜角度與風速或沙之粒徑有關，通常在上風處之傾斜坡度為 $7^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 左右，下風處為 22° 左右，堆沙柵高度係1.0m~1.2m為限度，故要建成指定之人工沙丘時，必須要分數次施工以達指定之目的，即第二次施工位置係在第一次位置上面或向上風0.5~1.0m處之位置以下，照此順序施工，又堆沙柵做乙排不如離適當間隔作二排為好，沙柵與沙柵之間隔為2m左右，圖13表示建造人工沙丘之要領。

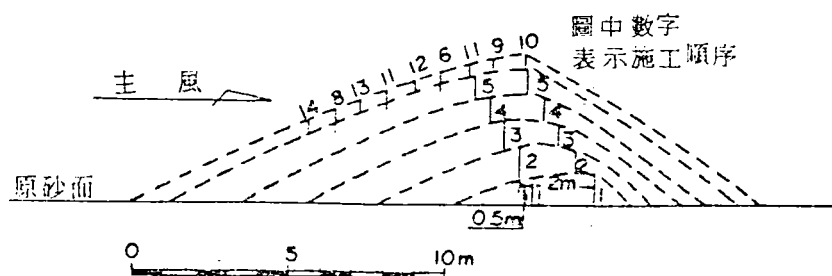


圖13 人工沙丘建造要領

3.構造及使用材料

堆沙之狀況與沙柵之通風性及柔軟性有關，沙柵所用之材料與空隙比係由風之強度及對主風向之沙柵角度而相異，惟通常以 1：1 較佳。沙柵之構造係用末端中徑 5 cm～7 cm 長度 1.0m～1.5m 左右之圓杉木以 1.5m～2.0m 間隔埋入土中，橫木用竹或樹枝 2～3 支，下風一面綁在木樁上；然後垂直方向樹立各種材料，沙柵所用之材料通常有樹枝、茅草、竹、板等，視通風性、耐久性、材料獲得之難易、工程費等情況而選擇之。圖 14 為沙柵用各種材料施工之例。

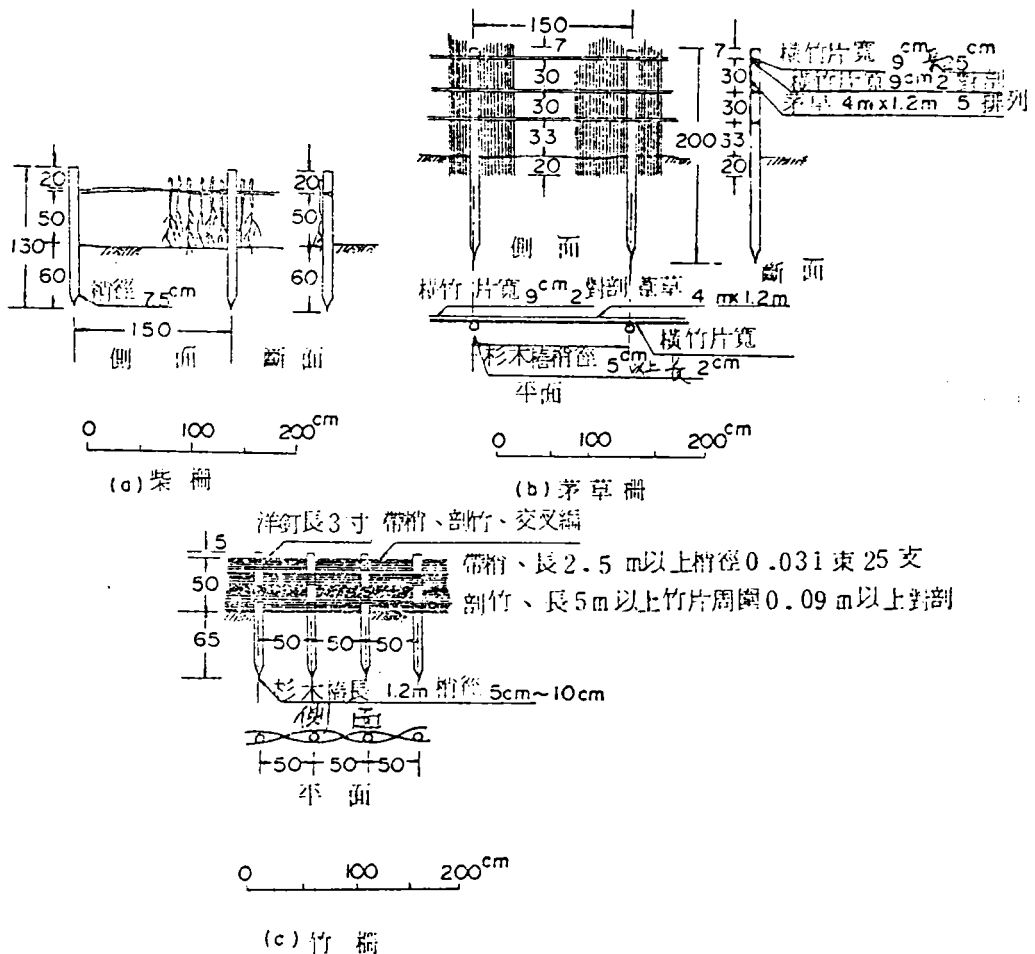


圖14 沙灘施工各種材料實例圖

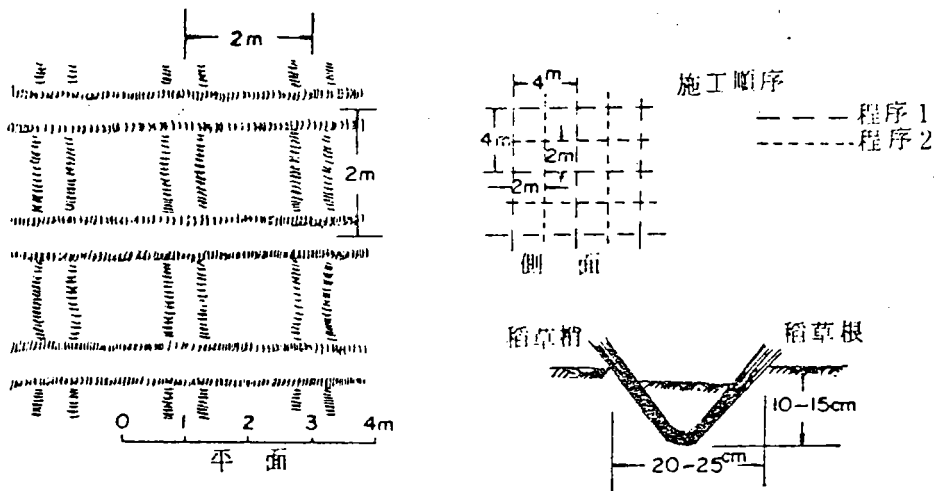
(三)定沙設施及覆蓋設施

1.定沙柵高度比堆沙之高度低，通常為0.2m~0.3m左右，有通風性，平面為網狀，方網之大小由飛沙之程度而異，以4 m方形，2 m方形或4 m×2 m之長方形者為宜。

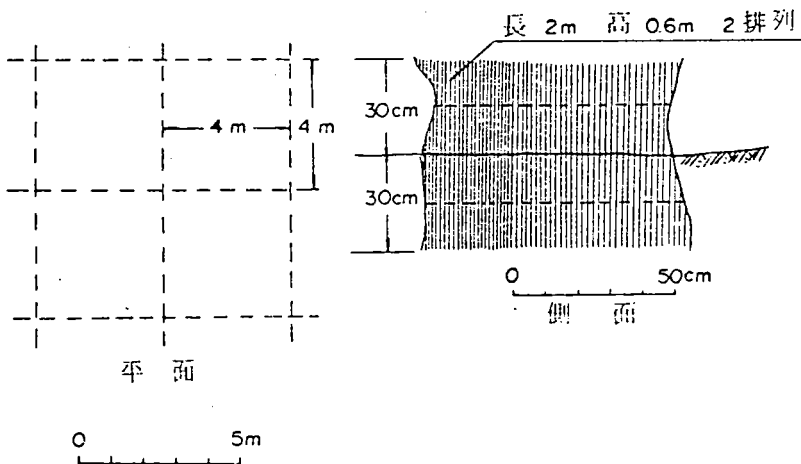
2.定沙柵之空隙比與堆沙柵相同，均為1：1。

定沙柵之施工，與主風向成直角方向，沿區分線挖溝埋建構造物，然後在平行方向作同樣之施工。定沙柵所用之材料通常有稻草、茅草、竹等，視通風度、耐久性、工程費等估計而選用之，圖15為定沙柵之施工例。

覆蓋土大致具有定沙柵之功能外，在沙丘表面用稻草、樹枝、茅草等材料作覆蓋，以防止沙丘繼續崩壞擴大，覆蓋之處仍可植樹苗。圖16為覆蓋之施工例。



(a) 稻草定沙柵



(b) 方形定沙柵

圖15 定沙灘施工實例圖

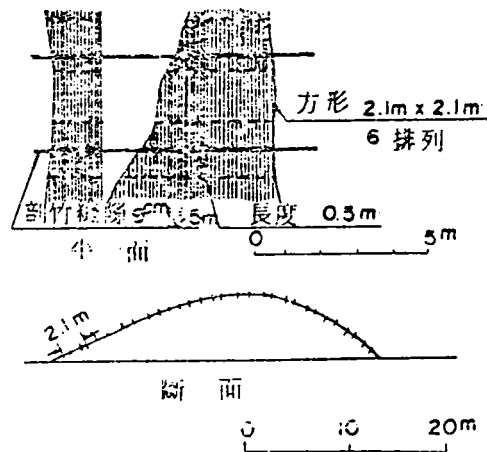


圖16 覆蓋施工實例

(四)植樹及造林

植樹或造林必須考慮當地之土地對樹木生長之條件或經濟條件而決定之。

由於堆沙柵或定沙柵所使用材料之性質，年代久，致材料腐爛減弱其強度，五、六年後將消失其功能，如種植適當之草種，逐年成長繁茂而可穩定飛沙地面，如可獲得適當之草時，比其他施工法為經濟有效，故希望今後之開發能予採用。種植時期為春天在定沙柵或覆蓋之施工區內 2 m 間隔種草，一年後施肥，所種之草不可因沙堆積而枯死，且需在地上蔓延。植樹種類必須要適合下列條件：

1. 對水份及營養之需求較少。
2. 對風之作用及飛沙之抵抗力大。
3. 耐溫度突變及耐鹽。
4. 對造成沙丘工作妨礙小。
5. 由於落葉，落枝等可增進土地之肥沃。

陸、結論及建議

一、結論

台灣幅員狹窄土地面積有限且人口稠密，近幾年來經濟及工業突飛猛進，土地之需求倍感迫切。增加可用土地唯有求諸於山坡地及海岸。沿岸開發因可提供平坦而廣大之土地且較之山地污染較易解決，並有運輸之便，自然倍受注意。過去因海岸工程技術未臻發達，海岸開發受限制，今日已因技術及設備之突飛猛進困難大幅減少，海岸及海洋乃成開發國家所追求之科技。台灣除因幅員小外，天然資源亦缺乏，原料及

能源多依賴輸入，煉油廠、電廠及能源港唯有臨海興建，開發海岸迫不急待。唯開發海岸時應注意：

- (一)填海造地時須對海岸自然氣象海象、生態系統、水產資源、自然地形、歷史文化等詳加調查，從各種因素及層面評估施工中、後可能造成之影響。
- (二)開發方式及規劃設計時，應儘量設法減輕負面影響，尊重自然，避免及減輕工程對海岸地形、生態、水產之影響，更應尊重當地居民之意願，避免破壞其生存環境，倘有影響應予充分之補償及轉業之輔導。
- (三)填土應儘量避免採用海砂，宜採用山土或河用浚渫之土砂。如取自海床應取自水深20公尺以上處。海岸地形頗為脆弱，一旦破壞不易恢復。
- (四)開發與保護並重，不可只注重開發而忽視應有之保護及保育上之投資與責任。

二、建議為因應未來之發展建議：

- (一)早日擬定海岸管理法，確立海岸主管機關，掌管海岸開發，保護管理事宜。
- (二)籌組海岸開發、保護之研究、規劃機構，釐訂完整之綜合開發計畫分區使用，調和各不同使用目的事業之利害衝突。
- (三)在海岸法未立法前暫以低潮位水深5公尺（或10公尺）為界，5公尺（或10公尺）至陸地間為保護區（或稱緩衝帶），較深之外海為可開發區。俟調查資料充實後再行調整其區分。
- (四)海岸開發兼有保育之責，宜由中央政府投資統一開發再出售或出租，不應由私人企業開發造成企業壟斷忽視保育責任。開發完成後亦應有管理單位負責管理保護。

參考資料

- 1.郭金棟（77.年 5.月）：「海岸工程」，中國土木水利工程學會。
- 2.湯麟武（79.年 4.月）：「港灣及海域工程」，中國土木水利工程學會。
- 3.郭金棟（78.年 7.月）：「談台灣西海岸之利用與保護」，行政院經濟建設委員會都市及住址發展處印。
- 4.郭金棟（79.年12.月）：「台灣海岸地形變化及其未來之開發利用」，國立成功大學水利及海洋工程研究所。
- 5.港灣技術研究所（80.年 4.月）：「海岸工程短期研習會講義」，港研所專刊 No.66

商 港 規 劃

* 港灣技術研究所副所長 莊甲子

第一章 概論

1.1 港灣之定義

港灣為由天然地形或人工築堤而圍成之水面，船舶在此安全碇泊，不受外海風浪影響，除避難港外，為海陸交通之樞紐，須有貨物裝卸，乘客安全上下，船舶用燃料淡水供應等設備，以及導航標誌，造船或修船工廠等。

1.2 港灣之設備

港灣因其性質不同，所需之設備亦有差別，普通商港須有船舶安全碇及航行之水面，及海陸聯運之碼頭等，詳列之如下表：

表 1.1 商港之設備

外 廓 設 備 (contour facilities)	防 波 堤 (breakwater)
	防 沙 堤 (sand groin jetty)
	導 流 堤 (training wall)
	船 閘 (lock)
	水 門 (sluice)
	護 岸 (levee)
水 面 設 備 (water facilities)	防 潮 堤 (embankment)
	航 道 (fairway, channel)
	泊 地 (anchorage)
	港 池 (basin)
碇 靠 設 備 (mooring facilities)	岸 壁 (quay wall)
	淺水碼頭 (lighter's wharf)
	棧 橋 (landing pier)
	浮 碼 頭 (pontoon)
	浮 筒 (mooring buoy)
	繫 船 臺 (dolphin)

旅客設備 (passenger facilities)	- 升降設備 (passenger's platform) - 行李房 (baggage room) - 候船室 (waiting room)
裝卸設備 (stevedoring facilities)	- 裝卸機械 (cargo handling machine) - 通棧 (transit shed, shed) - 貨櫃場 (container yard)
臨港交通設備 (port traffic facilities)	- 鐵路 (railway) - 公路 (highway) - 運河 (canal) - 停車場 (parking yard)
儲存設備 (storage facilities)	- 倉庫 (warehouse) - 堆貨場 (storage area) - 貯煤場 (coal storage yard) - 油料庫 (oil tank) - 散裝倉庫 (silo) - 危險品置場 (dangerous cargo yard) - 貯木池 (timber reservoir)
導航設備 (navigation facilities)	- 航路標識 (navigation marks) - 信號臺 (signal station) - 燈塔 (light house)
船舶供應設備 (ship supplying facilities)	- 給水設備 (water supply service) - 燃料供給設備 (fuel supply service) - 修船設備 (ship repairing service)

工業港之設備，與商港大同小異，其港區水面積，可較商港為小，但陸地上必須有良好廣大之工業基地，工業用水源及原動力，工廠即設在碼頭邊，因而裝卸方式及所需機具因工廠性質而定。

漁港除外廓、水面、碇靠、臨界交通、導航等設備與商港略同外，陸上須有漁市場、冷凍廠、罐頭工廠、小型漁船可拉至陸上整修之置船場、晒網場、給油設備等。

1.3 港灣工程之特性

港灣工程(harbor engineering, port engineering)為研究規劃設計及修建上述各項設備之學科，決定修建之前，須經詳密之調查規劃階段，先由經濟上，運輸

上之詳細調查，決定港灣地址(harbor location)，然後調查港址之自然現象之資料，應經常搜集，除可作為決定港址之參考外，可縮短決定在該處築港後之調查期間。

有長期調查之結果後，便可進行規劃工作，先決定外廓工程配置計劃，通常須擬數種比較計劃，經數學模式之計算及水工模型實驗並參照工程費用作最後決定。然後根據船舶貨物之性質及自然條件。決定碼頭配列之狀況以及裝卸倉儲設備之規模。

全盤計劃決定後即可作工程結構物之設計。外廓工程結構物之外力，須由海岸工程最近之研究結果決定，其他與土木工程同。

港灣工程之施工，除倉儲設備外，大部份在水中施工，不確實性較陸上工程為大，故總括之，港灣工程之特性，可列舉如下：

- a. 港灣為經濟及運輸機構，與產業交通以及人文條件有深切之關係，港址之決定以經濟條件為優先，不能僅以工程上之主觀條件選擇地形地質適合之處。故有時須在惡劣之自然條件下進行工程設計及施工。
- b. 港灣工程之外力均因氣象條件，海洋條件而異，須經長時期調查推算後決定。如調查期間不足，或工作不夠細密，常可能招致整個工程之失敗，故準備工作期間較長，有時無法配合急速之經濟成長，是以不論將來決定在何處築港，均須經常對可能成為港址之地點，先行調查。
- c. 雖自二次世界大戰以來，海岸工程之研究已有相當成果，港灣結構物所受之主要外力，如波壓力，船舶衝擊力等之推定，仍不能十分確實，故必須依賴模型試驗等手段加以驗證。
- d. 由於海水之化學作用，以及海中棲息生物之為害導致工程材料之耐久性，較陸上為低。
- e. 陸上工作用機械，水中多不能使用，故須準備大量施工船舶。
- f. 水面下工作，不得不用潛水夫，潛水夫無法能有如陸上之木工，鉗工等技術，故水中之精密工作，幾不可能。
- g. 海上工程較陸上工程唯一之有利條件，為可利用浮力運搬笨重之預鑄混凝土結構物及大宗材料等。

故港灣工程比較其他水利土木工程，不論設計及施工之條件皆為不利，尤以施工環境之特殊，工程設計時先須考慮施工方法，有時不能作理想之設計，此為港灣工程最大之特點。

第二章 經濟調查

2.1 經濟調查之項目

經濟調查為決定新港港址，推定新港或原有港灣之未來吞吐量，決定船席數目，各種碼頭線長度、通棧、倉庫、裝卸機械、貨櫃場之數量面積等之根據。工程師須以此調查之結果，作為計劃之準繩。

新建商港之經濟調查項目如下：

- 1.腹地之人口及其增加率，各種職業之人口數，勞動人口與全人口之比率。
- 2.腹地中主要都市之人文狀況。
- 3.腹地中之消費狀況。
- 4.腹地中之交通狀況及運費。
- 5.腹地中工廠性質、規模，使用土地之面積、原料、成品之種類數量，運銷狀況，需要及供給之變化。
- 6.腹地中工業原動力（電力、煤、油）之供需關係。
- 7.腹地中工業用水之水量、水質調查。
- 8.腹地中農產品之供求狀況。
- 9.腹地中之地下資源之開發狀況及埋藏量。。
- 10.鄰近港灣吞吐量變化之趨勢。
- 11.國際貿易景氣之變動狀況。
- 12.可能出入船舶之噸位及數量。
- 13.港灣所在地之人口、職業、勞動力之供給狀況。
- 14.港灣所在地之都市計劃。

決定新港港址時，應由經濟專家，就可能成為港址之地點，圈定腹地，按上述項目，加以調查，並估計十年乃至十年後之狀況，用操作研究(operation research)作數值分析，作客觀之決定，港址決定後，根據調查資料，用同樣方法，算定年吞吐量，推出出入港船隻總數，決定船席數目，碼頭長度，通棧面積，臨港鐵路及公路之交通量等。

已完成之港灣，更須經常作調查統計，以決定港務管理方針及擴建工程計劃，其調查項目與新建港灣不同，簡述如下：

a. 現有設備調查

- 1.泊地之總面積，各種水深之泊地面積，可能同時碇泊船隻之總數。

- 2.各種型式之碼頭總長度及裝卸能力。
 - 3.拖船、駁船之隻數與噸位。
 - 4.通棧、倉庫之棟數、面積、貨物收容能力。
 - 5.裝卸機械之種類、數目、能力。
 - 6.貨櫃場、堆貨場、貯木池或貯木場、儲煤場之面積及容量。
 - 7.給水、供煤、供油、供冰設備之能力。
 - 8.臨港交通設備之運輸量。
 - 9.導航設備之狀況。
- b.船舶及貨物調查
- 1.出入船舶之種類、隻數、船型、噸位。
 - 2.船舶入港至離港所需總時間，等候碼頭、檢疫、靠岸、驗關、卸貨、裝貨加燃料、加水、離岸、出港各階段所需時間，均須詳細調查記錄。
 - 3.出入貨物之種類、數量、價值、產地及銷地。
 - 4.出入船隻數及貨物量之季節性變化。
- c.腹地調查
- 1.腹地人口之變動狀況，包括各種職業人數、勞動人口等之增減。
 - 2.腹地中交通之改進狀況，機動車輛之增加數字。
 - 3.腹地中農工礦業之增減產狀況。
 - 4.腹地中水資源之開發狀況。
 - 5.腹地中能源之開發狀況。
 - 6.鄰近各港腹地之上述各事項之變動。
- d.其他調查
- 1.國際貿易景氣變動狀況之調查。
 - 2.世界船型之變化，造船業之狀況。
 - 3.港灣所在地都市計劃。
 - 4.裝卸業、報關業、運輸業、航業、海上保險業、倉庫業之狀況調查。
 - 5.港灣勞工之人數、生活狀況及福利設施。

以上調查資料，經專家整理分析，判斷吞吐量之增加狀況，並用操作研究方法，決定船席應增加之數字，進而推定泊地面積，碼頭長度，通棧或貨櫃場面積，臨港鐵公路之交通量之增加數字，以釐訂擴建計劃。

2.2 腹地之圈定

所謂腹地(hinterland)為港灣之陸上勢力圈，原則上凡在該圈內，一切經由海

運之輸出入貨物，均經由該港。調查規劃新港時，須先固定其腹地範圍。如圖 2.1 在 A 點預定設港，B、C 兩點為原有港灣，判斷內陸 M 地點是否在 A 港腹地內之方法，為計算自 M 點至 A、B、C 點之貨物運費 T_A 、 T_B 、 T_C 如下：

$$\begin{aligned} T_A &= P_M + \ell_1 P_1 + P_A \\ T_B &= P_M + \ell_2 P_2 + P_B \\ T_C &= P_M + \ell_3 P_3 + P_C \end{aligned} \quad (2-1)$$

式中： P_A 為在 M 點貨物單位重量之裝車及卸車費， ℓ_1 、 ℓ_2 、 ℓ_3 各為 M 至 A、B、C 港之陸路距離， P_1 、 P_2 、 P_3 為陸運運費單價， P_A 、 P_B 、 P_C 各為貨物在 A、B、C 港中之裝卸倉儲一切費用，如 $T_A < T_B$ 、 $T_A < T_C$ 時，M 點即在 A 港之腹地內，以此方法可圈定腹地範圍。

原有港灣，如改善裝卸倉儲設備，增加工作效率，減少貨物船隻留港日數，則式 (2.1) 中之 P_A 、 P_B 、 P_C 可以減低，因而腹地範圍亦有變化。

特種貨物，需用特種裝卸或倉儲設備時，其腹地之劃分與一般貨物不同，故所謂腹地雖可大致圈定，但並無絕對之界線。

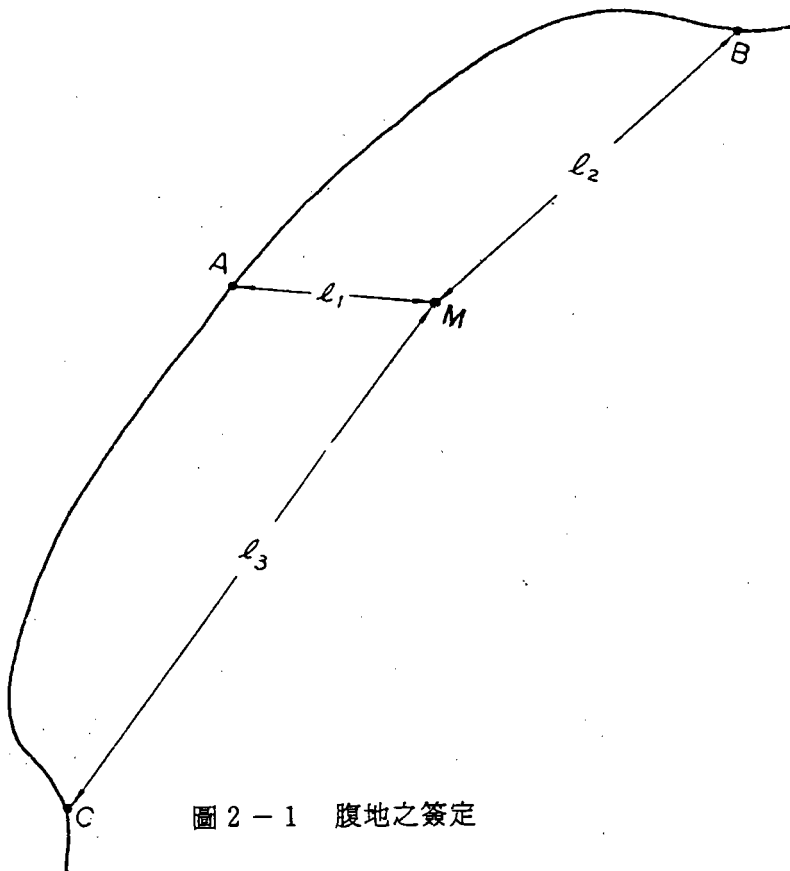


圖 2 - 1 腹地之簽定

第三章 自然現象調查

3.1 調查目的及項目

決定港址之前，應作腹地經濟的廣泛調查，港址決定後，須根據上項調查結果，決定港灣的吞吐量及其成長狀況，作為推定船席及碼頭數的依據，並預留足夠的陸地與海面以供擴建之用。

港址及港灣規模決定後，外廓工程的配置，碼頭的高度，港區各種建築物的基礎高度，各種工程結構物設計時的外力，均須根據自然現象的調查結果而訂定，即使在港址決定之前，此種調查亦須開始，其結果可作為決定港址的參考。施工期中，各種施工計畫，尤以在海上工作的情況，均須根據自據自然現象的調查結果而作天氣及海面情況的預測。港灣完成開始通航，船舶的出入港口及港內各種操作，都必須參考自然現象的調查結果。

自然現象的調查可分為兩個階段，即初步踏勘及詳細調查，而詳細調查中又分為氣象調查，海象調查，地象調查三大部份，必要時作專案調查。

調查工作的期限，當然越久越好，但如有五年完整紀錄已足夠，如急須動工，則至少須有一年的完整紀錄，然後在工程進行時繼續觀測調查，不足一年的調查結果，不足採信。

3.2 初步踏勘

此為在港址決定前，或已決定港址而開始釐訂詳細調查的內容及範圍時行之，由有經驗的專家工程師主持，先搜集文獻資料，包括過去府誌、縣誌、外國資料中有關該地區海洋的記載（例如Hawaii大學海嘯研究所兩百年來太平洋海嘯紀錄等）、舊地圖、海圖、寧濫毋缺，然後由主持人親自率領數位工作人員攜帶地形圖、海圖、簡單的測量儀器、照相機、採沙袋等沿海岸踏勘，以步行為原則，地形相同的一段亦可乘車。

踏勘範圍為港址兩端海岸線的曲折點或不連續點即岬角、大河河口、現有港口，例如當年高雄第二港口規劃前的踏勘範圍為由第一港口至鳳鼻頭，台中港規劃前的踏勘區域為自大安溪口至烏溪口（因大甲溪為該港主要漂沙來源須觀察其兩岸情況），由主持人憑其經驗決定之。

踏勘的主要項目如下：

- (1)視察海岸有否漂沙問題存在，即有否沙灘。

- (2)觀察海岸在前進或後退中，或保持穩定，（一般無漂沙問題的海岸，不可能前進），可注意沿海的建築物，如碉堡、土地公廟等與海岸線距離的變化，故須向老年居民詢問，並調查海岸線冬夏期的消長情況。
- (3)調查海岸上建築物、樹木等，過去水位曾到之處，並詢問海岸前建築物過去受破壞的情況，以憑判斷暴潮(storm surge)、海嘯(tsunami)時海水侵入的程度。
- (4)沿海岸每1～2公里，採沙樣0.5～1公斤，觀察沿途的粒徑組成狀況，並攜歸分析。
- (5)每1～2公里，簡單測定海灘斷面形狀。
- (6)隨時觀看波浪方向，測其週期，觀察碎波線的遠近，波浪最後在海岸線上碎波時，沖上沙灘漂流物的位置等。
- (7)在河口、岬角，現有海岸前的結構物如防波堤、防沙突堤、離岸堤，以及海岸前的島嶼等周圍的海岸線，其季節性以及經常性的變化，須加注意。
- (8)流入此段海岸的小型河川、排水溝的流量及污染狀況，應予調查。
- (9)此段海岸中，有否臨海工廠，其工業廢水或溫水排出的情形如何，應深入了解。
- (10)調查沿岸居民處理垃圾的方式。

此種踏勘工作，冬夏兩季各舉行一次，最好在天候不佳，有波浪時行之。

踏勘範圍以外的海岸，亦有了解的必要，例如當年高雄第二港口修建前，中外專家自曾文溪口直至高屏溪南岸均大略視察一次，以作為參考。

踏勘結束後，除非不考慮在此建港，否則即須擬訂詳細調查計畫而實施之。

3.3 氣象調查

海面上一切現象，如波浪、暴潮等，均因氣象變化而生，港灣完成後，氣象狀況亦影響船舶出入及倉儲運營等，因此氣象調查，應列為首要，其項目如下。

- (1)氣壓：氣壓為引起海水面變化的最主要原因，故應常年不斷記錄之，應設置自記氣壓計於百葉箱內，並準備精密之水銀氣壓計隨時核對自記氣壓計的紀錄。颱風時的氣壓紀錄，尤須注意。
- (2)風：風為直接引起波浪的主要原因，又可使海水位堆升(set up)，港灣完成後，風可影響進出港航行及靠碼頭等作業，故必須詳細記錄風速、風向，並計算各方向之風速及5m/s，10m/s，15m/s，20m/s以上之風的歷時(duration)。

風速風向計，必須設在海邊平地上空曠之處，500公尺圓周內無任何房屋及稍

高之樹木，築一海平面上20公尺以上的塔或柱，頂上設風向計，其下0.5m處即海平面上19.5m處設一測風速的感受器(pick up)，如旋杯、旋翼之類，在海平面上10m處再設一個，風速風向均在塔或柱下方百葉箱內連續記錄，另準備手提風速計二三個，一則用以校核自記器的紀錄，再則可隨時測定任何高度的風速。

根據風速風向觀測月表可檢出風向風速頻率，就全年各季及各月份作玫瑰式風圖(wind rose)如圖 3.1。

由玫瑰風圖等資料，可求出

- 1.全年恒風(prevaling wind)風向。
- 2.出現次數最多的風速。
- 3.最大風速的強度及其方向。
- 4.各風向中各級風速的最長歷時。

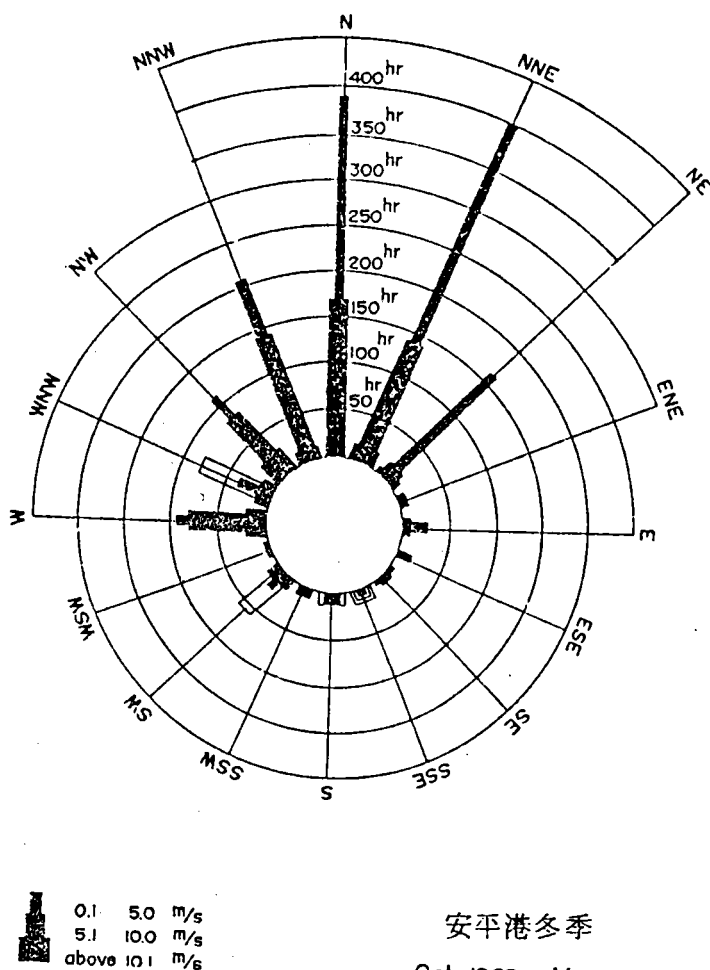


圖 3.1 玫瑰式風圖

風的紀錄，另須與附近年代久遠的測候所的紀錄逐時對照，求出其相關 (correlation)，以追算(hindcast)海邊測候所以前的狀況，但須注意附近測候所的地形狀況，例如台中測候所在台中盆地而且過去設在市中心，無法與台中港風速相比較，馬公測候所設在鬧區，又不可用，祇可用台灣海峽南端的東吉嶼風速紀錄相比較，但新竹海埔地風速風向與新竹市測候所的紀錄，風向相同，風速的關係亦甚密切，故可以求出兩者關係式後，補足海埔地過去風的狀況。

除以上的補足過去資料外，與附近海上船隻的風速風向報告，亦須核對，並由每六小時或八小時的天氣圖(weather chart)上等壓線(isobar)的傾度，計算風速與海邊測候所紀錄核對，以推定海面上的風速。

(3)霧：霧為港口船舶出入的最大障害，每年起霧的日數，起霧的時間，消散的時間，霧中能見距離，必須調查清楚。

(4)降水：雨雪冰雹等對港內裝卸工作有妨礙，雨量強度(rainfall intensity)為設計港內排水的根據，積雪深度亦影響結構物的設計，故須用自記雨量計，自動積雪深度計等觀測。

(5)溫度、濕度、日照：為設計通棧倉庫的通風設備，判斷貨物應否冷凍，有發霉可能否，須準備自記溫度計、濕度計以及日照計等調查之。

(6)氣象情報的蒐集：除上述各種觀測之外，尚須蒐集現在及過去的情報資料，其項目包抱：

- 1.由氣象局供給之每天發行四次或三次即每六小時或八小時一張的地面天氣圖，颱風時另須增加。

- 2.訂閱氣象局或氣象協會發行之氣象學報季刊等。

- 3.蒐集鄰近國家之氣象資料，例如

日本氣象廳月報、年報、氣象要覽，日本氣象廳海洋觀測資料（每年發行兩期），每日上下午九時天氣圖。

菲律賓、韓國等有關資料。

- 4.每日收聽本國氣象廣播，並收聽鄰近國家廣播，例如日本NHK第二台及日本短波放送之氣象報告。

- 6.蒐集調查地區附近過去三十年中風速最大時的前後十二小時的風速紀錄，同一風向歷時最長的風速紀錄、氣壓、霧迷日數、降水、溫度等的極端紀錄。

3.4 海象調查

海洋現象簡稱海象，其在港灣及海洋工程中如無法確實把握，將極易造成嚴重

之後果。本部份須加調查之項目如下：

1. 潮汐調查

潮汐(tide)爲受天體引力的水面變化，比較有規則性，但工程地點的潮汐現象，應予實地觀測，並將一年以上的水位紀錄，作調和分析(harmonic analysis) 求出其各分潮的調和常數(harmonic constant)，即分潮振幅(amplitude) h ，及遲角(lag) k_i 。

實地觀測時，應在觀測地點搭架，置自記潮位計於其中，約一星期左右，觀測人員乘船取回紀錄，並換上新記錄紙。

港灣工程中，如海岸附近無漂沙活動，可在海邊設置檢潮所，在海岸外以導水管引海水入檢潮井中，然後用自記檢潮儀記錄潮位如圖 3.2。

不論用何種方式以自動記錄潮位，均須在海岸附近設水位計，每小時目測水位一次，以與自記紀錄相校核。

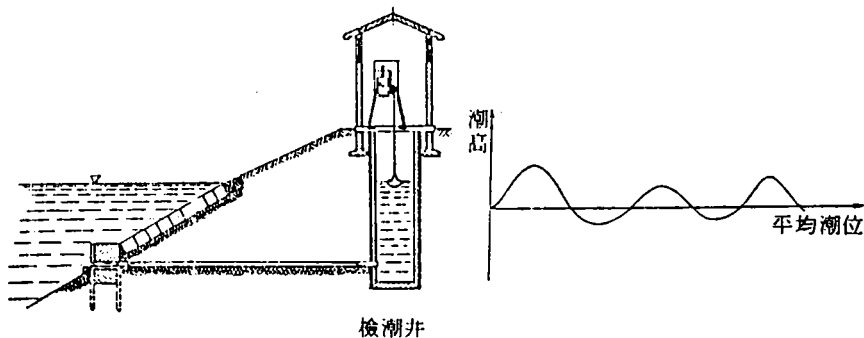


圖 3.2 檢潮所及其自記紀錄

2. 海流及潮流調查

海流(current)爲因海水密度溫度的差異，地球自轉偏向力(cefflection force of earth rotation, Coriolis force)貿易風(trade wind)的作用，以及海水中的熱鹽循環(thermal and saline circulation)而成的，經常存在於海洋中，而潮流(tidal current)爲因漲潮退潮而生的流動，因潮時而變化，兩者同時存在，故可同時測定，但須加以分析。

用自記流速流向測定器，沉放於測定海域中，測定各種水深的流向流速，放置一段時間後，取出記錄磁帶，經讀取器(reader)讀取對應時間的流向流速，每小時一次，繪成向量圖，如圖 3.3，將向量尖端連成橢圓或類似的閉曲線(可略加修正)，測定點至橢圓心的向量爲海流，橢圓心至周邊的向量爲該時刻的潮流。

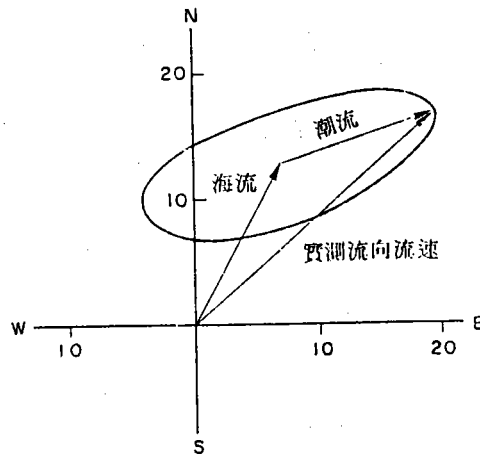


圖 3.3 潮流橢圓圖

3. 波浪調查

波浪為港灣及海洋工程之主要外力，必須知其波高(wave height)、週期(period)及波向(wave direction)，故波浪調查必須測定上述三要素的數據，測定波浪的方法可分為直接觀測與間接測定兩種，分述如下：

(1) 直接觀測法

此法即為直接測出波高及週期

a. 目測攝影法

在海中 4 ~ 12m 處，設置表示尺度的小橫木，或漆有鮮明尺度的波浪觀測桿(wave staff, wave pole)，在陸上用望遠鏡頭拍成電影，再放映後，由水位變動的高低點，讀出波高，由兩波峰間的底片數，算出週期，如在海岸附近處，亦可用肉眼觀測。

此種觀測法，在夜間及風雨中，能見度低時難以舉行，故祇能作為補助方法，用以檢核自記紀錄，或觀測碎波帶(surf zone)內的波浪，將來如可用紅外線攝影之類的光學知識改進技術，再加自動錄影，或可成為波浪觀測的主要方法。

b. 視距測量法

利用視距法(stadia method)的原理，用經緯儀(transit)追蹤設在海面上的浮標(floater)的上下運動，同時自動記錄。

c. 階段抵抗法

利用海水導電的性質，豎立鋼製圓筒於海中，每一定間格(約5cm,)設電

極 E_1 、 E_2 ...等，水位因波動而升降時，浸水的電極通電流，將電流的變化記錄，即得水位的連續變化，因而求得波高與週期。此種波浪計，稱為階段抵抗(step resistance)式，其測定及構造的原理如圖 3.4。在較深的海中，設置費用較鉅，通常附設於鑽探或開採石油的架上，或設在防波堤上或碼頭邊。

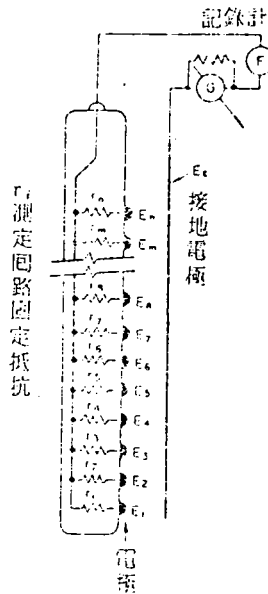


圖 3.4 階段抵抗式波浪計

d. 超音波觀測法

將超音波收發器(ultrasonic transmitter)設在海底，或海中一定高度之處，用電纜與陸上之自動平衡型記錄器連結，水中超音波速度為 1500m/sec ，已知設置地點的水深 $d(\text{m})$ ，音波往返的時間 $t(\text{sec})$ ，則

$$d = \frac{1500t}{2} = 750t$$

有波浪時測得之音波往返時間為 t' ，令 $t' - t = \Delta t$ ，則水位 ξ 為

$$\xi = \Delta d = \frac{1500 \Delta t}{2} = 750 \Delta t$$

ξ 可在記錄器上連續記錄， $\xi_{\text{max}} - \xi_{\text{min}}$ 為波高 H ，紀錄上兩波峰的時間間隔為週期 T ，此種儀器稱為超音波波浪計(ultrasonic wave meter)，其原

理如圖 3.5。

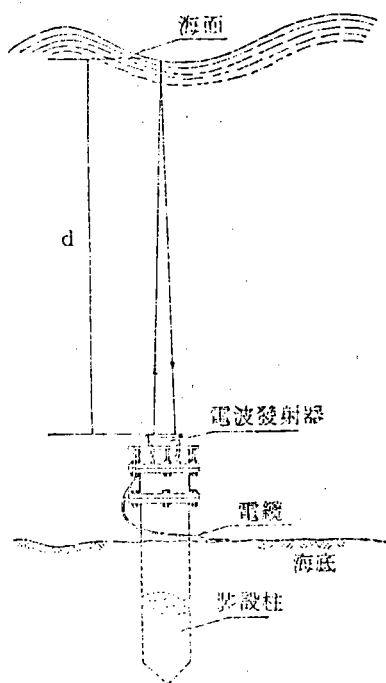


圖 3.5 超音波式波浪計

e. 航空測量法

用飛機拍攝海面照片，以處理地形測量照片的方法，繪出海面水位的等高線圖，即可求出波高 H 為相鄰峰與谷間的垂直距離，波向可由波浪起伏狀況及參照風向而決定。

此種方法，不能經常使用，可每年施測一二次，以核對自記式波浪計的紀錄。

f. 立體攝影法

用立體攝影機(stereoscopic camera)連續拍攝海面照片，再放入讀取器(reader)，將照片中一定點的波型繪成連續曲線，即可求得波高、週期，照片中亦可看出波向，此種方法我國曾試用，天候過劣時及夜間均不能用，故不能得經常性資料。

(2) 間接測定法

此法為測定與波浪有關的量，然後換算為波高，須經計算，其方法如下：

a. 水壓式波浪計

海底的水壓力，因波浪作用而週期變化，故如能測出波壓力的變化幅度，則可由下列公式算出波高 H

$$H = \frac{\Delta P}{\rho g} \frac{\cosh(2\pi d/L)}{\cosh(2\pi h/L)}, \quad L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

式中 ΔP 為壓力變化， ρ 為海水密度， g 為重力加速度， d 為水深， h 為波浪計感受器在海底上之高度， L 為波長， T 為週期。

b. 乘波計測波法

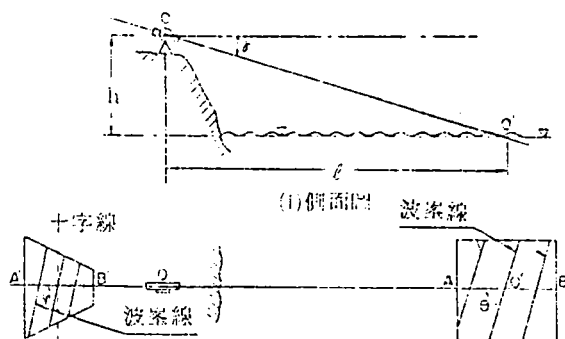
放置圖形浮標於海中，該浮標中有測作用於其本身的浮力即加速度的儀器，並將加速度的大小改為無線電信號發射至陸上，陸上收報器中附有積分器，將信號積分兩次換算後自記記錄，此種儀器稱為乘波計(wave rider)。儀器設置地點須在碎波線外，收報器有效範圍約50公里以內。

(3) 波向觀測法

上述波浪觀測法中除航空及立體攝影法外，其他所測得之波浪皆為某一地點的波高及週期而無法定出其波向。至於波向之觀測則須另外為之，其觀測方法計有

a. 目測法

在水平面上10~30m高度之處，架設經緯儀，以視野內十字線的水平線為基準，觀測波峰線，由其方位決定波向，其原理如圖 3.6。



3. 經緯儀中所見

2. 平面圖

O : 經緯儀

OAB : 視準方向

O' : 視準點

θ : OAB 與波峰線間之角

H : O 海面上高度

ϕ : 經緯儀中波峰線與視準方向間之角

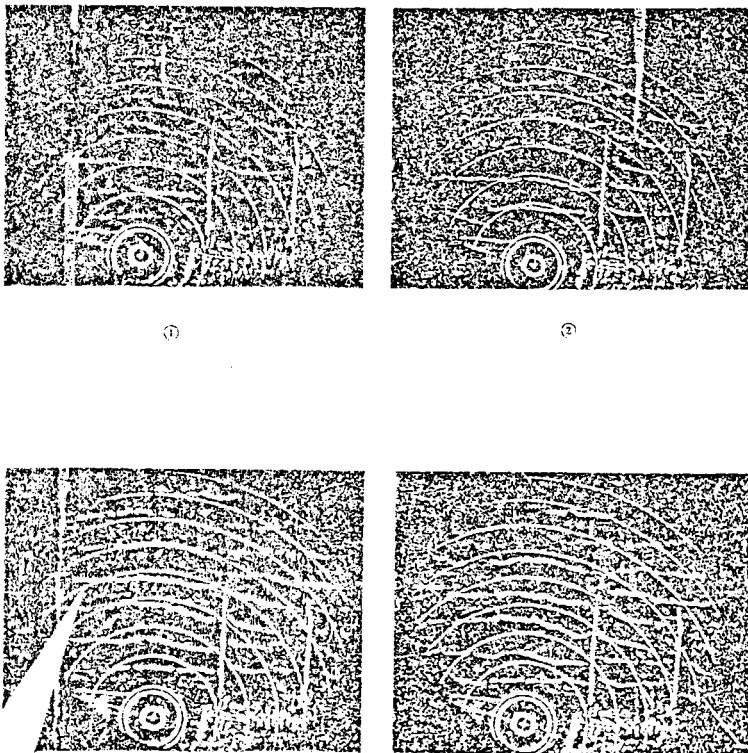
E : O-O' 水平距離

r : 俯瞰角

圖 3.6 用經緯儀測波向

b. 雷達測定

用雷達測定，拍攝照片如圖 3.7，在照片上看出波向，並可連續拍攝，此方法，日本鹿島港、金澤港曾用之。



波浪：波高 $H = 1.5\text{m}$ 、週期 $T = 12\text{sec}$ （湧浪性質）

圖 3.7 用雷達拍攝波向（每 4.7sec 拍一張）

c. 海底設置儀器測定

波浪中的水粒子流向，加速度的方向，雖為往復運動，但必與波向在同一直線上，故如能測得海底水粒子的流速流向，或波力作用方向，即可測出波向。故用二台流速計測海底流速，分析其兩水平方向流速 u 、 v 即可求出淺海波向。

4. 碎波帶附近流況調查

前述的海流及潮流，經常存在於海洋中，與波浪狀況極少關係，但靠近海岸

處，因波浪的破碎，一部份海水壅積於碎波線及海岸線間，即所謂碎波帶內，發生與海岸線平行的沿岸流(longshore current)，及由碎波帶向外海流動的離岸流(rip current)，因將碎波線沖裂而流向外海，故又稱為裂流，此種流動，均在有波浪時始發生。

5. 海水調查

在調查區域內，地形不同之處，例如灣口、灣內、岬角前後、河口，以及水深有變化之處，用採水器(water bottle)採集各種深度的海水，為避免採水及取出的水與上層的水混合，故須用轉倒式採水器(reverse water bottle)，又因須同時測定各層水溫，故採水器上，附有轉倒式溫度計(reversing thermometer)，採回之水樣，在實驗室中，測定下列項目：

1. 密度及比重：用一般物理實驗所使用的比重計，以20°C水溫時的數值為準。
2. 酸鹼度：用以玻璃電極與比較電極測定電位差以求出pH值(pH value)的儀器以測定之，此種儀器附有溫度補正器，並可讀出數字。
3. 鹽度：由導電度的變化以測定鹽份的儀器，稱為鹽度計(salino-meter)以測定之，注意須加溫度補正。
4. 溶氧量：用DO計(DO meter)，即利用賈法尼電池(galvanic cell)中電極本身的電池作用，發生氧氣還原電流，以測定海水中的溶氧量(dissolved oxygen, DO)，溫度對溶氧量影響甚大，須隨時校正。
5. 其他：海水中油份、農藥含量，以及其他污染程度的測定。必要時，用染料放入海中以測定其擴散狀況。

3.5 地象調查

地形、海岸線變動、地質狀況、地震等，均屬於地盤的靜態與動態現象，簡稱地象，其調查項目如下：

1. 地形水深測量，調查區域作全地形水深測量，在海底為岩盤之處，每年一次，如在沙灘海岸，每年二次。
2. 漂沙調查：在沙灘上築港，最大的問題為港口開通後遭漂沙淤塞，故須對漂沙的方向、數量、及其活動限界，加以調查。
3. 底質調查：底質(bed material)為海底表面上的物質。每年水深測量時，應與採取海水水樣同時在格子點處用採土器刮取海底面上土沙約0.5～1 kg，攜歸分析其粒徑分佈狀況，繪製粒徑分佈的累積曲線(accumulation curve)，求中間粒徑(median diameter) d_{50} ，及篩分係數(sorting coefficient) $S_0 = \sqrt{d_{75} / d_{25}}$ ， S_0 愈大即表示沙粒粒徑分佈狀況不均勻。

- 4.港址附近調查：附近河川的水文資料，水質調查結果，均須搜集，河床沙礫的成份，附近海岸的沙礫成份，河川水源處的沙礫成份，均須作礦物分析，與海底底質比較，可以推斷漂沙的來源。
- 5.地質土壤調查：此與一般土木水利工程同，亦須用鑽探(boring)，採土作土壤分析及試驗，充分瞭解調查區的地質狀況，土壤的物理性質，地盤支持力，地盤下沉與否，地盤可能滑動與否等問題。調查順序為先在前述採海水底質的點舉行鑽探，試驗完成後，再在結構物位置作詳密調查。
- 6.地震調查：在調查地區設置地震計(seismometer)，測定地震加速度，與氣象局的紀錄對照，借作為碼頭及防波堤設計之參考依據。

3.6 專案調查

專案調查主要為對颱風、海嘯的資料搜集，分述如下：

- (1)颱風專案調查：調查區域，如有一時期在颱風之風圈以內，即在氣象局報告中七級風半徑的圈內時，須詳細對此颱風作調查研究，製成專案報告，其內容如下：
 - 1.颱風路徑及其中心氣壓風速的變化，可根據氣象台的報告編成。
 - 2.颱風時期調查區內氣壓的變化經過。
 - 3.颱風時期調查區內的風速風向變化。
 - 4.颱風時期內的潮位、暴潮的紀錄。
 - 5.颱風時期內的波浪紀錄。

2、3.兩項可將觀測紀錄加以整理繪出，4.中暴潮為採潮位的觀測紀錄減去天文潮位，5.項除將已安置的波浪計紀錄時間加密外，必要時另放臨時性測波儀器如乘波計等於附近海面。

外海有颱風發生，即須注意，雖不一定侵入調查區域，但其影響，例如外圍風力、湧浪(swell)，亦須注意，雖不列專案報告，必須在經常紀錄上加註某一颱風通過附近字樣。
- (2)海嘯專案調查：調查期間內，不一定發生海嘯(tsunami)，但如有海嘯發生時，應注意潮位及波浪的變化。調查區域如在海灣內，或已粗具港區形狀時，開敞處與內部須分別設水位計，比較其紀錄。調查開始時，須搜集有關海嘯資料，例如向美國Hawaii大學海嘯研究所、日本東京大學海洋研究所，索取二百年來太平洋區海嘯紀錄。

第四章 規劃條件

4.1 一般說明

港埠規模及港內佈置的規劃，海域及港內各種工程結構物的設計，必須有其服務對象的靜態動態的情報，即船舶的大小尺寸與其在港內外操作活動狀況的資料，以及有關貨物 (cargo) 及其裝卸 (stevedoring) 的有關知識，與其必須對抗的外力限度，即最大的風力、波力及一切流體力、土壓力、地震力與水位的極大極小值等，作為一切工程設計的標準。

4.2 船舶大小的定義

船舶的大小，用噸位 (tonnage) 表示，各種有關噸位的定義如下：

1. 總噸位 (gross tonnage)：代號G.T.，G/T，為全船甲板以下的體積，除以 100 立方英尺 (約 2.83m^3)，為最普通應用的單位。客船、客貨船、大型漁船均使用此單位以表示其大小。
2. 淨噸位 (net tonnage)：代號N.T.，N/T，全船甲板以下的體積，扣除船員室、機關室、燃料庫、醫務室等的體積後，除以 100 立方英尺的數字，亦即用於載客貨營業用的空間換算噸位，一般用於計算應付的稅金、港中的領港費及碇泊費等。
3. 載重噸位 (dead weight tonnage)：代號D.W.，或D/W，DWT，船舶滿載狀況與空船狀況的重量差，以英制噸 (2240磅，1.016 公制噸) 表示，即該船可能積載的貨物、燃料、水、乘客、船員的總重量，油輪、散貨輪的大小，通常用此種噸位表示。

以上三種噸位間的相互關係，可以下列比例作大略估計

$$N/T : G/T : D/W = 10 : 15 : 25$$

另有排水噸位 (displacement tonnage)：代號D.T.，為該船在海中排除水量的噸數，亦即該船水線以下的體積乘海水單位體積重量，故可分為空船排水噸位及裝備排水噸位，軍艦多用之。

4.3 船舶之種類

船舶可按其用途，分為客船 (passenger ship)、貨船 (cargo ship)、以及包括漁船 (fishing ship) 在內的工作船 (workboat)。過去所謂貨輪 (freighter) 祇有一種，但三十年來，因運輸方式革新，有各式各樣的船隻出現，即貨櫃船 (

container ship)，散裝貨物(bulk cargo)如礦砂、穀物、煤專用之船，液體貨物運送用船，如油輪(oil tanker)、液化天然氣船(liquefied natural gas carrier) 通稱為LNG、液化石油氣船(liquefied petroleum gas carrier)通稱為LPG、渡船(ferry boat)，以及各種特殊貨物專用船如汽車運輸船(car carrier)、重型貨物運輸船(heavy lift carrier)等。按其裝卸方式，又有駛上駛下(roll on and roll off, RO/RO)的船舶埠直上直下(lift on and lift off, LO/LO)的船舶之分，在碼頭設備不良的港埠裝卸，有大船上載駁船(lighter barge)，進港後，放下駁船靠碼頭之子母船(lighter abroad ship, LASH)，母船上直接載可浮動貨櫃(floatable container)稱為海蜂船(seabee)，大型貨櫃輪吃水甚深，不能進入小港口時，用支線船(feeder ship)轉運。

4.4 船舶之運動

船舶在海中受波浪等外力的作用，顛簸不停，分解之可為六種運動的合成，如圖4.1。以船的中心點為原點，船的進行方向為X軸，垂直橫向為Y軸，上向為Z軸，則此六種運動如下：

- (a) 沿X軸前後移動，在以船舶進行速度前進的動座標中，該船旅進旅退，徘徊不前，故稱為“徘徊”(surging)。
- (b) 以X軸為中心，在YZ平面中以一角速度搖幌，故此種迴轉運動，稱為“搖幌”(rolling)。
- (c) 沿Y軸左右移動，彷徨不定，此種運動，稱為“彷徨”(swaying)，如橫方向的力甚大，造成較大的位移時稱為“漂流”(drifting)。
- (d) 以Y軸為中心，在XZ平面中以角速度搖擺，似乎船舶沿進行方向一俯一仰，故此運動稱為“俯仰”(pitching)。
- (e) 沿Z軸上下顛動，時升時沉，此種上升下降的直線運動，稱為“升沉”(heaving)。
- (f) 以Z軸為中心，在XY平面上擺動，似乎船舶將旋轉過去而又迴過來，故此種運動稱為“旋迴”(yawing)。

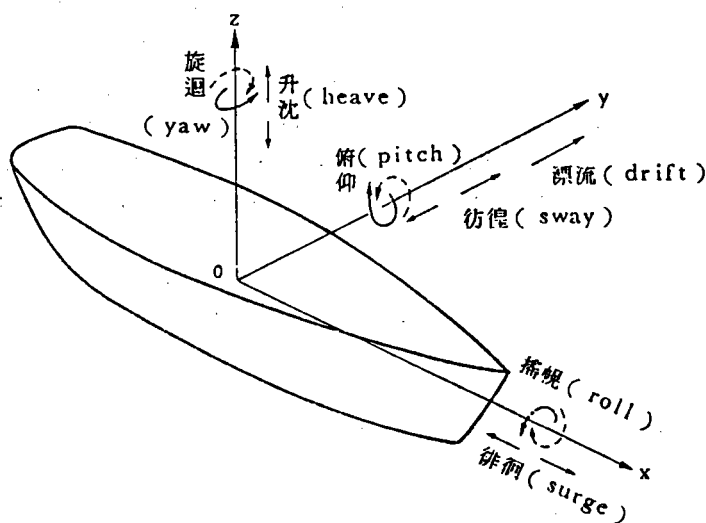


圖 4.1 船舶運動

以上為船舶在水深極大，廣袤無垠的大洋中的運動，不考慮水底，邊界的影響，亦無其他船舶干擾，但船舶入港後，如港內仍有風浪則上述六種運動仍將發生外，水深，航道港池的寬度，駛過近旁的船隻，均對其運動模式有作用，分述如下：

1. 船舶航行的互相干擾

船舶在進行中當會發生干擾現象，如圖 4.2 當兩船相遇的初期，兩船頭靠近，因壓力均大，故互相排斥，A 部與 B 部接近時，較大船隻 B 部壓力較小，小船的船頭有向其靠攏的傾向，小船的船頭與大船的船尾鄰近時，互相排斥。

兩船同向航行，一般大船速度較快，大船在小船後方時，小船尾部即受大船船頭部的壓力而向外移，因此船頭偏向大船的航線，大船進至與小船同列時，小船受大船腹部低壓區的吸引而靠向大船，最後小船的船頭在大船船尾附近時，受推進器吸入流的作用，仍偏向大船，因此大船與小船同向航行時，小船有受大船吸引而碰撞的可能性。

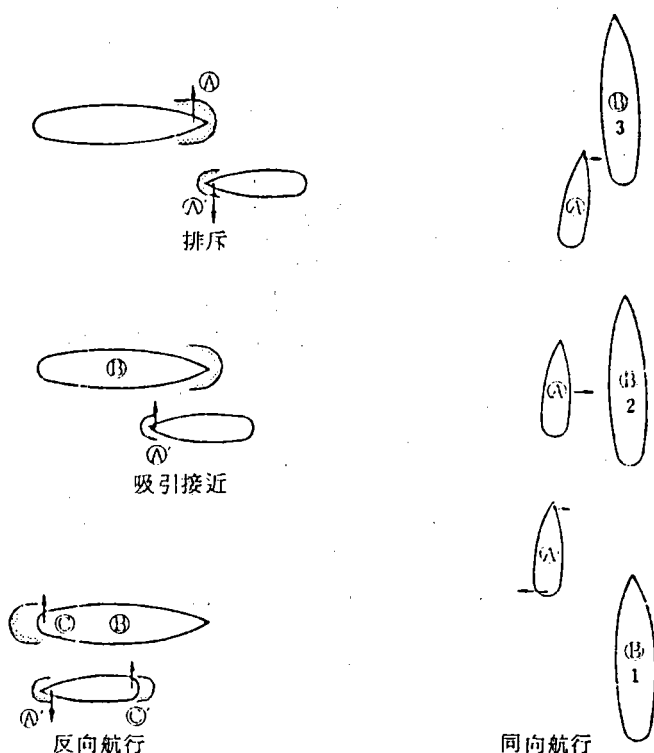


圖 4.2 船舶之吸引排近

2. 淺水的影響

船舶接近港口及進入港區時，水深變淺，船舶之吃水餘裕亦變小，致使船舶底部排出的水流因受粘性作用易成層流 (laminar flow)，因而使船舶操作更形困難，船舶迴旋亦須較大的直徑。

3. 邊界的影響

在廣大海洋中行駛時，船舶所排的水可以自由向四方擴散，但在受限制的水域中，例如港內航道，碼頭前面的港池 (basin)，突堤碼頭間的船澳 (slip)，以及運河 (canal) 船舶航行將受邊界條件的影響，茲分述如下：(a) 碼頭附近的情況：船隻即使以最低速度駛向碼頭時，船頭的水壓力及隆起水位的反射，使船頭向外偏，如圖 4.3 之 1.，但船舶進入寬闊之處或經過船澳時，因船頭排出的水有去路，故船頭向開曠的方向或船澳偏向，如圖 4.3 之 2.、3.。

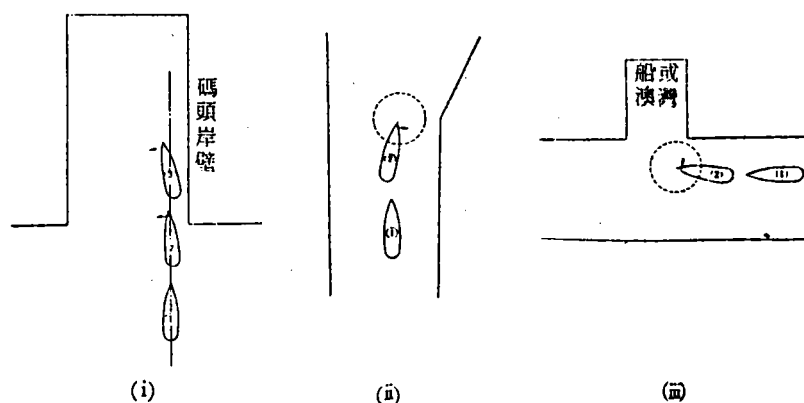


圖 4.3 船頭偏向

- (b) 運河寬度的影響：船舶在狹窄的運河中行駛時，擠出的水，向兩旁堆高，運河中央水位低落，因而船隻下沉，按理論研究結果，載於日本運輸省船員訓練的教科書中者，為運河斷面積必須為通過船隻的橫斷面積的 8 倍，始可免除一切影響。在港區水域中的航道，雖然挖濬至較周圍的泊地為深，但並無兩岸限制時，當可無因狹窄而生的影響。
- (c) 海底傾斜的影響：船舶沿海岸行駛時，靠海岸一邊的海水較淺，海底呈傾斜狀態，船舶所排除的水量，向海岸方向的水流較緩，壓力亦較大，故船頭偏向外海，船舶如向後退，則船尾偏向外海。

以上為規劃設計港埠人員所必須知道的船舶知識及船舶在港區附近活動時的特性，以了解船舶在港中操作的狀況，在釐訂港灣佈置時，尚須請航運專家作航行研究(nautical study)。

此外，船舶在波浪中活動時，為一振動體，故對其各方向的自然振動頻率(natural frequency)必須了解，以與波譜(wave spectrum)對照，判斷其引起共振(resonance)的機會有多少。

4.5 與船舶有關之力

港灣及海洋工程各種結構物的設計時，須確定因船舶而生的外力，即已知船舶的大小尺寸，靠近時的方式及速度，計算其衝擊力(impact force)，及碇泊中的船舶上所受的風壓力(wind pressure)，潮流的曳力(drag force)，外海停泊時所受的波力(wave force)等。質言之，與船舶有關之力且須加以算定出者計有：

1. 船舶對結構物的衝擊力。
2. 碇泊中船舶所受的風壓力。

- 3.水流對船舶的作用力。
- 4.作用於船舶的波力。
- 5.船舶對繫船柱的牽引力。

有關本章規劃條件除上述者外，其他如風力、波力、水位變化、波浪變形等條件亦須加以瞭解外，尚有海濱流、淺灘動盪、漂沙及海岸地形變化、地震力、土壓力、地盤支持力、水壓力和各種材料重量、摩擦係數及安全率等亦皆須加以考量推定。限於篇幅，此處乃不贅述。

第五章 外廓堤防規畫

5.1 概說

外廓設備(contour facilities)為屏障港區，保持港灣中航道、泊地、港池船澳等水面的平穩，維持其水深，以使船舶能自由安全進出，順利碇靠裝卸，完成其任務的一切設備。本項設備因其不同的功能性質可區分為防波堤、防沙堤、消波堤、離岸堤、潛堤、導流堤、內堤等，其他具特殊功能者尚有防潮堤、防海嘯堤、船閘、胸牆等。

5.2 防波堤佈置規畫

防波堤為港內港外的分界線，主要作用為防止波浪侵入，使港內水域平靜，即發生遮蔽(sheltering)的功能，最好能同時考慮其防止漂沙侵入的效果，即堤頭能伸至漂沙不能大量移動的深度，堤向應大致與沿岸漂沙的主要向方垂直。

由各種調查推算的結果，已知下列資料後，即可進行規劃防波堤的佈置方案。

1. 在預定港址外海的波浪狀況

(a) 最大波浪的指示波高 H_s 、週期 T_s 、主波向 θ_0 及其波譜，如無實測波譜時，用由 H_s 、 T_s 推定的波譜。

(b) 各季節出現最頻繁的波浪。

2. 預定港址的潮位變化

3. 預定港址的潮位偏差

4. 將預定港址的氣壓紀錄與水位紀錄比較，極高極低時，與天文潮位的偏差如何，高氣壓時，有否低於天文潮位的紀錄，以推定該處的最低水位。

5. 由港址的風速風向連續紀錄，找出最大風速，各種風速的最長歷時。

6. 如有海嘯問題時，推算其最高最低水位。

具備上列資料後，先按港灣規模，設定港口，然後試行規劃佈置方案，就各方案計算其遮蔽效果，再研究越波(overtopping)、港內反射波、港內局部風浪等，最後尚須經水工模型試驗(hydraulic model experiment)考核，始能決定最佳佈置。

港口、航道、泊地，原則上須浚挖至同一深度，故可用水深均一的數學模式，對初步規劃方案加以計算。

5.3 港口之設定原則

有關港灣之規模應由國家經濟建設計劃而定。當商港所需之吞吐量推定後，水域面積即可求出，港口(harbor entrance)的大概位置，亦可大致決定，工程人員須按下列自然條件及航行條件設定其方向、進出船舶航行法線、港口寬度等。其設定原則大致如下：

1. 港口的位置，必須在惡劣天候時，極易找到。
2. 在惡劣天候時，船舶可由與港口的直角方向迅速入港。
3. 港口不得設在有暗礁、沙洲之處，亦須避免設在有潮流流速較大之處。
4. 港口法線，即與港口兩堤頭連線垂直的線，不可與恒風風向垂直，以免船舶出入時受橫方向風浪作用偏離其航向，亦不可與恒風風向平行，尤以正對恒風向可使波浪侵入港內。

港口在較淺處時，波浪已開始折射，故風向波向並不一致，港口法線與恒風風向及最多波向，應成 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的角，如圖 5.1。

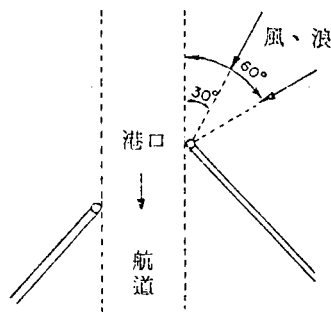


圖 5.1 港口航道與風、浪方向

5. 港口不得設於船舶進港後須立即轉彎之處，入港後航道必須保持直線，其直線部份長度，至少為入港最大船舶長度的四倍。
6. 為船舶航行便利計，港口宜寬，為防止波浪進入計，港口宜狹，但形狀規則的港灣，港口狹時反易招致港內振盪，此所謂港灣矛盾 (harbor paradox)，港口太狹，亦易使惡劣天候時，船舶進港有困難，在潮差大之處，易發生港口潮流。一般港口的有效寬度，即除去防波堤腳附近水深較淺之處，確有船舶通航必要的水深的水道寬度，如為兩船同時出入者，需船長 1 ~ 1.5 倍，祇準備一條船隻進出者，為船長 0.5 倍以上，如有超級大船進出時，港口寬度應定為此種船舶的船長，按地形、氣象、使用拖船與否等條件再行修正，如為兩船進出時，尚須考慮相互吸引、排斥等所謂蹺板(seesaw)作用。
7. 港口水深，除在最低低潮位下有船舶滿載吃水的深度外，尚須考慮船舶的傾衡(

trim)、踞沈(squat)，有波浪時，船舶的升沈(heavig)、俯仰(pitching)亦須考慮，故大型船舶出入之港，水深除上述吃水之外，須加港口波高的 $1/2$ ，小船出入的港口，須加波高的 $2/3$ ，作為餘裕。

8. 港口最好設二個以上，在惡劣天候時，船舶可按風向而選擇出入港口，亦可分大船小船出入的港口，以免混雜。對港內污染的清除亦屬有效。

5.4 防波堤型式

世界各國所使用的防波堤，大致可劃分為1.直立堤 (upright breakwater)，2.混成堤 (composite breakwater)，3.斜面堤 (sloping faced breakwater)，4.消波塊堤 (armor block breakwater)，5.特殊防波堤 (special breakwater) 五種，再可細分如下：

1. 直立堤：

可分為

- (a) 沉箱式 (caisson type)，沉箱直接放置於海底，如我國高雄第一港口防波堤。
- (b) 混凝土單塊式 (single concrete block type)，整塊混凝土，有時用起重機吊放，有時即在水中澆灌，小型港灣常用之。
- (c) 混凝土塊堆砌堤 (piling block type)，用混凝土方塊堆砌成直立壁，亦為小型港灣所用。
- (d) 中空方塊直立堤 (cellular block type)，用中空方塊堆砌後，在中空處插入鐵條，再澆灌混凝土，使成為一體以抵抗波壓力。
- (e) 圓筒式直立堤 (cylinder type)，以圓筒體作為堤身，圓筒底切入海底沙灘，圓筒中再填沙石或灌入混凝土使成一體，我國高雄港第二港口防波堤用此型式。

2. 混成堤：

即直立部份堤身，下墊拋石堆 (rubble mound) 作為基礎，前述直立堤，除圓筒式外，均可作為混成堤的直立部份，因此混成堤可分四種如下：

- (a) 沉箱式，沉箱放在拋石堆基礎上，此種形式，我國和日本使用最多，幾乎較大港灣均用之。
- (b) 混凝土塊堆砌式，拋石基礎上堆砌混凝土方塊，作為該堤的直立部份，歐陸國家常用之。
- (c) 中空方塊式，拋石基礎上堆砌中空塊，中空部份插入鐵棒再注入混凝土製成一體，地中海沿岸常用之。

(d) 混凝土單塊式，在較高的拋石堆上，放置或就地澆灌混凝土塊，英法海峽中的港，有用此型式的防波堤者，法國Marseilles港水深 31m 處的防波堤亦用此型式。

3. 斜面堤：

此種型式，美國各港多用之，分為拋石堤(rubble mound breakwater)及將混凝土塊體拋成一堆的塊體堤(concrete block breakwater)二種，波浪在堤面上必定碎波，亦不可能形成氣袋之類，反射波問題亦少。

4. 消波塊堤：

前述各種型式的防波堤，向波浪一面，用各式各樣的消波塊體保護，因消波塊的種類太多，亦無法細分，大致上，如直立堤用消波塊保護後，反射波可減低 60~70%，波壓力可減 30%，視各種消波塊的性能而定，外港側的堤面亦為斜面，故亦可歸入斜面堤中。

5. 特殊防波堤：

此種防波堤可分為

- (a) 空氣防波堤(pneumatic breakwater)，在海底設有孔的管路，波浪來時，噴出壓縮空氣，以減殺消滅波能。
- (b) 浮防波堤(floating breakwater)，用浮體受波浪動搖以吸收波能。此二種型式，祇能在波浪不大之處，或港內的內堤使用。
- (c) 開孔胸牆防波堤(perforated parapet breakwater)，直立堤或混成堤的直立部胸牆開孔，令波浪進入以消滅波能，如能配合波長，用隔牆延緩其反射，使波浪的上下二段的反射波位相不同，亦可減殺波壓力，我國花蓮港擴展區防波堤用之。
- (d) 下空防波堤
在水深較大之處，直立式防波堤堤身不必全部為直立壁，可將下半部漏空，同樣可達防波之目的。此種堤防原則上應用於大水深處。
- (e) 垂簾式防波堤(curtain wall breakwater)，用意與下空式防波堤同，但用於波浪較小，波高在 3m 以下，週期在 6s 以下之處，日本東北部核能電廠取水口使用之。
- (f) 鋼管防波堤(steel tube breakwater)，在軟弱地盤處，打一排鋼管以抵抗波浪，此在急速需用之臨時性防波堤用之。
- (g) 曲面裂縫沉箱式防波堤(split curved surface caisson breakwater)，沉箱向波浪的一面為凸曲面並割長縫於其上，其作用與開孔胸牆堤同，消波效果可能更大。

5.5 消波塊

消波塊又稱防護塊 (armor unit)，二次大戰中，北非戰線，法軍用菱形塊 (tetrapod) 阻擋德軍坦克車前進，戰後清理戰場，將此種塊體拋在Casablanca防波堤周圍以代替護堤方塊，本為廢物利用，不料其消波效果甚佳，隨即由Sogreah水工試驗所研究證明其確有消波作用，安定性良好，於是取得世界性專利，此為異形消波塊體的鼻祖，此後各種形狀的消波塊相繼推出，各自詡其性能，至1986年止有資料可查者共七十五種，如圖 5.2，實際上有一百種以上。

消波塊必須具有下列特性：

1. 消波性，包括

- (a) 減少波浪溯上 (wave run-up) 高度，減少越波 (overtopping) 量以及飛沫 (splash)。
- (b) 減少波壓力。
- (c) 減少波浪反射。

2. 安定性：不易受波浪作用而位移 (displacement)，塊體與塊體相互間有咬合性，互相牽制而不易潰散。

3. 施工方便性：澆製、運輸、吊放容易。

以上的特性，非但與其形狀有關，亦與其堆積方式有關，此種消波塊，主要為組成表面粗度相當大的保護層，有適當的空隙率，波浪襲來時，遭遇此保護層即散亂，決不致形成氣袋而發生非用 Minikin 公式計算不可的衝擊波壓。

消波塊的特性，無法用理論推算，均利用模型試驗，一般均在二尺度造波水槽中進行，先測試其安定度，再測反射率及溯上高度，並計算各種堆砌狀況下單位面積上的消波塊個數及空隙率。



圖5.2 各種消波塊

第六章 水域規劃

6.1 概說

防波堤之內，受其保護的水面，均為港灣水域，船舶進港的航道 (fairway, channel)，暫時下錨碇泊，或迴旋以便進出港的泊地 (anchorage)，碼頭前面靠船地區的港池 (basin)，兩突堤碼頭 (pier) 間的船澳 (slip)，以及通往內陸的運河 (canal) 均包括在內。

港灣水域必須在已規定的規模面積條件下，就下列要求而規劃。

1. 保持靜穩水面，維持有有效水深

此屬於工程研究 (engineering studies) 的範圍，前者用防波堤保護，不使波浪侵入，後者設法控制漂沙，不使港口泊地淤積，此外尚須不使港內盪漾或引起振盪，但最主要者，必須配合港灣使用者即船舶的安全便利。

2. 使各種船舶順利進出航行、碇靠。

我國自行築港以來，各種小漁港之外，首先開闢者為高雄第二港口，港次為台中港，高雄二港口即在一港口之傍，操船上的自然條件應無不同，故未發生問題，台中港純為新建港灣，又因其漂沙問題嚴重，故工程人員的心力均專注於外廓工程的防沙問題，所延請的中外顧問，均為波浪漂沙的專家，關於航行研究問題，僅延請從未深切體驗類似台中港自然條件的基隆港資深領港會談一次，開港後發生問題，再到荷蘭作航行模擬已稍遲。

6.2 航道水深

船舶在航道中航行所需水深 d 為 (如圖 6.1)

$$d = D + Z_{\max} + \Delta + S + C + A$$

式中

D ：按船舶大小，積載狀況，航行區域等而決定之吃水深

$Z_{\max}$ ：包括傾衡(trim)在內的最大踞沉(squat)量

Δ ：因風而生的海面變動，由海向陸的風，可能發生風揚(wind set-up)由陸向海的風，可能起風降(wind set-down)，故可為正亦可為負。陣風(gust)時引起的 Δ 有振動性。

S ：因波浪而生的船舶吃水的紛紜變動量

C ：吃水餘裕

A：海底面上的誤差，包括測深誤差，兩次浚渫間的泥沙沉積及挖泥船操作時所生的誤差

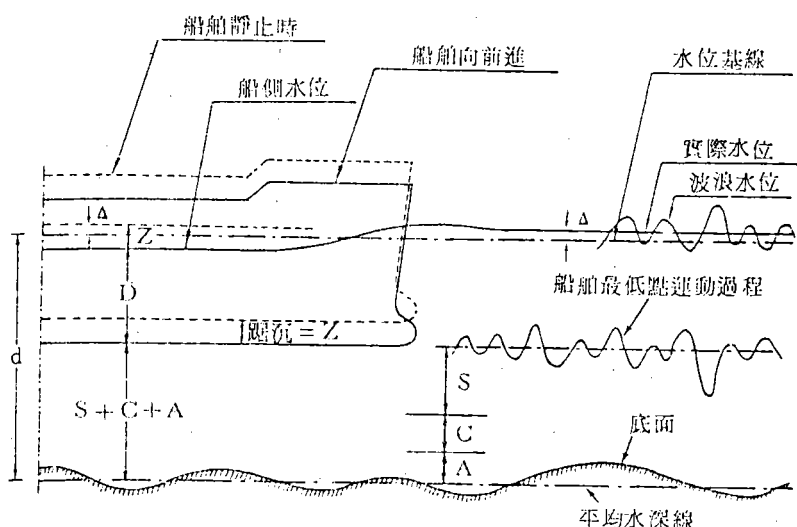


圖 6.1 船舶在航道中航行的所需水深

6.3 航道法線及寬度

航道法線，按風、浪、潮流、海流、海底地形等因素而決定，按小型船隻易受橫方向波浪影響，大型船舶對由後方推動船身的波浪比較敏感，故港口的方向為如前章所述，港口中心線與風浪方向成 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的角比較適當。

港口中心線，亦為航道的法線，船舶以其全速入港後，即停俾並以倒俾控制其速度，至停下為止，須四個船長的距離，連同最後停下位置，共計五個船長，因此自港口起，必須有進入該港最大船舶的船長五倍的直線長度，此段的法線為一直線，與港口法線同。

此後的航道，必要時可以彎曲，但其曲率半徑，必須在通航最大船舶船長的四倍，且其最大彎曲角，不得大於 30° ，如超過 30° 時，該處的寬度須加大，或加大其曲率半徑，如圖 6.2。

船舶在港外，受風力、波浪、潮流的影響，入港前的進行狀況，如圖 6.3，入港後，一時尚無法回到航道中心線上，如圖 6.4，因此，入港後的航道寬度必須略加大，如圖 6.5。

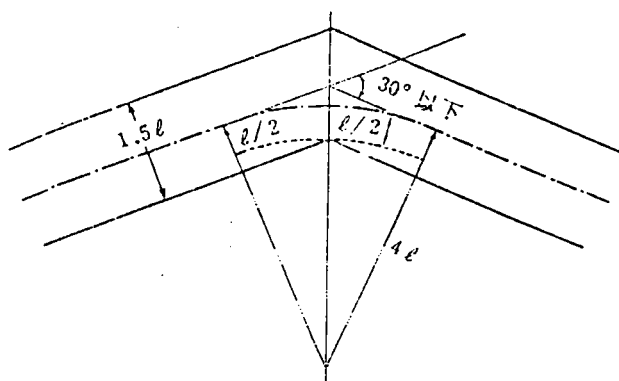


圖 6.2 航道彎曲部

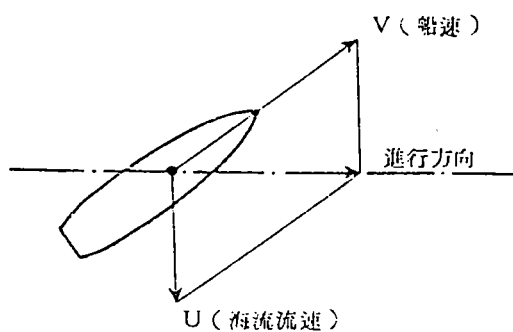


圖 6.3 船舶受海流潮流影響

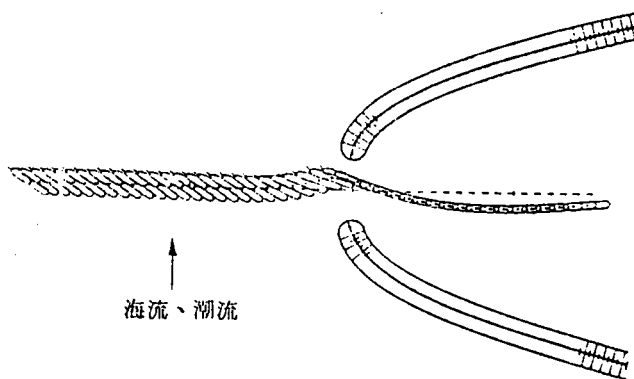


圖 6.4 二十萬噸油輪在海流潮流作用下進港狀況
(取材自荷蘭 Delft 水工試驗所)

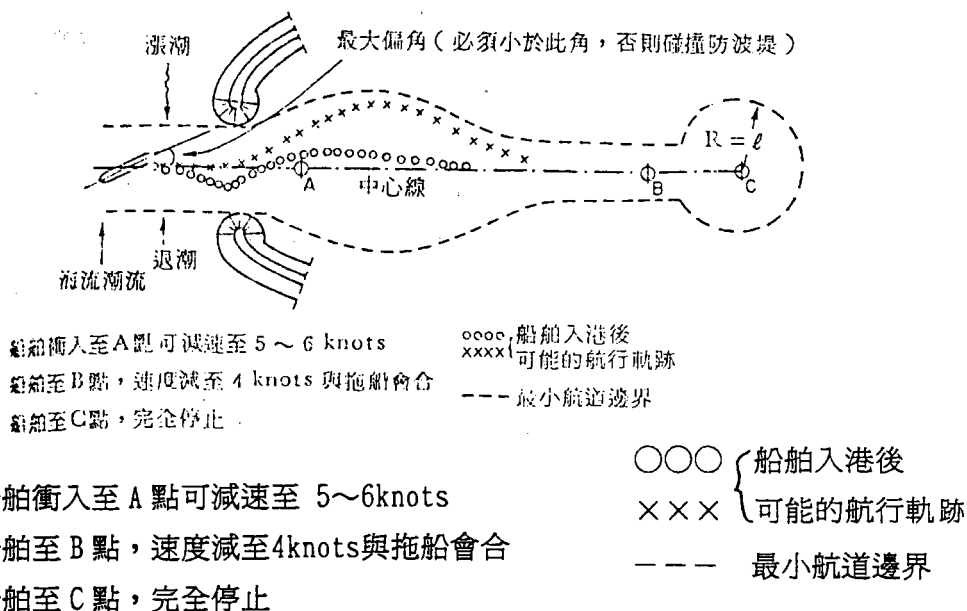


圖 6.5 入港後之航道寬度

6.4 泊地

船舶經航道入港之後, 在港中等候碼頭, 檢疫, 或不靠碼頭, 即在海中裝卸, 在港中任務完畢後, 掉頭出港, 此種作業, 均在泊地中之行之, 以下分述其操作情況及所需面積。

1. 迴船場

泊地中, 航道的末端, 須留下迴旋場, 在港面甚大, 水深亦足夠之處, 可用圖 6.6 的方法掉頭, 所需的面積為橫 $5 \sim 7l$, 縱 $4 \sim 6l$, l 為船長。而在港面甚小之處則可用圖 6.7 的方法, 即須以 $3l$ 為直徑的圓。大型油輪散裝貨輪等, 船長過大, 必須用拖船協助掉頭, 可照此標準略小。

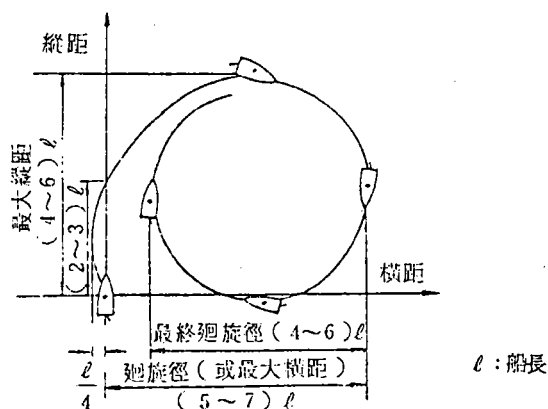


圖 6.6 船舶之迴旋

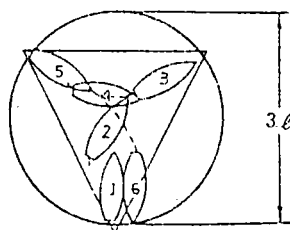
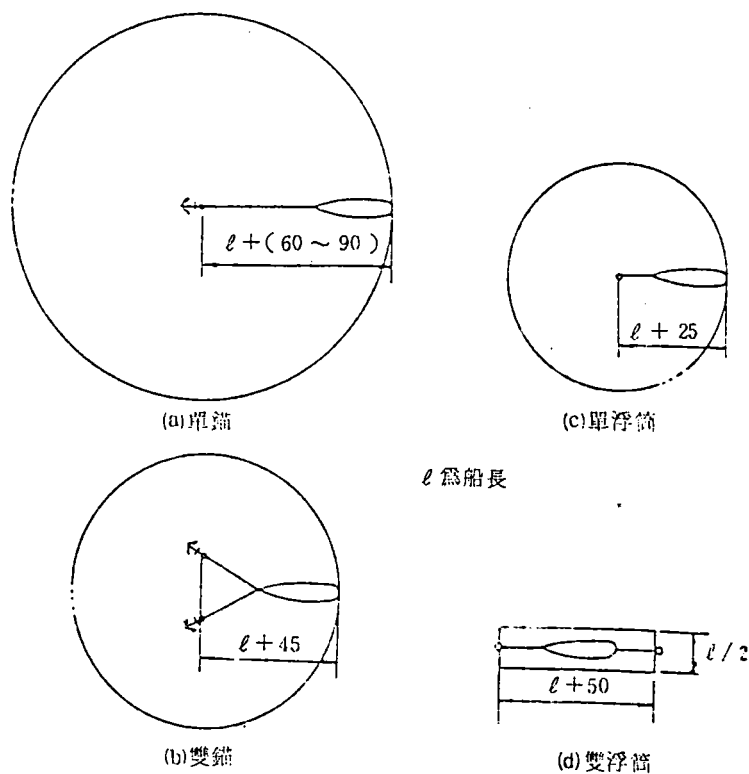


圖 6.7 迴船場

2. 碇泊區

船舶在泊地中的碇繫方法及每一隻船碇繫時所需面積，如圖 6.8，如船舶載危險品或油料時，所需面積應加大。



- a. 單錨碇泊 以 $(\ell + 60) \text{ m} \sim (\ell + 90) \text{ m}$ 為半徑之圓。
- b. 雙錨碇泊 以 $(\ell + 45) \text{ m}$ 為半徑之圓。
- c. 單浮筒碇繫 以 $(\ell + 25) \text{ m}$ 為半徑之圓。
- d. 雙浮筒碇繫 以 $(\ell + 50) \text{ m} \times \ell / 2$ 之長方形。

圖 6.8 各種碇泊方法及所需面積

3. 泊地水深

泊地所需水深如表 6.1。

種類	水深 (m)	噸 數	種類	水深 (m)	噸 數	種類	水深 (m)	噸 數
客 船	5.0	G / T 1,000	油	4.5	D / W 700	礦 石 專 用 船	9.0	D / W 10,000
	6.0	3,000		5.0	1,000		10.0	15,000
	7.5	5,000		5.5	2,000		11.0	20,000
	9.0	10,000		6.5	3,000		12.0	30,000
	10.0	20,000		7.5	5,000		13.0	50,000
	11.0	30,000		9.0	10,000		15.0	70,000
				10.0	15,000		16.0	90,000
一 般 貨 物 船	4.5	D / W 700	輪	11.0	20,000	車 輛 渡 船	18.0	100,000
	5.0	1,000		12.0	30,000		20.0	150,000
	5.5	2,000		13.0	40,000			G / W
	6.5	3,000		14.0	50,000		5.0	1,000
	7.5	5,000		15.0	70,000		5.5	2,000
	9.0	10,000		16.0	100,000		6.0	3,000
	10.0	15,000		20.0	150,000		6.5	4,000
	11.0	20,000		21.0	200,000		7.5	6,000
	12.0	30,000		22.0	250,000		8.0	13,000
	13.0	40,000						
	14.0	50,000						

4. 泊地的穩靜度

除航道除近以外，泊地中碇泊區指示波高 H_s ，在一年中90～ 95%的期間內，必須在0.5m以下，此為一般性的規定，實際上應考慮週期及船舶形狀及其自然振動週期等，如不在泊地中裝卸，此標準可放寬至1m。

6.5 港池及船澳

凡碼頭前碇靠船隻的水域，稱為港池 (basin)，兩突堤碼頭(pier)間停船的水域，稱為船澳(slip)，船舶碇靠的位置，稱為船席(berth)。

1. 港池

港池所需水面積，視船舶離靠碼頭時的自然狀況及操作情形而定，圖 6.9 為

船舶以進入方向靠碼頭需要的面積，圖6.10為船舶在靠碼頭前先掉頭後再進入預定位置的情況。

船舶解纜出港時，所需水面積如圖6.11，其中1.圖為先行掉頭靠碼頭後的情況2.圖為離開碼頭再掉頭出港的情況。

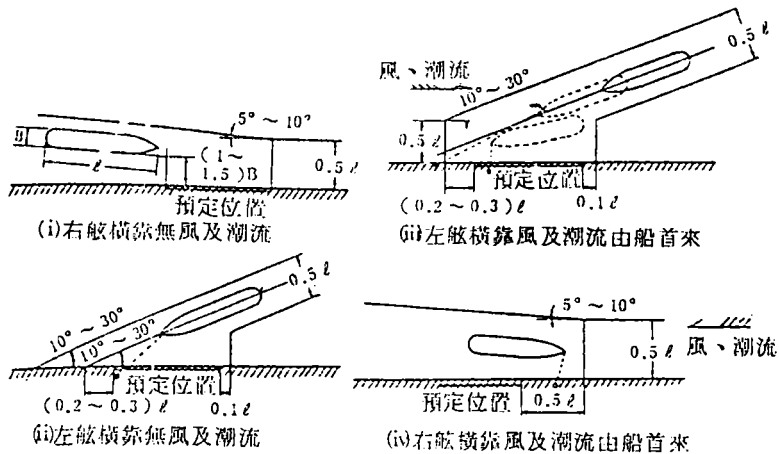


圖 6.9 靠碼頭所需水面積

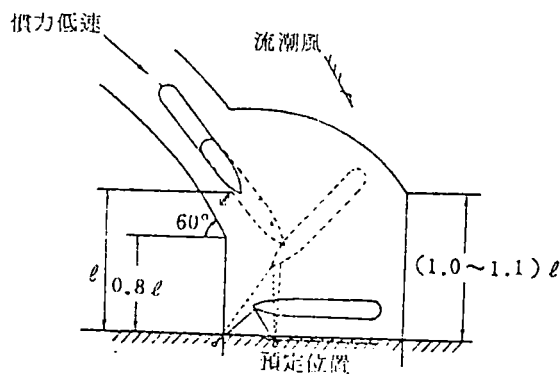


圖6.10 先掉頭再靠碼頭

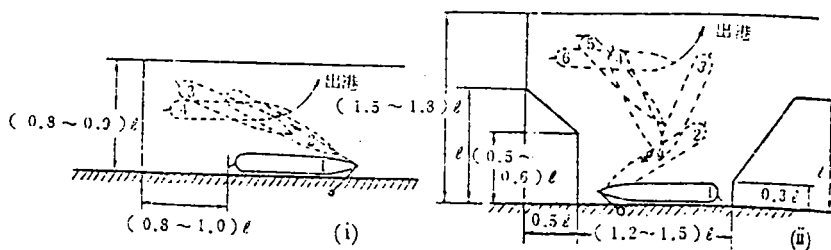


圖6.11 解纜所需活動面積

2. 船澳

船澳為兩突堤碼頭中間的水域，水面比較狹小，船舶進入船澳時，除小型船外，一般均須用拖船協助，但亦可在突堤碼頭前先行掉頭，再進入預定位置，如圖6.12，進入位置(2)後，用船上絞盤 (winch) 與碼頭上繫船柱 (bollard) 完成碇靠作業。

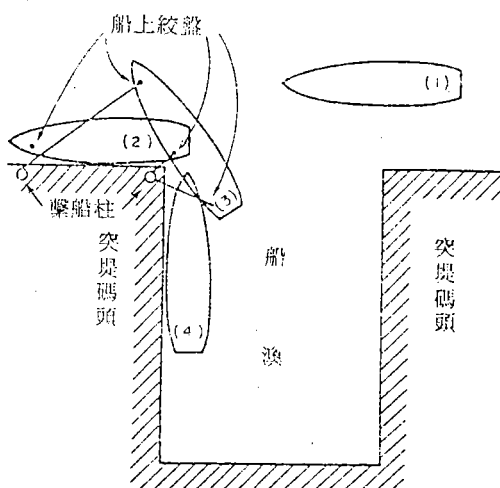


圖6.12 船隻進入船澳碇靠

6.6 港內水域利用規劃

港內水域利用規劃時應注意之點如下：

- (1) 航道與泊地須明確劃分，泊地設在較平穩之處。
- (2) 航道之彎曲部愈少愈好。
- (3) 迴旋場不設在交通量頻繁之航道上，應設於泊地附近。
- (4) 大小船舶之航道最好分開，航道避免交叉，出港、入港之航道最好分開。
- (5) 危險品、石油用泊地須與港中交通頻繁之區域隔離，石油用管線亦須不通過主要港區。
- (6) 須準備檢疫、等候碼頭之泊地。
- (7) 須準備造船進水用、修船用、燃料補給用、練習船、休止船、廢船之泊地。
- (8) 港灣污染如何排除防止事先須加考慮。
- (9) 超大型船隻之碇泊地須安置在最外圍近港口之處，勿使進入內港。
- (10) 港灣絕不能待全部完成後再行啓用，一部份未完成之填築工程常有擾亂已完成港

區之通航及平穩，須有防止方法。

(11)現有水域利用計劃不得妨礙將來港灣之擴展。

6.7 航道標識

航道標識(navigation signal)為確保航道安全，指示港口、航道之位置及障礙物，並使船舶在航行中確認自身之位置之設備。分為：

- 1.光波標識：又分為晝標及夜標兩種，晝標為陸上標誌，或浮標，夜標為燈臺式或掛燈浮標。
- 2.音波標識：主要在霧天使用，有霧鐘、霧笛、水中信號等。
- 3.電波標識：用電波發出該港之信號，每隔一段時間發一次，使船上之雷達收得，可知港口所在地，亦可自行確定航行中位置，此種發射電波之設備，稱為無線電號誌(radiobeacon)。此外港內之陸標或浮標有時附設電波反射設備，使船舶之雷達立即知其位置。

不論任何標識，慣例上在船舶進港時在船首右方者，用紅色、紅光，左方用綠色、綠光，均用白光時，右方用偶數閃光，左方用奇數閃光，以資辨別。

第七章 埠頭規劃

7.1 概說

前述各章，均為建港技術問題。但港灣為一交通及經濟機構，內部碼頭裝卸設備，必須按營運觀點而佈置。埠頭規劃有一句名言：「規劃不週的埠頭，在管理上任何的 effort，都無法使之成為最有效率的港灣」。言句話已充份說明了埠頭規劃的重要性。

埠頭規劃可分為舊港之擴建或改善及港灣之新建。舊港之擴建或改善比較單純，為配合原有港口營運量之增長或因航運方法之改變，而作必須之因應；新港之闢建在規劃方面是一項極為艱巨而複雜的工作，規劃人員應具備1.港灣營運豐富的知識與經驗，2.豐富的築港工程技術與經驗，3.深切瞭解航商貨主的需求，4.預測港灣未來運輸方法及技術可能之發展。

過去世界各港在規劃新港上最容易犯的一些重大缺點，應設法避免，如1.基本資料不足，2.預測的資料過於保守，3.缺少埠頭規劃的專家，4.過分重視工程設施的建築，忽略營運方法的規劃，5.鄰近港灣的發展計劃未加考慮，6.投資報酬未加審慎核計等。

7.2 一般埠頭規劃原則

埠頭規劃本身包括普通碼頭、貨櫃碼頭、駛上駛下碼頭、散裝碼頭、油輪碇靠碼頭、液化石油氣碼頭、各種專用碼頭及多用途碼頭等之規劃，基於篇幅，本處無法詳細介紹，僅能就埠頭規劃之一般原則加以說明如下：

1. 規劃目標

- (1) 港灣設施主要目的在於使海運與陸運連接的轉運站，但目前整個運輸已漸由一完整之運輸系統所代替。如化學原料或原油能由船直接經由管線設施直接傳送到工廠。貨櫃運輸亦祇經過港口之轉運而不加貯存，有時整個運輸系統控制在船公司手中，而不經港務當局之管理。
- (2) 應考慮到從海運到陸運整個運輸系統，並且須考慮社會因素和經營者之策略等。
- (3) 必須了解將來港灣使用之性質及貨物性質，且將來可能吸引的運量和增加之運量必須加以預測。
- (4) 可能來港船舶的大小，每小時裝卸的能量，倉儲的面積和內陸交通等。

2. 投資計劃

整體規劃必須以長期興建為規劃目標，在決定實行一工程計劃時必須比較下列幾個可能之經濟分析。

- (1)增添新機具或改善現有之機具及訓練管理人員或碼頭工人，以提高裝卸效率，應加以比較。
- (2)改善現有港灣設施而代替興建新碼頭。
- (3)投資興建碼頭設施，以避免因為改善(1)、(2)二項而導致港灣作業上的困擾。
- (4)採取投資上經濟政策，根據需求而逐步興建，而非一次計劃一次全部執行。

現在台灣基隆、高雄兩港許多碼頭，因雜貨貨櫃化及散裝貨專用設施化，已不能配合時代之進步，致碼頭與倉庫常不能充分利用。是否可以考慮拆除一部份舊有碼頭倉庫改為貨物儲放場，兩座碼頭改成一座多用途碼頭，加強碼頭裝卸設施。如此，初步看來碼頭船席減少，而裝卸量則反而增加。歐美各國現在傳統使用之雜貨輪已逐漸改為多用途船所取代，我國亦必然向這條路發展。

3.終站設計原則

- (1)傳統式一般雜貨碼頭，碼頭船席數應足夠而使船舶之等待時間，達到一經濟水準。一般傳統式雜貨碼頭使用率，到達70%為最佳。如到達80%以上則該港將常發生擁塞現象。
- (2)貨櫃碼頭後側有足夠供整年裝卸之貨櫃場，以免妨礙操作。高雄港13台貨櫃起重機，其後貨櫃場約有130公頃，即每座貨櫃起機均有10公頃場地之貨櫃場以供週轉，故能每年裝卸貨櫃在100萬TEU以上，充分發揮貨櫃碼頭快迅裝卸之性能。
- (3)特殊散裝貨碼頭，每小時之裝或卸應達到船舶靠泊在港埠所准許之時間內。例如一艘巴拿馬極限散裝船從美國台灣區運大豆來台中港，以傳統方法卸，每天卸2,500~3,000公噸要20~40天方能卸完。如以吸穀機兩台，平均每日實際工作量估為6,720公噸，故9天可以卸完。該輪靠碼頭一天大約要成本15,000元美金。因此傳統方法卸載，該輪將多損失美金165,000~225,000元。故巨型散裝船對於裝或卸，一單位時間之能量，非常重視。

4.規劃船席能量之問題

船舶到達港埠是複雜而不規律的。船席數為碼頭之使用率及船隻等待時間之間有相互關係。假使碼頭使用率達到百分之一百，那將增加船隻之等待時間。但相反的，假使船舶等待時間很少，則碼頭之使用率將很低，就形成浪費，這就是規劃船席能力之最大問題。應用統計數學中等待理論(queueing theory)及作業研究(operation research)推定最適當的船席數字。

5.成本考慮

(1)港埠成本由下列二部份所組成：

(a) 固定成本：包括投資成本如碼頭、通棧、吊桿等。

(b) 變動成本：與吞吐量有關如工人、管理人員、油料和維護成本等。

(2)船舶在港埠之成本包括兩部份：

(a) 船舶停泊在碼頭時所花費時間成本。

(b) 船舶在等待船席時所花費時間的成本。

(3)規劃船席數時，則以上述港埠成本和船舶成本之和最小為最佳船席數。因此一般雜貨輪之成本較低，雜貨碼頭可以較高之碼頭使用率。而特種船席（即專用碼頭）如貨櫃、油輪和L.N.G.及大型散裝輪等因成本較高，則必需要較低之碼頭使用率較為經濟。

(4)上述可用等待理論，用數學模式求出。中華顧問工程司港灣部經以電腦模擬計算進港穀輪等待船席時間，從而計算總閒置成本，再求得最經濟船席使用率，其結果如表 7.1。

表 7.1 最經濟船席使用率

船 席 數		1	2	3	4
最 經 濟 使 用 率	基 隆 港	0.525	—	—	—
	台 中 港	0.45	0.550	0.675	0.750
	高 雄 港	0.45	0.550	0.675	0.750

6.碼頭使用率

碼頭使用率為用來測定船席擁塞之程度，如其百分率愈高，則擁塞之程度亦較高。港埠當局有時對外宣傳，說明其港埠最大吞吐能量，為達到其預定數字，指示碼頭使用率以 100 %計算。事實上，是不可能的，尤其專用碼頭，其使用率能在60%左右，已非常良好，超過此百分率，外港將常有船隻等待靠泊，巨型散裝船等待一天將損失（以 66, 000D/W計）在美金一萬五千元以上。

7.等待時間與服務時間之比率

此比例為測定船席之服務水準，通常為等待間時不得大於百分之十到五十之服務時間。

8.碼頭裝卸量之計算方法：

影響碼頭裝卸量之因素有下列諸項：

(1)每一吊桿每小時能產生之噸數。

- (2)每一船舶使用之吊桿數。
- (3)每年能工作之天數。
- (4)每一工作天之工作小時數。

第八章 環境評估

8.1 概說

環境評估 (environmental assessment) 為各種開發計劃擬訂之前，預測此事業在進行中及完成後對自然環境，包括對地理及生態的一時及長遠的影響，對人文環境的影響，並檢討其影響的內容、程度，並提出防止方案，評估其得失。不利的因素，固應徹底防範改善，更須在計劃中增加使現況更加美化、淨化，使更適於附近民眾生活，增進其福祉的各項設施。

8.2 環境評估的順序及內容

港灣及海域工程實施前的環境評估工作順序如下：

1. 決定工程規劃範圍及內容。
2. 決定評估的時間對象，即 (a) 工程施工時間，又可細分為各種工程實施時間，例如防波堤延長中對海岸侵蝕堆積的影響，浚渫填築工程實施時對水質的影響，打樁工程中發生噪音及地面振動的問題等，通常為數月至數年。(b) 完工後的長遠影響，如人口結構的改變，船舶對港內水面的污染，海邊核能及大型火力電廠的溫排水問題，潮流海流的改變，煙囪排煙對附近社區及植物生長的影響，魚類生態的改變等，應以十年或數十年為評估時期。
3. 調查環境構成要素的現狀。所謂環境構成要素，即大氣、水質、海象、地形、底質、生態、景觀、文化遺跡。在工程規劃之初，即應調查，此外噪音、振動、惡臭，亦屬環境要素。
4. 決定影響環境的要因，如工程設備中，防波堤、防沙堤可影響漂沙運動狀況及地形環境之改變。防波堤亦將對附近海流，波浪分佈狀況有所影響，發電廠取水口對附近流況及排水口對附近水溫分佈狀況皆會有所影響。此外泊地港池、鐵路公路、裝卸場所、危險品碼頭、垃圾處理場、工廠等，因其利用而使環境構成要素發生變化，再因施工方式而使環境有變化。
5. 對表 8.1 中影響要因對環境要素間的相互作用關係進行評估。
6. 評估結果，不合國際公認的標準及政府法令時，應修改計劃，甚至廢棄開發計劃。

表 8.1 環境影響要因與環境構成要素間的相互關係

環境要素 影響要因		大氣	海象		地形、底質	水質、水溫	生態	景觀	文化遺跡	噪音、振動	惡臭
			波浪	海流							
存在要 因	防波堤		○	○	○		○	○	○		
	防沙堤		○		○		○	○	○		
	泊地港池					○	○	○	○		
	碼頭							○	○	○	
	貨櫃場							○	○	○	
	鐵路公路						○	○	○	○	
	取排水口	○	○	○		○	○	○	○		
	港區綠地	○					○	○	○		
利用要 因	航行	○	○	○		○	○			○	○
	裝卸	○					○			○	
	工業區生產	○					○			○	○
	陸上交通	○					○			○	
	危險品處理	○					○			○	○
	廢棄物處理	○					○			○	○
	休閒設備利用	○					○	○			
施工要 因	防波堤施工	○	○	○			○			○	
	碼頭施工	○				○	○			○	
	浚填工程	○		○	○	○	○			○	

8.3 環境評估方法

決定環境要素，影響環境的要因後，須估計工程進行中及工程完成後的影響，對下列環境要素，逐一評估。其目的及方法略述如下：

1. 大氣

評估的目的為二氧化硫 SO_2 ，二氧化氮 NO_2 的定量預測。可用數值計算模式，或風洞實驗研究，煙囪排出空氣用煙流模式，或煙塊模式等計算，各種模型均須試用，比較其計算及實驗結果，推定其對附近大氣圈的影響。

2. 海象－潮流及波浪

評估的目的為研究港灣防波堤或大型海域結構物對潮流及波浪的影響。過去

台中港計劃時，未作此種評估，防波堤完成後，潮流加速致妨害航行，以致須再加改善。

防波堤對波浪的影響，除根據線性理論的重複波公式，繞射計算估計反射波外，尚須用有限振幅重複波理論計算短峰波中，沿防波堤的質量運送流速，反射，小型緣波等如何影響潮流變化的問題。

防波堤築造後發生反射波，附近海域狀況將有影響，其對航運、海洋生態會有否影響，亦應加檢討。

防波堤深入海中，改變潮流流場的問題，可用數值計算或模型試驗研究。

3.水質

港灣工程實施中及完成後，流況有變化，流入海域中水質污濁濃度亦應有變化，可用數值計算模式作模擬計算，亦可用模型試驗。

臨時發生的水質污染，例如油輪沉沒於港中或港口附近，亦須假設情況，作模擬計算或試驗。

4.水溫

位於海濱的發電廠，吸入海水，冷卻電廠內機件後再排出，此種水水溫相當高，排在海中後，將改變水溫分佈狀況，因而海中生態亦發生變化，故必須能加預測。我國台南水工試驗所，為配合台灣電力公司興建核能及大型火力電廠，已有試驗設備及數值計算模式。

5.地形

沙灘海岸築港，必然引起海岸地形變化，應用數值計算模式預測，並用模型試驗校核。漂沙來源為防波堤……檢討。

6.底質

海底物質，因船舶往來，挖泥浚渫，填地造陸等等變化，必有改變，在規劃之初，應加調查，港灣施工中，完工營運後，底質變化應予評估，研究有否受有害成份污染。

7.生態

生態學(ecology)包括動物及植物的生態研究。海域修建工程後，動植物的生態均受影響，海中魚類、海藻等動植物，必因海流波浪的改變而改變其生活節奏，影響天然循環，故必須澈底了解其影響。

以魚類生態為例，水溫、水質的變化，對魚類有何影響，修建工程後，對漁業生產究為有利或有害，必須有客觀正確的判定標準，否則，賠償補償問題，必定糾纏不休。又如珊瑚的生態，受水溫變化的影響，受水質變化的影響都須加以

瞭解。近年台灣核能電廠溫排水的功過問題，迄今未有結論。台大海洋研究所教授楊榮宗博士竟因而以身殉職於調查研究工作。在陸地上防風林的種植，對沿岸生態的影響，港灣運作，船隻來往，陸上裝卸運輸，必定將原有鳥語花香的海岸自然環境破壞。總之，人類侵入自然界，略奪原有動植物的生活資源，改變其生活環境，必須切實研究評估其影響，否則終有大地反撲的一日，將貽害於我等子孫，此現象在台灣島上已見端倪，故此項評估工作，應列為最重要最優先辦理。

8.景觀

港灣及海域工程，在海邊及海中修建巨大人工結構物，使周圍的景觀改變，應如何由美學原則，使其悅目，故樹立計劃後，應繪製各種透視圖、鳥瞰圖，由各種方位角度觀看工程配置狀況，必要時，須將結構物外形修正，使與周圍環境配合，不使人有突出之感，須由藝術界人士評估，並作景觀設計。

港區為貨物出入裝卸的處所，舉目皆為船舶、貨櫃、機械、運輸車輛，枯燥單調，令人生厭之外，亦使人心情暴躁，容易發生事故，故港區應多闢綠地。一般須有一中心綠地，港灣管理大樓，水族館，海事陳列館等可建在其中，其他碼頭邊亦應有休息綠地公園。港區與市區間可設一緩衝綠地，道路邊緣亦應有小型公園。另有休閒區綠地，如有遊艇船澳即在其附近，或接近海釣區，為市民或附近地區遊客設休閒處所。總之務須將港灣的忙碌，單調的景象沖淡，使附近民眾對港灣無排斥感。

9.文化遺跡

歷史悠久的國家如我國者，到處均有文化遺跡，偏僻海隅，可能有海神或土地廟宇等，其有數百年歷史者之先人遺產，此日本所謂文化財者也，其不應因現代化工程建設而毀壞滅跡。故規劃調查之時，必須先確知區域內的古蹟，設法妥加保護，使過去文化遺跡與現代建設調和並存，萬不得已時，亦須按原狀遷建。

10.噪音及振動

港內裝卸機械，鐵路公路所發生的噪音或振動，將達到何種程度，傳播的範圍如何，須作預估，施工時的音響及振動持續期間，均須在規劃時推定。

11.惡臭

港內垃圾廢棄物處理場所，有否發出惡臭，隨風向傳播的可能性。

此外，臨時事故如油輪漏油，危險品碼頭爆炸等，均須預測其發生概率、損害程度等。

環境評估完成後，作成詳細報告，由主管機關舉行公聽會，邀請民意代表地方人士參加，獲得同意後，再開始施工。

堤岸設計

* 中興工程顧問社彰濱計畫經理 劉進義

一、前 言

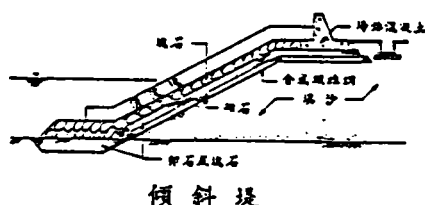
本省人口眾多平原少，可居住地狹窄工業用地亦難求，故沿岸地區之開發與利用為未來發展之趨勢。由於地處太平洋西緣，夏季有颱風波浪之侵襲，往往造成嚴重之堤防潰決，海水倒灌而損失人民之生命與財產。針對颱風災害之防護，現有之堤岸須予加強，而未來新生地開發所建造之堤岸亦需採用理想耐用之構造型式以保護其安全。

一般之堤岸可分為海堤、護岸、突堤及離岸堤四種，均為構築於海岸以防止海浪侵襲，保護人類生命財產之構造物。海堤與護岸之構築直接保護其後之土地，而由於阻礙波浪之前進堤趾往往造成沖刷現象，為減少損害常以突堤或離岸堤加以保護，因此在海岸保護工中，海堤、護岸、突堤及離岸堤常單獨或其中數種共同出現。

堤岸之設計外力主要來自波浪之作用，其設計之良窳直接影響其功能、費用、施工及維護，因此需有周詳之研析並且經由水工試驗之驗證以獲得最佳之設計。

二、海堤設計

海堤為保護海岸侵蝕，而於海岸線上填土石或混凝土以防浪之構造物，其規劃及設計流程如圖 1，說明如下：



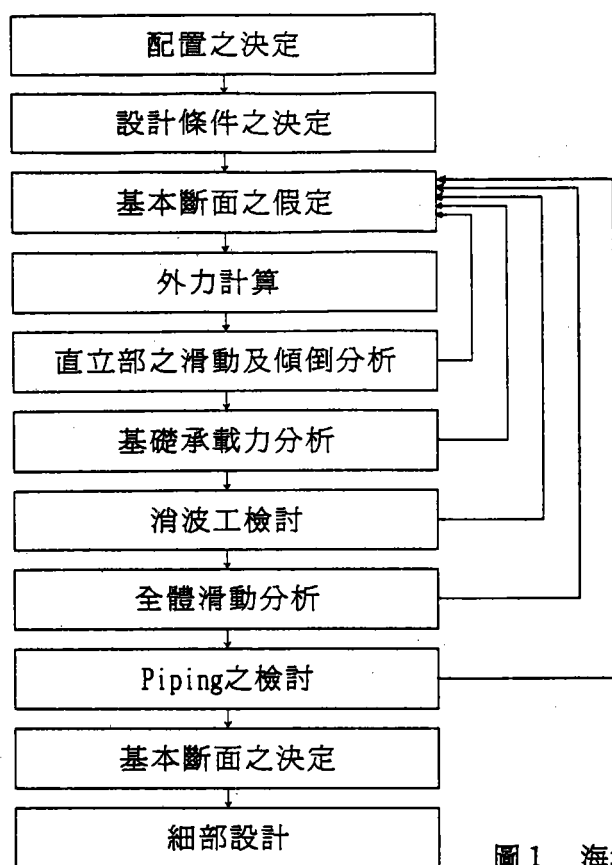


圖 1 海堤規劃設計流程圖

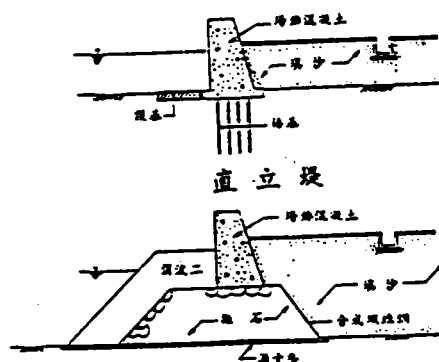
(一)海堤佈置

佈置原則：

- 1.儘量設置於地盤良好，灘地穩定及波浪不集中之處。
- 2.海堤法線應力求平順，不宜有曲折現象以免招致沖蝕損害。
- 3.海堤法線有凹凸之變化時，波浪易集中造成海堤破壞或激烈越波，宜在前面設置消波工或加強海堤之構造。
- 4.海堤之位置一般均與海岸線平行，與突堤或防波堤接頭之處，波浪容易集中故需設消波工，另外在安定海灘設置海堤時，會引起前灘及附近海岸侵蝕現象，應考慮侵蝕對策。
- 5.海堤之位置對建設費及利用效益有很大影響，因此需配合需求加以評估選擇。
- 6.修建海堤之海灘，其水面可供漁業設施、海水浴場、觀光事業等之利用，故修建時應協調以減少阻礙。

(二)海堤型式及選擇

海堤之型式可分為傾斜堤、直立堤及混合堤 3 種如圖 2，其結構及邊坡坡度如表 1。



混合堤

圖 2 海堤型式圖

表 1 海堤型式表

型 式	結 構	邊 坡 坡 度
傾斜堤	拋石式、漿砌式、砌混凝土塊、混凝土覆著式。	1 : 1 以上
直立堤	單塊式、方塊式、扶壁式、板樁式或沉箱式。	1 : 0.3~1 : 1
混合堤	沉箱式、方塊式。	1 : 1 以下

海堤型式之優劣比較如表 2，選擇時應慎重檢討其配置條件、天然條件、材料條件，再詳加檢討修建之重要性、施工設備及工程費後選出最適宜者。

表 2 海堤型式優劣比較表

	直 立 堤	傾 斜 堤	混 合 堤
配置條件	反射波大，順著法線發生集中波，堤身所佔用地小。	反射波及集中波少，比直立堤需較大之用地。	併直立堤及傾斜堤之優劣點。
天然條件	易受波壓，淺水地區有冲刷作用。堤基反力大，需良好背後土壓力大。	波壓可漸減，但波浪易上昇。地基反力較小，不需太良好之地質。冲刷力小，適用於漂砂移動之海灘。	直立堤與傾斜堤適當併用，可得兩者之優點。
材料條件	堤身土砂比傾斜堤少。	堤身材料需大量之良質土砂。	所需材料居於直立堤及傾斜堤之間。

(三)設計條件之決定

海堤結構設計壽命一般為50年，因此相關暴潮位及波浪之復現週期亦比照之，海堤之設計條件如下：

1.潮 位

(1)天文潮位：乃因月亮與地球間之天體運動而產生之水面漲落，計分下列各種，須經潮位站長期觀測。

最高潮位 (HHT)

大潮平均高潮位 (HWOST)

小潮平均高潮位 (HWONT)

平均潮位 (MWT)

小潮平均低潮位 (LWONT)

大潮平均低潮位 (LWOST)

最低潮位 (LLT)

(2)暴潮位：乃由於颱風時氣壓下降及風揚所引起之潮位偏差與最高潮位之組合，暴潮偏差之計算公式如下：

①氣壓潮+風揚

a. 氣壓潮

$$h_1 = \frac{\Delta P r_m}{1000 r_s}$$

ΔP ：氣壓下降值 (mm水銀柱)

r_m ：水銀比重 = 13.6

r_s ：海水比重 = 1.03

b. 風 揚

$$h^2 = 0.00048 F U^2 / D \cos^2 \theta$$

F：吹風距離 (Km)

U：風速 (m/s)

D：平均水深

θ ：風向與海岸垂直線之夾角

暴潮位 = 最高天文潮位 + h_1 + h_2

②電子計算機模擬推算；以各種不同復現週期之氣壓推算暴潮偏差值，再加上最高天文潮位而得。

2.波 浪

波浪係由季風及颱風所引起，西海岸季風期長達半年，季風波浪為沿岸漂沙之主要外力。

颱風由夏季熱帶低氣壓產生，波高浪大，可造成極大之損害，為堤岸結構物設計之外力。颱風波浪之波高實測不易，因此一般均以模型颱風用電子計算機推算深海波高，再依合田良實計算方法推算經折射、淺化後到達堤前之設計波高。

3.地 質

地質條件與堤型選擇、安全及施工有關，一般以地質鑽探輔以震測來瞭解當地地質情況，並試驗求得土壤之物性參數供土壓力及承載力計算依據。

4.地震震度

地震震度影響堤防之安全性，其值可由內政部出版之「建築技術規則」查得。

5.材 料

海岸工程常用之材料為石料、混凝土及鋼材。不同之材料有不同之使用條件及功能，與施工性、經濟性及耐用年限有關。各種材料之材質及強度均可採用CNS、ASTM或JIS之相關規定。

6.荷 重

分自重及上載荷重兩種，上載荷重又分積載荷重及活荷重兩種。由於堤岸之上一般不做貨物堆置之用途故積載荷重一般採用0.5t/m²設計，活荷重為通行車輛之重量，設計時需加以考慮。

7.摩擦係數

摩擦係數為堤防直立部滑動安定計算之參數，一般材料間之摩擦係數如下：

混凝土與混凝土	0.5
混凝土與岩盤	0.5
水中混凝土與岩盤	0.7~0.8
混凝土與拋石	0.6
拋石與拋石	0.8

(四)基本斷面之決定

1.堤頂高

(1)波浪溯升高決定

堤頂高 = 大潮平均高潮位 + 暴潮差 + 溯升高

溯升高與波形、水深、反射率、海底比降、堤面坡度、粗糙率、空隙率、福祿數

及雷諾數有關，一般以經驗公式或圖表（Saville等）求得。

(2)容許越波量決定

依據日本港灣構造物設計基準，海堤及護岸之容許越波量如表 3。

表 3 海堤及護岸容許越波量表

堤 別	被 覆 工	越 波 量 ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)
海 堤	頂及內坡均無被覆	0.005以下
	頂被覆，內坡無被覆	0.02
	頂及內坡均有被覆	0.05
護 岸	頂無被覆	0.05
	頂有被覆	0.2

越波量之限制依其保護內側土地利用之重要性而異，在居住處約為 $0.01\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 。求設定容許越波量之堤頂高時，可依日本港灣設計基準如圖 3 直立堤及圖 4 消波堤波量推算圖求得，其已知之參數為 H_0 、 T 、海底坡度及水深。

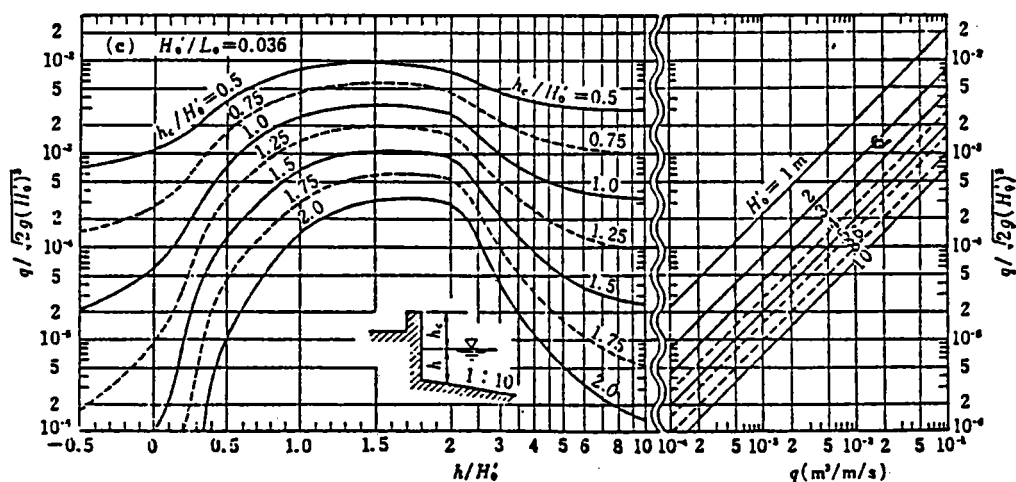


圖 3 直立堤越波量推算圖

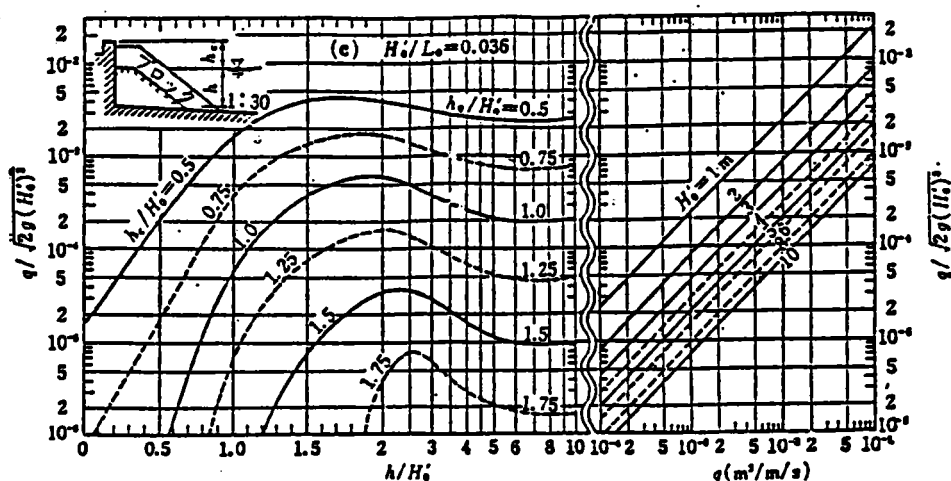


圖 4 消波堤越波量推算圖

2. 堤頂寬之決定

(1) 傾斜堤

視使用需求而定，一般採用 3 公尺以上，以供維護車輛之通行；若當道路使用則依交通需要而定，單車道為 3 公尺，雙車道為 6 公尺。

(2) 直立堤

若為單塊式之海堤則頂寬度需有 1 公尺以上，若其後有土砂填築則寬度需 3 公尺。

3. 邊坡之決定

(1) 前邊坡

前邊坡原則上採用表 1 數值，但須考慮堤身之安定、土質、保護工之種類、堤頂高之關係、堤腳之冲刷、施工之難易及背後地利用及海灘之利用等因素後決定之。

(2) 後邊坡

後邊坡原則上採用表 4，但須考慮基礎地質之良窳、保護工之種類及海灘利用之需求等決定之，堤高超過 5m 時，應作 1.5m 寬之階梯為宜。

表 4 後邊坡

型 式	邊 坡
混 凝 土 保 護	1:1~1:2
瀝 青 保 護	1:2~1:3
方 塊 式	1:1~1.25
砌 石	1:0.3~1:1
單 塊 式	1:1 以下

(五)海堤斷面設計

1.堤身

堤身須耐波壓、土壓、揚壓及地震等外力，以保結構之安全，茲依不同堤型說明如下：

(1)傾斜堤

- ①填砂堤心：為含有少量粘土之砂質土堤，須每隔30～50cm設置厚度50cm之隔牆。
- ②拋石堤心：採用卵石或塊石，其重量依SPM之規定。
- ③蛇籠或砂袋堤心：採用高鍍鋅蛇籠內填石料或合成纖維網所製成之長袋內填砂而成。
- ④拋方塊堤：水深及石料不易取得時採用之。

(2)直立堤

- ①前邊坡砌石時堤身材料應採用碎石或小石子。
- ②採用混凝土胸牆時，其背後應採用填充石料。

2.前邊坡保護工

前邊坡保護工直接承受波壓力、土壓力、揚壓力及地震力，結構必需安全且耐波浪之侵襲。

(1)傾斜堤

①混凝土保護

混凝土保護層之厚度，原則上採用50cm，如位於波浪較小處可減小。反之，波浪較大之處應加厚。就地澆置混凝土時，原則上每6～10m須加設伸縮縫及止水板等。

②砌混凝土方塊

混凝土場鑄困難或石材不易取得時使用，方塊厚度應在50cm以上，背後須填30cm以上之碎石。為減少波浪之越波及反射，方塊之表面可設計凹凸或階梯。

③混凝土型塊

在波高浪大之處一般採用混凝土型塊加以保護，其重量依Hudson公式計算。其下需吊排塊石，塊石之重量為型塊之 $1/10 \sim 1/15$ 。

(2)直立堤

①混凝土單塊式

混凝土單塊式之伸縮縫，應先後交叉或留設凹凸楔。

②扶壁式

扶壁式直立堤係為減輕堤身之重量時採用之，結構應採用鋼筋混凝土，其最小厚度為30cm，鋼筋之保護層應7.5cm以上，就地澆置混凝土時，原則上在6～

10m之間隔須設置伸縮縫，止水板等。

3.堤頂保護層及後邊坡保護層

海堤之堤頂及後邊坡原則上採用混凝土或石材保護，以承受海水之沖刷及荷重且可防止越波海水流動、雨水及浸透水之損害，一般保護層說明如下：

(1)混凝土保護層

保護層之厚度，原則為20cm，背後填石厚以15cm為宜，但如海水沖擊厲害者，或堤頂承受較大之上載荷重時，其厚度應增加之。

(2)砌石保護層

保護層之砌石其石徑須採用30cm以上。

(3)砌混凝土方塊保護層

方塊之厚度須30cm以上，其背後填石厚度在15cm左右。

4.基礎工

海堤基礎須支撐上層結構物重量及承受波浪之沖刷力，因此須要有充分之承載力及滑動抵抗力，且可防止波浪之沖刷。一般基礎工與上層構造之連結點為整個結構物之弱點，設計、施工時必須注意，基礎地質若透水大者應併用止水板樁。一般基礎工種類如下：

(1)樁基礎

地層承載力不足時使用，可分混凝土樁或鋼管樁，其支持力應依照樁之支承力公式計算，各樁之荷重應平均分佈之。

(2)現場澆置基礎

此基礎適用於較良好之地質，一般使用砌混凝土方塊、砌石或排石等之基礎。

(3)混凝土方塊基礎

水深大現場澆置基礎困難時採用之，每塊之重量應加計算，並應防止方塊之沖刷及傾斜。

(4)拋石或拋方塊基礎

地層無法承受堤身之重量或水深大而無其他適當方法作為基礎時採用之。

(5)沉箱涵塊基礎

水深特別大時，可採用沉箱涵塊基礎，涵塊中之填充材料可用角石、碎石、小石子或土砂。

(6)置換基礎

基礎地質差、承載力不足，必須置換良質砂土，以增加承載力並防止圓弧滑動。

如置換深度甚大時，工程費高，施工能力亦受控制，應比較檢討基礎地盤改良之方法。

5. 堤趾保護工

爲防止堤趾沖刷、海堤前灘應以保護工保護之，保護工須耐波浪之沖擊且可承擔沖刷沉陷等作用，一般分下列數種：

(1) 拋石保護工

拋石厚度 1 m 以上，使用之石材重量須可抗波壓。

(2) 混凝土型塊保護工

波浪大而不宜取石時，使用混凝土型塊保護之。型塊之大小，應依照波壓力大小計算其所需之重量，而亂拋時其厚度須二層以上，頂寬須有二排以上爲宜。

(3) 蛇籠保護工

採用 PVC 被覆高鍍鋅鐵絲蛇籠，內填卵石，可承受中等波浪之作用，且沖刷時石料不易散失可保堤身之安全。

6. 消波工

(1) 使用場合

- ① 基礎地質不佳，而無法修建所需高度之海堤時。
- ② 堤背後土地利用價值高，且不能有越波之條件時。
- ③ 波高大，需要很高之海堤，而無法達到要求高度時。

(2) 消波工下層之拋石重量應爲被覆型塊重量之 $1/10 \sim 1/15$ 。

(3) 因設置消波工而減低海堤之高度時，其消波工本身之頂高、頂寬、波浪性質、潮位、位置及結構均不同，此時應以水工模型試驗之結果爲依據，如不作試驗時，採用下列基準。

消波工頂高： $h_m \geq 0.7h_c$

消波工寬：特殊型塊二排以上

式中 h_c ：設計高潮位至海堤頂面之高度。

(4) 消波塊之重量計算

海堤被覆消波塊之重量採用 Hudson 公式計算，其公式如下：

$$W_{(t)} = \frac{r_s \cdot H^3}{K_D \left(\frac{r_s}{r_w} - 1 \right)^3 \cot \theta}$$

式中 r_s ：混凝土單位重

H ：設計波高

K_D ：消波塊之安定係數

γ_w : 海水單位重

θ : 堤坡與水平之夾角

消波塊種類繁多，一般需考慮消波、反射、結構強度、施工、費用及維護等因素加以選擇。

安定計算

海堤之安定計算需檢討下列各項：

1. 直立部之滑動及傾倒分析

(1) 作用於胸牆之波壓 (圖 5)

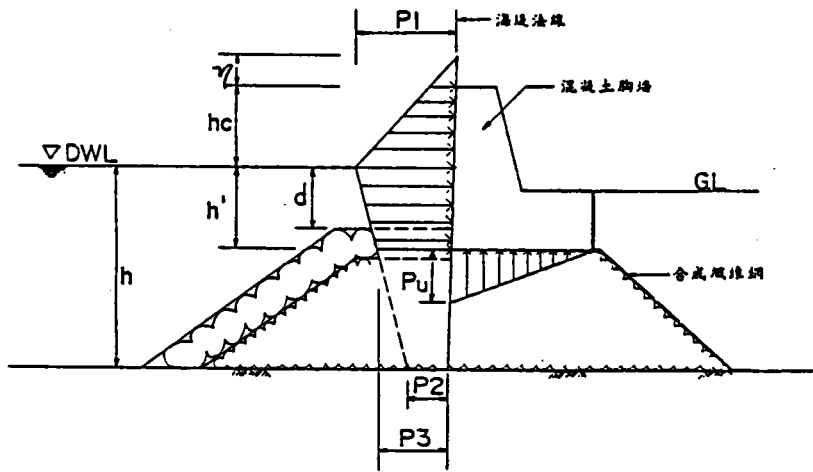


圖 5 作用胸牆之波壓

$$\eta^* = 0.75(1 + \cos \beta) H_{\max}$$

$$P_1 = 1/2(1 + \cos \beta)(\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2 \beta) \gamma_w H_{\max}$$

$$P_2 = \frac{P_1}{\cosh(2\pi h/L)}$$

$$P_3 = \alpha_3 P_1$$

$$\text{式中 } \alpha_1 = 0.6 + 1/2 \left[\frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right]^2$$

$$\alpha_2 = \min \left[\frac{h_b - d}{3h_b} \left(\frac{H_{\max}}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_{\max}} \right]$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h}{h} \left[1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h/L)} \right]$$

h_b = 堤前 5 倍 $H^{1/3}$ 之水深

$$H_{\max}=H^{1/250}=\left\{\begin{array}{l} 1.8K_s H_o \\ \min[(\beta_o \cdot H_o + \beta_1 \cdot h), \beta_{\max} H_o, 1.8K_s H_o] \\ h/L_o \geq 0.2 \\ h/L_o < 0.2 \end{array}\right\}$$

$$(2) \text{滑動安全率 } F = \frac{\mu (W_o - P_w)}{P} \geq 1.2$$

$$(3) \text{傾倒安全率 } F = \frac{W_o t_1 - P u t_2}{P h} \geq 1.2$$

2. 基礎承載力

(1) 砂質地盤承載力：依Terzaghi公式計算，公式如下

$$q_a = 1/F(\beta r_1 B N_r + r_2 D N_q) + r_2 D$$

q_a = 容許承載力

F = 安全係數，重要結構物2.5，一般結構物1.5。

β = 基礎形狀係數

r_1 = 基礎底面下土壤單位重 (t/m³)

r_2 = 基礎底面上土壤單位重 (t/m³)

B = 基礎最小寬度

D = 基礎入土深度

N_r, N_q : 支持力係數

(2) 粘質地盤承載力

$$q_a = N_c C_o / F + r_2 D$$

C_o : 基礎底之粘著力

N_c : 粘土支持力係數

3. 滑動分析

(1) 圓形滑動面安定分析：安全係數常時大於1.2，地震時大於1.0。

(2) 直線滑動面安定分析：安全係數常時大於1.2，地震時大於1.0。

三、護 岸

(一) 一般事項

護岸係直接保護現有土地、新生地防止波浪沖刷及越波之構造物。一般用於波浪較小之灣內或港內。護岸之一般構造，如圖6所示。

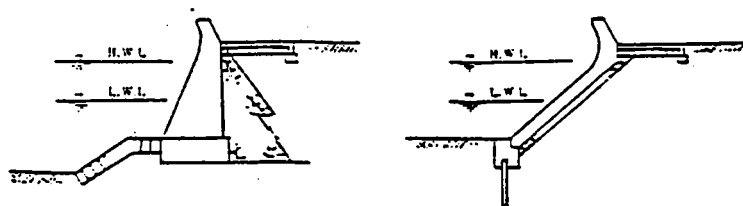


圖 6 護岸構造

(二)設計順序

依照海堤之設計順序。

(三)護岸之型式及其選擇

護岸之型式依據構造分類，如表 5。

表 5 護岸型式表

型 式	構 造
直立式	混凝土單塊式、方塊式、扶壁式、沉箱式、板樁式
傾斜式	排石式、混凝土型塊式、混凝土保護式、拋石式
混合式	上列二式之混合。

(四)構 造

1.斷面決定

依照海堤之斷面決定之。

2.細部設計

依照海堤設計之。

(五)安全計算

1.一般事項

設計護岸時，應對堤身之傾倒、滑動、地層承载力及圓弧滑動作安定計算。

2.圓弧滑動之檢討

依照斜面之安定計算。

3.堤身之傾倒、滑動及地基承载力之檢討

堤身由混凝土單塊式、方塊式、扶壁式或沉箱式構成時，應對堤身之傾倒、滑動及地基承载力作安定計算。其安定計算之方法同海堤，但需另加考慮背後之土壓力及荷重。

四、突堤

(一)突堤之種類

突堤為突出海岸線之海岸保護工，用以攔阻漂沙、減小海岸侵蝕，保護或促使海灘成長之結構物。突堤之種類如下：

1.以透水性分

(1)透水堤：漂沙可部份透過，漂沙量不易估計，但基礎沖刷較少，施工及修護較簡單。

(2)非透水堤：實體結構，可由長度控制漂沙量，堤基沖刷較劇烈，維護較難。

2.以平面形狀分

(1)直線型：施工簡單工程費較省。

(2)T型：蓄沙效果較佳，堆積形狀較不受波向之影響，工程費高。

(3)L型及Z型：可使回流減弱，內面亦能貯留沙，使用於突堤群之最下游。

(二)突堤之高度（如圖7）

1.海灘水平段：高度與預估之堆沙海灘平台同高，一般採用下列標準。

(1)最低高度＝經常發生之高潮位＋正常波浪之溯升高。

(2)最高高度＝最少發生之暴潮水位＋最大波浪溯升高。

2.中間傾斜段：高程從水平段末端順海灘比降至平均潮位。

3.外段：高程視透水性及透沙量而定，一般與低潮位平。

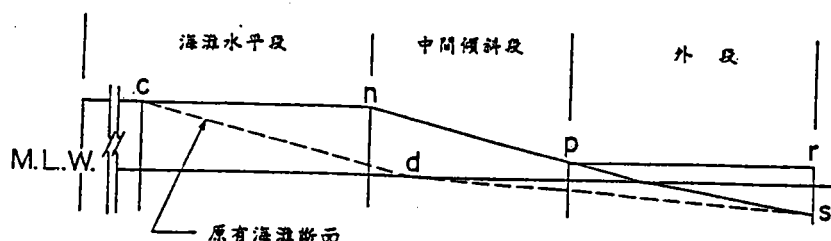


圖7 突堤之高度

(三)突堤之長度

突堤之長度必須使安定灘面在突堤群間形成，依據試驗，突堤長度與阻沙效果如下：

1.水中部份之長度為灘線至碎波點距離之40～60%最有效。

2.堤頂高，堤端延伸至平潮以下3m水深可阻擋100%之沿岸漂沙。

3.堤頂高，堤端延伸至平潮以下1.5～3.0m水深，或堤頂低而堤端延伸至水深3m以下

，可阻擋75%漂砂。

4.堤頂高，堤端延伸至平潮下1.5m，或堤頂低而延伸不到3m水深時可阻止50%漂沙。

5.爲使鄰近海岸不受影響，突堤群下游端之長度可順序減短。

四突堤間隔

1.突堤之間隔一般爲其長度之2~3倍，T、L型可酌量加寬。依永井實驗報告如下：

(1)波向線與海岸夾角 $\theta = 30^\circ \sim 55^\circ$ 時，間隔爲長度之3倍最易淤積，2倍次之。

(2)波向線與海岸線垂直時，間隔爲長度之4倍最易淤積，3倍次之。

2.佐藤方法(圖8)

$$\frac{D_o}{L} = \left(1 - \frac{\ell_o h}{L h_o} \right) \cot \theta$$

$$\frac{D}{L} = \left(1 - \frac{\ell}{L} - \frac{\ell h}{h_o L} \right) \cot \theta$$

h_o ：海灘坡度折點水深

ℓ_o ： h_o 水深對應之堤長

h ：堤端水深

L ：突堤長

θ ：碎波波向線之法線與灘線之交角

ℓ ：下游突堤之期待灘線堆積寬

D ：突堤間隔

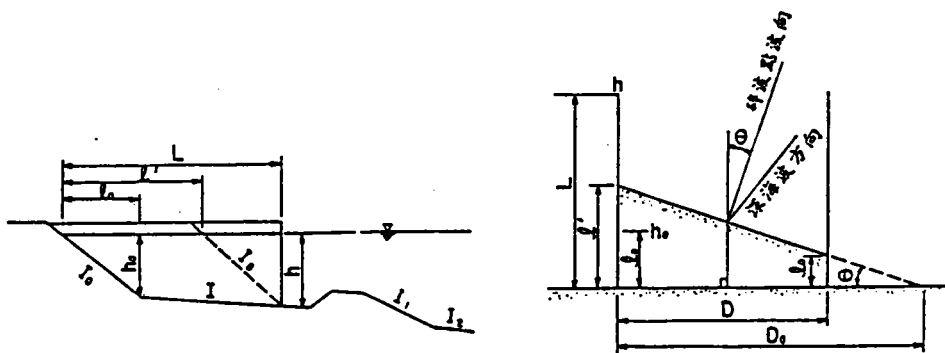


圖8 突堤間隔估算圖(佐藤方法)

五突堤方向

突堤方向一般與灘線垂直，但如波向大致一定時應依波向選擇最易堆積之方向。據永井實驗，入射波與突堤交角 δ 以 $100^\circ \sim 110^\circ$ 時較適當（圖 9），因此時不論冲刷及波力均較小， 120° 以上則不佳。同時應選擇遮蔽面積 $\triangle ABC$ 最大時之 α 角，故 α 與 θ 角應保持如下之關係。

$$\alpha = \frac{\pi + \theta}{2}$$

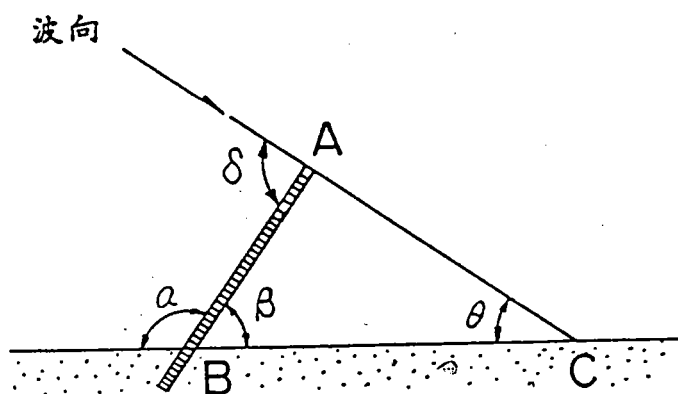


圖 9 突堤方向之決定

$\theta = 30^\circ \sim 55^\circ$ 時， $\alpha = 110^\circ$ 時最易堆積，如 $\alpha = 90^\circ$ 則突堤堤端及堤基附近容易發生冲刷。 $\theta = 60^\circ \sim 90^\circ$ 時則 $\alpha = 90^\circ$ 較佳；如令 $\alpha = 110^\circ$ 則灘線侵蝕，背面亦不易積沙。

嶋野・本間・堀川等分別以 $\alpha = 75^\circ, 90^\circ, 105^\circ$ 三種方向實驗後除 $\alpha = 75^\circ$ 時不太適當外， 90° 及 105° 時功能相似。

(六) 突堤構造

突堤之構造因其施工材料而異，凡木材、鋼材、石材、混凝土及預鑄混凝土塊等均可採用。不論何種材料均可依需要構築為透水性或非透水性、固定式或移動性之突堤。

以上突堤之長度、間隔及方向經基本設計後尚需以水工模型試驗驗證。

五、離岸堤

(一) 離岸堤之種類

離岸堤為離開陸地獨立於海中用以消殺波浪能量以求堤後遮蔽穩靜海面使之淤沙

之結構物，其種類如下：

- 1.透水性：拋石或混凝土塊，可避免堤趾之冲刷，較常用。
- 2.非透水性：沉箱或版樁，較少用。

(二)佈置

- 1.依Savage試驗結果設置位置離灘線 $5/4 L_0$ 為宜。
- 2.離岸堤間之缺口以不使灘線侵蝕為宜，參考繞射圖，一般約100~200m。
- 3.設置水深淺時工程費低，施工易，但前灘冲刷劇烈，故應加以評估。

(三)長度及間隔

- 1.離岸堤之長度及間隔由繞射效果決定。
- 2.長度須大於 $1/2$ 波長。
- 3.日本新瀉港以無限長堤垂直入射時產生之繞射係數在灘線為0.1，取其2倍為堤長。
- 4.豐島修建議長度為2~3倍波長(L)，間隔為1L。
水深1m以下時長度為(3~5)L，開口1L。
水深2~4m，長度為(2~6)L，開口1L。

(四)離岸堤高度

堤頂高=大潮平均高潮位+ $H/2$ 。

(五)離岸堤構造

拋石或拋混凝土型塊，其重量計算與海堤同。

離岸堤之離岸距離、長度、開口及高度經基本設計後尚需以水工模型試驗驗證。

漁港規劃概論

台灣漁業技術顧問社協理 張瑞欣

壹、漁業發展及漁港建設概述

目前全世界的年漁獲總量約9950萬噸（1989），是人類動物性蛋白質的重要來源，依據聯合國農糧組織估計，到了西元2000年時，對魚產品的需求將達11,000萬噸，比目前增加了10%，人類對於海洋資源之需求將更殷切。

台灣位於東亞大陸棚，四面環海，有大小島嶼七十餘個，海岸線長1600餘公里。東部近海有黑潮流經，為魚群迴游必經之路徑；西部淺海陸棚平緩，適宜魚類棲息繁殖，具有發展漁業之良好天然環境，（圖 1-1）。且因台灣地狹人稠，可耕地面積有限，圖謀漁業發展，開拓海洋漁產資源，為繁榮經濟安定民生之重要事業。台灣地區歷年來之魚產量迭有增加，至1990年，已達145餘萬噸，產值890餘億元。（圖 1-2、1-3）

人類自古以來，下海撈捕魚介為食，即為重要謀生方法之一。我國海洋漁業，隨著時代演變，漁撈方法、技術及工具日益精進，捕撈作業漁場由沿岸、近海而遠至世界各地海洋；漁船由竹筏、舢舨、小型漁船發展成現今千噸級以上漁船；而為提供漁船出入港及停泊安全和使漁獲物之起卸處理，運銷等作業迅速便捷（圖 1-4）；漁港建設亦不斷配合興建、擴建，邁向更具現代化功能之漁港。（圖 1-5）

台灣地區之漁港，於光復之前僅有南方澳、大溪（第一）、基隆（正濱里）、澳底、淡水（河口內）、梧棲、布袋、安平、鼓山、旗后、新港、馬公（第一）等十二處漁港，且於二次世界大戰期間幾乎被破壞殆盡；光復後，政府為各地漁業發展需要，普遍興修建漁港，至民國68年，已有漁港七十處，船澳六十二處。但早期興建之漁港，

因受經費限制和未有完整之規劃，設施多簡陋和不足，嚴重影響了漁民生命財產安全和漁業之發展，因此自六十九年度起，政府實施第一期漁港建設方案，對於漁港建設，擺脫過去零散修建方式而已邁向長期而有計畫性的階段。

第一期漁港建設方案由台灣省漁業局於民國六十八年擬訂，並層奉行政院六十九年六月十日台六十九經六六五九號函核定，自六十九年度起實施至七十六年度止，投資經費65億餘元，興修建漁港船澳合計83處（表 1-1）。第二期漁港建設方案延續第一期計畫，自七十七年度起分兩階段實施，第一階段自77年度至81年度，第二階段自82年度至85年度，預定投資經費共 179億餘元，在第一階段所興修建漁港船澳數合計76處（表 1-2）。

漁港具有經濟、社會、文化和生活上之多重功能和屬性，由漁業發展觀之，首先由可以泊船之河口和天然灣澳發源，漁民傍海而居，漁村聚落於焉而生。漁業型態由個人獨立作業，逐漸演進為群力分工，作業範圍由沿岸、近海而至遠洋，漁船由小型人力式進而大型化、機械化，漁村聚落亦得以漸漸發展擴散；可知漁港不僅為漁業生產中心，為漁民生命財產安全之依賴，亦係漁業及漁村社會經濟發展之根基。當交通尚未普及之前，甚至在目前，漁港及漁船且為部份離島或偏遠地區居民出入往返，載運民生用品等，不可或缺之交通管道。各地區漁港船澳之得以建立，每每包含當地先民畢路藍縷，同舟共濟所付出之心血結晶，凡此均顯漁港與當地漁村聚落相互依存，與社會文化血脈相聯，與經濟榮枯息息悠關之重要功能及價值。

展望未來，國民生活水準日益提昇，對於新鮮魚產之需求必愈殷切，海岸遊憩及娛樂型漁業（如海釣）亦成為觀光休閒之明顯趨勢，漁港將成為此種多元化海洋活動之基地。自1977年以來，各濱海國紛紛實施 200浬經濟海域，並積極規則海洋、海岸等之空間利用，漁港漁村之地位益形重要，以日本為例，早已構思「二十一世紀漁港漁村」綜合開發計畫，大量投資漁港漁村整備，期能實現高效率漁業，並以漁業為核心，形成區域性社會，構成永久居住圈，進而延續與海洋交融及海洋之保全與利用等之海洋文化。（圖 1-6）。我國漁港之建設雖年有進步，較之日本，卻又過於保守，如何掌握時代脈動，擬定符合未來需要之漁港建設計畫，並以更大的魄力去實行，是值得我們加以省思的。

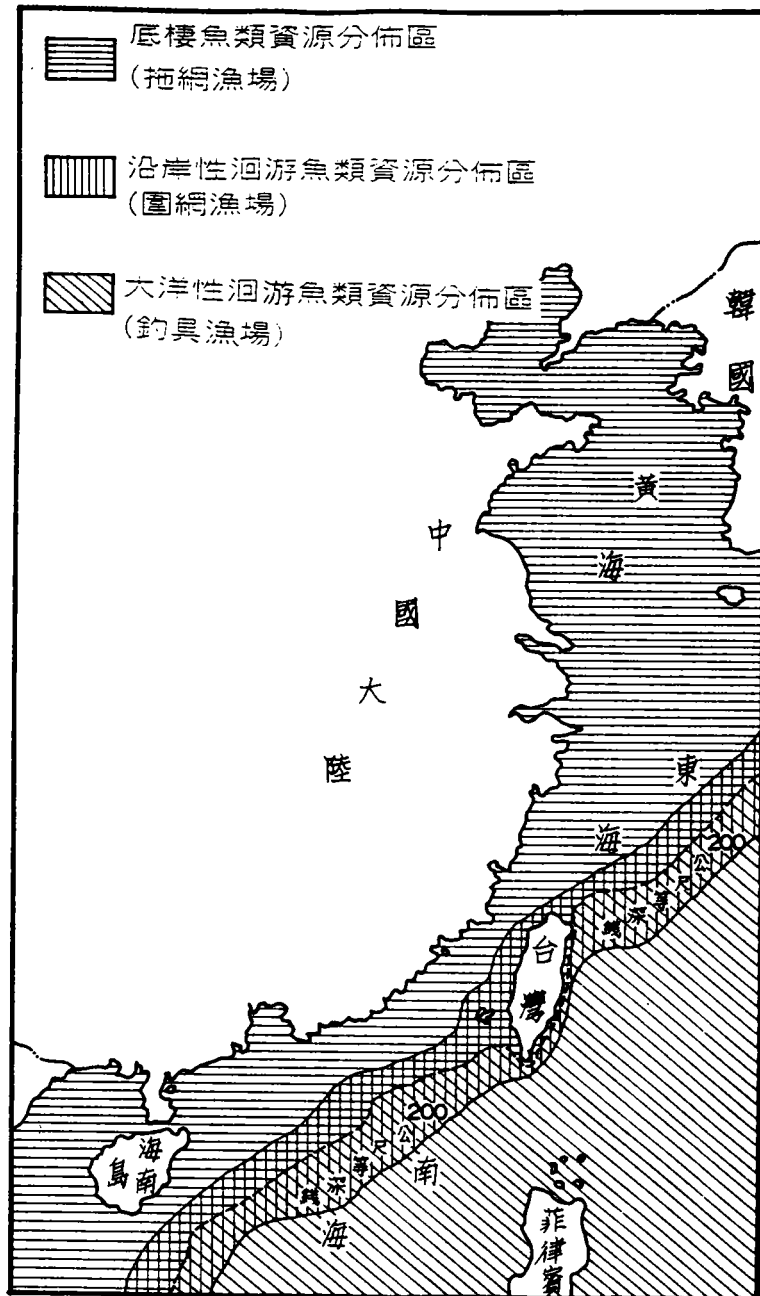


圖1-1 台灣之地理位置及其附近海域之重要漁業資源

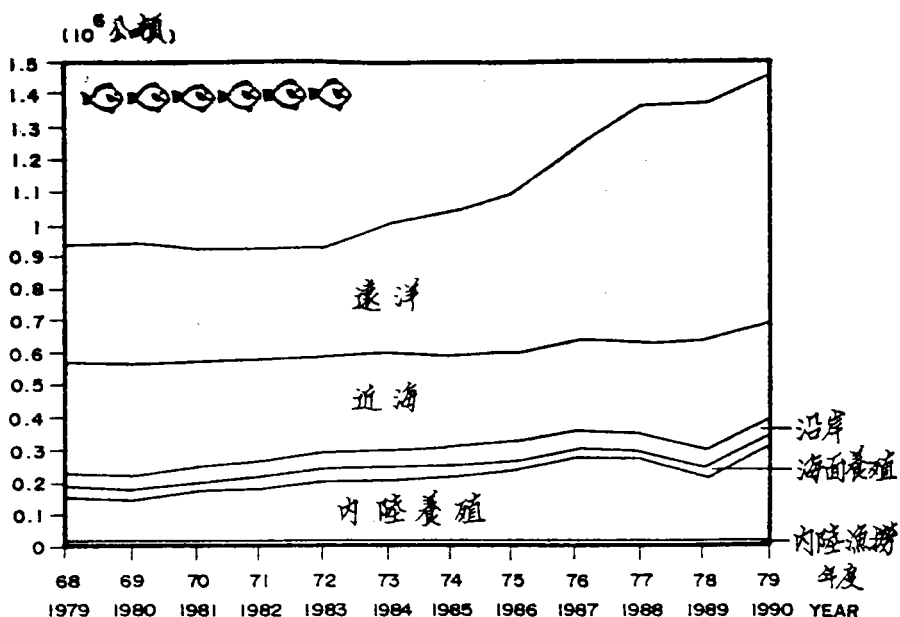


圖1-2 歷年各項漁業生產量

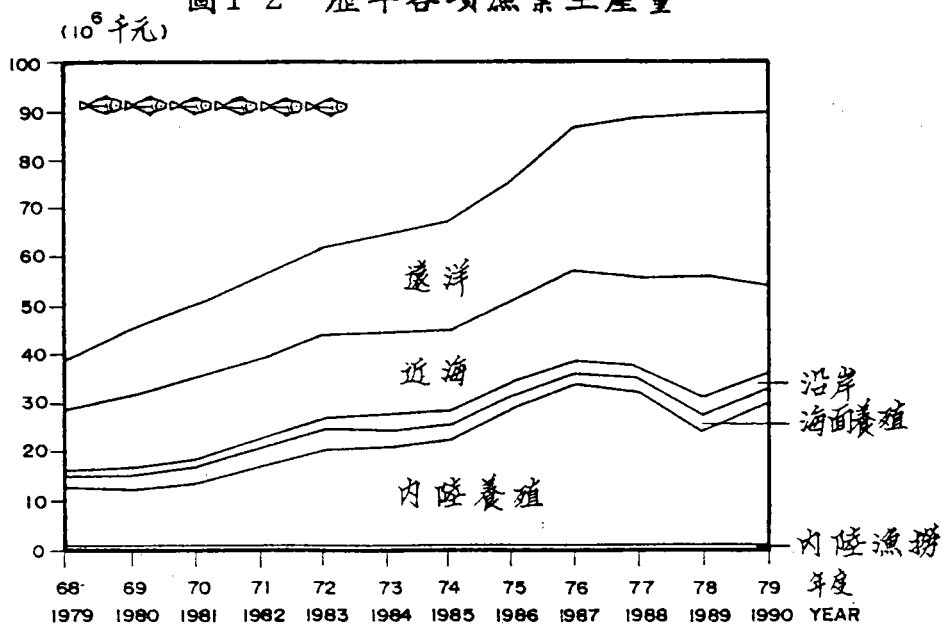


圖1-3 歷年各項漁業生產值

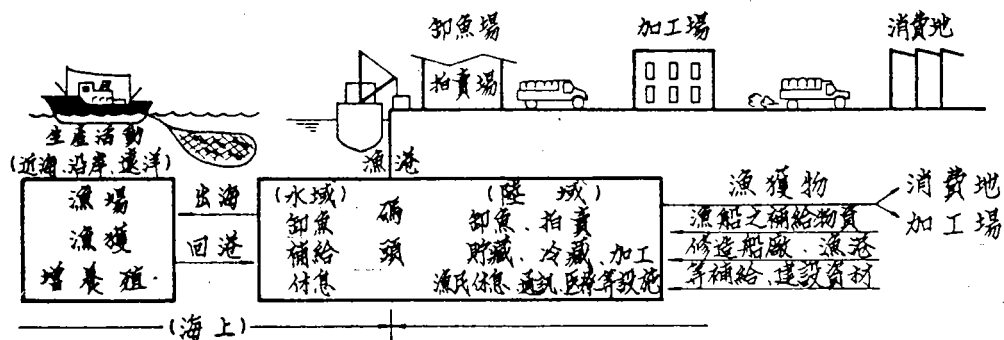


圖1-4 漁港與漁業之關係

表1-1 第一期漁港建設方案實施工程類別成果統計表

工程類別	漁 港 船 澳 名 稱 及 處 數
新建計畫	漁港:(1)八斗子第二期港區 (2)淡水第二 (3)新竹 (4)東石新港 (5)蚵子寮 (6)鹽埔 (7)琉球新港 (8)馬公第三 (9)彌陀等九處。 船澳:(1)粉鳥林 (2)龍鳳 (3)通霄 (4)網寮 (5)水利村 (6)椰油 (7)興海 (8)海口 (9)小港 (10)石雨傘 (11)塭港 (12)水尾 (13)好美里等13處。
擴建計畫	漁港:(1)梗枋 (2)安平 (3)東港 (4)後壁湖 (5)野柳 (6)中芸 (7)新港 (8)外垵 (9)赤馬 (10)潭門 (11)竹灣 (12)蒔裡 (13)吉貝 (14)鳥炭 (15)內垵北 (16)澳底 (17)萬里 (18)桶盤 (19)龍門 (20)虎井 (21)將軍南 (22)深澳等22處 船澳:(1)龍洞 (2)苑裡 (3)石城 (4)東澳 (5)松柏 (6)下山 (7)金樽 (8)長濱 (9)大里 (10)汕尾 (11)沙港 (12)龜吼 (13)馬崗 (14)五甲 (15)台子村 (16)新蘭 (17)美艷山 (18)和美 (19)內垵南等19處。
改善計畫	漁港:(1)外埔 (2)鼻頭 (3)永安 (4)磺港 (5)赤崁 (6)鎖港 (7)箔子寮 (8)竹圍 (9)七美 (10)花嶼 (11)伽藍 (12)北門 (13)外木山 (14)王功等14處。 船澳:(1)卯澳 (2)福隆 (3)東嶼坪等3處。
改建計畫	漁港:(1)石梯 (2)枋寮 (3)南方澳3處。
合 計	漁港:48處 計畫內——漁港:45處 船澳:35處 船澳:32處 合計:83處 合計:77處

表1-2 第二期漁港建設方案第一階段分年實施表(77~81)

年度	港澳別	漁 港 澳 名 稱	漁港澳數（處）	
7 7 年 度	漁 港	梗枋、南方澳、磺港、萬里、深澳、富基、竹圍、新竹、外埔、箔子寮、北門共同航道將軍、青山、蚵子寮、彌陀、興達、琉球新鹽埔、伽藍、金樽、新港、七美、馬公第三、山水	2 4	3 7
	船 澳	龜吼、馬崗、龍洞、和美、水滴洞、水尾、龍鳳、台西、下莊及白水湖、下山、上竹里、小港新村、水利村	1 3	
7 8 年 度	漁 港	梗枋、南方澳、烏石、大溪第二、磺港、萬里、深澳、鼻頭、八斗子、竹圍、新竹、台中港、箔子寮、台南中心、將軍、蚵子寮、中芸、彌陀、琉球新、東港、鹽埔、枋寮、伽藍、新港、赤馬、外垵、山水	2 7	3 4
	船 澳	龜吼、和美、水尾、海山、五甲、台西、長濱	7	
7 9 年 度	漁 港	梗枋、南方澳、大溪第二、野柳、東澳、深澳、八斗子、新竹、王功、箔子寮、東石、布袋、北門共同航道、中芸、汕尾、彌陀、前鎮、東港、鹽埔、伽藍、新港、七美、馬公第三、赤馬	2 4	2 7
	船 澳	海山、龍鳳、內垵南	3	
8 0 年 度	漁 港	南方澳、烏石、大溪第二、澳底、野柳、深澳、八斗子、竹圍、新竹、箔子寮、東石、布袋、台南中心、北門共同航道、中芸、汕尾、彌陀、興達港、前鎮、鹽埔、綠島、伽藍、金樽、小港、新港、馬公第三、赤馬、烏嶼、通樑	2 9	3 5
	船 澳	海山、龍鳳、松柏、海口、中山、鹽寮	6	
8 1 年 度	漁 港	南方澳、烏石、大溪第二、澳底、野柳、深澳、八斗子、竹圍、王功、箔子寮、台南中心、北門共同航道、彌陀、枋寮、伽藍、金樽、小港、新港、大武、馬公第三、鎖港、竹灣、赤崁、通樑、花蓮	2 5	3 3
	船 澳	海山、龍鳳、大汕頭、中山、新蘭、鹽寮、山海、水尾	8	
總計	漁 港	台灣省 5 0 處 高雄市 1 處 計 5 1 處	合計 7 6 處	
	船 澳	台灣省 2 2 處 高雄市 3 處 計 2 5 處		

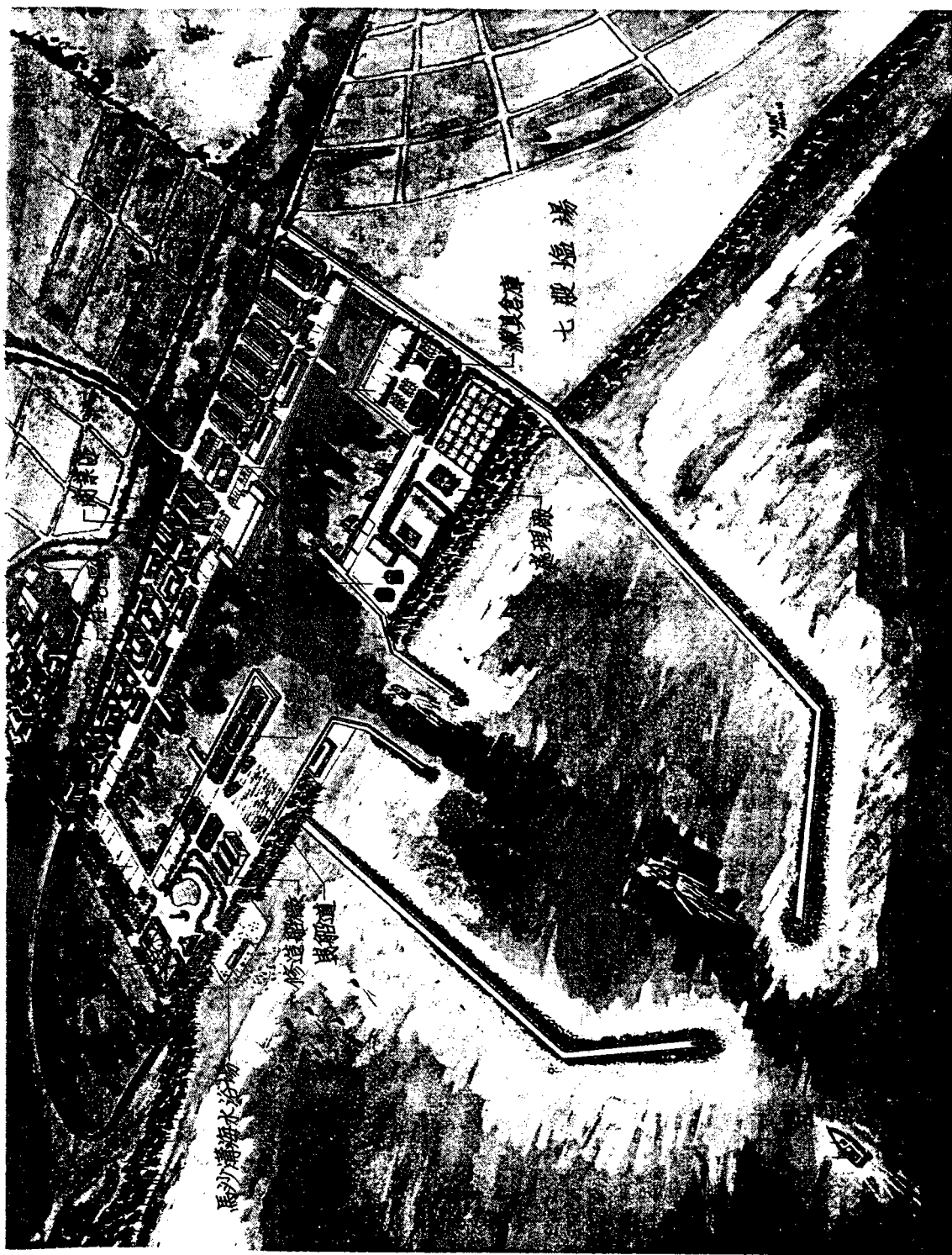


圖1-5 台南縣中心漁港設施配置例

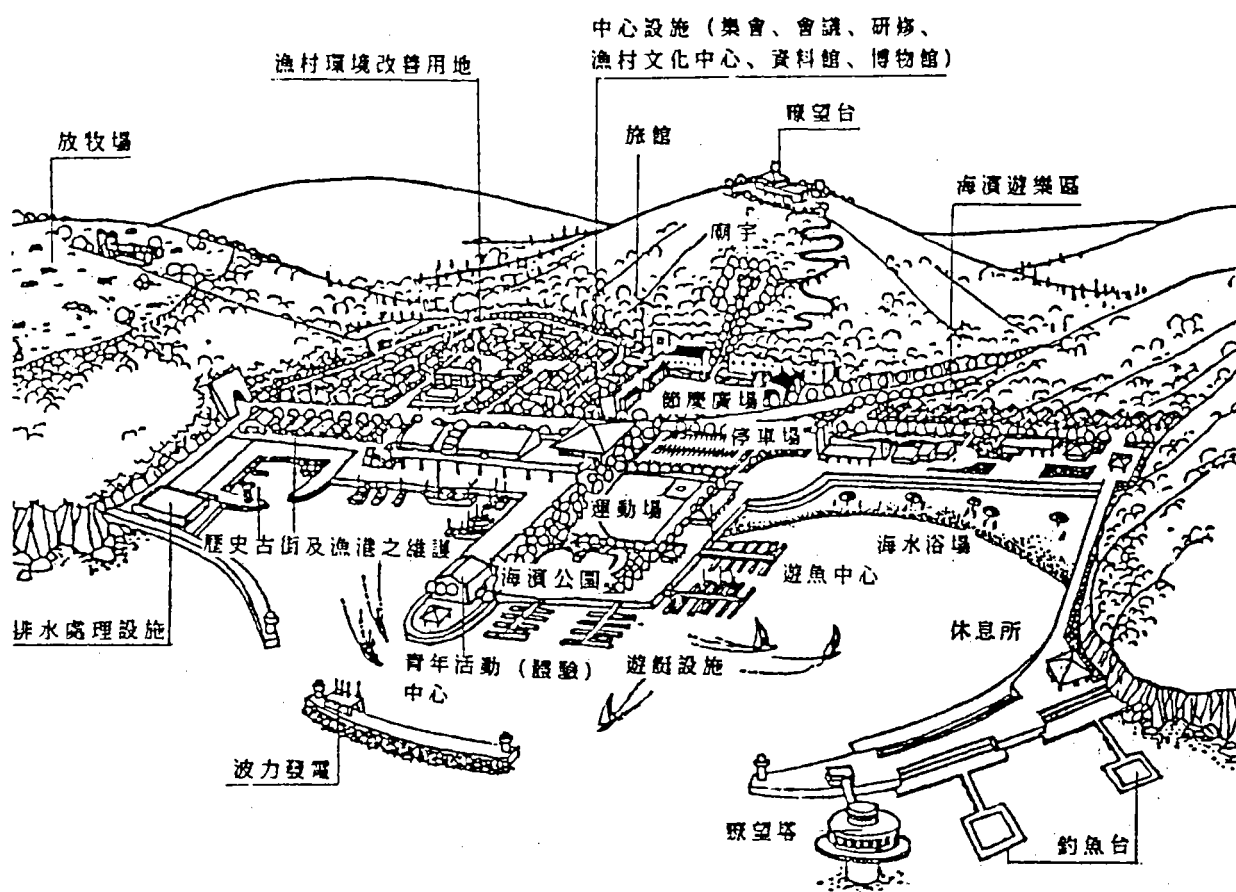


圖1-6 21世紀的日本漁港漁村構想圖

貳、漁港設施規劃

一、漁港定義：

依照漁港法第三條，漁港係指供漁船使用，作為漁業根據地之港。

二、漁港設施：

依照漁港法第三條規定，指在漁港區域內為便利漁船出入、停泊、裝卸、保養、補給及漁民福利之設施，概分為基本設施及一般設施兩大部份。

(一)基本設施—

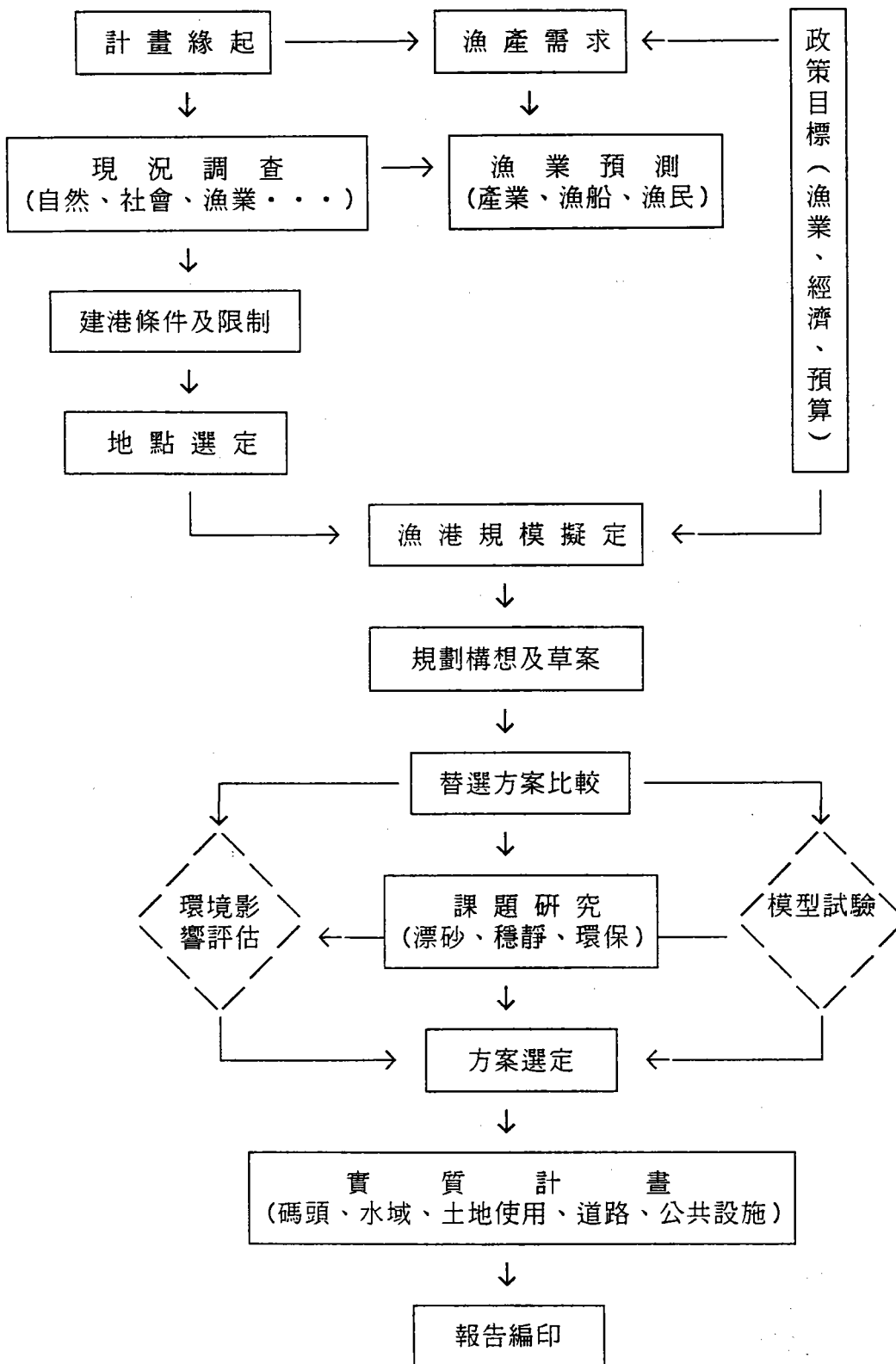
- 1.外廓設施：防波堤、離岸堤、防沙堤、導流堤、防潮堤、船閘、水門、護岸、海堤等。
- 2.碼頭設施：碼頭、棧橋、浮橋等。
- 3.水域設施：航道、泊地、浮標、繫船浮筒、繫船柱等。
- 4.運輸設施：鐵路、道路、停車場、橋樑、運河等。
- 5.航行輔助設施：導航標誌、照明、號誌等。
- 6.公害防治設施：防止公害之導流、排水及廢棄物、廢污水處理設施。
- 7.漁業通訊設施：陸上無線電台及氣象訊號等。
- 8.與漁業有關之政府機關辦公處所：漁港管理所、港檢所。

(二)一般設施

- 1.公共設施：魚貨拍賣場、給水站、漁具整補場、曬網場、醫療衛生處所、卸魚設備、漁民活動中心、漁民休憩設施等。
- 2.公用事業設施：加油、電力、電信、郵政、自來水等。
- 3.漁業設施：製冰廠、冷凍廠、水產加工廠、修造船廠、漁用機械修護廠、漁網具工廠、漁業團體及漁業人之辦公廳舍等。

三、漁港規劃工作流程：

漁港規劃流程可視各港規劃目標而彈性調整，一般之重要流程如下圖。



四、現況調查：

1.自然條件

- (1)氣象：風、颱風、雨量、氣溫、氣壓、日照
- (2)海象：波浪(季風、颱風、堤前)、潮汐(天文、暴潮)、流
(潮、海流、方向、流速)
- (3)地形：陸上、海底
- (4)漂砂：來源、方向、粒徑
- (5)地質：岩、粘土、砂、N值、壓密係數、透水性
- (6)地震：強度、頻率
- (7)水文：河川、野溪(流量、輸沙量．．．)
- (8)水質：化學、物理、生物等性

2.生物條件

- (1)陸域：動物、植物、鳥類
- (2)海域：浮游生物、底棲生物、魚類
- (3)稀有種類

3.社會經濟

- (1)人口：數量、分佈、年齡、家庭結構、所得水準、教育程度
- (2)土地利用：使用現況、地籍權屬、地價
- (3)交通：公路、鐵路、海運、空運
- (4)產業：漁業(漁港、漁民、漁獲量、漁船數、漁船噸數、漁業種類．．．)
- (5)文化古蹟：
- (6)環境美質：遊憩資源、觀光人口數量特性

4.相關計畫

- (1)上位指導計畫：區域計畫、全省漁港修建方案．．．
- (2)都市計畫
- (3)其他：交通、給排水、污水、電力、電信、觀光．．．

五、主要設施規劃：

(一)外廓防波堤設施

考慮自然地形之充份利用、港域穩靜安全、漂砂防止及未來擴建發展性，其規劃同一般港灣設施標準。

(二)港口及航道

考慮因素同一般港灣設施標準，允許雙船同時進出時之港口

寬度如圖2-1，另因漁港規模常較小，港口位置須避免在碎波帶範圍內。

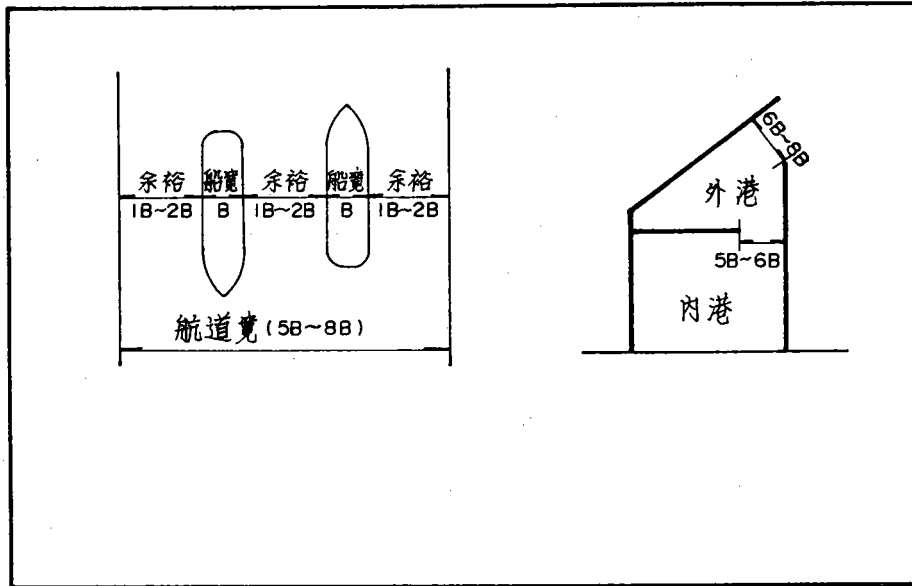


圖2-1 港口寬度示意圖

(三)碼頭

1. 漁港碼頭種類：

一般漁港之碼頭可分為卸魚、準備、休息、保養及檢查碼頭。

2. 碼頭配置：同一般港澳規劃標準。

3. 各種碼頭長度之推估—

(1) 卸魚碼頭：

專供漁船停靠卸魚之用，為漁港之重心，緊臨漁市場或拍賣場，漁船停靠方式為橫靠，其碼頭之規劃應於漁市場開放時間內，所有準備卸魚之漁船必須完成卸魚作業，其停靠方式如圖2-2，規劃流程如圖2-3所示。

卸魚碼頭長度 $= \sum \frac{N}{r} \times L1$ (水深別)

其中：L1—橫靠船席長(—船長+余裕長)

N—尖峰日利用艘數

r—碼頭作業次數(—碼頭作業時數/每艘船卸魚

所需時間)

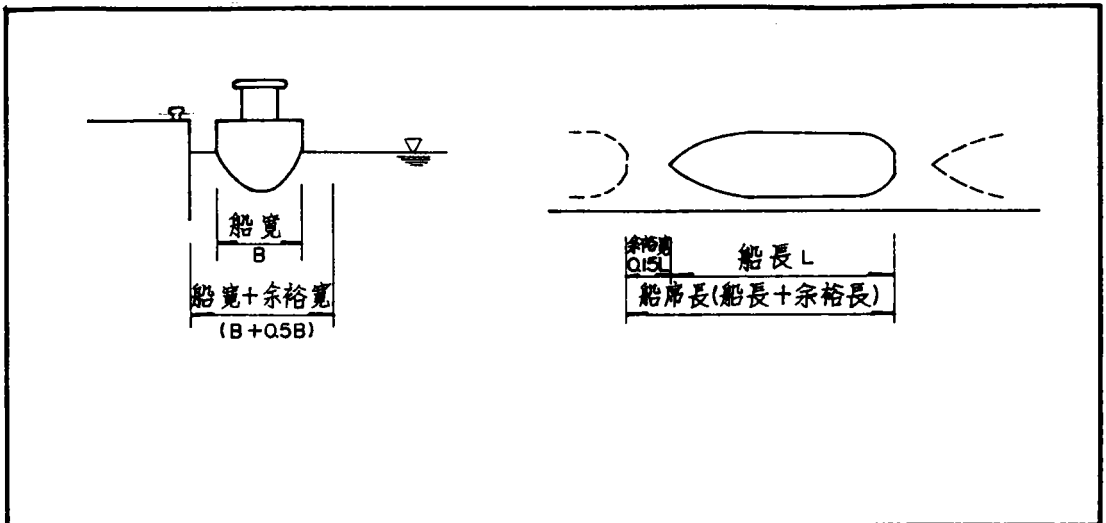


圖2-2 漁船橫靠方式示意圖

(2)準備碼頭：

係供漁船出航準備之碼頭，一般指加油及加冰碼頭，漁船停泊方式為橫靠，如圖2-2 所示，其規劃流程如圖2-4。

準備碼頭長度 $= \Sigma N' / r' \times L1$ (水深別)

其中：L1—橫靠船席長(—船長+余裕長)

N'—尖峰日利用艘數

r'—碼頭作業次數(—碼頭作業時數/每艘船準備
[加油、加冰]所需時間)

余裕長 $= 1.1 L$ (L—船長)

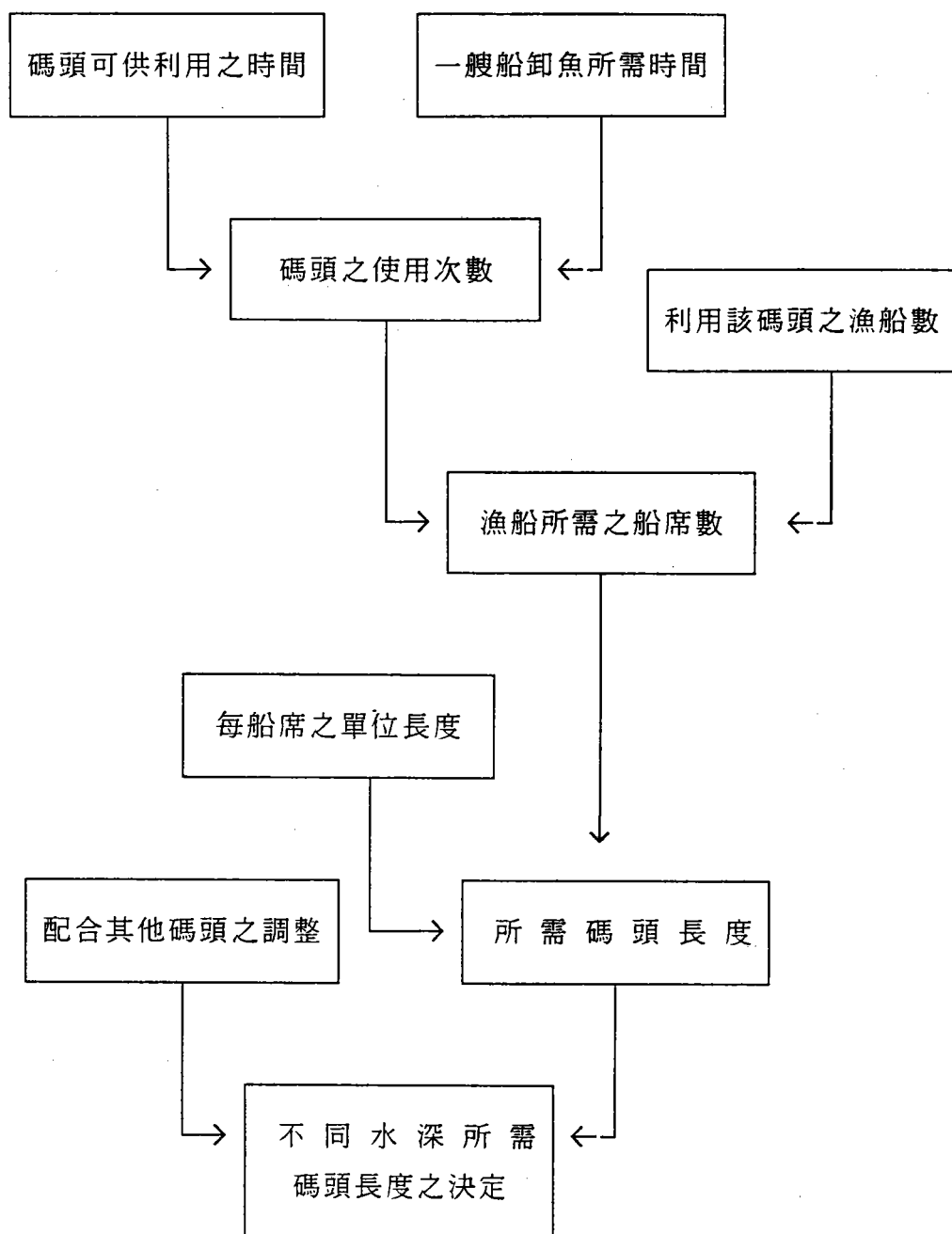


圖2-3 卸魚碼頭計劃程序圖

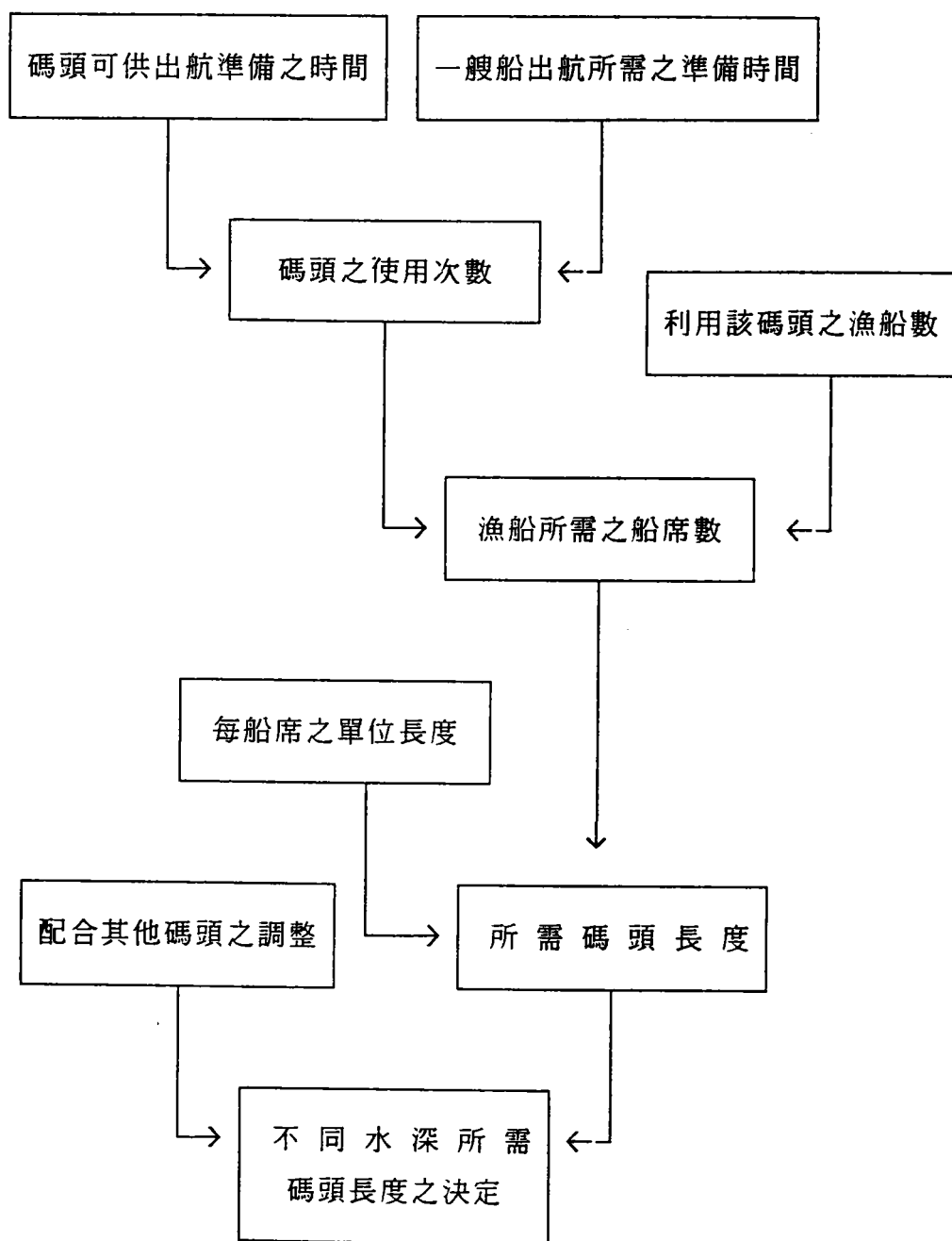


圖2-4 準備碼頭計劃程序圖

(3)休息及保養碼頭：

供漁船保養維修、整補漁具、補充食物飲水之碼頭
、漁船停靠方式為縱靠，其規劃流程如圖2-6 所示。

• 休息(保養)碼頭長度 $= \sum n \times B$ (水深別)

其中 n :滯港休息船數

B :縱靠船席長(船寬+余裕寬)

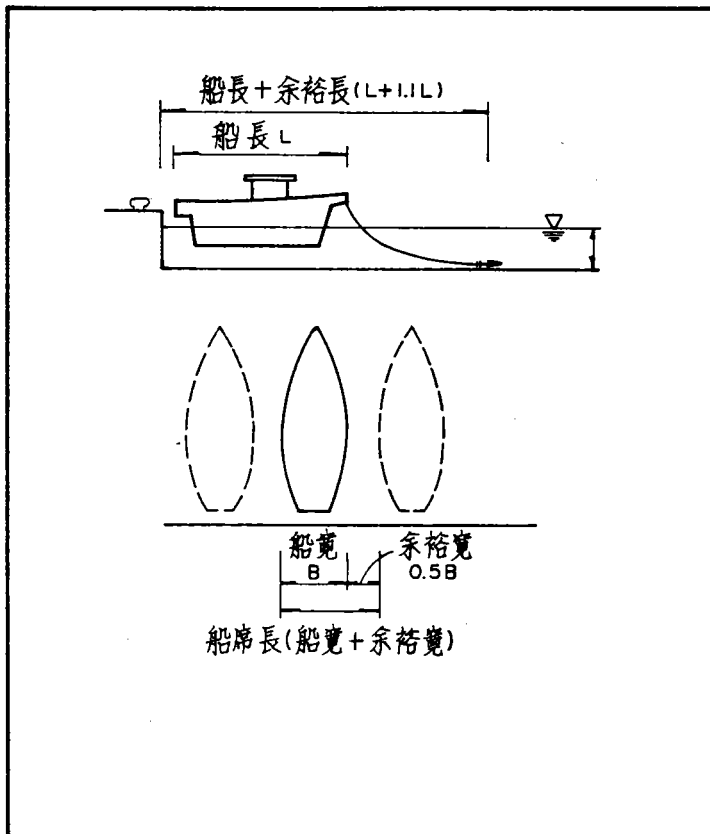


圖2-5 漁船縱靠方式示意圖

(4)檢查碼頭：

供漁船進出漁港受檢之專用碼頭，漁船停靠方式為橫靠，一般常位於內港口之一側，以便漁船進出檢查，其規劃流程同準備碼頭。

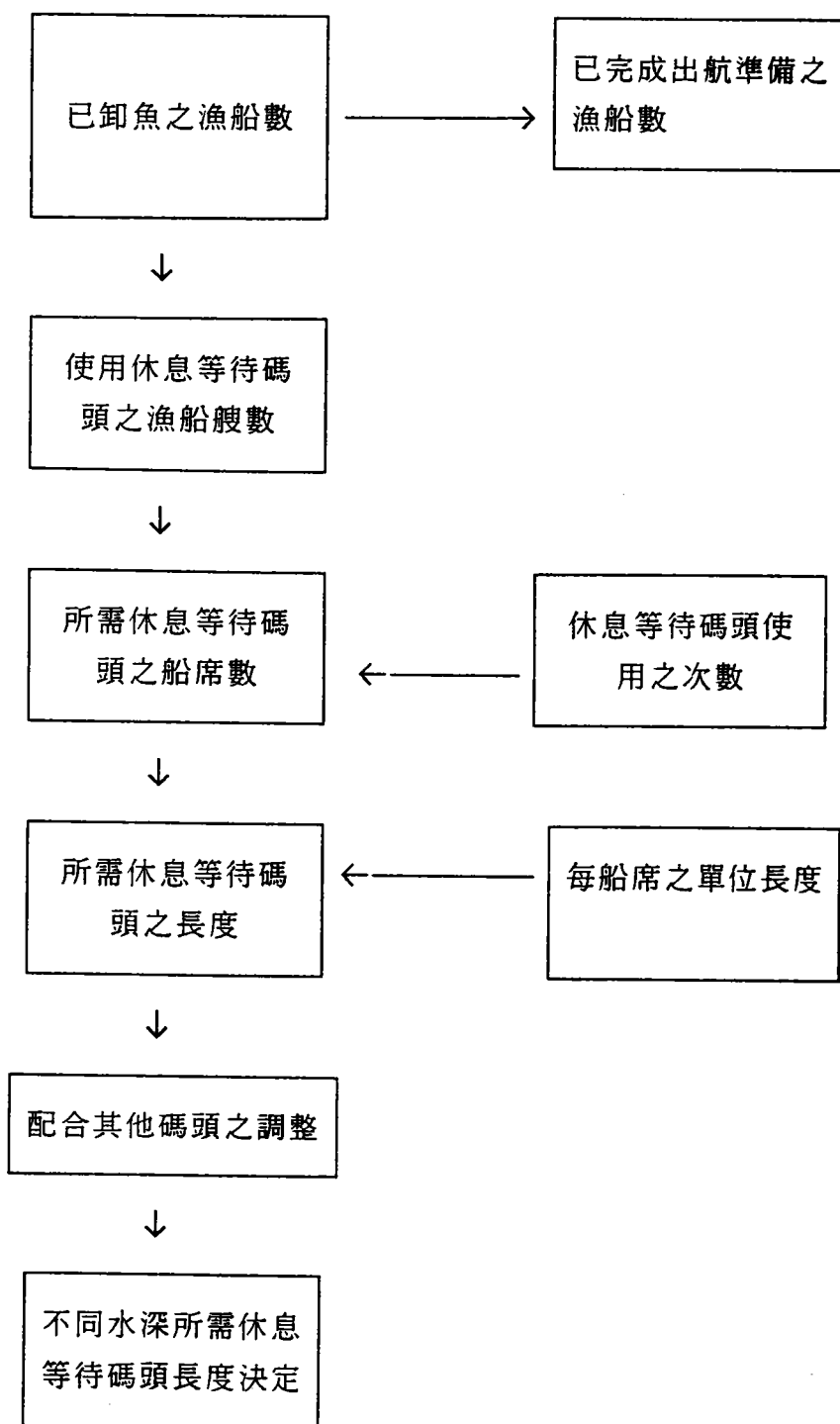


圖2-6 休息等待碼頭計劃程序圖

(四)泊地水域

1.泊地水域包括：(1)繫留水域—緊臨碼頭前方漁船繫留所需之水域。

(2)操船水域—漁船為停靠或離開碼頭操縱迴旋所需之水域。

(3)錨地—特別尖峰期，漁船為等候卸魚及其他作業，暫時停留水域如圖2-7所示。

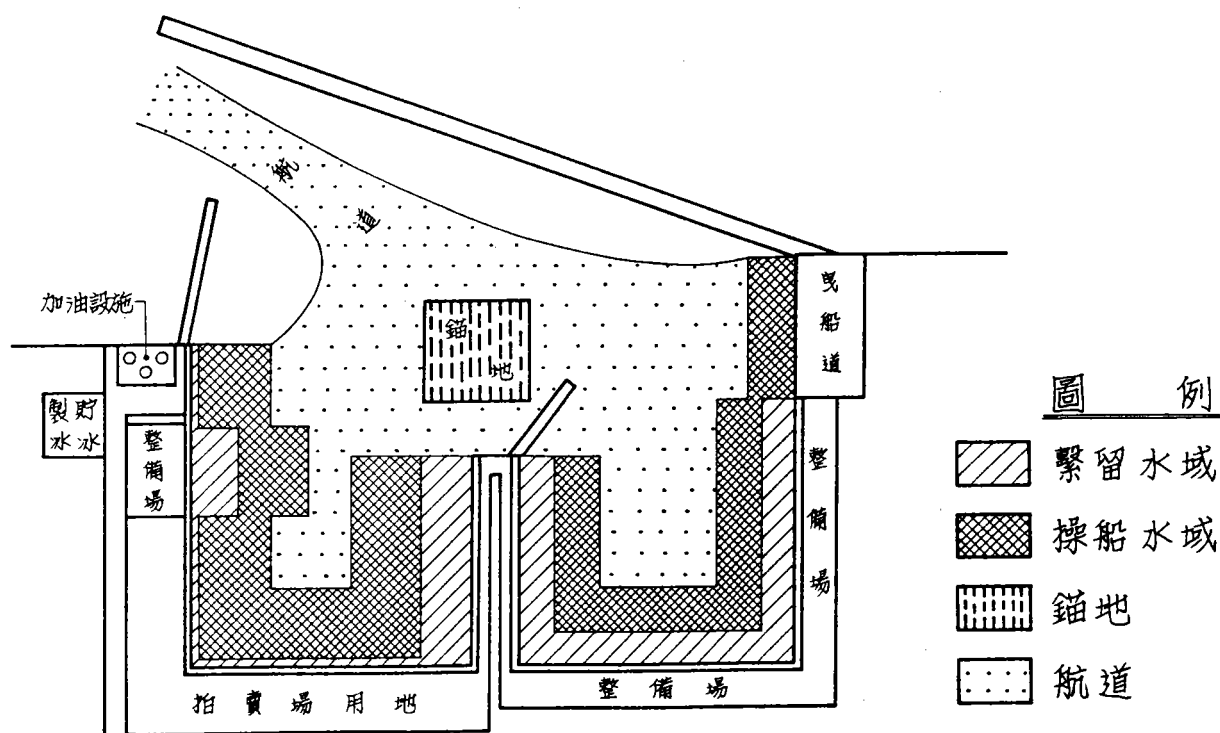


圖2-7 水域施設配置例

2. 泊地水域允許最大波高

碼頭、泊地之水深	-3.0公尺以下	-3.0公尺以上
1. 港內錨定停泊允許最大波高	0.6公尺	0.7公尺
2. 航道上允許最大波高	0.9公尺	1.2公尺
3. 卸魚、準備碼頭前之允許最大波高	0.3公尺	0.4公尺
4. 休息碼頭前之允許最大波高	0.4公尺	0.5公尺

3. 泊地水域面積之推估

(1) 繫留水域：與碼頭使用性質及船隻停泊方式有關，包括

- A. 卸魚用泊地—橫靠
- B. 準備用泊地—橫靠(包括加油、加冰)
- C. 休息用泊地—縱靠
- D. 檢查用泊地—橫靠

• 漁船橫靠所需泊地面積— $\Sigma L1 \times B1$ (水深別)

其中： $L1$ —漁船橫靠船席長(—船長+余裕長)

$B1$ —漁船橫靠船席寬(—船寬+余裕寬)

余裕長— $0.15 L$ (L :船長)

余裕寬— $0.5 B$ (B :船寬)

• 漁船縱靠所需泊地面積— $\Sigma L2 \times B2$ (水深別)

其中： $L2$ —漁船縱靠船席長(—船寬+余裕寬)

$B2$ —漁船縱靠船席寬(—船長+余裕長)

余裕寬— $0.5 B$ (B :船寬)

余裕長— $1.1 L$ (L :船長)

(2) 操船水域：與船隻大小、操船方法、港池形狀及波浪穩靜條件有關。

一般以垂直碼頭方向之三倍船長距離估算。

(必須包括修船斜道前之操船水域)

• 操船水域面積— $\Sigma L3 \times B3$ (水深別)

其中： $L3$ —各種專用碼頭長度

$B3$ —三倍船長(可視船隻進出港方式調整)

(3) 錨地：視水域穩靜及船隻錨泊方式而異，其所需面積如圖2-8 所示。

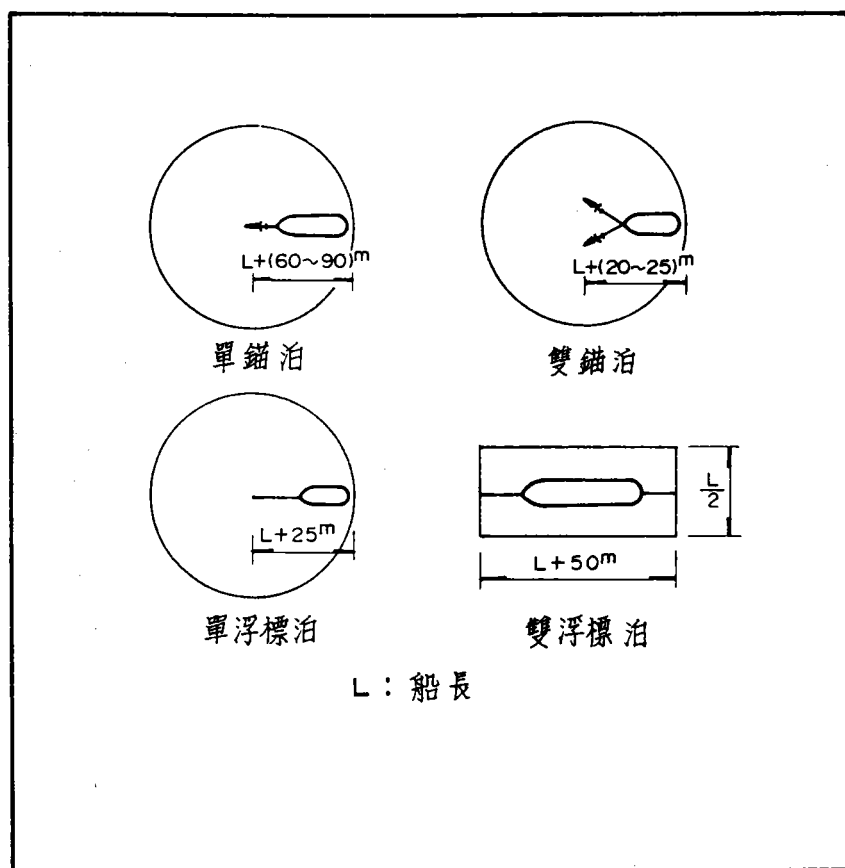


圖2-8 船隻錨地所需面積示意圖 圖

故泊地水域面積需=求繫留水域+操船水域+錨地

(4) 泊地水域之面積除考慮上述水域之大小外，尚需考慮颱風期或春節時，若所有漁船皆返港避風休息時，其泊地面積是否足夠。避風泊地視港池形狀、水域面積、碼頭長度、船隻停靠方式而異，一般避風泊地面積可以船長×船寬×3 概估（單列縱靠），如大於上述泊地水域面積時，則必須增加水域面積以供船隻避風休息使用。

(五) 曳船斜道

1. 曳船斜道係供平時漁船保養維修時及颱風期船隻拖曳上岸避風時使用，一般斜道坡度為1/6~1/10。
2. 曳船道規劃應注意事項：

- (1)曳船道前水域應足夠穩靜，不可當做消波區使用。
- (2)碼頭法線方向不可與曳船道方向垂直，避免影響漁船停靠。
- (3)連續碼頭間不可設置曳船道，避免影響碼頭利用之順暢。

曳船道位置不佳之規劃例如圖2-9 所示。

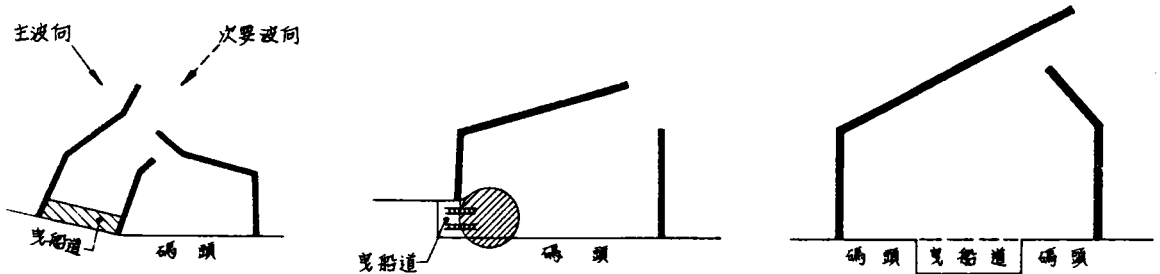


圖2-9 曳船道位置不佳之規劃例

3.修船斜道主要計畫流程如圖2-10 所示。

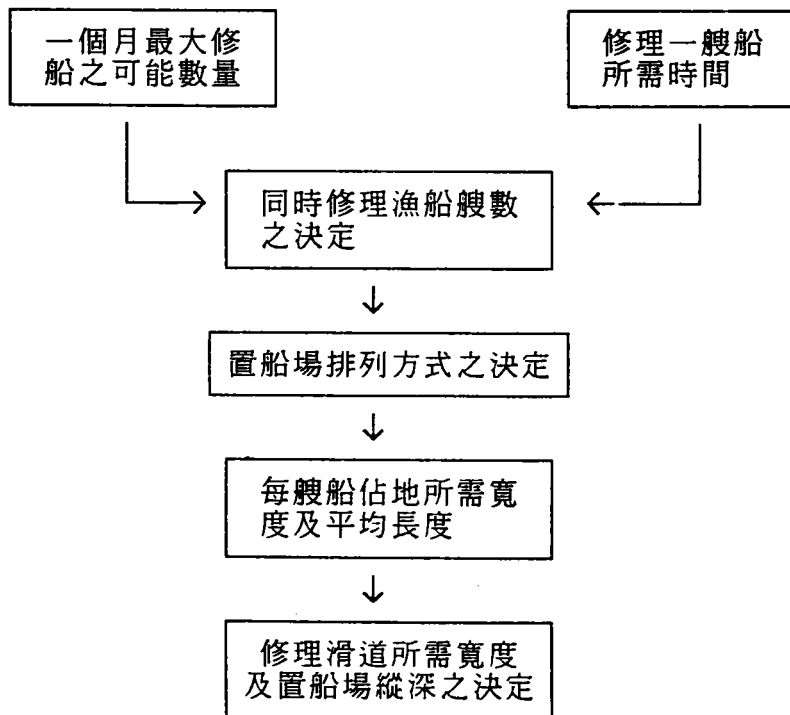


圖2-10 修船滑道計劃程序圖

(五) 陸上設施

漁港必須提供漁船必要之維修、補給及漁獲物加工與冷凍處理，除碼頭及水域之基本設施外，亦須規劃完善之陸上設施；一般包括魚市場、停車場、冷凍廠、製冰廠、水產加工廠、保養工廠、修造船廠、加油站、整備場、檢查站及污水處理設施等，視漁港之規模與需求，予以適當之規劃，各主要陸上設施間之關係如圖2-11 所示。

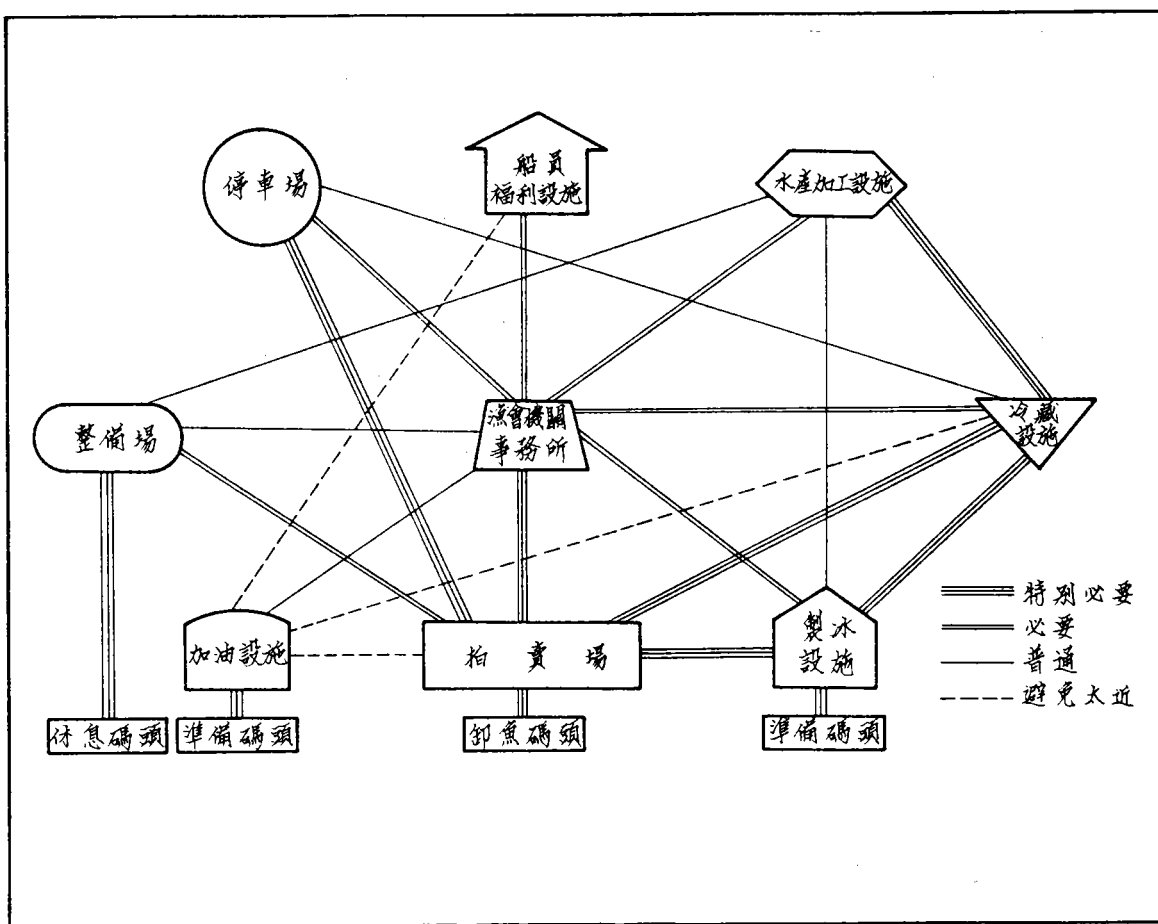


圖2-11 漁港陸上設施間之關係示意圖

六、漁港規劃之實例介紹

(一)烏石漁港

1.地理位置

烏石漁港預定位置在宜蘭縣頭城鎮東北方，距頭城市區約一公里，原為烏石商港遺址，南側有頭城海水浴場，西臨山脈，東濱太平洋和龜山島遙遙相對，約為宜蘭縣蘇澳灣以北至台北縣三貂角間弧形海岸之中點，其位置如圖2-12。

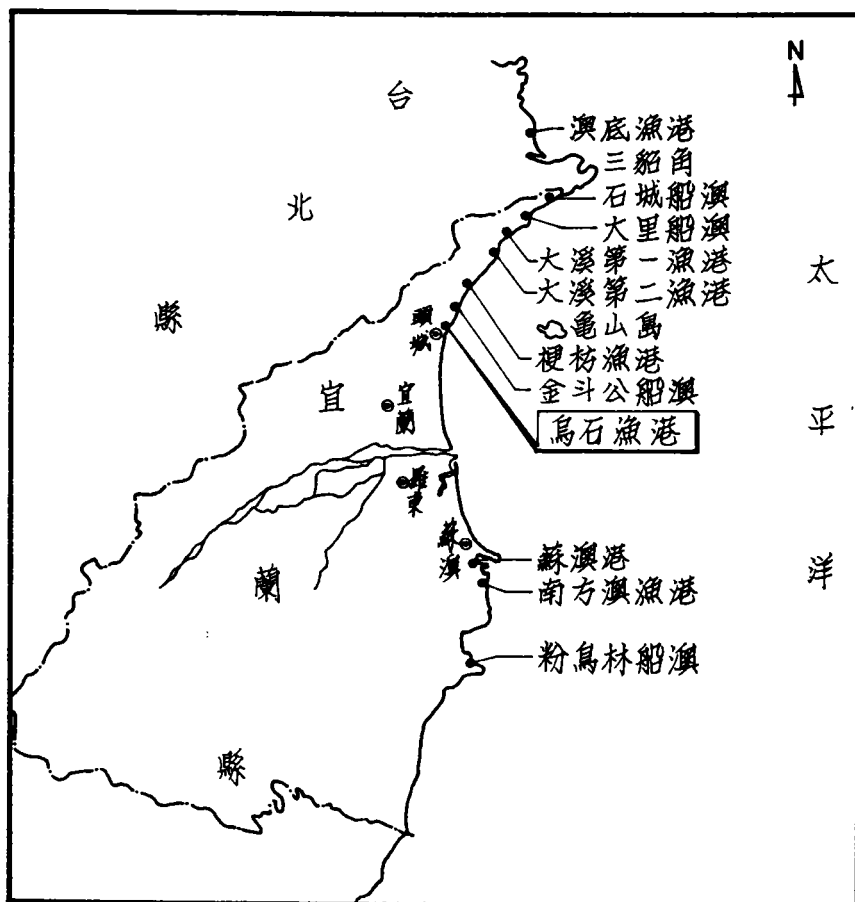


圖2-12 宜蘭縣現有漁港、船澳分佈圖

2.計畫緣起

宜蘭縣漁港設施僅有六處漁港及二處船澳，除南方澳漁港規模較大，穩靜度較佳之外，其餘均屬小型港澳。泊地面積多數小於一公頃，平時已感不足，漁汛期因外地漁船之靠泊更為擁擠。如遇颱風或惡劣天候，漁民常為謀一席避風船位滋生困擾；其不及回航者，則必須駛往台北縣之澳底漁港或基隆港躲避，不僅生命財產飽受威脅，更影

響漁民投資意願及漁業發展至鉅。

頭城鎮海岸佔全縣三分之一，轄內且有六處港澳，可見漁民分佈廣泛及其佔全縣漁業發展之重要地位。烏石港原為先民登陸開發宜蘭之遺址，腹地廣闊，又恰居南方澳漁港及澳底漁港之中點，佔北部漁船作業海域之樞紐位置；因此中央及地方均屬意於該處闢建大型漁港。

3.計畫目標

鑑於宜蘭縣現有漁港設施受限之困境，及本省發展海洋漁業之經濟特性需求，烏石漁港計畫近期内以提供充份必要之漁港設施，供頭城地區近海漁船停泊作業，疏解當前船隻擁擠現象為首要目標；並儘可能以配合「第二期漁港建設方案」開發為原則。遠期目標則考慮未來漁業發展情形，包括近海及遠洋漁船之需求，期能奠定宜蘭縣整體漁業升級及持續成長之基礎。

4.規劃經過

- (1)「竹安河口及附近海岸建港可行性規劃」：民國74.6月～75.2月。另行就頭城鎮竹安河口及其附近地區進行初步研究，選擇適宜建港地點。
- (2)「烏石漁港整體規劃」：76年～77年2月
 - 漁業現況分析及發展預測
 - 漁港規模研究及港區佈置規劃
 - 水工模型試驗(漂砂、遮蔽、斷面)
- (3)「烏石漁港計畫環境影響說明」：78年5月～79年4月
 - 烏石漁港計畫檢討修正
 - 環境影響說明

5.容納漁船規模

宜蘭縣受制於天然海岸地形、及腹地狹小之影響，現有港澳設施均嫌不足，而在未來十年除第二期台灣地區漁港建設方案中所列梗枋、大溪第二、及烏石漁港外，尚無其他新擴建計畫。因此，烏石漁港之建港目標，在可發展之範圍內，應盡可能吸收宜蘭縣各港無法容納之超額漁船。

推估宜蘭縣民國95年可能之漁船數，扣除現有漁港設

施及第二期漁港建設方案擴建後可容納之漁船數，是為超額漁船數，並作為烏石漁港計畫容納之漁船規模，合計有2,000噸以下漁船1,050艘，詳如表2-1 所示。

表2-1 烏石漁港容納漁船規模表

漁 船 噸 級	民國95年 宜蘭縣預估	各 港 可 容 納 漁 船 數	烏石港規劃量
動 力 漁 筏	110	4,150/6.5×1.8×3-118	—
動 力 舢 舨	114	5,000/7.3×2.0×3-114	—
5 T 以 下	220	11,620/8×2.2×3-220	—
5 ~ 10 T	658	67,750/13×3.2×3-542	116
10 ~ 20 T	623	36,159/15×3.6×3-223	400
20 ~ 50 T	371	29,000/20×4.5×3-107	264
50 ~ 100 T	225	26,000/27×5.5×3-58	167
100 ~ 200 T	108	29,730/35×6.5×3-43	65
200 ~ 500 T	20	5,270/45×7.8×3-45	15
500 ~ 1000 T	15		15
1000~ 2000 T	8		8
合 計			1,050

6.碼頭及泊地需求推估

(1)碼頭需求長度：

如表2-2 所示，共需水深 -2.0~ -7.0公尺之碼頭3,395公尺及修船斜道151公尺，詳細計算如表2-3~表2-8。

表2-2 烏石漁港所需碼頭長度表

卸魚碼頭	休息碼頭	加油碼頭	加冰碼頭	檢查碼頭	合 計	水 深
45	186	30	45	30	336	-2.0
119	720	102	102	68	1,111	-2.5
92	598	69	92	23	874	-3.0
62	347	62	62	—	533	-4.0
—	160	—	—	40	200	-5.0
52	35	—	—	—	87	-6.0
—	45	—	—	—	45	-7.0
92	25	—	—	92	209	
462	2,116	263	301	253	3,395公尺	
修船斜道151公尺						

表2-3 烏石漁港卸魚碼頭長度推估表

卸魚碼頭

噸 級 (T)	艘數 (1)	平均 噸數 (T)	最大 吃水 (m)	平均 船長 (m)	平均 船席 長 (m)	每艘 全年 航次 (2)	總航次 (3)- 1×240	尖峰日 利用艘 數(4)- (3)÷240	碼頭 作業 時數 (5)	卸魚 所需 時間 (6)	碼頭作 業次數 (7)-(5) (6)	所需船席 數(8)-(4) (7)	所需 碼頭 長 (m)	水深 (m)
5 ~ 10 T	116	8	1.5	13	15	100	11,600	48.3	6	0.35	17	(2.8) 3	45	-2.0
10 ~ 20 T	400	18	1.7	15	17	50	20,000	83.3	6	0.5	12	(6.9) 7	119	-2.5
20 ~ 50 T	264	40	2.7	20	23	20	5,280	22	6	1.0	6	(3.7) 4	92	-3.0
50 ~ 100 T	167	70	3.0	27	31	12	2,004	8.4	6	1.5	4	(2.1) 2	62	-4.0
100 ~ 200 T	65	155	3.5	35	40	8	520	2.17	6	2	3	(0.72) 1		-5.0
200 ~ 500 T	15	330	5.2	45	52	6	90	0.38	6	3	2	(0.19) 1	52	-6.0
500 ~ 1000T	15	740	6.2	65	75	5	75	0.31	8	4	2	(0.16) 1		
1000~2000T	8	1500	6.5	80	92	4	92	0.13	8	8	1	(0.13) 1	92	-7.0

*卸魚時漁船橫靠碼頭，平均船席長=1.15×平均船長。

*所需船席數()內為實數值，()外為配置船席數。

表2-4 烏石漁港休息碼頭長度推估表

休息碼頭(含保養)

噸	級	艘	滯港比例	滯港艘數 (1)	平均船寬 (B)	縱靠船席長 (1.5 B)(2)	所需碼頭長(m) (3)-(1)×(2)	水深
5 ~ 10		116	1/3	38.7	3.2	4.8	(185.8)186	-2.0
10 ~ 20		00	1/3	133.3	3.6	5.4	(719.8)720	-2.5
20 ~ 50		64	1/3	88	4.5	6.8	(598.4)598	-3.0
50 ~ 100		67	1/4	41.8	5.5	8.3	(346.9)347	-4.0
100 ~ 200		65	1/4	16.3	6.5	9.8	(159.7)160	-5.0
200 ~ 500		15	1/5	3	7.8	11.7	(35.1) 35	-6.0
500~ 1000		15	1/5	3	10	15	(45) 45	-7.0
1000~ 2000		8	1/6	1.3	12	18	(23.4) 25	

*所需碼頭長()內為實數值，()外為所取整數

*休息時，漁船縱靠碼頭，船席長=1.5×平均船寬

表2-5 烏石漁港加油碼頭長度推估表

加 油 碼 頭

噸 級	尖 峰 日 利用艘數	碼頭作業 時 數	加油需時	碼頭作業 次 數	所需船席	平 均 船席長	所 需 碼頭長	水 深
5 ~ 10T	48.3	12	0.5	24	(2.0) 2	15	30	-2.0
10 ~ 20T	84.3	12	0.8	15	(5.6) 6	17	102	-2.5
20 ~ 50T	22.0	12	1.5	8	(2.8) 3	23	69	-3.0
50 ~ 100T	8.4	12	2.0	6	(1.4) 2	31	62	-4.0

*尖峰日利用艘數假設和卸魚碼頭之計算相同。

*100 T以上漁船利用油管在休息碼頭加油。

*所需船席()內為實數值，()外為所取整數值。

小計 263 公尺

表2-6 烏石漁港加冰碼頭長度推估表

加 冰 碼 頭

噸 級	尖峰日利用艘數	碼頭作業 時 數	加油需時	碼頭作業 次 數	所需船席	平 均 船席長	所 需 碼頭長	水 深
5 ~ 10T	48.3	10	0.5	20	(2.4) 3	15	45	-2.0
10 ~ 20T	84.3	10	0.8	12.5	(6.7) 6	17	102	-2.5
20 ~ 50T	22	10	1.5	6.7	(3.3) 4	23	92	-3.0
50 ~ 100T	8.4/2-4.2	10	2.0	5	(2) 2	31	62	-4.0

*尖峰日利用艘數同卸魚碼頭之計算。

*50~100 T約半數有冷凍設備不需加冰。

*100 T以上漁船均自設有冷凍設備不需加冰。

*所需船席數()內為實數值，()外為所取整數值。

小計 301 公尺

表2-7 烏石漁港檢查碼頭長度推估表

檢 查 碼 頭

噸 級	尖 峰 日 檢 查 航 次	碼 頭 作 業 時 數	檢 查 需 時	碼 頭 作 業 時 數	所 需 船 席	平 均 船 席 長	所 需 碼 頭 長	水 深
5 ~ 10 T	96.6	12	0.2	60	(1.6) 2	15	30	-2.0
10 ~ 20 T	166.6	12	0.3	40	(4.2) 4	17	68	-2.5
20 ~ 50 T	44	12	0.3	40	(1.1) 1	23	23	-3.0
50 ~ 100 T	16.8	12	0.4	30	(0.6) 0	31	—	-4.0
100 ~ 200 T	4.34	12	0.5	24	(0.2) 1	40	40	-5.0
200 ~ 500 T	0.76	12	0.6	20	(0.04) 0	52	—	-6.0
500 ~ 1000 T	0.62	12	1.0	12	(0.05) 0	75	—	-7.0
1000 ~ 2000T	0.26	12	1.0	12	(0.02) 1	92	92	

*尖峰檢查航次=尖峰利用艘數×2(出入各一次)

*所需船席數()內為實數值，()外為所取整數值

小計 253 公尺

表2-8 烏石漁港修船斜道長度推估表

修 船 斜 道

噸 級	艘 數 (1)	每 次 整 修 天 數 (2)	每 年 整 修 回 數 (3)	每斜道可 整修艘數	每斜道寬	所需斜道數	所需斜道寬 (m)
5 ~ 10 T	116	5	2	4	4.8	(0.97) 1	4.8
10 ~ 20 T	400	6	2	4	5.4	(4.0) 4	21.6
20 ~ 50 T	264	7	2	3	6.8	(4.1) 4	27.2
50 ~ 100 T	167	7	2	2	8.3	(3.9) 4	33.2
100 ~ 200 T	65	8	2	2	9.8	(1.7) 2	19.6
200 ~ 500 T	15	8	2	1	11.7	(0.8) 1	11.7
500 ~ 1000 T	15	10	2	1	15	(1.0) 1	15
1000 ~ 2000T	8	12	2	1	18	(0.64) 1	18

*每斜道寬以平均船寬 $\times 1.5$ 計。

*所需斜道數=艘數 $\times$ 每次整修天數 $\div$ 回數 $\div 300$ 天 $\div$ 每斜道可整修艘數()內為實數，()外為所取整數值。

小計151.1-151公尺

(2)泊地水域需求面積：

[1]繫留水域

A1.卸魚用泊地(—卸魚碼頭長×1.5船寬)

$$A1=45 \times 4.8 + 119 \times 5.4 + 92 \times 6.8 + 62 \times 8.3 \\ + 52 \times 11.7 + 92 \times 18 - 4,263.2 \text{ (m}^2\text{)}$$

A2.休息用泊地(—休息碼頭長×1.15船長)

$$A2=186 \times 15 + 720 \times 17 + 598 \times 23 + 347 \times 31 \\ + 160 \times 40 + 35 \times 52 + 45 \times 75 + 25 \times 92 \\ - 53,436 \text{ (m}^2\text{)}$$

A3.加油用泊地(—加油碼頭長×1.5船寬)

$$A3=30 \times 4.8 + 102 \times 5.4 + 69 \times 6.8 + 62 \times 8.3 \\ - 1,678.6 \text{ (m}^2\text{)}$$

A4.加冰用泊地(—加冰碼頭長×1.5船寬)

$$A4=45 \times 4.8 + 102 \times 5.4 + 92 \times 6.8 + 62 \times 8.3 \\ - 1,907 \text{ (m}^2\text{)}$$

A5.檢查用泊地(—檢查碼頭長×1.5船寬)

$$A5=30 \times 4.8 + 68 \times 5.4 + 23 \times 6.8 + 40 \times 9.8 \\ + 92 \times 18 - 2,715.6 \text{ (m}^2\text{)}$$

合計繫留水域A=A1+A2+A3+A4+A5 共需59,377.8
平方公尺。

[2]操船水域B(—碼頭長×三倍船長)+(修船斜道長×
三倍船長)

$$B=(336 \times 3 \times 13) + (1,111 \times 3 \times 15) + (874 \times 3 \times 20) \\ + (553 \times 3 \times 27) + (200 \times 3 \times 35) + (87 \times 3 \times 45) + \\ (45 \times 3 \times 65) + (209 \times 3 \times 80) + (151 \times 3 \times 3 \times 35) \\ - 268,977 \text{ (平方公尺)}$$

*整修漁船以100~200噸級平均船長計算。

[3]錨地C

以供50~100噸級2艘，及500~1,000噸級1艘計算，
每艘船所佔錨地面積=[(船長+20m)×2]

$$C=2 \times [(27+20) \times 2] + 1 \times [(65 \times 20) \times 2] \\ - 46,572 \text{ (平方公尺)}$$

總計烏石漁港共需泊地面積為374,926.8平方公尺，

約37.5公頃。

另外，考慮颱風期或春節時若所有漁船全部返港，所需泊地面積以船長×船寬×3以概估，約需33.7公頃（詳如表2-9），小於37.5公頃，故烏石漁港泊地面積需求定為37.5公頃。

表2-9 烏石漁港颱風期所需泊地面積估算表

噸 級	艘 數	所 需 泊 地 面 積(m ²)
5 ~ 10 T	116	116×13×3.2×3=14,476.8
10 ~ 20 T	400	400×15×3.6×3=64,800
20 ~ 50 T	264	264×20×4.5×3=71,280
50 ~ 100 T	167	167×27×5.5×3=74,398.5
100 ~ 200 T	65	65×35×6.5×3=44,362.5
200 ~ 500 T	15	15×45×7.8×3=15,795
500 ~ 1000 T	15	15×65×10×3=29,250
1000~ 2000 T	8	8×80×12×3=23,040
合 計=337,402.8 (m ²)= 33.7公頃		

7.陸上設施

包括魚市場、停車場、冷凍廠、製冰廠、水產加工廠、加油站、保養工廠、修造船廠及整備場用地共 18.41公頃，如表2-10 所示。

表2-10 烏石漁港必要陸上設施面積表

用 地 名 稱	面 積 (平 方 公 尺)
魚 市 場	16,500
停 車 場	8,400
冷 凍 廠	28,400
製 冰 廠	3,300
水 產 加 工 廠	50,300
加 油 站	8,700
保 養 工 廠	10,300
修 造 船 廠	37,000
整 備 場	21,200
合 計	184,100

8.配置計畫

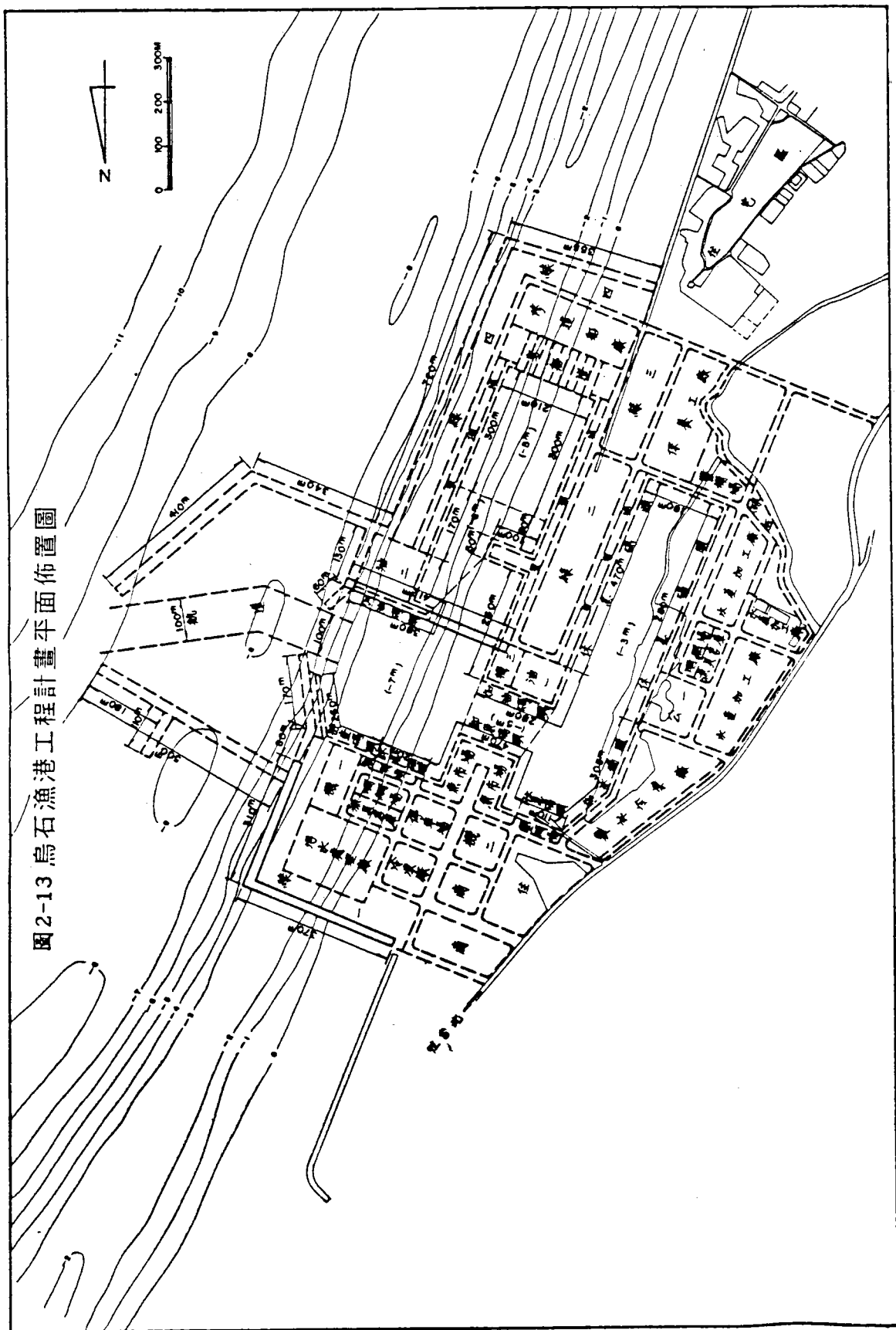
烏石漁港計畫面積約151.64公頃，其中水域63.07公頃，陸域88.57公頃，平面配置如圖2-13 所示。

(二)興達遠洋漁港

1.地理位置

興達漁港位於高雄縣西南海岸二仁溪及阿公店溪間，原為一感潮湖，其北距安平港13.5公里，南距高雄港28公里，西濱台灣海峽，如圖2-14 所示。

圖2-13 烏石漁港工程計畫平面佈置圖



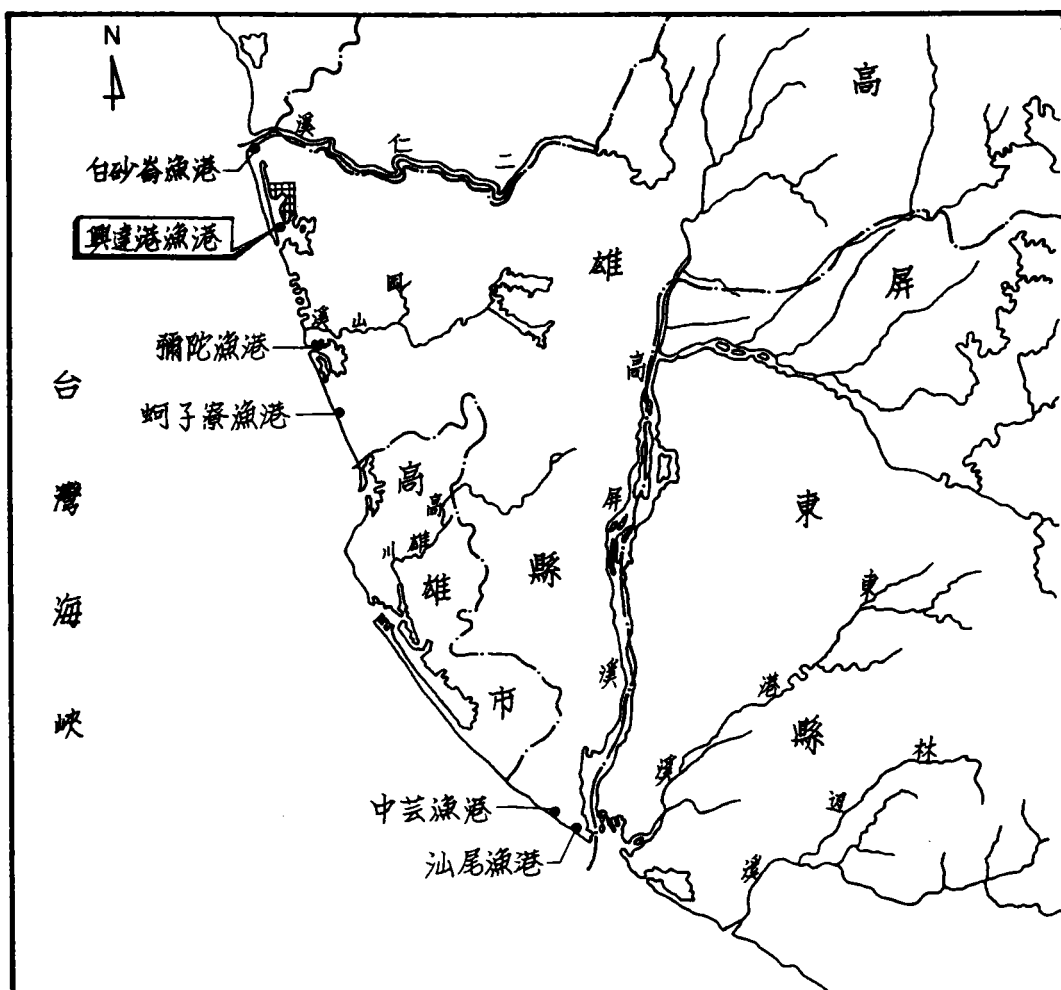


圖2-14 興達遠洋漁港位置圖

2. 計畫緣起

台灣地區，四面環海，又因地狹人稠，對海洋漁業之依存程度極高，尤以遠洋漁業生產量佔總漁業生產量之50%，為我國當前漁業之主體，但因目前缺乏大型遠洋漁港，船隻停泊作業甚為擁擠，影響遠洋漁業發展甚鉅。行政院農業委員會（以下簡稱農委會）為疏解目前台灣地區遠洋漁港擁擠現象，促進漁業持續成長，特於民國七十四年規劃闢建遠洋漁港，於民國75年4月完成「增闢遠洋漁港規劃計畫報告」，擬興建興達及安平兩處遠洋漁港，案經農委會報奉行政院77年11月4日核定。全案並於民國79年月因私有地取得問題未解決而予修訂。

3. 容納漁船規模

表2-11 興達遠洋漁港容納漁船規模

單位：艘

噸 級 艘 數	50 100	100 200	200 500	500 1000	1000 2000	2000 4000	4000 5000	合計
原 計 畫	264	169	856	107	13	8	3	1420
修訂計畫	—	150	730	100	10	7	3	1000

4.碼頭及泊地需求

(1)碼頭長度：如表2-12。

表2-12 興達遠洋漁港碼頭長度需求表

單 位：公尺

水 深 (公尺)	卸魚碼頭	休息碼頭	保養碼頭	檢查碼頭	合 計
-5.0	80	356	80	—	516
-6.0	570	2,074	504	—	3,148
-7.0	150	372	146	—	668
-8.0	130	62	36	390	618
合 計	930	2,864	766	390	4,950

(2)泊地面積

- a.繫泊水域：為漁船繫泊於碼頭前方所佔用之水域，約需18.85公頃。
- b.操船水域：為漁船移動迴旋所佔用之水域，約需82.13公頃。
- c.錨地：為尖峰期漁船暫時拋錨等候所佔用之水域約需22.92公頃。

d.以上合計共需泊地面積約124公頃。

5.陸上設施

包括魚市場、停車場、冷凍工廠、水產加工廠、加油設備、保養工廠、漁具工廠及整備場等用地共約59公頃，如表2-13所示

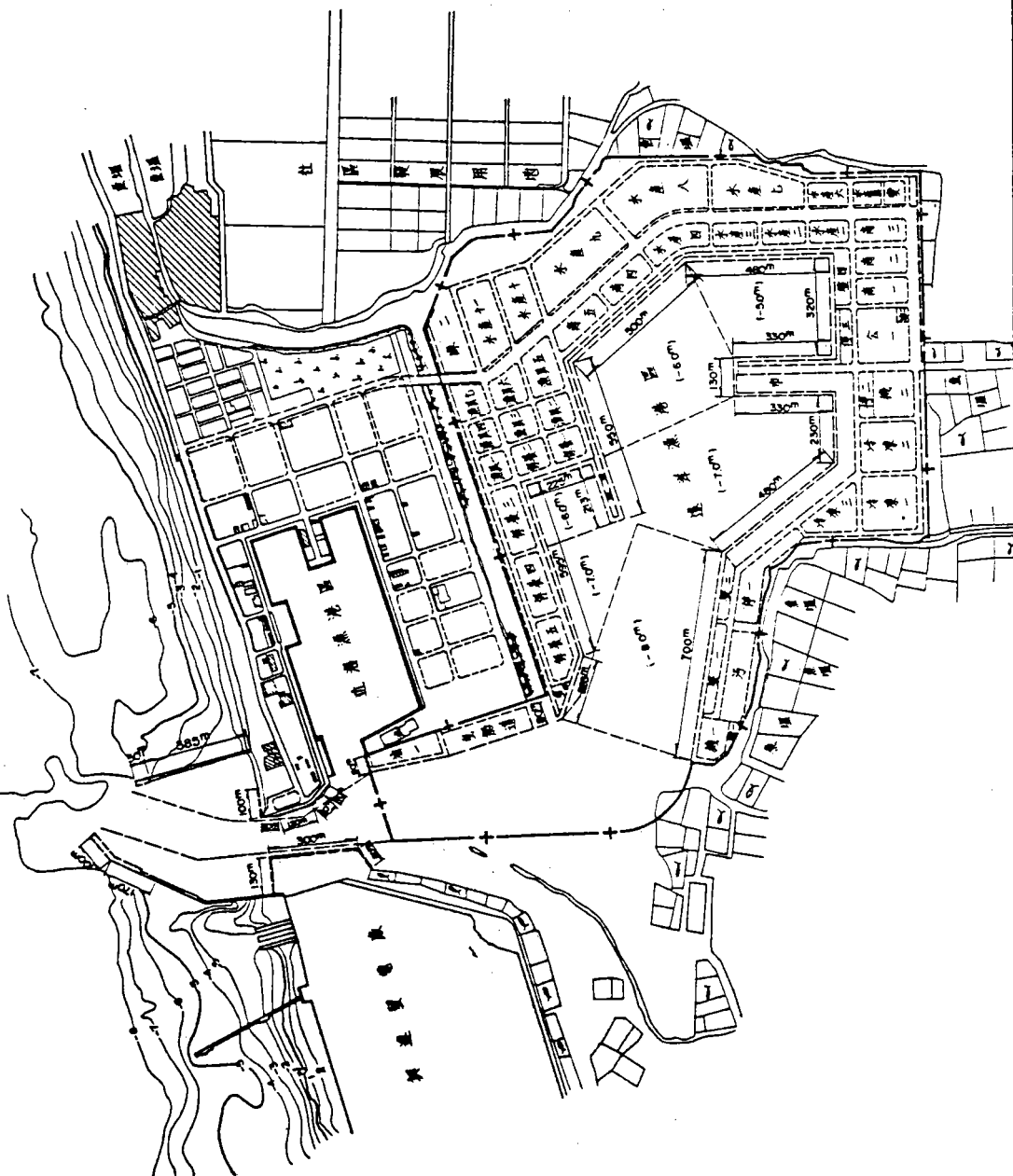
表2-13 興達遠洋漁港陸上設施用地需求表

用地名稱	面積 (公頃)
魚市場	3.35
停車場	2.43
冷凍工廠	7.50
水產加工場	25.80
加油設備	1.50
保養工廠	7.53
漁具工廠	7.53
整備場	2.87
合計	58.51

6.配置計費

興達遠洋漁港計畫面積約271公頃，其中水域126公頃，陸域145公頃，平面配置如圖2-15所示。

圖2-15 興達港漁港工程計畫平面佈置圖



防波堤設計

* 港灣技術研究所規劃設計組組長 王慶福

一、防波堤構造物之演進

防波堤之最原始型態，可以想像為海底自然石塊之單純堆積。投入海中之石塊，受波浪之作用，一面產生下陷及散亂，一面隨波浪之大小及石塊之重量，逐漸形成一安定斜坡，構成一可抗浪之構造物，此即為拋石斜坡堤之起源。但早期之拋石斜坡堤所面臨之問題，除了為得安定斜坡，使得斜坡為長而緩外，同時大量石料之需要，以及須不停補充外，在L.W.L.~H.W.L.之間，由於波浪之作用力大，很難形成一安定斜面，為避免石塊之移動，因此在L.W.L.或H.W.L.線上改放置直立堤，形成一高基合成堤，此種高基合成堤直立部之功能，一為防浪，二為防止石塊移動，同時為便於施工，當時其基部大都置於L.W.L.上。但隨著高基合成堤之大量興建，由於波浪對堤體基部之沖刷以及碎波所致衝擊波力，造成了不少失敗例，為求改進，因此考慮二種方法，一為以大塊石或方塊覆蓋基部，以抵抗沖刷，另一為將堤體基礎部份降低至波浪作用較弱之深度，此亦即為由高基合成堤轉變為低基合成堤之過程，像此種由緩坡度拋石堤變成高基合成堤而後再轉成低基式合成堤，可說是近代防波堤構造變遷之一特徵。

低基合成堤雖在歐洲及其殖民地曾被大量採用，但亦由於幾個失敗例，因此有部份又回復到斜坡堤了，但在日本低基合成堤卻一直是防波堤構造之主流。

另一種變化過程為由拋石堤至拋方塊堤，由於緩斜坡堤所需石料過多，因此導入以人工製造的大型方塊，構成較陡之斜面的拋方塊堤，效果雖不錯，但由於費用過高，因此又改良成堤心仍為拋石，僅覆蓋層為方塊之型式，以達經濟之目的。此後由於方塊亂拋之效果較不佳，為增加方塊間之一體性，改為階梯狀之整放型式。但由於階梯斜面過緩，再加上不等沈陷之影響，使得整體性之效果較小，為求改善，又使方塊相疊，形成了直立堤。此雖與前之演變過程不同，但結果卻皆成了低基合成堤之型式。

近代最著名之斜坡堤型式可以法國馬賽港之防波堤為代表，此堤之特徵為：

- (1)堤心拋石依重量分類，其重量愈往外愈重。
- (2)港外側斜坡以混凝土方塊層覆蓋，並在靜水面附近改變坡度。
- (3)靜水面上之坡度長而緩以減輕波力及回流，頂部結構與水面保持相當距離，並置於

覆蓋層內以減少受壓面積。

(4)靜水面下之坡度很陡，方塊覆蓋層達深處。

(5)方塊雖不整拋，但儘可能密集。

此種型式之防波堤最初在地中海沿岸採用，而後逐漸應用到各處，同時亦都成功。1949年菱形塊發展出來後，由於消波效果佳，反射小，所須混凝土較少，因此亦逐漸改變成消波塊覆蓋斜面堤了。

另外直立堤之發展，最初係為防止拋石散亂，而以框或籠子使成一體，此為很古老以前之方法，此後逐漸出現以內外方塊中填石之型式，而後再演變成方塊相疊而成，並隨著大型化而有巨大方塊堤及沈箱堤之出現。

早期之沈箱為金屬製者較多，事實上亦係當作模框在使用，中填混凝土塊，再灌入混凝土，其後逐漸發展成無筋混凝土沈箱，而為增加壁體強度，又改成鋼筋混凝土沈箱，早期由於考慮鋼筋混凝土之耐海水性問題，因此均以填充混凝土為主，以便即使外壁受損，仍可利用內部混凝土抵抗波力，但由於後來認為以混凝土填充以增加重量，代價過高，倒不如將沈箱作的大些內部填石料，而當外牆有破壞之徵兆時，再填混凝土也不遲，同時，由於填充混凝土之化學作用產生膨脹因而破壞沈箱之例亦出現，再加上考慮將來防波堤要移動時，填充混凝土反而成了障礙，因此逐漸改用石料填充，爾後更為節省經費起見，以砂填充之例逐漸增多。至今日已成合成堤之主流了。

另外由防波堤之設計觀點來看，在歐洲大都以斜坡堤為碎波堤，直立堤為重複波堤，作為設計之根本理念，即使是合成堤，英文為Composite Breakwater，主要亦是從作用面上來區分，是作用之合成而非斷面之合成，例如高基合成堤為碎波堤，低基堤為重複波堤，甚至在潮差很大之處，隨潮位而改變為碎波堤或重複堤之現象，可在面臨英法海峽之各港可見，但在日本則無此看法，日本之防波堤大都為合成堤，而且其直立部大多承受碎波壓力，此與歐洲之觀點完全不同，為了解此種原因，須由長久之歷史背景來考察，不過將其簡單整理可歸納如下：

(1)歐洲自古代即屬於巨石文化，例如埃及的金字塔、希臘的神殿、羅馬的圓型競技場等不勝枚舉，對這種以石材為主應用於日常生活中之人而言，以拋石堤為防波堤之主流，實不足為奇，同時更由於馬賽港大規模斜坡堤之成功，更增加對斜坡堤之信心。

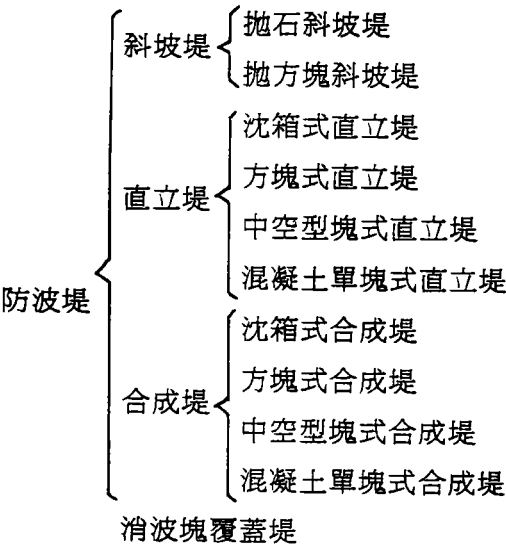
(2)防波堤之設置水深，在歐洲20m，30m之水深構築防波堤之例很多，而在日本，以往頂多為10m左右。面對太平洋的大浪，在此水深下，想要為重複波之作用，實在很難，因此就無法產生直立堤等於重複波堤之觀念，再加上缺乏斜坡堤之實績，因此只有以合成堤來抵抗碎波了。

由於日本合成堤之設計一開始即以碎波之發生亦能安全為考量，因此與絕對不發生碎波為前題之重複波堤是不同的，在歐洲各國，直立堤之災害經常可見，其原因多少與直立

堤等於重複波堤之思考有關，也因此補修工法大都回復為斜坡堤為主。

二、構造型式之分類

防波堤依其構造型式，通常可作如下之分類：



其他型式防波堤：鋼管、廉式、浮式等。

在此除了其他型式外，均為重力式，亦即以本身重量去抵抗波力，此種堤之特徵如下：

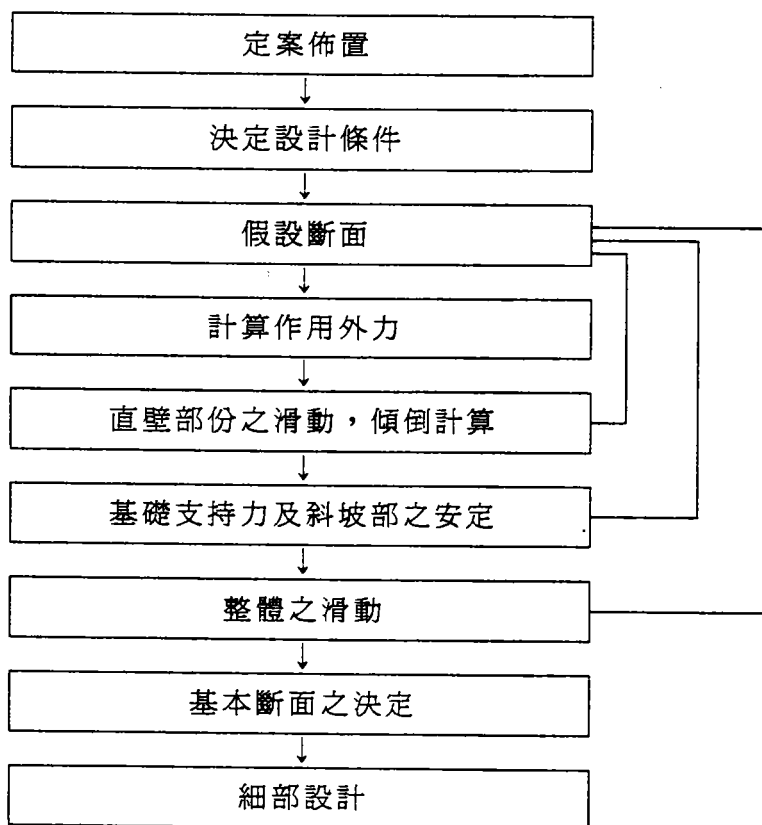
	直 立 堤	合 成 堤	傾 斜 堤
構 造	堤身直接置於海底上，並為一垂直於海底之壁面，以反射波浪能量。	基礎部為拋石堤，在其上放置直立堤，並以其使波浪破碎（介於傾斜堤及直立堤之構造）。	以拋石或型塊構成一斜面緩坡，使波浪破碎，並吸收溯上之能量。
適用 條件	在水深較深處可抵抗重複波，如在產生碎波之處，則在水深較淺處較有利。	通常用於碎波之處，在水深較深及潮差大之處均很適用。	在淺海地區較有利，同時若海底凹凸時亦很有利。
優 點	1. 在可適用之條件下，所需材料較少。 2. 工期較短，施工日數短。 3. 所佔用地較少。 4. 維持費較省。 5. 防波堤背後亦可當作停船用。	1. 具一般性，即使是軟弱之地盤上亦可分散荷重。 2. 可使直立部之斷面縮小。 3. 由於直立部之設立，減少傾斜部所需之龐大拋石量。 4. 具充分的耐波性。	1. 可減低波浪能量。 2. 施工容易，維修建亦簡單，不須太多施工設備。 3. 反射波亦少。 4. 亦適用於軟弱地盤。 5. 在拋石不缺水深很淺之處特別適合。 6. 海水之透過性佳，水質維持易。
缺 點	1. 在水深較深而不發生重複波時，所需之堤體斷面將很大。 2. 通常底面反力很大，而且波浪所致之沖刷影響亦大。 3. 如果海底地盤不佳時，不很適用。 4. 反射大，對周圍之影響很大。 5. 如果有受災之情形發生，將損壞。	1. 所需施工機具較多。 2. 直立部及拋石部之接續處易受沖刷。 3. 對波浪之作用力產生複雜之反應。	1. 所需底面寬度較大，因此不適合狹小水域。 2. 水深較深時，所須之石料多，工程費高。 3. 須經常維修。 4. 在有漂沙影響之處，易使港內埋沒。

三、設計法

防波堤之主要功能為防止外海波浪之侵入，以維持港內靜穩度，並使船舶之航行、停泊以及裝卸能順利進行，同時保護港內設施為目的。因此，在設計時即應針對以下事項加以考量，即(1)防波堤之配置，(2)對周圍地形之影響，(3)對水域環境之影響，(4)設計條件，(5)構造型式，(6)設計法，(7)施工法，(8)工程費。本文由於重點為設計法，因此僅就設計時較相關者加以論述。

1.設計程序

通常一較嚴謹之設計，應分為三個步驟，即比較設計、基本設計、細部設計。比較設計主要為選擇某一設計條件下之最適構造物型式，基本設計則係針對選擇出之構造物，檢驗其是否確實能符合須要，細部設計則為針對定案之構造型式及尺寸，作更進一步之結構分析。因此各個步驟所要求及考量之因素均不同，不過隨著目前電子計算機之發展，以往作比較設計時所求取概略斷面之現象已較不存在，因此，目前比較設計與基本設計合併一起作之例很多。至於設計流程，一般依下列順序進行。



2.設計條件

依現行設計基準，防波堤之設計條件包括(1)港內靜穩度，(2)風，(3)潮位，(4)波浪，(5)

水深及地盤條件，(6)其他，其中港內靜穩度為使用目的上決定之條件，風、潮位波浪、水深及地盤等為基本上之設計條件，摩擦係數、構材之容許應力、單位體積重量為計算時之設計條件。風之資料主要為推算波浪用，以及燈塔設置時之風壓力計算，潮位則以對構造物最不利之狀況加以檢討，波浪則應考慮波向、波高、週期、波長等，同時為因應目前防波堤構築水深之逐漸加深，波浪迴歸期計算等統計處理，更是決定設計波高之方法。水深對構造、施工、經濟性方面之影響亦大，更不能忽視，有關設計條件之決定法，由於另有專文論述，因此不多述。

有關防波堤構造型式之選擇，除應考慮各構造型式之特性外，更應比較以下之各種條件而決定所應採用之構造型式，即(1)佈置條件，(2)自然條件，(3)利用條件，(4)施工條件，(5)工程費，(6)工期，(7)重要性，(8)材料取得難易，(9)維修管理之難易等，各構造型式之特性，已在第二章中討論過，現針對各堤之設計法，作一說明：

四、斜坡堤之設計

斜坡堤設計時，主要考慮之因素如下：

- (1)護坡坡度。
- (2)堤高及堤寬以及頂部有無混凝土構造物。
- (3)覆面保護材之種類及重量。
- (4)維護費等。

護坡坡度應由安定計算決定，但由很多實例整理可知，在歐美以取1:1.5者較多，有時亦可見1:1.3之例，此乃考量拋石投入時之安息角再加上若干餘裕而決定的，但如斜坡堤全斷面以拋石構築時，為減輕波力之作用，港外側靜水面附近取1:2~3之例亦很多（如馬賽型斜坡堤），但在日本，由於重量大之塊石採取不易，再加上對地震安定性之考量，因此斜坡堤之坡度大都取1:2~3者較多。但如以消波塊覆蓋時，則可取1:1.3~1:1.5，至於港外側，護坡之上部與下部坡度或覆蓋材重量改變時，原則上要在靜水面下 $1.5H\frac{1}{3}$ 深之處。

堤頂寬度，並無一定之公式可用以決定，不過，一般以最少可排放三個以上之覆蓋石或異型塊為準，而在實際之施工時，由於考量材料之搬運，以及完成後之利用，因此完成後之斷面均遠較實際為大。至於堤頂高程則視需要，不過為 $0.6H\frac{1}{3}$ 以上。

通常較引起爭議的為覆蓋石或混凝土型塊所須重量之求法，依現行基準，重量可依Hudson公式計算，即

$$W = \frac{r_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \alpha}$$

式中 W:塊石或混凝土型塊所須最小重量 (t)

r_r :塊石或混凝土型塊在空氣中之單位重量 (t/m³)

$$S_r: \text{塊石或混凝土型塊與海水之比重} \quad S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_w}$$

α : 斜面與水平面所成之角度。

H: 防波堤設置位置之進行波波高 (m)

K_d: 依覆蓋材之形狀及破壞率所決定之係數。

此公式之應用，最大之問題為K_d之值，依據各種模型試驗之結果，碎石之K_d=2~5，消波異型塊K_d=5~20，亦或此值以上，由於覆蓋材所須重量與K_d成反比，因此一般均認為K_d值愈大者愈佳，但覆蓋材之安定試驗，隨覆蓋材之排列狀況及波高之變化情況而有影響，安定界限很難判斷，同時何種程度之破壞率為安定上之容許基準，應由構造物整體之安定以及對防波堤要求之功能面來判斷，像此種隨允許破壞之程度，使覆蓋材重量之選擇時具有一彈性亦為斜坡堤之一特徵。

五、合成堤之設計

目前防波堤之型式以採用合成堤者最多，雖然合成堤依其直立壁之型式又可分為沈箱式、方塊式、中空型塊式、混凝土單塊式等，但在基本設計上其考量均同，以下即針對此作一說明：

1. 波壓公式之演變

最早的波壓公式是1920年日本的廣井公式，其波壓為某一受壓面積內之平均值，實用上係以等分佈荷重在處理，雖與實際之現象不合，但由經驗及試驗證明，對同時作用於廣大堤身範圍內之波壓平均值相當接近。此後1928年法國的Sainflou依據波浪理論，提出一簡略公式亦即眾所皆知的Sainflou公式，此二公式一為適用於碎波，另一為重複波，其分界點為水深為波高之2倍以下或上時。另外在1950年在歐美依據衝擊碎波壓之試驗，另提出Minikin公式，此三公式幾成了當時之主流。但由於

- (1) 在碎波與重複波之界限點上，波壓成了不連續的變化，由於此一突變，波壓之計算值減少了約30%，在計算上由某點開始，堤體寬度會急遽減小。
- (2) 在設計波高上，應使用不規則中的何種波才正確，理論上之根據並不明確，特別是廣井公式以有義波 ($H \frac{1}{3}$) 為主，但是對於如探探石油之海洋構造物則以最高波 H_{max} 為主，二者之間並不對應，易使人迷惑。
- (3) 隨著對波壓研究之進展，可發現碎波波壓未達到廣井公式之值的例很多，但有時也會發現比公式之值大很多的碎波壓出現。如此波壓之多樣性，特別是對衝擊碎波壓之對應，成了很大的問題。
- (4) 海底坡度，波浪週期，拋石厚度等對波壓之影響均未考慮。

1973年合田根據伊藤對合成式防波堤直立部的期待滑動量所提倡的連續式及採用最高

波之觀念，以有系統的波壓試驗值，並參考其他資料，將波壓分佈及波壓強度之值加以檢討，並以實際防波堤之耐波效果加以比較研究，提出了新的波壓計算法，亦即合田公式，此公式之特點為：

- (1)波高採用最大波。
- (2)導入參數 α_2 ，將海底坡度之變化及拋石厚度之變化對波壓所產生之影響加以考慮。
- (3)導入廣井公式所未考慮的週期因素。
- (4)使重複波至碎波成一連續變化。

另外，為求解式中的 $H_{1/3}$ 及 H_{max} ，通常須依據碎波的理論模式去解波高的變化，不過由波浪現象之整體精度及變動性去考慮的話，設計基準提供了以下之簡便式。

$$H_{1/3} = \begin{cases} K_s \cdot H_o' & (h/L_o \geq 0.2) \\ \min \{ (\beta_o H_o' + \beta_1 h), \beta_{max} H_o', K_s \cdot H_o' \} & (h/L_o < 0.2) \end{cases}$$

式中

$$\beta_o = 0.028 (H_o' / L_o)^{-0.38} \exp [20(\tan \theta)^{1.5}]$$

$$\beta_1 = 0.52 \exp [4.2 \tan \theta]$$

$$\beta_{max} = \max \{ 0.92, 0.32 (H_o' / L_o) - 0.29 \exp [2.4 \tan \theta] \}$$

K_s ：淺化係數

H_o' ：換算深水波

h ：水深

L_o ：深水波波長

同樣的

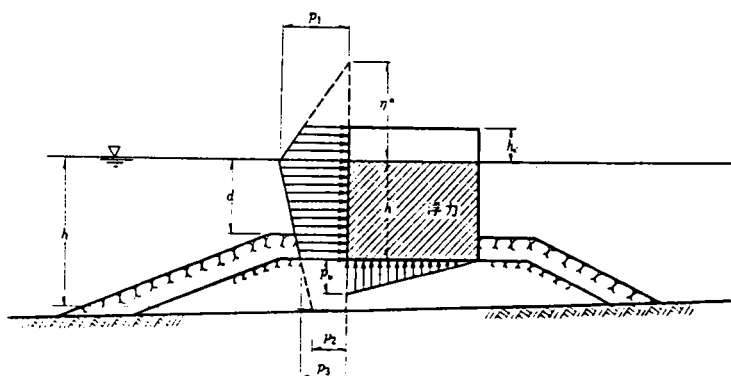
$$H_{max} = \begin{cases} 1.8 K_s H_o' & (h/L_o \geq 0.2) \\ \min \{ (\beta_o^* H_o' + \beta_1^* R), \beta_{max}^* H_o', 1.8 K_s H_o' \} & (h/L_o < 0.2) \end{cases}$$

$$\text{式中 } \beta_o^* = 0.052 (H_o' / L_o) - 0.38 \exp [20(\tan \theta)^{1.5}]$$

$$\beta_1^* = 0.63 \exp [3.8 \tan \theta]$$

$$\beta_{max}^* = \max \{ 1.65, 0.53 (H_o' / L_o) - 1.29 \exp [2.4 \tan \theta] \}$$

根據以上計算所得出之 H_{max} ，即為防波堤波力計算時，所使用之設計波高。將其代入合田公式中，即可解出作用於直立壁之波壓。合田公式如下：



1.波壓力：

$$\eta^* = 0.75(1 + \cos \beta) H_D$$

$$P_1 = \frac{1}{2}(1 + \cos \beta)(\alpha_1 + \alpha_2 \cos \beta) W_0 H_D$$

$$P_2 = \frac{P_1}{\cosh(2\pi h/L)}$$

$$P_3 = \alpha_3 P_1$$

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left(\frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right)^2$$

$$\alpha_2 = \min \left(\frac{h_b - d}{3h_b} \left(\frac{H_D}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_D} \right)$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left(1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h/L)} \right)$$

式中：

η^* ：靜水面上波壓強度成零之高度 (m)

P_1 ：靜水面上波壓強度 (t/m²)

P_2 ：海底面之波壓強度 (t/m²)

P_3 ：直立壁底面之波壓強度 (t/m²)

h ：直立壁前面之水深 (m)

d ：覆基方塊亦或護坡石 (塊) 中水深較淺者 (m)

W_0 ：海水之單位體積重量

H_D ：設計波高 (m)

L ：水深 h 之波長。

β ：直立壁法線之垂直線與波浪主方向 $\pm 15^\circ$ 範圍內修正所形成之角度。

2.揚壓力：

作用於直立壁底面之揚壓力，為前趾 P_u 後趾成零之三角形分佈。

$$P_u = \frac{1}{2}(1 + \cos \beta) \alpha_1 \cdot \alpha_3 \cdot W_0 \cdot H_D$$

若直立堤有基腳存在時，因海側之基腳上面有往下作用之波力，下有往上作用之揚壓力 P_u' ，所以在一般之場合，其合力與無基腳存在時，並無很大的差別，因此通常均不考慮基腳之存在與否，只考慮堤身下承受揚壓力之作用。

3.設計波高

設計計算時所使用之波高為最高波之波高及週期。最高波之波長為對應於有義波週期之波長，最高波波高 H_{max} 之取法如下：

(1)最高波高不受碎波之影響時

$$H_D = H_{max} = 1.8 H \frac{1}{3}$$

(2)最高波高受碎波影響時

$$H_D = H_{max} \text{ (考慮不規則波之碎波變形之 } H_{max} \text{)}$$

但須注意，此時之最高波高為距直立壁前 $5H \frac{1}{3}$ 處之水深 h_b 時之波高。

另外，當直立壁前放置消波塊，作用之波力隨消波塊放置情況而改變，因此，一般以模型試驗之結果來計算。但若消波塊之頂部與直立壁之頂部高程相同時，同時消波塊對波浪之作用亦能保持安定時，仍可利用合田公式，只是式中加入一波壓減低係數 λ 。此值一般取為0.8，但是在計算斜坡堤之頂部直立壁時，當直立壁之底面在靜水面附近時，由於 λ 之值受週期之影響很大，因此當週期很長時，須取 $\lambda = 1.0$ 才可。

合田公式之第一特徵為由重複波至碎波波力之變化可連續計算，同時導入週期對波力變化之影響，另一特徵為拋石基礎高程與海底坡度對波力之變化影響。但合田公式亦有其適用界限，如在高基拋石堤海底坡度很陡之處，往往波浪會對直立堤產生強大之衝擊碎波壓，而公式所計算得之波力卻顯得偏小，因此對衝擊碎波壓發生之危險性應加以注意使用。

其次為在汀線附近水深極淺處之適用性，由於公式本身為對稍偏海處碎波之波浪，才對直立堤產生最大波力，而此水深界限很難明定，因此在此情況下須與其他計算公式相比較。

其他尚有堤前充分覆蓋消波塊時，另有森平公式可檢討，因此波力之檢討依狀況之不同，亦應適時採用其他公式，如與水深相比波高很小時，亦即很明顯的為重複波作用時，亦可使用Sainflou公式，但須充分考慮現地波浪之不規則性而以最高波來檢討。

由以上之檢討可知，當合成式防波堤在基本設計時，由於條件不同，首先應選擇適

用之公式，且拋石基礎厚度之改變，亦或消波塊之放入與否，甚至胸牆高度之變更，均將使作用於堤體之波力改變，因而影響堤體斷面之大小，所以為求取一經濟斷面，所須作之計算相當多。另外有關合成式防波堤設計時之各種條件如下：

(1)堤體滑動安全率 ≥ 1.2

(2)堤體傾倒安全率 ≥ 1.2

(3)堤體底面反力 $\leq 50\text{t/m}^2$

(4)基礎地盤支持力 $\leq \frac{1}{2.5} (\beta r_1 \cdot N_r + r_2 \cdot DN_q) + r_2 D$

(5)直線滑動安全係數 ≥ 1.2

(6)摩擦係數：混凝土與拋石：0.6

混凝土與混凝土：0.5

混凝土與岩盤：0.5

(7)填充砂單位體積重量： 2.0t/m^3

鋼筋混凝土單位體積重量： 2.45t/m^3

混凝土單位體積重量： 2.3t/m^3

2.基本斷面之假設

(1)堤頂高：

防波堤所須之堤頂高，須視港內之利用，以及安全上所須之靜穩度綜合考量後而定，不過依現有防波堤之設計，大都依下列之原則決定：

(a)大型船舶進出之港灣，若防波堤後之水域寬廣，同時允許部份越波之防波堤，其高程可在朔望平均滿潮位上(H.W.L) $0.6H\frac{1}{3}$ 即可。

(b)防波堤背後之泊地面積較小，同時以靠泊小型船舶為多，為防止越波，因此高程以朔望平均滿潮位上 $1.25H\frac{1}{3}$ 。

(2)拋石層

拋石層之高程，原則上是愈深對直立部之安定愈有利，但為防止波浪之沖刷以及有效分散直立部之荷重，原則上其厚度至少應有1.5m以上。此外，若直立部為沈箱，更應注意其深度應能允許沈箱之安放。

拋石層所須之寬度，除應能確保堤體之圓弧滑動，拋石層之直線滑動，及偏心傾斜荷重所要之安全率外，在波浪較大之處，港外側至少要有5公尺以上之寬度，另外，拋石斜坡坡度雖由安定計算來決定，但隨波浪之狀況，通常港外側為1:2~1:3，港內側1:1.5~1:2左右較多。

此外，為防止波浪之沖刷，護基方塊亦是儘可能作的大些，同時，在海側應放置2個以上，陸側1個以上並且須緊靠直立壁。其大小原則上若波高在4m以下，每個應

重10~20t，超過 5 m，則至少每個要30t以上才可。

其他有關頂部混凝土厚或沈箱蓋版混凝土厚度，則視構造物型式或波浪條件而決定。

(3)沈箱

六、實例

七、防波堤之維修管理

斜坡堤之災害，通常均係由於護坡石（塊）重量之不足所致，不過由於其較直立堤具柔軟性之安定性，幾個方塊之不安定並不代表整體之不安定，反而是形成安定斷面之一過程，同時維修亦簡單，所以較不易形成重大災害。至於合成堤之災害，主要可分為(1)堤體之滑動，(2)護坡塊石、消波塊等之散亂，(3)基礎沖刷，(4)基礎支持力不足，(5)堤體之裂痕等，其中尤以堤體沖刷最多，因此在波浪大處或有沖刷可能之處，應預作防止沖刷對策，具體之作法如鋪設沈床、襯墊或堆石等亦或加大拋石基礎寬度，以避免沖刷危及堤身等法。同時災害發生最多之處則以堤頭及轉角處最多。

遊艇港規劃概要

* 宇泰工程顧問公司副總經理 王志成

壹、前言

台灣地區極適發展海洋遊憩活動，但以往由於國民所得尚低，且海岸管制較嚴，加以政府未適度投資於海洋遊憩設施，故海洋遊憩活動一直侷限於磯釣、游泳等。近年來由於經濟成長，國民有較充裕之經濟能力及時間來追求旅遊及休閒遊憩活動，特別是在解嚴後國民對觀光遊憩之焦點已由狹隘之陸域逐漸延伸至廣闊之海域，致使各級政府紛就其轄區海洋遊憩資源優異之地區研擬開發海洋遊憩據點計畫，其中最引人之計畫即遊艇港之建設，主要因為遊艇港是遊憩活動向海域延伸不可或缺之設施。故如何規劃功能完善之遊艇港，將為各級政府或民間投資者未來重要之課題。

貳、遊艇港規劃作業內容、步驟和流程

一個遊艇港完整之規劃作業內容基本上應包括下列十項工作，規劃之步驟及流程如圖 2-1所示。但實際執行時應就個案之特性，加以適度之修正，增減工作內容，以求能在最短時間內，以最經濟之預算完成預定之規劃目標。為求每一工作項目之作業內容及詳細作業流程能一目了然，特將每項工作之作業內容及詳細作業流程整理列成圖表方式，以方便參閱者參照。

- 規劃目標之確定
- 資料蒐集、調查、整理、統計分析
- 遊艇港最適規模分析
- 遊艇港港址評選
- 遊艇港基地規劃
- 遊艇港初步設計及建設經費估計
- 環境影響評析
- 經營管理計畫
- 執行計畫
- 研擬後續應進行之調查及作業

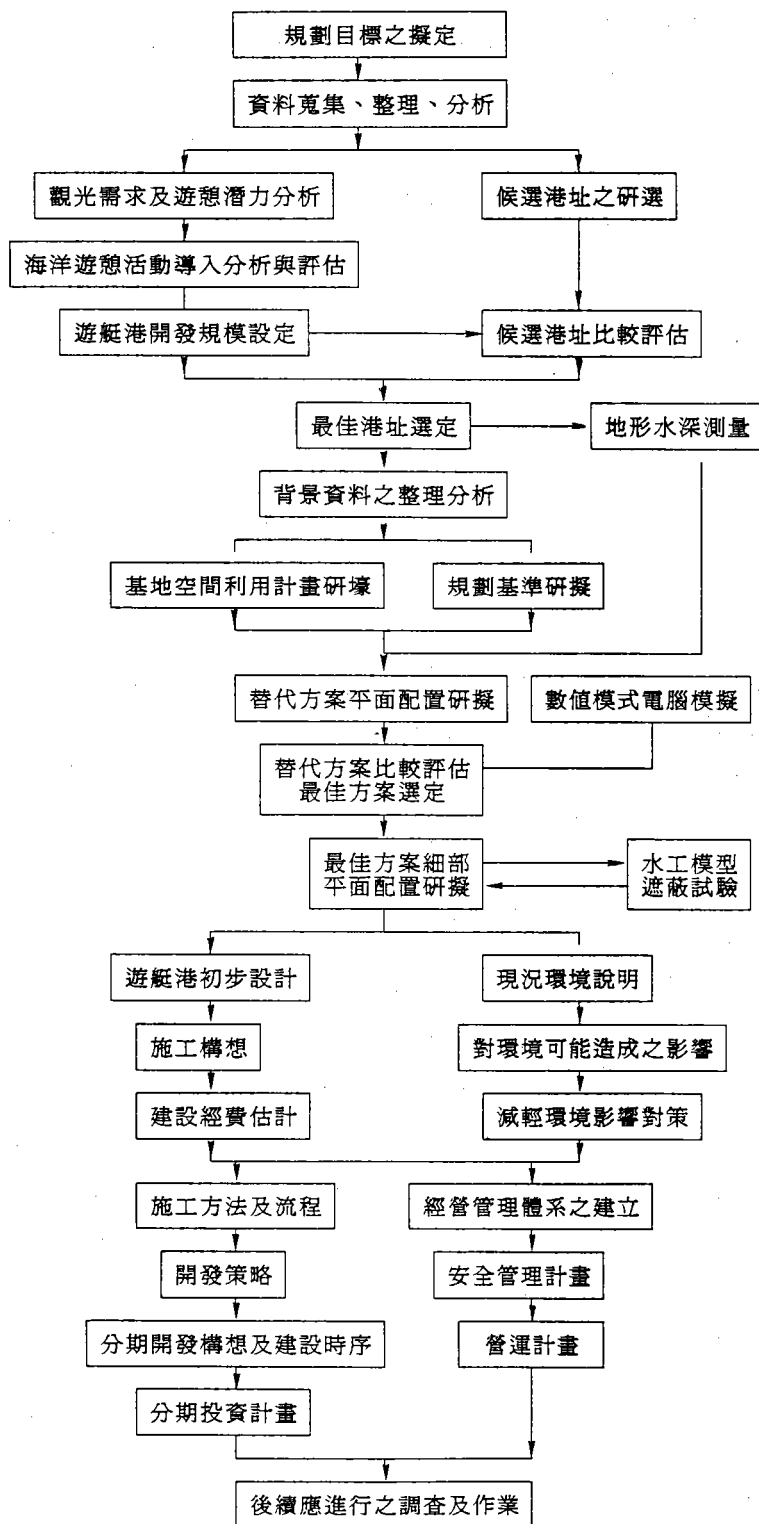
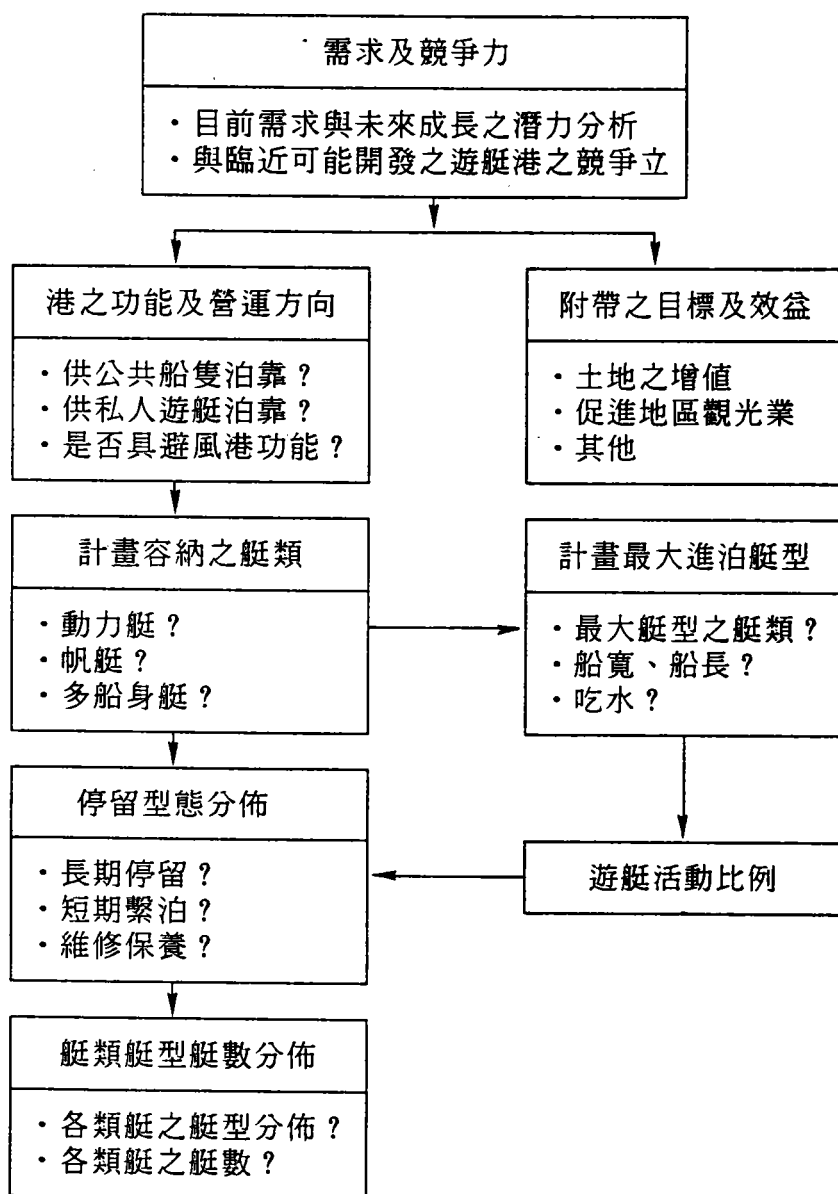


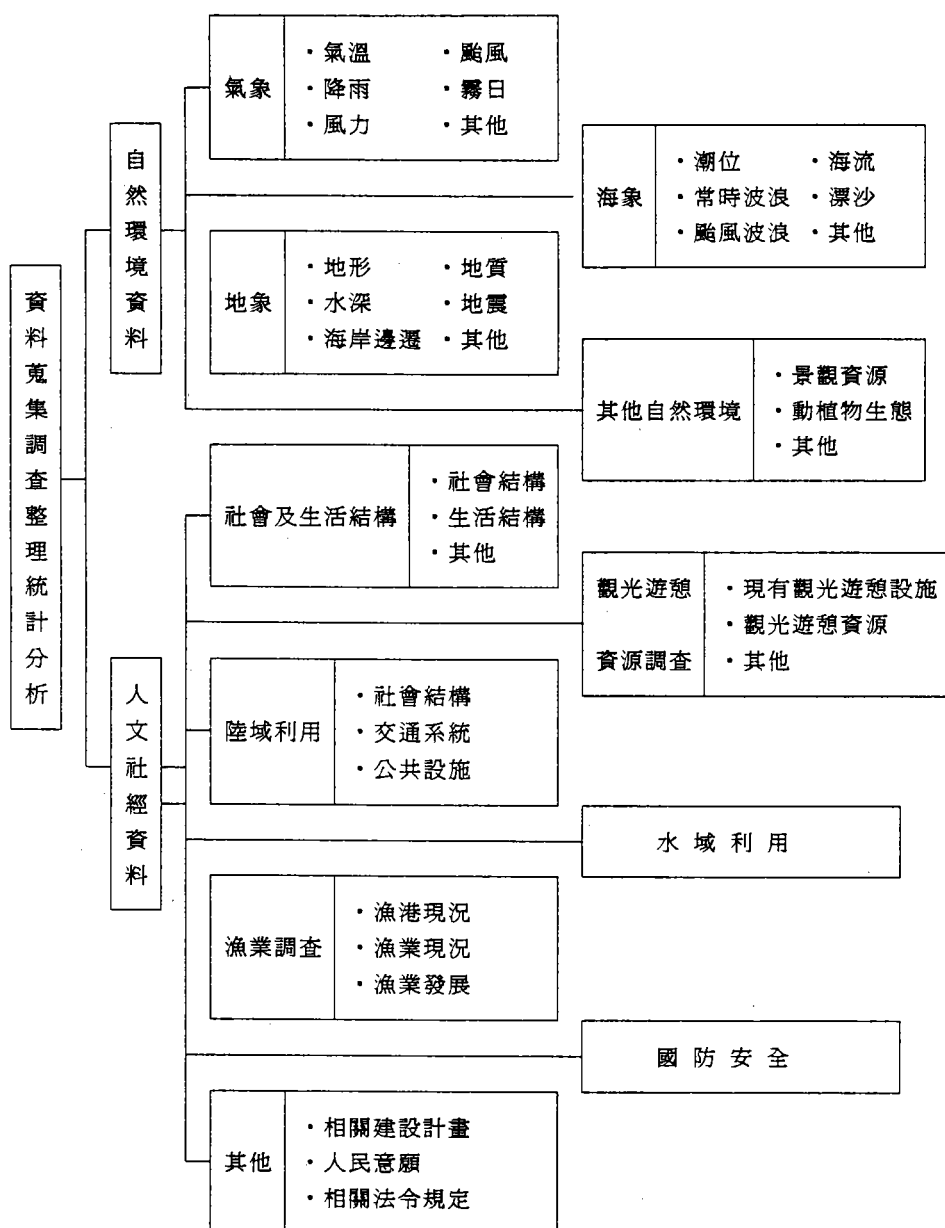
圖2-1 遊艇港規劃步驟及流程圖

一、規劃目標之擬定

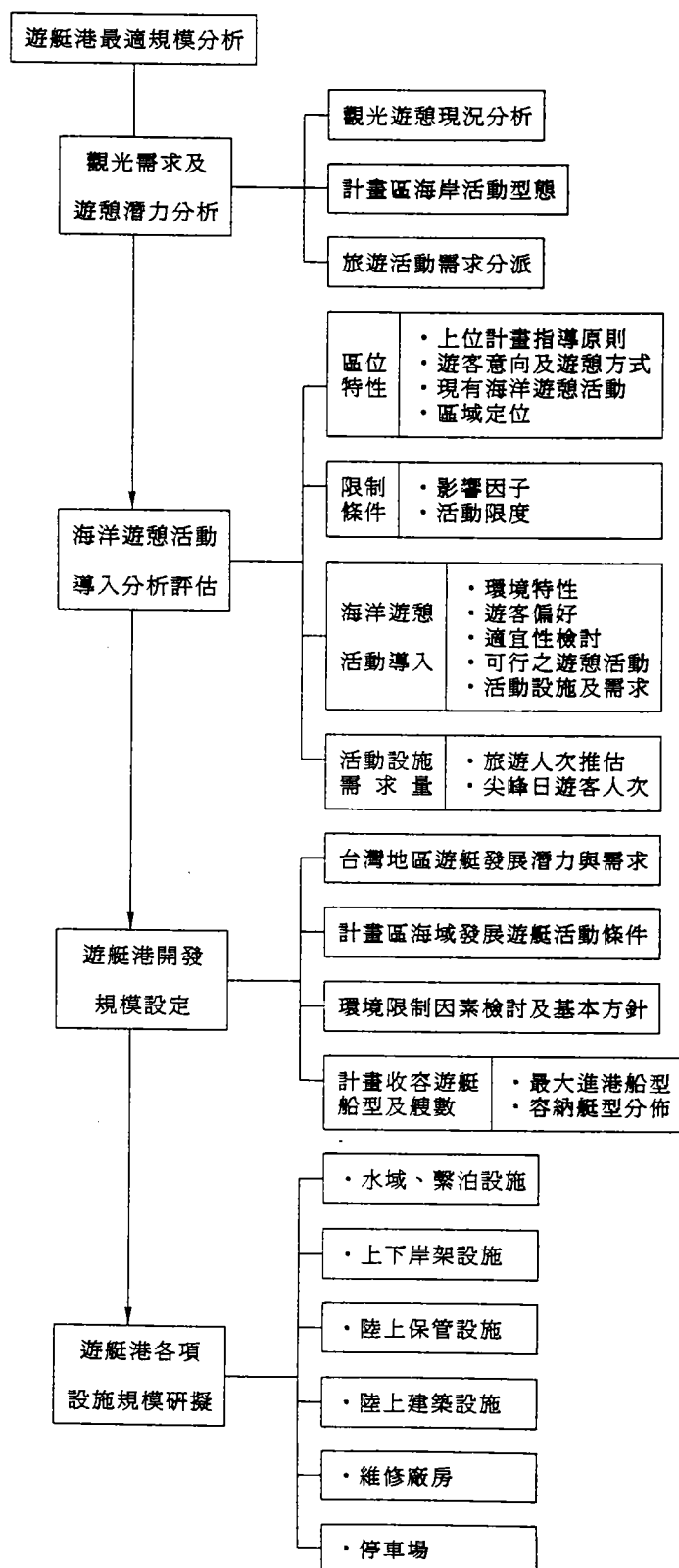
任何一種規劃作業，開始時最重要之工作便是確定規劃目標，目標不定不但事倍功半，且可能導致執行方向錯誤，使計畫無從推動。遊艇港規劃目標擬定時應考慮之內容及流程如下



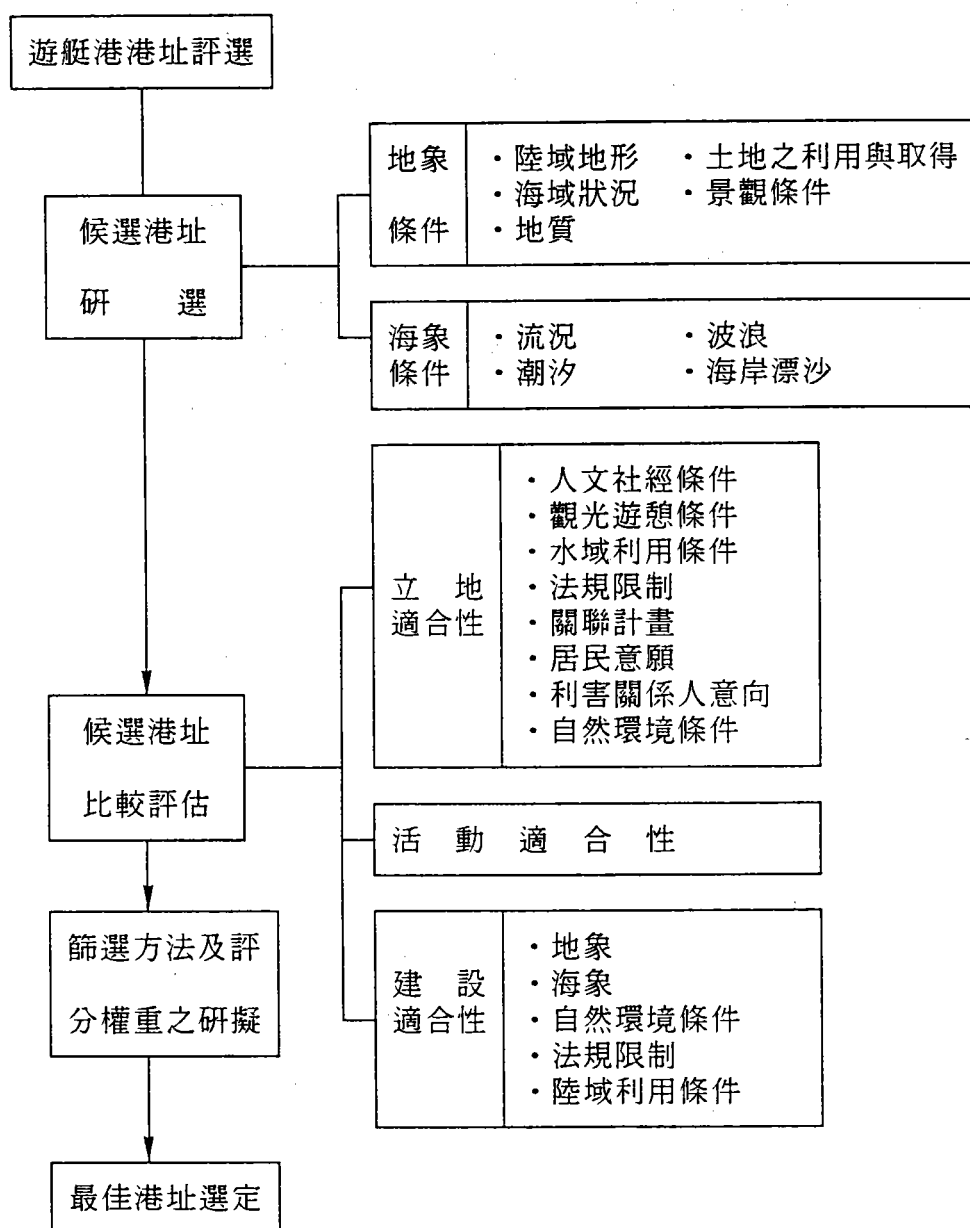
二、資料蒐集、調查、整理、統計分析作業內容



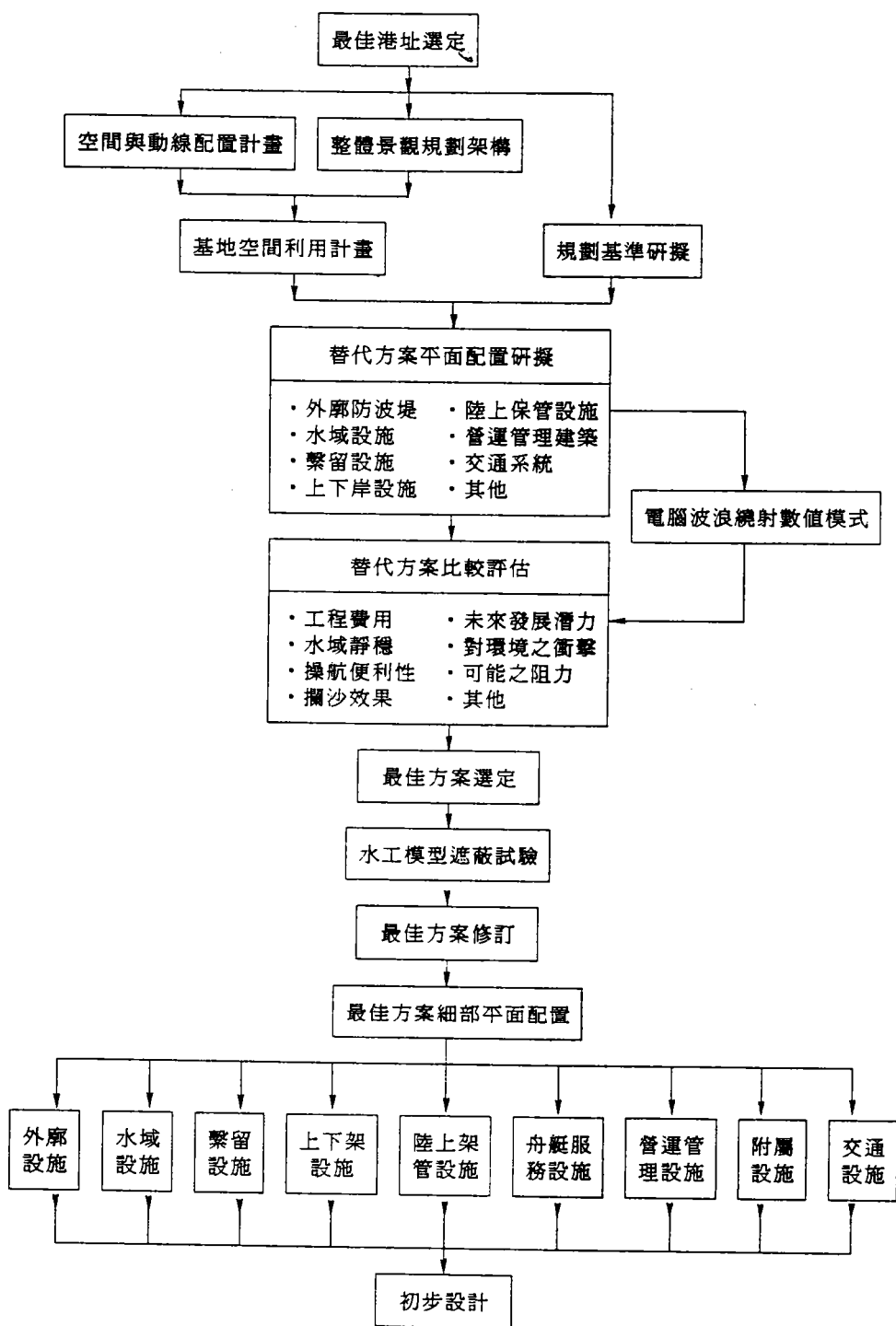
三、遊艇港最適規模分析作業內容及詳細作業流程



四、遊艇港港址評選作業內容及詳細作業流程



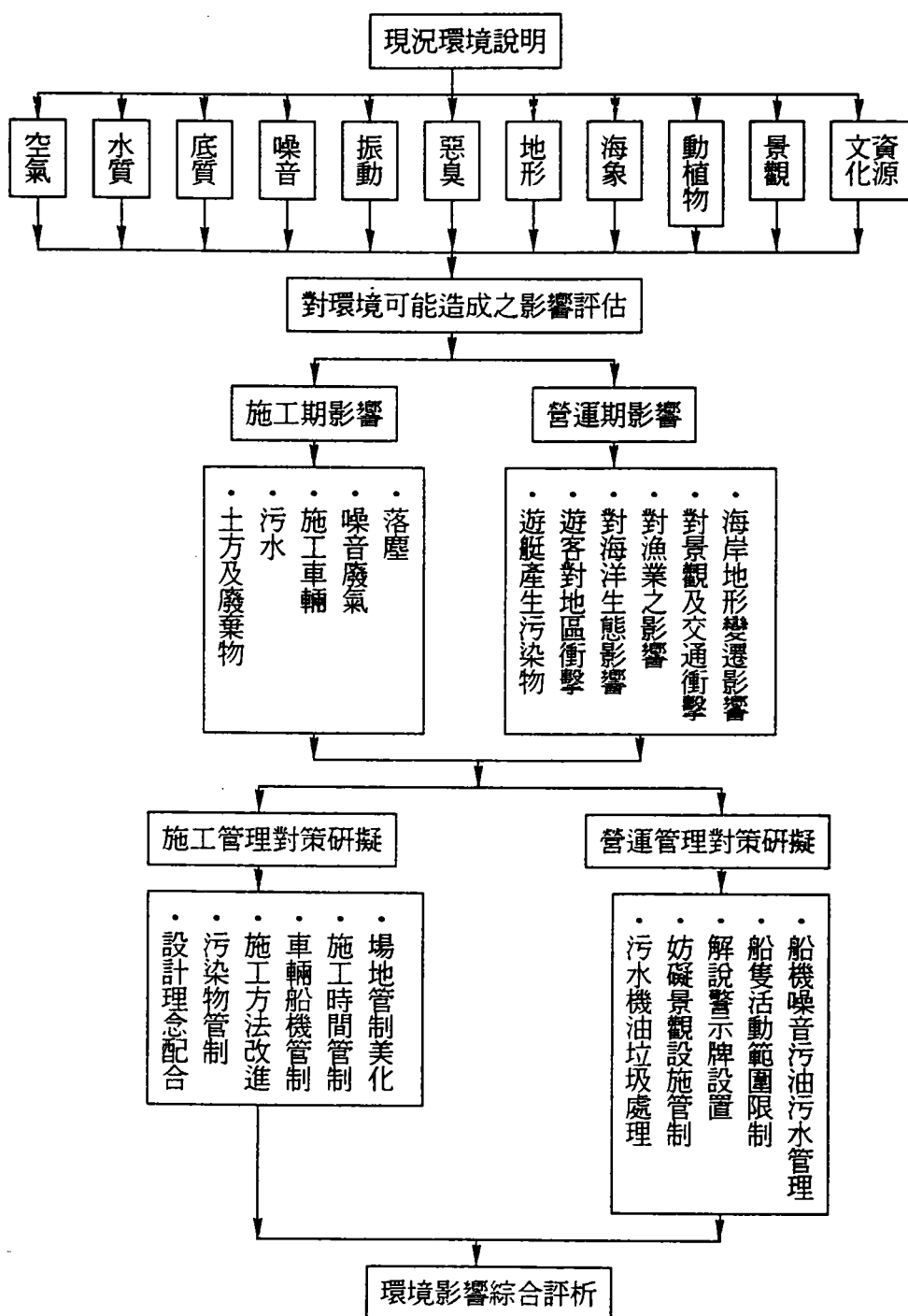
五、遊艇港基地規劃作業內容及詳細作業流程



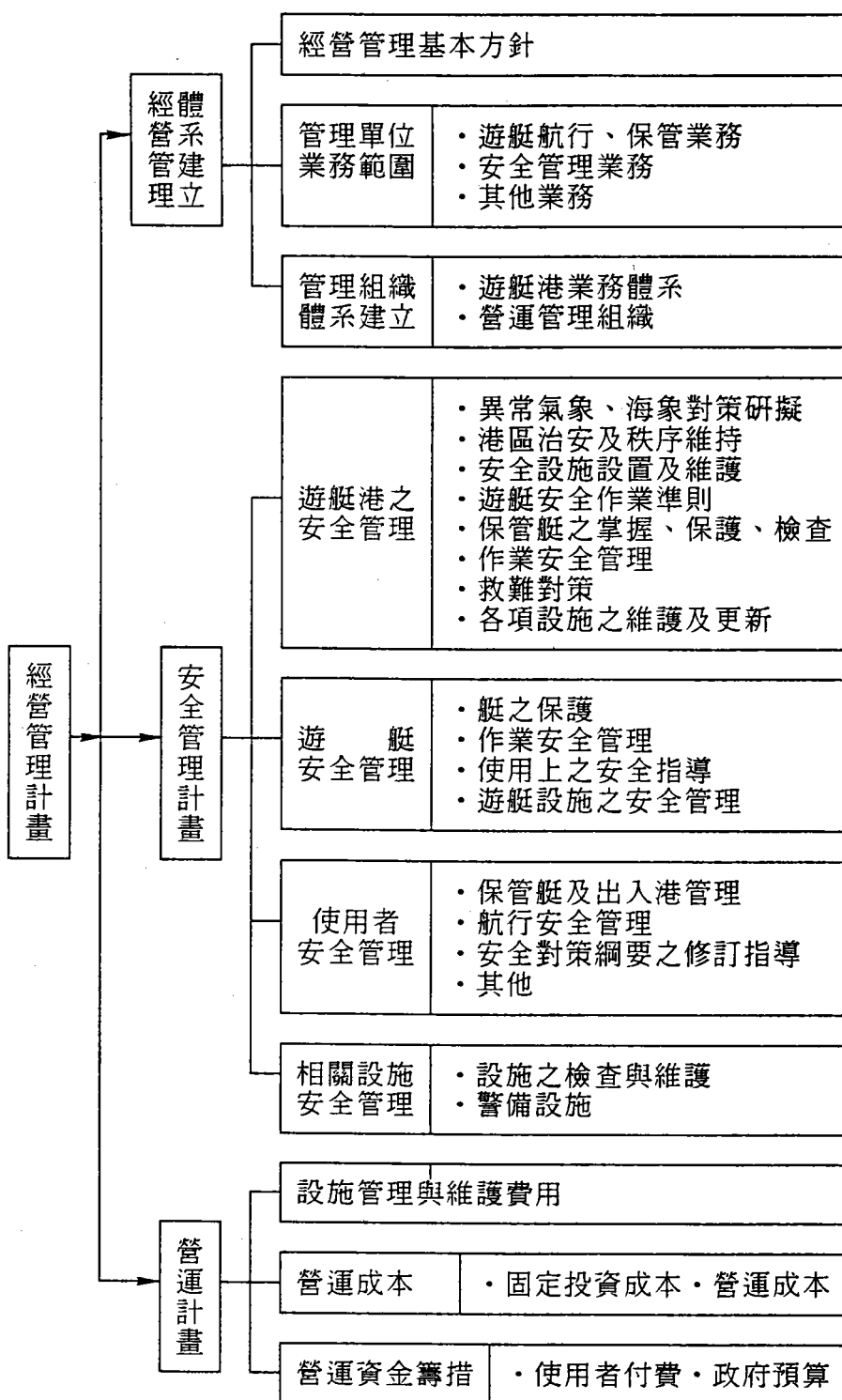
力雨汐流波浪形質震
風降潮海波地地地



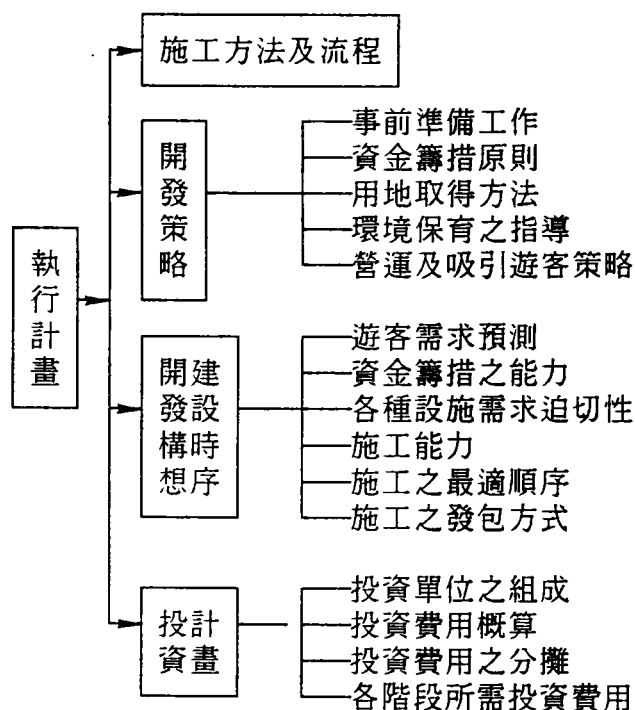
七、環境影響評析作業內容及詳細作業流程



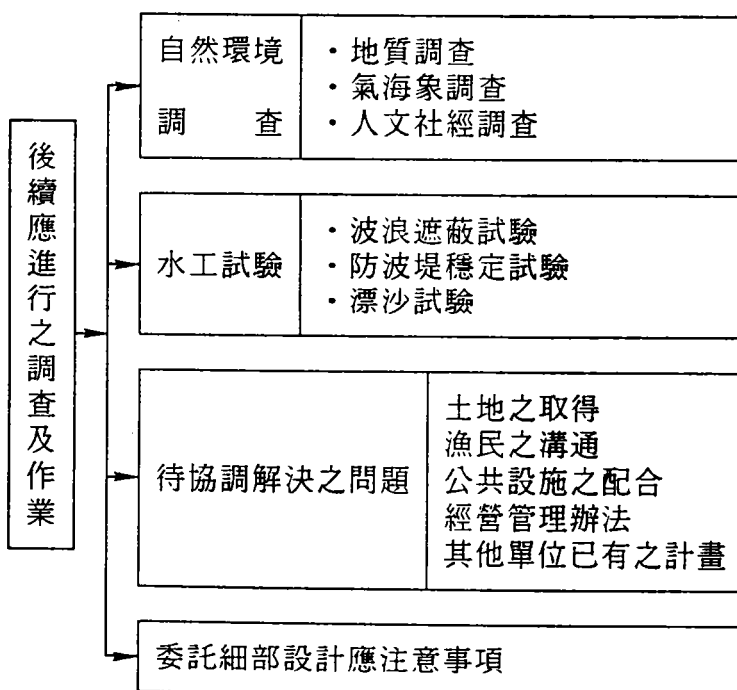
八、經營管理計畫作業內容及詳細作業流程



九、執行計畫作業內容及詳細作業流程



十、研擬後續應進行之調查及作業內容



參、規劃目標之擬定

一、最大進港遊艇之型式及尺寸

遊艇視用途、動力、船體構造不同而有極多型式，每種型式對港灣設施之要求不同。國際航海委員會(Permanent International Association of Navigation Congresses，以下簡稱PIANC)將一般遊艇依艇長區分為Ⅰ～Ⅶ七種，並依船型分為帆船(Sailing Yacht and motor sailor)、動力艇(Motor boats & centreboard craft)、多船身艇(Trimarans and catamarans)三大類，各型艇隻編號及尺寸如表 3-1所示。每個遊艇港應針對營運需求、經濟性、工程觀點及未來發展性研擬每一發展階段之最大進港遊艇之型式及尺寸，以作為規畫作業之依據。

表3-1 各型遊艇編號及尺寸表

艇 長 (M)	Sailing yachts and motor sailors			Mortor boats & cen-treboard craft			Trimarans and catamarans		
	分類	吃水	船寬	分類	吃水	船寬	分類	吃水	船寬
L<8	IS	1.5	2.8	IM	1.0	3.3	IT	0.6	4.8
8<=L<10	IIS	1.6	3.1	IIM	1.1	3.6	IIT	0.8	5.0
10<=L<12	IIIS	1.8	3.4	IIIM	1.2	4.0	IIIT	1.0	5.5
12<=L<15	IVS	2.0	3.9	IVM	1.4	4.7	IVT	1.2	7.0
15<=L<18	VS	2.5	4.5	VM	1.6	5.0	VT	—	—
18<=L<25	VIS	3.0	5.5	VIM	2.0	5.5	VIT	—	—
L<=25	VIIS	4.5	7.0	VIIM	2.5	7.0	VIIT	—	—

二、遊艇停留型態之分佈

遊艇於港內停留型態一般可分為下列三類，停留型態之不同會直接影響規劃之船席數量及陸上置艇設施之用地，故亦須確定之。

- 1.以該港為基地，長期停留(Np)
- 2.外地遊艇臨時或短期繫泊(Nt)
- 3.於陸上或水面維修保養(Nr)

依國外經驗遊艇於港內各種停留型態艘數之比例如表3-2。

表3-2 遊艇於港內各停留型態之比例

停留型態	船 席	
	水 面	陸 上
長期停留 N_p	$N_p' = 2/3 * N_p$	$N_p'' = 1/3 * N_p$
短期停留 $N_t = N_p/3$	$N_t' = 1/2 * N_t$	$N_t'' = 1/2 * N_t$
維修保養 $N_r = N_p/10$	$N_r' = 1/5 * N_r$	$N_r'' = 4/5 * N_r$

因此遊艇港最大容納艇數(C)之計算方式為：

$$C = N_p + N_t + N_r = N_p + N_p/3 + N_p/10 = 1.4 N_p$$

可知遊艇港最大容納艇數約為長期停留艇數之 1.4倍，由此可知標準遊艇港之配置，除需提供穩靜水域供艇隻繫泊外，陸上應提供足夠土地供艇隻臨時或長期儲放。在台灣因條件特殊，在規劃時應考慮颱風來襲時陸上需有足夠空間供港內所有中小型艇上岸避風。

三、艇類、艇型、艇數之分佈

遊艇港容納各型艇比例視各港條件及經營方式而有不同，但因每個港口條件各異，故繫泊遊艇型式及船型分佈，需視計畫營業狀況作機動調整。依 PIANC建議，新設港口可酌參考法國 Languedoc-Roussillon 海岸 20 餘個遊艇港，在冬季時進港水域繫靠之艇長比例統計結果予以配置，如表 3-3 所示。

表3-3 遊艇港各型遊艇艇長分佈

船型 分類	寬 度 (M)		艇長 (M)	主堤 間距 (M)	冬季繫靠比例	
	船席	艇寬			大型港	中型港
A.	2.50	2.00	6.50	26	5 %	10 %
B.	3.00	2.50	8.00	31	15 %	25 %
C.	3.50	3.00	9.50	37	25 %	30 %
D.	4.00	3.25	11.50	45	25 %	20 %
E.	4.50	3.75	13.50	51	15 %	10 %
F.	5.00	4.25	16.00	60	8 %	5 %
G.	5.50	4.75	18.50	70	3 %	—
H.	6.00	5.25	21.00	80	2 %	—
I.	7.00	6.00	24.00	100	2 %	—
合計					100%	100 %

四、遊艇活動比率

遊艇活動比率參數包括日出艇率及遊艇最大時停留率，為遊艇港各項設施設計之主要參數，其定義為：

日出艇率 = (計畫日活動艘數) / 收容艘數

$$= \frac{[(\text{全年使用者人數}) \times (\text{計畫日使用率})] \div [(\text{收容艘數}) \times (\text{平均每艘艇使用人數})]}{}$$

舟艇每小時最大停留率 = 每小時最大停留艇數 ÷ 收容艘數

依日本各遊艇港統計資料，上述舟艇出艇率約為0.3~0.5，每小時最大停留率約 0.2。惟日本各遊艇港各人所擁有艇數比例極大，故其出艇率相對較低。而台灣因剛起步，開始時將以租賃為主，業者於假日尖峰期勢必全數出艇經營。故長期繫留船隻之日出艇率應較日本為高，可以0.8~0.9概估，其餘艇隻可假設於陸上保養維修。然後依此來研擬各項設施之規模。

肆、遊艇港設施規模之推估

遊艇港之性質、計畫收容艇數、規劃設施選擇等規劃原則決定後，於研擬細部平面配置前應先研擬各項設施所需規模大小。一般遊艇港規模擬定之

程序詳如圖 4-1所示，首先必需確定各規劃指標後再擬定規模大小。

一、規劃指標之擬定

遊艇港規模研擬之重要指標計有遊艇日集中率、遊艇尖峰時間集中率、來訪艇比率、每艇利用人數等四項基本參數，基此再配合該遊艇港之特性，依現地實際調查結果，最後再決定規模大小。

(一)遊艇日集中率：

$$\begin{aligned}\text{遊艇日集中率} &= \frac{\text{計畫日活動艇數}}{\text{收容艇數}} \\ &= \left[(\text{一年中總利用人數}) \times (\text{計畫日利用率}) \times (\text{收容艇數}) \right] \\ &\quad \div (\text{每艇利用人數})\end{aligned}$$

(二)遊艇尖峰時間集中率

$$\text{尖峰時間集中率} = \frac{\text{尖峰時艇數}}{\text{計畫日活動艇數}}$$

尖峰時間集中率隨遊艇港服務水準及各種設施重要程度之比例而定。

(三)來訪艇比例

$$\text{來訪艇比例} = \frac{\text{由外地進港之艇數}}{\text{平時保管艇數}}$$

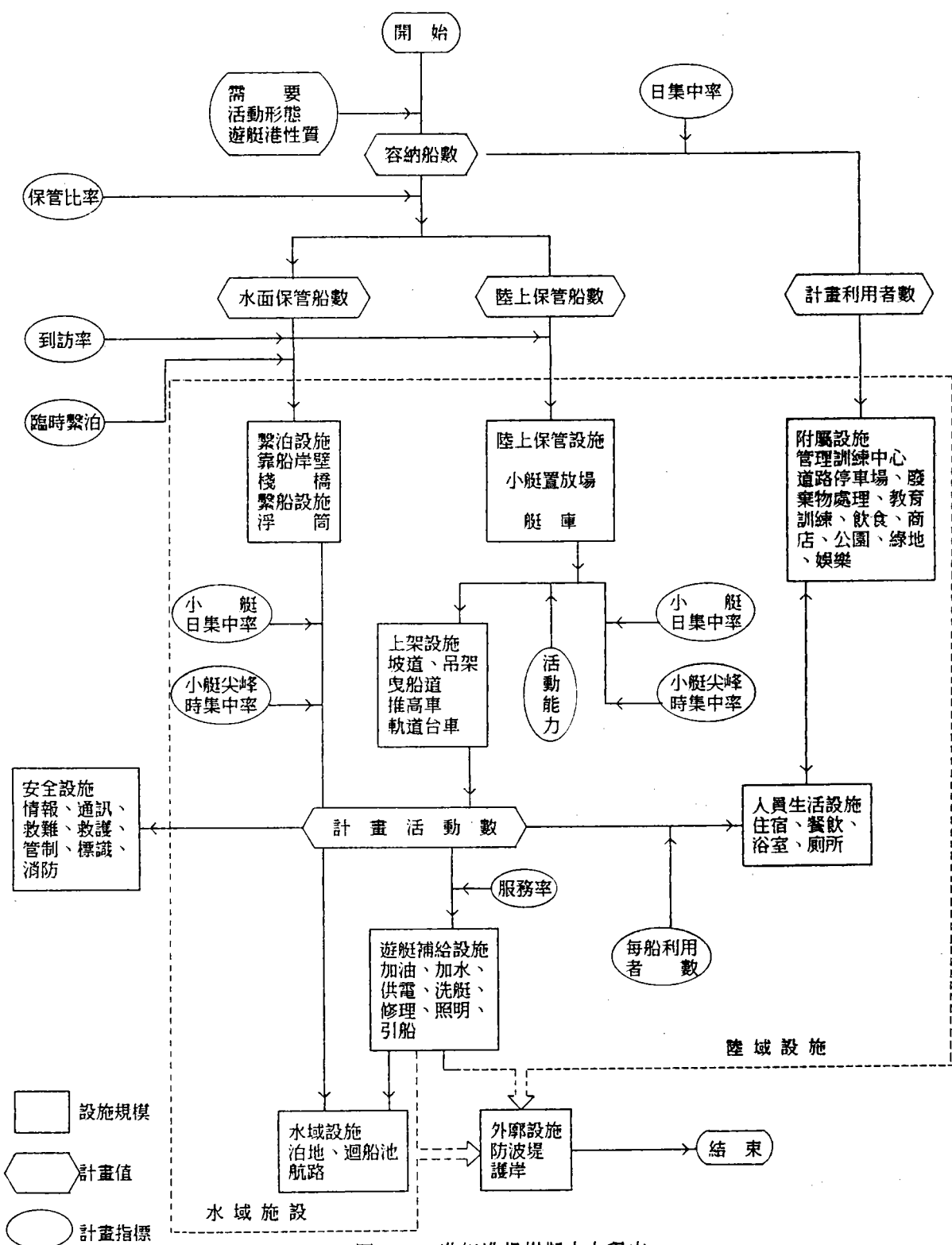
一般利用遊艇港之類型計有以下兩大類：

1. 平時均停靠在遊艇港內者
2. 由外地來訪之艇數，可再分為以下兩類：
 - 由拖車從陸地運入者
 - 由水路來靠港者

(四)每艘艇利用人數

除依小艇管理規則規定每艘艇數至少乘坐人數，以維海上遇難時可相互照應外，可按船型設計承載人數，並參考國外各型艇平均乘坐人數，來估算遊艇利用者人數。

二、繫泊設施



繫泊設施必須能提供平時繫泊與臨時繫泊等兩種功能，因此繫泊設施之席數將包括：

1. 平時繫泊船席：數目依水面保管船數而定。
2. 臨時繫泊棧橋：主要供陸上保管艇及外籍艇使用。

$$\text{臨時繫泊船席數} = [(\text{陸上保管艇數}) \times (\text{遊艇日集中率}) + (\text{外籍艇})] \\ \times (\text{遊艇尖峰時集中率})$$

三、水域設施

水域設施之面積可由繫泊設施之規模求出。

1. 水域面積 = (平時繫泊船席數) $\times$ (一般所需面積) + (臨時繫泊船席數) $\times$ (一般所需面積)
2. 一般所需面積：大型艇 - 140 ~ 200 m^2 / 艇
小型艇 - 70 ~ 100 m^2 / 艇

四、遊艇上下岸架設施

1. 上下岸架設施規模

$$\text{上下岸架數目} = (\text{陸上保管艇數}) \times (\text{艇日集中率}) \\ \times (\text{艇尖峰時集中率}) \times (\text{工作時間})$$

其中陸上保管艇數包括用拖車由陸上運進來之外籍艇數，工作時間即處理每一遊艇之時間。

2. 上下岸架處理設備及能力

- 斜船道 - 7分 / 艇 (最高5分鐘 - 最低10分鐘)
- 軌道斜坡 (Rail Lamp) - 10分 / 艇 (最高6分鐘 - 最低15分鐘)
- 遊艇升降機 - 7分 / 艇 (最高5分鐘 - 最低10分鐘)
- 行走或移動式升降機 - 9分 / 艇 (最高3分鐘 - 最低20分鐘)
- 固定式吊桿機 - 14分 / 艇 (最高3分鐘 - 最低30分鐘)
- 船台 (Folk Lift) - 7分 / 艇 (最高 6分鐘 - 最低10分鐘)

五、陸上保管設施

$$\text{陸上保管設施之規模} = (\text{陸上保管艇數}) \times (\text{每艇所需面積})$$

其中每艇所需面積隨艇之保管方法及移動方法而異，大致如下：

- 小型艇 - 20 ~ 25 m^2 / 艇
- 中型艇 - 30 ~ 50 m^2 / 艇
- 大型艇 - 60 ~ 20 m^2 / 艇

六、陸上建築設施

依各種設施之規模、大小決定旅客服務中心及管理站之大小。

七、維修廠房

維修廠房可分為遊艇大整修工廠及簡易戶外小型維護場。

維護工廠面積= (有引擎之艇數) × (每艇年平均利用次數) ×
(每次維護日數) ÷ (維護工廠工作天) × (每艇所佔用面積)

八、停車場

停車場應能滿足平時保管艇、外籍寄港艇、以及一般遊客之停車需要，停車場使用面積可由下式分別求出。

1. 平時保管艇使用面積= (保管艇數) × (艇日集中率) ×
(每艇所使用汽車數目) × (每台所佔面積)

式中每台所佔面積以 50 m²/台估算。

2. 外籍艇使用面積= (外籍艇數) × [(外籍艇比例(陸地))] ×
(每艇所使用汽車數目) × (每台所佔面積)

式中每台所佔面積以 50 m²/台估算。

3. 一般遊客：可由相關設施利用人數之關係來決定。

九、其它相關設施

配合遊艇港開發，鄰近地區宜一併規劃與遊艇活動相容之遊憩設施，所需空間推算基準可參考其他報告及文獻，在此不贅述。

伍、遊艇港各項設施規劃標準之檢討

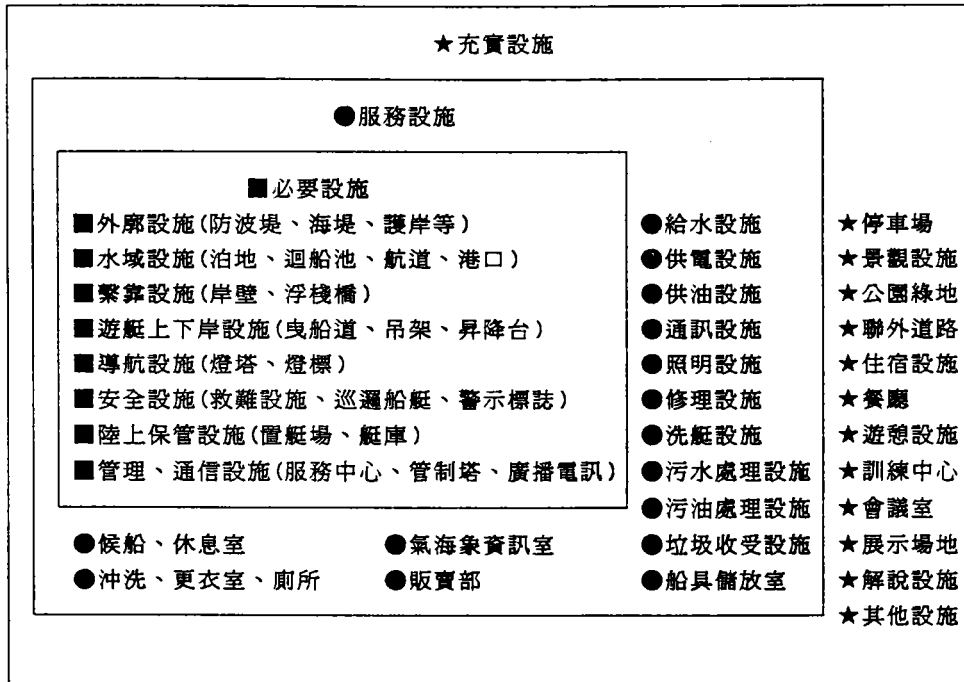
一、遊艇港各項設施規劃可資參考之規範

遊艇活動於歐美日各國已發展數十年，各國遊艇港設施皆依其環境特性及營運經驗，研擬完備之規劃設計標準或手冊。目前可資參考之規範如下，本章係參考各國主要相關規範及規定，依台灣環境特性，提供有意投資海洋遊憩事業單位在規劃時有所依循。

- "港灣構造物設計基準及解說" 日本港灣協會出版
- " A Code of practice for the construction and operation of marinas and yacht harbours" The National Yacht Harbor Association Ltd.
- " Standards for the construction, equipment & operation of marinas and yacht harbours" Permanent International Association of Navigation Congress P.I.A.N.C.
- " Yachet Harbours general design and dimension" PIANC

二、遊艇港設施之種類

通常可將遊艇港之主要設施分為必要設施、服務設施及充實設施三大部份，各設施包含之內容詳下表所示，以下將就此三大部份設施在規劃設計時應依循之標準進行檢討。



三、必要設施規劃標準之檢討

(一)外廓防波堤

外廓防波堤必須能確保港內水域靜穩，並能確保陸上各項設施免受颱風波浪侵襲破壞。其佈置需考慮下列事項：

- 1.港內水域之平靜
- 2.操船困難度
- 3.建設費及維持費

最後宜經港內波浪靜穩及港口漂沙淤積(如岩岸則不必)水工模型試驗來驗證確定。

(二)水域設施

港灣水域包括港口、航道、迴船水域、避船區及泊渠等。各水域需足夠寬闊，以確保船舶進出港操航及泊靠之安全與便

利，並儘可能達到挖填平衡之要求和將來港域水深之維持。

1.港口航道

(1) 開口方向

一般遊艇港口開口方向應避免波浪及海岸漂沙侵入，若計畫進泊無動力帆船，則航道方向原則上宜與恒風方向至少維持 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 角，以免無動力帆船無法藉風力航行進出港口。

通常20呎以上大型艇隻多設有輔助引擎，以方便無動力帆船航行，如該港係以動力船隻或大型遊艇為設計對象，則港口開口方向可與恒風風向約平行。

(2) 寬度

港口寬度對一般動力艇隻而言，航道寬最好有2倍艇長，但至少需維持計畫最大進港船寬之5～10倍，通常約採20～25公尺之寬度。

對於大型遊艇港而言，因艇隻進出頻繁其航道寬度則需酌予加寬。於1974年Dunhan, Finn 報告中建議，容量1,000艘之遊艇港航道寬度最好有300ft(約90m)，爾後每增加100艘遊艇，航道寬度則建議增加100ft。台灣海域因颱風及季風強勁，如依上述標準恐無法滿足水域靜需求，故實際應用時仍需因地作進一步探討。

(3) 深度

航道水深需視計畫最大進港船型之吃水及浚填平衡、工程費用等因素而定。通常遊艇在平均大潮低潮位時，如航道底盤為岩盤餘裕建議採1.0m；沙質底床餘裕採0.5m，以維艇隻安全。

2.迴旋水域

遊艇於港內水域迴旋所需面積視艇型特性而定，依試驗各型艇所需迴轉半徑詳表5-1所示。惟上表係遊艇在可活動風力下測試結果，如於風力強勁之惡劣天候，所需迴旋半徑應酌予增加。

表5-1 各型艇所需迴轉半徑

1.	雙車動力艇(慢速)、輕快帆船	0.5~1.5倍艇長
2.	單車動力艇(慢速)、鈍重帆船	1.0~2.0倍艇長
3.	動力艇(中速)、特鈍重帆船	3.0~5.0倍艇長
4.	動力艇(高速)	5.0~10.0倍艇長
5.	無輔機小型帆船	5.0倍艇長以上

3. 泊地

泊地為港內供船隻保管、繫留、暫泊之平靜水域。

(1) 面積需求

- 港區水域面積需求= (長期繫留艇數) × (每艘艇佔用面積)
+ (臨時繫留艇數) × (每艘艇佔用面積)
- 每艘艇佔用面積：大型艇 130~200m/艘
小型艇 70~100m/艘

(2) 泊地靜穩度需求

• 泊地容許波高

港內波高平時應小於30cm，但如遊客常於艇上過夜其波高最好小於20cm。依日本港灣設計基準，建議泊地水面波浪起伏平時至少需在30cm以下，異常海象時需在50cm以下。

• 波浪週期對遊艇港之影響

通常遊艇繫纜後受波浪影響，船體亦有其自然運動週期。依據國外試驗遊艇主要滾動週期如下：

	船 長 (m)	船 寬 (m)	吃 水 (m)	重 量 (kg)	滾動週期 (sec)
帆 船	6.2	2.0	0.8	1,500	2.7
	7.6	2.44	1.10	2,000	3.1
	8.75	3.25	1.55	3,800	3.0
	9.45	3.00	1.60	4,500	3.3
	10.40	3.30	1.82	5,400	3.7
	10.40	3.45	1.85	6,000	3.8
	11.30	3.65	1.93	6,950	3.7
動 力 艇	7.00	2.60	0.60	1,500	2.0
	7.50	2.91	0.50	2,000	2.1
	8.30	2.80	1.00	5,000	2.3
	8.23	2.60	0.50	2,500	2.1
	9.00	3.00	0.60	5,000	2.3

上述運動週期多屬 2~4sec 短週期之波浪，因此在佈置港池時應避免主要風向於港內水域產生 Local Wind Wave 效應，同時港池四週應盡可能採消波式岸壁，以免水域產生短週期之盪漾。

(三) 繫留設施

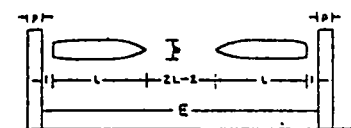
1. 繫留設施佈置

繫留設施亦區分為長期繫留及臨時繫留二類：

- 長期繫留碼頭席數 - 水面保管艇數
- 臨時繫留碼頭席數 - $[(\text{陸上保管艇數}) \times \text{日最大出艇率} + \text{來訪艇}] \times \text{尖峰小時最大出艇率}$

PIANC 建議一般船席較常用之四種佈置型式及尺寸詳如圖 5-1 所示，而日本港灣設計基準則建議採用如圖 5-2 之繫泊方式。各棧橋間之間距可參考下列規範之建議來規劃。

- 依 PIANC 建議主棧橋寬度以不小於 2.5m 為原則，如主棧橋長度超過 100m 則寬度需增至 3m 以上，但日本港灣設計基準則建議棧橋寬度以不小於 2m 為原則。
- PIANC 建議支棧橋長度不小於 0.7 倍船長；寬度約 0.5~1.0 m，視停靠船型而定。兩支棧橋間淨寬不小於 2 倍計畫靠泊船寬加 0.5m。

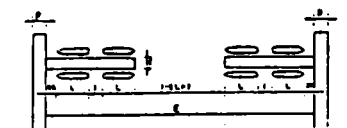


Type A.

Piers without fingers:
yachts moored with
bow lines.

$$W = \frac{E+p}{2} (b+1) \text{ where } E = 4L$$

$$\text{so } W = \frac{1}{2} (4L+p) (b+1)$$

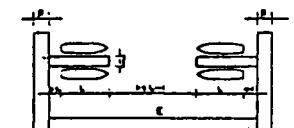


Type D.

Piers with fingers long
enough for 4 berths per
finger.

$$E = 5.5L + 5$$

$$W = \frac{1}{8} (5.5L + p + 5) (3b + f + 1)$$

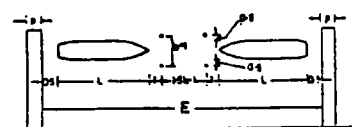


Type C.

Piers with fingers for 2 yachts
per finger.

$$E = 3.5L$$

$$W = \frac{1}{4} (3.5L + p) (2b + f + 0.5)$$



Type B.

Piers without fingers:
yachts moored to ples.

$$E = 3.5L + 2$$

$$W = \frac{1}{2} (3.5L + p + 2) (b+1)$$

EXAMPLES

				metres				
Class of yacht				L	IIS	IIM	IIIS	IIIM
					10	10	12	12
				b	3.1	3.6	3.4	4.0
	p	f						
Type A	3	—	87	99	112	127		
Type B	3	—	82	94	103	117		
Type C	2	0.75	69	78	89	102		
Type D	2	1	88	99	111	128		

圖 5-1 PIANC建議遊艇船席佈置

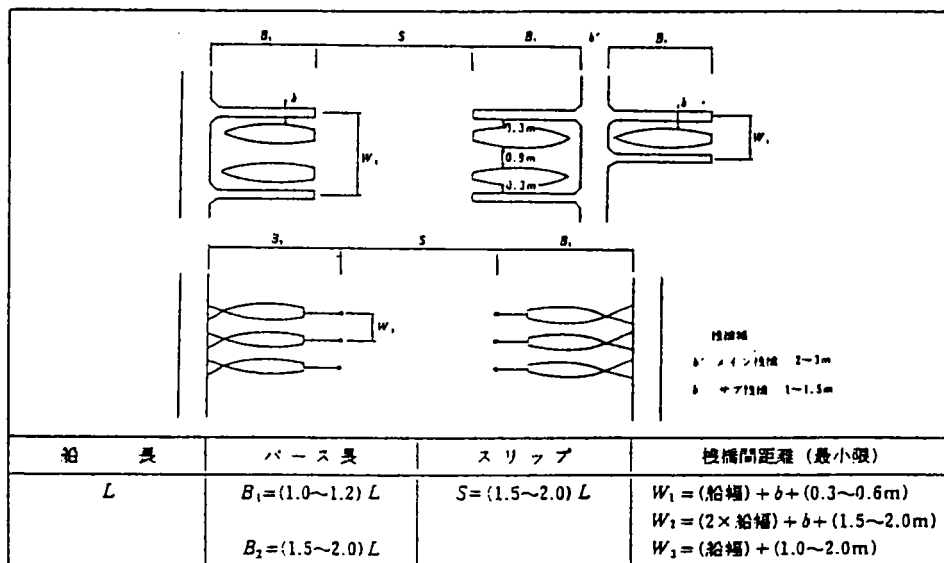


圖 5-2 日本港湾設計基準建議遊艇船席佈置圖

- 遊艇繫泊方向儘可能平行主要季風風向，以減小遊艇所承受之風力。

2. 浮式棧橋材質之選擇

浮棧橋為遊艇港最主要之設備，浮體材質常用者有鋼鐵、混凝土、木材及玻璃纖維材料四種。惟各型浮棧橋可分為適用於內陸河流湖泊及海岸遊艇港兩類，規劃時需依港址特性慎重選擇。茲將其特性分別說明如下：

(1) 鋼製浮棧橋

鋼鐵製浮體外殼強度高，但較易銹蝕，維護困難為其缺點，一般較適合大型船舶使用。

(2) 混凝土浮棧橋

混凝土主要以鋼絲網補強混凝土製造。內部填以聚苯乙烯 (polystyrene) 發泡填充劑。本型浮體邊緣多鑲以木材作為防舷材，頂面舖上木板或將浮體頂面混凝土經防滑處理後作為地面。其主要特性為：

- 工廠生產產品精度高。
- 單位體積浮力大，穩定性良好。
- 數量多時，造價最低廉者。
- 斷面有效面積大，自體強度大。
- 可兼具浮式防波堤作用

混凝土浮體在美國已被廣泛使用，但一般多使用於內陸遊艇港或靜穩度較佳之海岸遊艇港，恐較不適台灣海域風浪條件。

(3) 木製浮棧橋

木製浮棧橋底部浮體本身仍為玻離纖維浮箱填充聚苯乙烯，面板主要採美國冷杉合板製作。本浮體特點為浮棧橋面版為整體成型，整組浮棧橋面板無聯接縫，可隨波浪起伏浮柔性波動，據製造公司稱其抗浪性可達 1 ~ 2m，且具無噪音之特點。

(4) 玻璃纖維浮棧橋

玻璃纖維浮體俱有質輕強度高，運輸便利等諸多優點。此浮體外殼通常以玻璃纖維作成箱狀。浮體上部以角鋼及方木作成支架後，其上再覆以玻璃纖維板或木板

作為棧橋頂面而成。此浮體俱有質輕，強度高及可拆解等特點，現場組合甚為方便。目前國外制式產品以日本為主要生產國，但日本近年生產成本高昂，造價甚高。

3. 浮棧橋連結裝置

(1) 浮棧橋與岸壁連結

浮棧橋與岸上之連結一般採用船舶所用之渡橋(舷梯)方式以連接棧橋與岸壁，克服兩者之高差，在低潮位時浮棧橋與岸上之斜率以保持1:4為原則。

垂直岸壁之單支浮式棧橋在岸側係藉兩條H型鋼導軌及兩組滾輪以利浮棧橋上下滑動。

(2) 浮棧橋與浮棧橋間連結

浮棧橋與浮棧橋間之連結方式有固定式、半固定式及自由連結三種。於設計上除需考量其抗浪強度外，尚需注意連結裝置間相互碰撞所產生之噪音。以免妨礙艇上居住遊客安寧。現有將連接鐵鍊四週包覆橡膠以減緩相互衝擊力及噪音之改良設計，可供選擇之參考。

(3) 浮棧橋與基樁間連結

浮式棧橋與基樁之連結係以四個滾輪固定於乙根鋼管樁或混凝土樁週圍，另美國新近發展採用特殊耐磨材料製成基樁套頭式連結裝置，可減小噪音之發生。

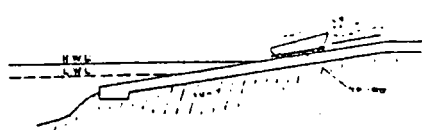
4. 固定基樁之選擇

浮棧橋固定基樁型式主要有木樁、預力混凝土樁及鋼管樁三種，其設計方式太抵相同，設計時需考慮基樁自身抗彎強度及地基承載力等。其中以鋼管樁抗彎強度最佳，但鋼材置於海水中容易腐蝕，鋼樁水底下部份需作陰極防蝕等處理，水面以上及潮間帶部份，過去常使用塗上Epoxy 塗料防蝕，但於浮棧橋連結滾輪部份因長期磨擦易剝落需定期予以塗裝，維護較繁雜。新近有使用橡膠覆膜防蝕之方法，惟此物台灣並不生產需自國外引進。

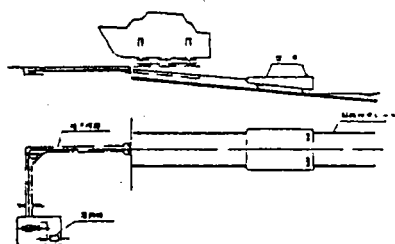
(四) 吊遷設施

遊艇上下架設施可概分為下列數種，其構造如圖5-3。

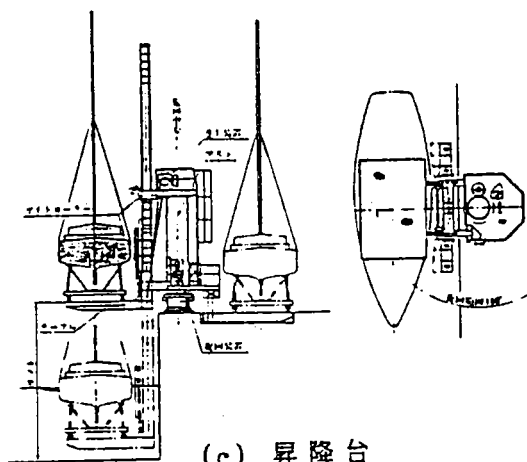
- 斜坡(ramp)
- 滑道(slipway)



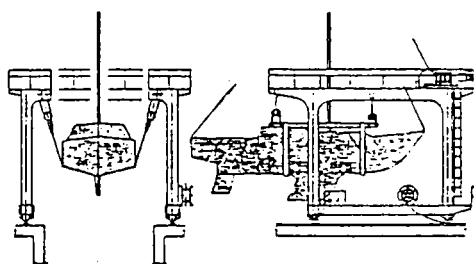
(a) 斜坡



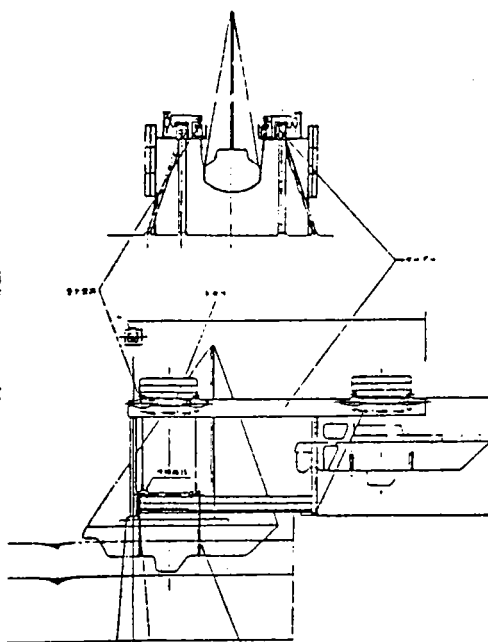
(b) 滑道



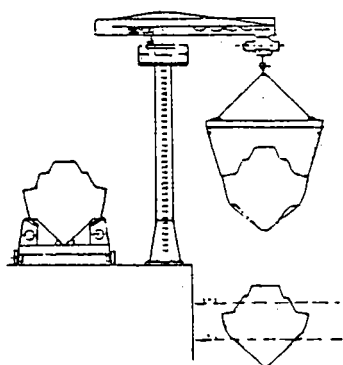
(c) 昇降台



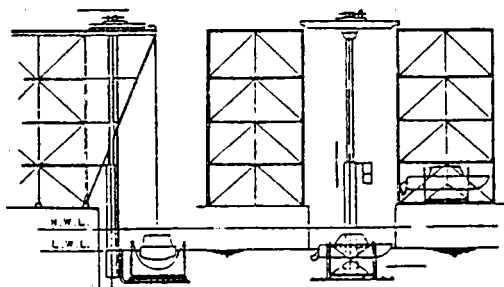
(d) 行走式吊架



(e) 移動式吊架



(f) 固定式吊架



(g) Total系統

圖 5-3 各遊艇上架設施構造示意圖

- 昇降台(lifting platfrom)
- 吊架式(gantry / travel lift)(固定式、移動式、自走式)

各種上下架設施性能比較詳表 5-2。通常小型艇於使用後多吊上岸儲放，甚少長期置於水面，故其上下岸頻繁。一般小型艇多採推高機或於港內設斜坡道協助上下。

中型艇於遊艇活動季節則常置於水面，僅颱風來襲或遊艇季結束時才上岸儲放，其多利用滑道上下岸。

一般斜坡滑道之絞盤拉力多適合20噸級以下艇隻。對於大型艇而言其上下岸較困難，故颱風來襲時多靠泊港內岸壁避風，如需上岸維修保養，則多賴大型吊架或起重機方式配合拖車協助上岸。

(五)陸上保管設施

1.屋外平面保管

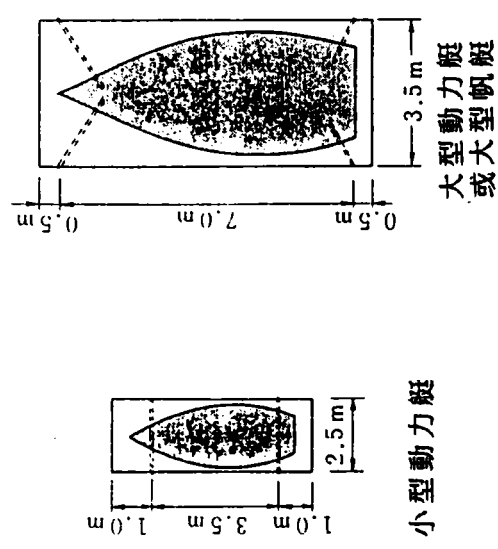
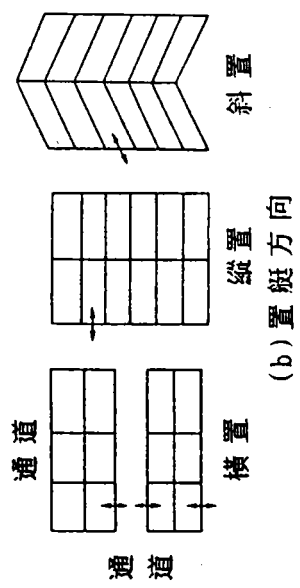
本方式工程費較低，遊艇維護、補修、出入移動較為容易，但需要佔用較多之土地面積，而且保管看守較為困難。室外置艇場每艘艇所需面積(含通道)，約為該艇實際佔用面積之2倍，日本遊艇協會置艇場平面佈置原則詳圖5-4。

2.艇庫

依PIANC 建議各型遊艇儲放於艇庫或艇架所需佔用面積如表5-3所示。通常艇庫如儲放三層艇所需高度約7.2~8.1m(24~27呎)；儲放四層艇所需高度約9~10.2m(30~34呎)，艇庫大門寬度所需尺寸約 7.5~9.0m。

表 5-2 各式上下架設施適用性比較表

區 分		設置場所	對象艇種	保管規模	保管型態	能 力	經 濟 性
斜 坡	動力艇	護 岸	小型及中型 動力艇及釣 漁船	小於 100隻/台	陸置 艇庫	約7分/隻 (最高5分~ 最低10分)	設備費較低
	遊 艇	護 岸	小型遊艇最 適用	視斜坡規模 可大規模保 管艇隻	陸置 艇庫	利用者自身 徒手作業	設備費、運維 費較經濟
滑 道	動力艇	護 岸	中型~大型 動力艇	小於 100隻/台	陸置 水面繫留	約10分/隻 (最高6分~ 最低15分)	設備費、運維 費較經濟
	遊 艇	護 岸	大型遊艇	小於 100隻/台	陸置 水面繫留	約10分/隻 (最高6分~ 最低15分)	設備費、運維 費較經濟
堆 高 機	動力艇	護 岸	小型~中型 動力艇	50隻/台	陸置 艇庫	約7分/隻 (最高6分~ 最低10分)	設備費、運維 費較經濟
	遊 艇	護 岸	小型遊艇	小於 100隻/台	陸置 艇庫	約7分/隻 (最高6分~ 最低10分)	不需要小型遊 艇專用機
昇 降 台	動力艇	護岸 (適合 土地狹小之 揚降區)	中型~大型 動力艇	小於 100隻/台	陸置 水面繫留	約7分/隻 (最高5分~ 最低10分)	設備費及運維 費較高
	遊 艇	護岸 (最適 合狹小地點 揚降區)	大型遊艇	小於 100隻/台	陸置 水面繫留	約7分/隻 (最高5分~ 最低10分)	
行 走 式 吊 架	動力艇	護岸 (自然 及障礙物地 點皆可)	小型~中型 動力艇、釣 漁船	150隻/台	陸置	約9分/隻 (最高3分~ 最低20分)	修造艇廠較可 能設置。 投資低廉, 動 力艇陸置保管 普遍使用。
	遊 艇	遊艇桅杆較 高, 不適用 本型吊架	——	——	——	——	
移 動 式 吊 架	動力艇	護 岸	中型~大型 動力艇	小於 100隻/台	陸置	約9分/隻 (最高3分~ 最低20分)	15~20t級吊 架較少。 設備費及維費 較高。
	遊 艇	護 岸	大型遊艇最 適合	小於 100隻/台	陸置	約9分/隻 (最高3分~ 最低20分)	
固 定 式 吊 架	動力艇	護岸 (自然 及障礙物地 點皆可)	大型動力艇	小於 50隻/台	水面繫留	約14分/隻 (最高3分~ 最低30分)	修理、船底清 潔、塗裝用揚 降專用機設置 比較經濟
	遊 艇	護岸 (自然 及障礙物地 點皆可)	大型遊艇	小於 50隻/台	水面繫留	約14分/隻 (最高3分~ 最低30分)	



	長度	寬度	通路寬
L : 艇長			• 使用拖引車之置艇場
B : 艇寬	$A = (1.0 \sim 1.2) L$	$W = (1.0 \sim 1.5) B$	$S = A$ • 使用移動車之置艇場 考慮其迴轉半徑

(a) 置艇位尺寸

圖 5-4 陸上置艇場平面佈置原則

表5-3 各型遊艇艇庫儲存所需佔用面積

分 類	寬 度	長 度	高 度	重 量
特小型艇	<2.40m (<96")	<5.40m (<18')	0.90/1.50m (36"/60")	<1250Kg (≤2,500lbs)
小型艇	#2.40m- (#96"-)	4.80/6.30m (16'/21')	1.20/1.80m (48'/72')	750/2750Kg (1,500/3,500lbs)
中型艇	#2.40m+ (#96"+)	5.40/7.20m (18'/24')	1.50/2.10m (60"/84")	1750/2750Kg (3,500/4,500lbs)
大型艇	≥2.40m (≥96")	6.30/7.80m (21'/26')	1.65/2.40m (66"/96')	2250/3250Kg (4,500/6,500lbs)
特大型艇	≥2.40m (≥96")	7.50/8.70m (25'/29')	2.10/2.70m (84"/108")	3000/4250Kg (6,000/8,500lbs)

(六)營運管理設施：主要分為遊客服務、管理及營業三部份。

四、服務設施規劃標準之檢討

遊艇港服務設施主要可分為艇隻服務、遊客服務及其他附屬設施三大類，茲將其服務內容及規劃設計原則檢討說明如下：

(一)遊艇服務設施

1.給油設施

除極小規模遊艇港不設加油設施外，一般遊艇港均應規劃設加油碼頭、儲槽及加油設施，提供高級汽油及柴油。另有必要可提供潤滑油及液化石油氣等燃料出售。如確無適當場地可設給油設施應採油罐車加油方式來提供最基本之服務。

2.給水設施

於碼頭岸壁或浮棧橋間最好每隔20公尺設置一出水管徑為0.5吋之供水閥，其壓力需保持全遊艇港1/4供水閥均開啓時仍能維持正常水壓。

3.給電設施

一般遊艇用電主要可分為三類：

- 短時間使用240V A.C.經充電器輸入電瓶蓄電供艇隻使用。
- 長時接受岸上單相電力(single phase)供應艇隻烹飪及加

熱設施使用。

- 爾而少數大型遊艇需長時接受岸上三相電力(three phase)經轉換器供應艇上使用。

為滿足上項需要國外一般多提供16amp,240V電力供一般使用，如有大型遊艇隻設籍，應設置部份較大容量之單相或三相電源。遊艇港供電設施因常期處於潮濕接地環境，如有漏電事故對遊客將造成嚴重傷害，故所有電器設備必需為防水型，且必需裝設自動斷電設施以維安全。

4.洗艇設施

遊艇上岸儲置後通常需清洗船殼油污，故於置艇場需設置水源，以方便洗艇作業。通常每4~5艘艇需設一出水閥，其管徑為20mm(流量為30公升/分)，每艘艇清洗時間約20分鐘，可依此計算所需耗水量。

5.照明設施

於碼頭浮棧橋、旅客服務中心、通道等遊客經常出入地方需設置照明燈具，以維遊客行動安全及避免外人侵入干擾港內遊客。

6.修理設施

遊艇港視其規模需於陸上設置適當維修工廠，以供遊艇船殼修補或引擎維護等作業。於工廠內另需規劃空間設置船具庫、儲藏舟艇上下岸使用之拖架、桅桿及引擎配件等。

7.廢棄物處理設施

港內應提供遊艇及岸上服務中心之污水、廢機油、廢棄物等收受處理設施，如遊艇港規模不大可用活動式廢棄物收受車，以定時定點收集遊艇及岸上之廢棄物運至臨近處理場處理之方式，來降低營運成本。

(二)遊客服務設施

遊客服務設施主要設於管理及服務中心之建築內。本建築對遊客之服務空間包括淋浴室、廁所、更衣室、販賣店、受理櫃抬等設施；對遊艇港之管理所需空間包括辦公室、值夜室、研習室、氣象資訊室等。

(三)其他附屬設施

有關遊艇港艇隻及遊客安全維護亦為極重要之課題，其所

需設施包括：

1.資訊提供

設置簡易風力等基本氣象觀測儀器，並與鄰近氣象單位聯繫隨時發佈活動海域風速、風向、颱風動態、能見度、海流、潮汐、波浪概況，提供遊客知悉。並隨時提供鄰近海域障礙物、漁民作業漁區及前往港口概況資料供遊客擬定航行路線參考。

2.通訊設備

遊艇港管理中心需設置UHF及VHF無線電通訊設備，隨時與出海遊艇保持聯絡，如艇隻有任何急難可請求陸上支援。

3.救難救護設備

管理單位必需預備救生艇、潛水用具、防水具、滅火器等設備，以備突發災難時能主即前往救援。同時管理單位必需與鄰近醫療救護單位聯繫，並準備緊急應變計畫。

4.標幟

於危險區域及活動水域必須設有明顯之標幟或燈號等。

5.消防設施

為預防艇內瓦斯用具或引擎等設施發生火災，在碼頭上每隔適當距離需設置消防栓及水龍帶等設施。另於加油碼頭及適當地方應預備乾粉或海龍等滅火器材。

五、充實設施規劃標準之檢討

遊艇港充實設施包括停車場、公園綠地、餐廳、會議室、旅館等設施。其規劃設計原則與一般建築及景園設施無異，於此不另作探討。

碼頭設計

*中華顧問工程司港灣部結構組組長 杜振宗

一、概說

碼頭為船舶繫靠設施中最主要之設備，其種類繁多，建造時，須按①海象、氣象、地震、土壤等自然條件，②船舶的種類和大小，貨物之種類和後線場地之使用條件，③施工條件，以及④工期和⑤工程費等條件，作最適當的選擇。

二、大型碼頭之用途分類

(一)客運碼頭 (Passenger Terminal Wharf)

為繫泊遠洋或近海定期客運郵輪之碼頭，建有大廈，包括旅客休息室、餐廳、特產品、免稅貨商、驗關處、行李輸送機、銀行、郵電局、送客走廊等設施。

(二)一般雜貨碼頭 (General Cargo Wharf)

凡種類繁雜，體積大小包裝方法多不相同之港口吞吐貨物，統稱雜貨。裝卸此類貨物之碼頭稱為雜貨碼頭。一般都使用船上吊桿 (Derrick) 裝卸貨物，岸上設有通棧。

(三)散貨碼頭 (Bulk Cargo Wharf)

如裝卸水泥、穀物、礦砂、煤炭、肥料、糖、鹽等不加包裝之貨物之專用碼頭。須設置特種機械（如卸貨機Unloader、運輸帶Conveyer等）與建築物（如筒倉 Silo）俾便裝卸存儲作業。

四貨櫃碼頭 (Container Wharf)

專為裝卸貨櫃用之碼頭，碼頭邊配有巨型貨櫃起重機 (Container Crane)，後方有寬廣之貨櫃場 (Container Yard)、控制塔 (Control Tower)、零貨集散站 (Freight Station)、修護廠、地磅、冷凍貨櫃電源插座，與各種吊放移動貨櫃之起重機。

(五)冷藏碼頭 (Cold Storage Wharf)

碼頭上設有冷藏倉庫，以供魚、蔬果、肉類、藥品及其他須保持於低溫之貨物裝卸儲存碼頭。

(六)液體碼頭(Liquid Wharf)

專供液體貨物運送船，如油輪 (Oil tanker)、液化天然氣船 (Liquefied Natural Gas Carrier)，通稱 LNG、液化石油氣船 (Liquefied Petroleum Gas Carrier)，通稱 LPG 等靠泊之碼頭。

(七)重件碼頭 (Heavy Lift Wharf)

供各種特殊貨物專用船裝卸之碼頭，如汽車運輸船 (Car Carrier)，重型貨物運輸船 (Heavy Lift Carrier)等。

(八)危險品碼頭 (Dangerous Cargo Wharf)

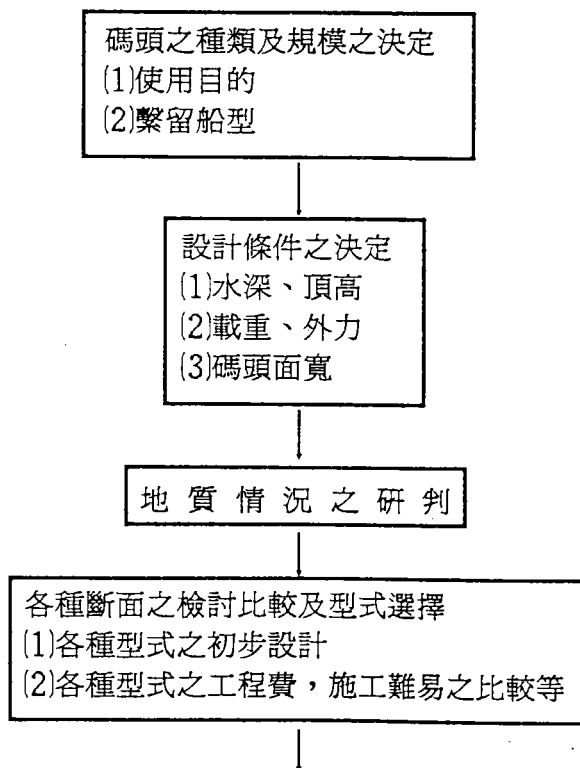
專供易爆、易燃、含有毒性之貨物裝卸之碼頭，宜於港區較偏僻處。

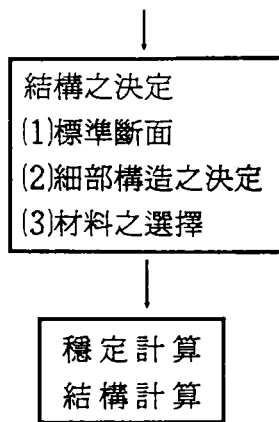
(九)專用碼頭 (Appropriated Wharf)

凡碼頭上設有特殊裝卸設備，或專供某種特殊貨輪靠泊裝卸特定貨物，或某一公司機構租用專供該機構所有之船隻或固定航線之船舶靠泊者，均可稱專用碼頭。如駛上駛下輪 (RO/RO) 若無自備坡道 (Ship Ramp)，則其靠泊之碼頭岸肩須設有坡道 (Ship Ramp) 而使貨物能以水平移動方式裝船或卸船。

三、碼頭之設計順序

一般可依下列順序





四、碼頭形狀

1. 平行式碼頭

碼頭法線（或船舶之繫靠）與岸線平行者，其優點為碼頭用地廣闊，陸上交通流暢。

2. 突堤碼頭

突堤碼頭由陸岸突出水域，船舶可繫靠兩側，於有限之岸線設置更多之船席為其優點。

3. 船閘碼頭（閉口港）

挖掘陸地於進口處設置船閘，以內部水域佈置船席之碼頭。可避免潮差及港內水面較平靜為其優點。

五、碼頭長度

船舶橫靠碼頭時，其船席長度係由船長加船艙纜及船艙纜之長度，一般繫纜索以 45° 為宜，故船席長度一般為船長加船寬。

六、碼頭水深

碼頭水深係以船舶滿載吃水加餘裕水深，按船型艙艙吃水差以 $0.5 \sim 1.5M$ 為度。

七、碼頭面之高度

碼頭高度之決定，以工程費儘量低廉為宜，且以高於H.W.L.以上為度，同時應考慮船型、潮差、波浪、地盤下陷及貨物起重等條件。

八、碼頭面之寬度

碼頭岸肩寬度因碼頭之用途，結構形態，以及通棧、倉儲之式樣，起重與搬運設備之有無及種類而異。其縱橫坡度宜考慮降雨量之多寡，其後方場地之利用狀況及貨物裝卸之順暢與否。通常為1%~1.5%。

九、碼頭結構型式之種類及特性

(一)重力式(Gravity type)

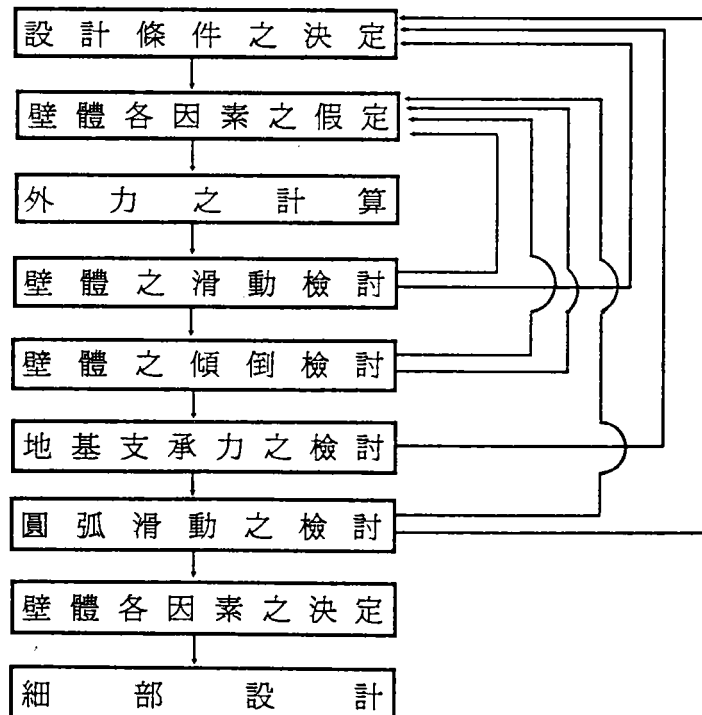
1.概要與特性

重力式碼頭以其本身之重量，承受上載荷，並抵抗背後之土壓力，內外之水壓力差及船舶之牽引力等，其特性如下：

- (1)自重大，較適用於基礎良好處。若建於軟弱地盤，因支持力不足，沈陷量大，故須作地盤改良。
- (2)優點為堅固耐用，使用年限長。
- (3)缺點為水深大時，土壓及水壓力增大，斷面大、壁體重而不經濟，建於軟弱地盤容易滑動，地震時尤甚。

2.設計順序

重力式碼頭常依下列順序



3.種類

重力式碼頭依壁體型式主要分類如下：

(1)沈箱式 (Caisson)

沈箱係在製作場用鋼筋混凝土製妥，浮於水面，拖至碼頭地點就位後開啓水門，放水入箱沈坐於拋石基礎上。沈箱方格內填以砂石，其頂面前方澆築頂壁，再在後方回填砂土，上築碼頭面層即告完成（斷面如圖1）。一般沈箱設計程序如下：

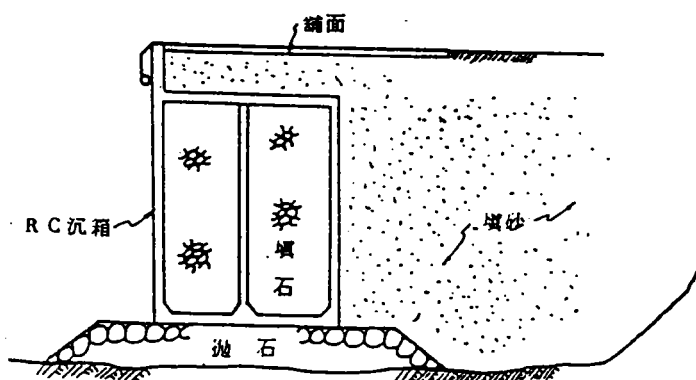
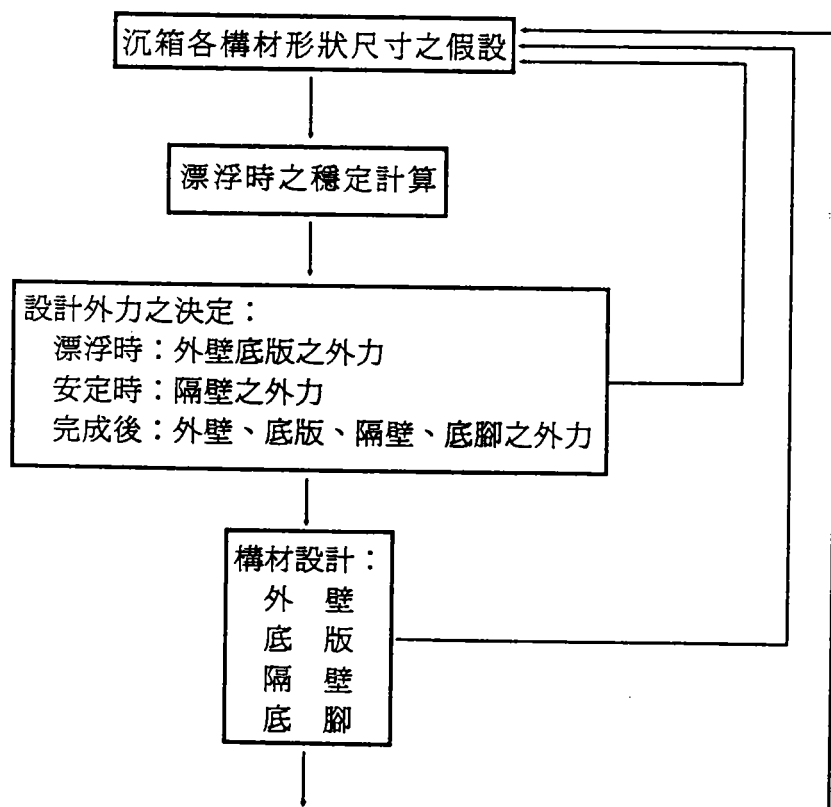


圖1. 沉箱式碼頭



其他檢討：

製作時；升高時；裝載於下水臺車時；完成後；不等沈陷之影響

附屬設備之設計：

進水口、臨時封蓋、紋盤基座拖航用預埋鋼筋、安全網用預埋鋼筋、吊鈎等

(2) L 型塊式 (L-Block)

以斷面成 L 型之鋼筋混凝土塊為本體建成之碼頭。每一單位分三部份：臨海側之垂直壁，水平部之底版，及與直壁和底版垂直之支撐壁 (Counter Fort)。每一 L 型塊單位之大小，視起重設備之能力而定，將各塊連續排列，在其後方填砂石，即構成實體碼頭 (斷面見圖2)。L 型塊之設計程式如下：

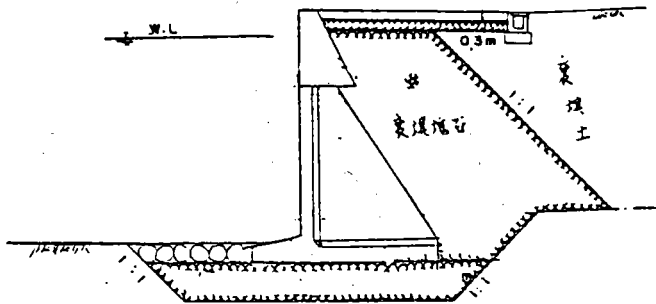


圖2. L型塊式碼頭

L 型塊各構材形狀及尺寸之假設

設計外力之決定：

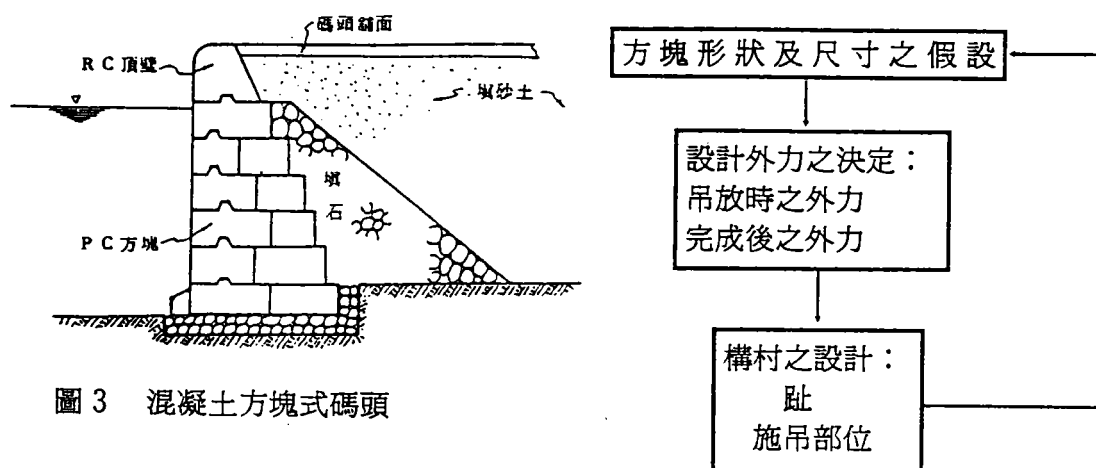
施吊時外力
完成後外力

構材之設計：

前牆
底腳
底版
扶壁
施吊部位

(3) 混凝土方塊式 (Conc. Block)

港底先鋪放塊石作基礎，整平後，再以預製之混凝土塊，相疊而成重力式岸壁壁體。其作業單純，施工設備簡單，惟混凝土間之結合，缺少整體性。斷面見圖 3。混凝土方塊之設計程序如下：



(4) 中空型塊式 (Cellular Block)

以中空型塊內填石料作成碼頭壁體（如圖 4）。若底部加活動蓋亦可浮起而拖運，施工設備較沈箱簡單，鋼筋混凝土之體積較少，然不用預疊混凝土作為中填材料時，壁體之整體性欠佳，較容易產生不均勻沈陷。中空型塊之設計程序如下：

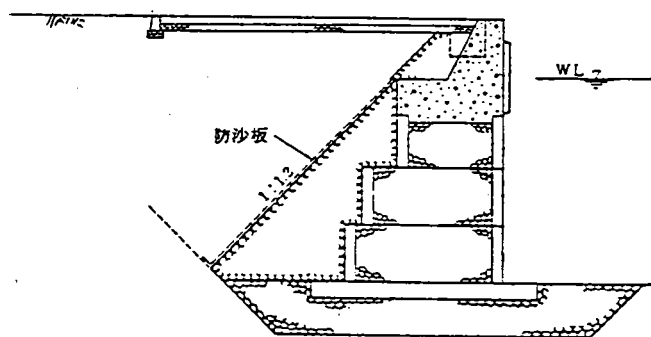
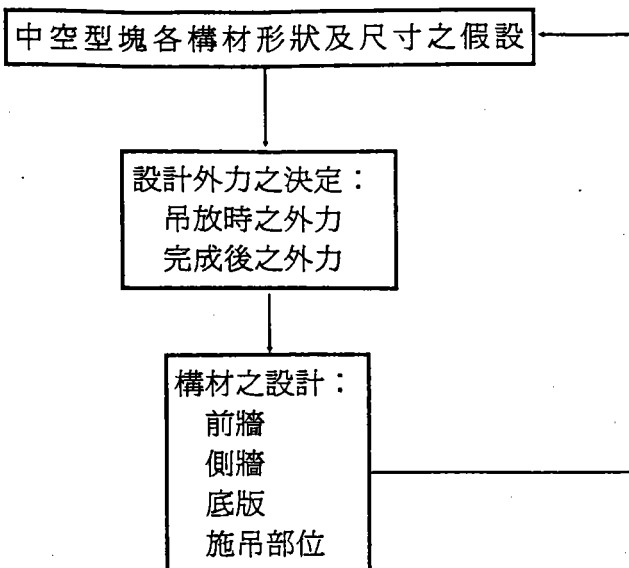


圖 4 中空型塊式碼頭



(5)消波塊式(Wave Breaker)

將混凝土方塊築成凹凸狀，疊成直立式岸壁（斷面如圖 5）。由波浪產生之勢能，被消波塊之空隙所分散吸收產生消波效果。其模板製作較複雜，且混凝土消波塊之製作及吊放之損壞率較高為其缺點。本型式之碼頭設計可參照混凝土方塊重力式碼頭設計。

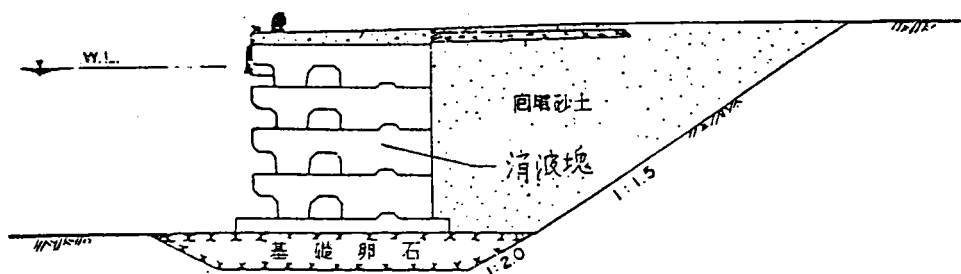


圖5. 消波塊式碼頭

(6)現場澆灌混凝土式(Cast in Place Conc.)

碼頭岸壁以乾工法或水中混凝土，預疊混凝土等於現場直接澆築者（斷面如圖 6）。一般均採用在岩盤上，因此其穩定均由傾倒決定，其設計亦可參照混凝土方塊重力式碼頭設計。本型式若使用乾工法，通常於港池外圍先築臨時圍堰阻水。

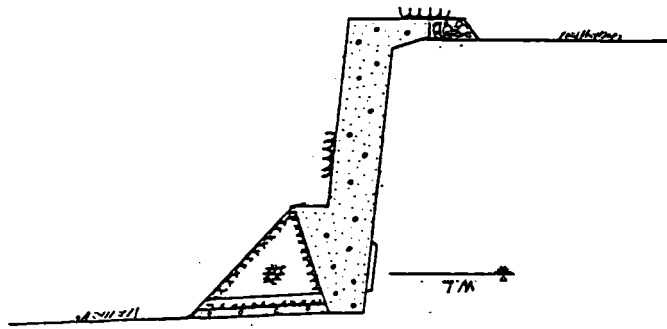


圖6. 現場澆灌混凝土式碼頭

(二)板樁式 (Sheet Pile Type)

1. 概要與特性

板樁式碼頭係打設板樁及回填土築成岸壁。板樁之材料為鋼、鋼筋混凝土，預力混凝土、木材等。本式壁體極輕，耐震性強，通常工程費較省，但其耐久性較重力式差，尤其打樁不慎脫樁時，其背填砂土流失，易生危險。

2. 種類

自立式 (Self Standing Type or Cantilever Type)

錨碇版式 (Dead Men)

板樁式碼頭 錨碇式 板樁錨碇式 (Sheet Pile)

(Anchor) 直樁錨碇式 (Straight Pile)

組樁或斜樁錨碇式 (Couple Pile or Batter Pile)

井筒式 (Cellular Type)

3. 設計程序及斷面

(1) 自立式 (Self Standing)

碼頭正面僅以板樁密接成排自立構成者，謂之自立式。其設計程序及斷面如下：

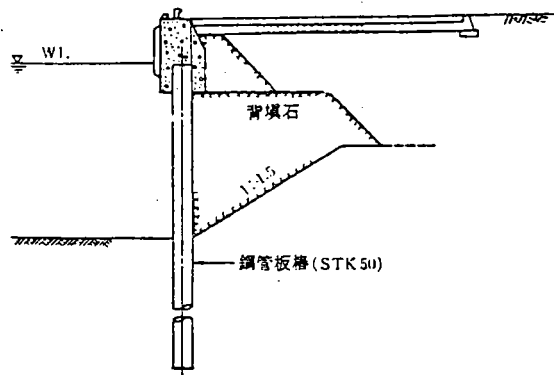
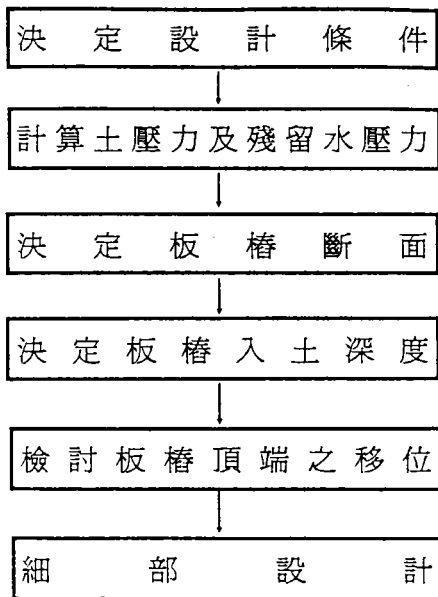


圖 7 自立式板樁碼頭

(2) 錨碇式 (Anchor)

① 種類

錨碇式板樁碼頭除正面由板樁密接成排打入海底外，在接近樁頂處安裝橫向腰梁 (Wale)，腰梁上每隔若干距離向後方接以拉桿 (Tie Rod)，拉桿之後端連接於錨碇設施。錨碇式板樁碼頭依錨碇式方法之不同，概分下列四種：

- A. 錨碇版式 (Dead Men)，如圖 8。
- B. 板樁錨碇式 (Sheet Pile)，如圖 9。
- C. 直樁錨碇式 (Straight Pile)，如圖 9。
- D. 組樁 (或斜樁) 錨碇式 (Couple Pile or Batter Pile)，如圖 10。

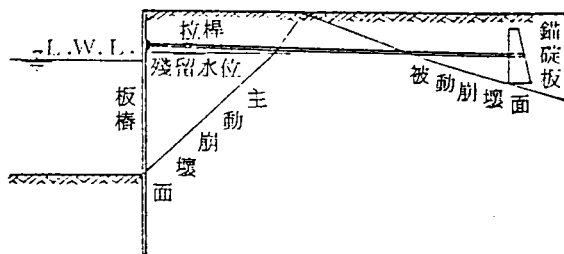


圖 8 錨碇版式板樁碼頭

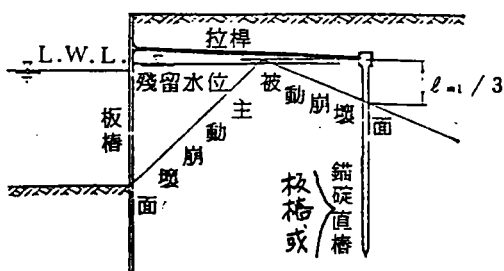


圖9 板樁或直樁錨碇式板樁碼頭

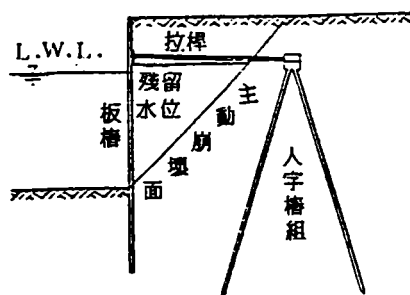
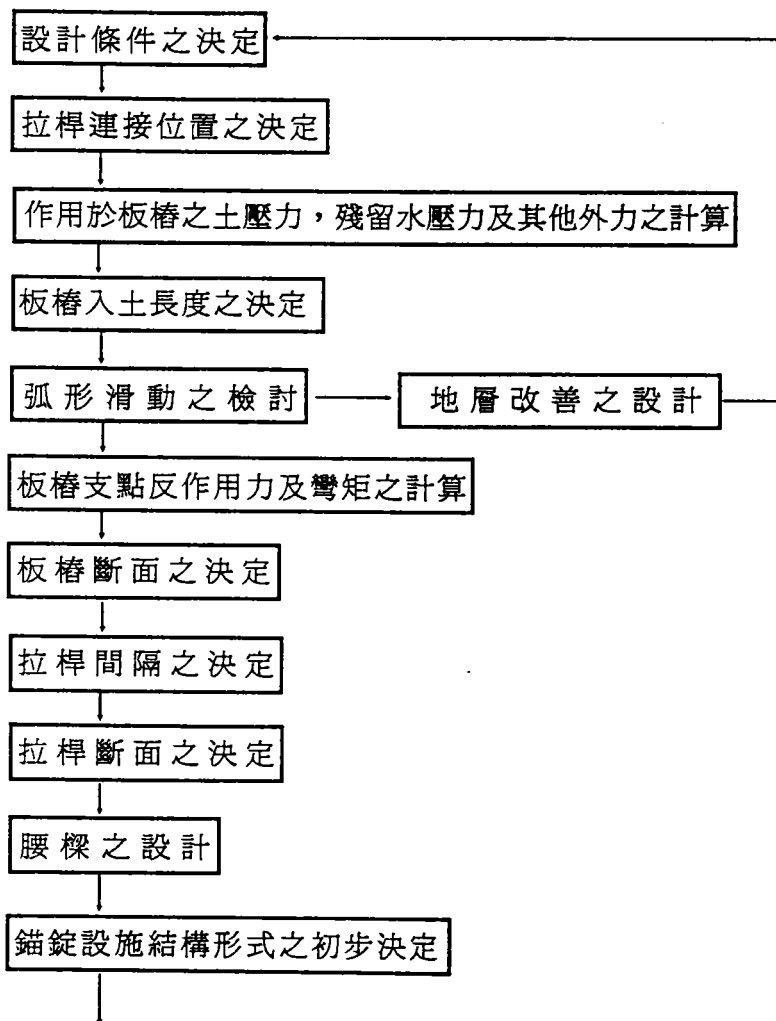
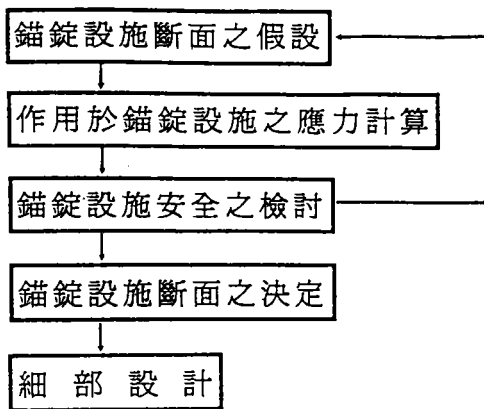


圖10 組樁錨碇式板樁碼頭

②設計程序

錨碇式板樁碼頭設計可依下列順序：





③設計方法

錨錠式碼頭通常有下述數種設計方法，摘述如下：

A. 依據傳統土壓理論設計法有二：

(A) 自由端設計法(Free end Support)

- 板樁入土部份不發生負力矩，即入土下端之彎矩假定為零。
- 板樁入土深度，由主、被動土壓力對拉桿連接點之力矩平衡而求得。
- 拉桿之拉力為主、被動土壓力之差。
- 作用於板樁之土壓力及彎矩假定如圖11。

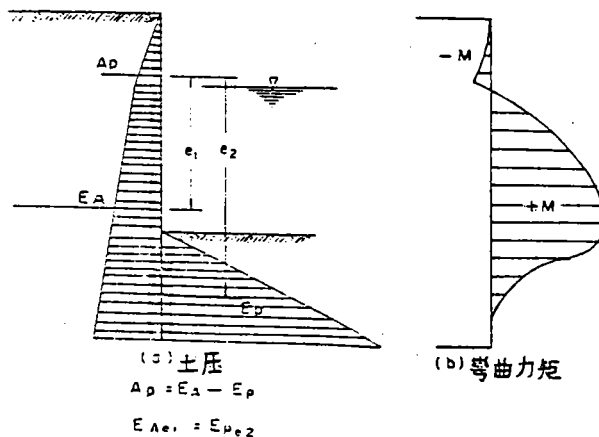


圖11 自由端法

(B) 固定端設計法(Fixed end Support)

- 假定板樁固定於海底入土某點，即海底下某點有板樁之反曲點，反曲點以下為負彎矩。
- 作用於板樁之土壓力及彎矩如圖12。
- 反曲點之位置，H. Blum氏曾求出與土壤內摩擦角之關係如圖13。

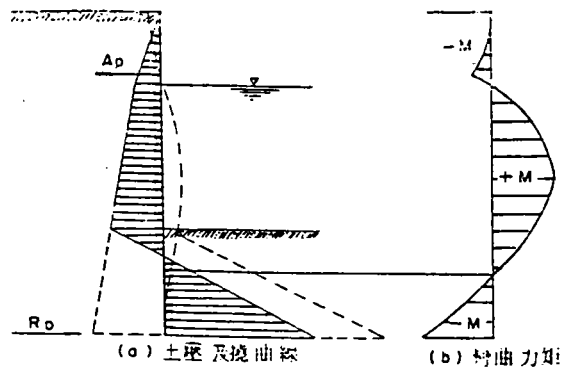


圖12 固定端法

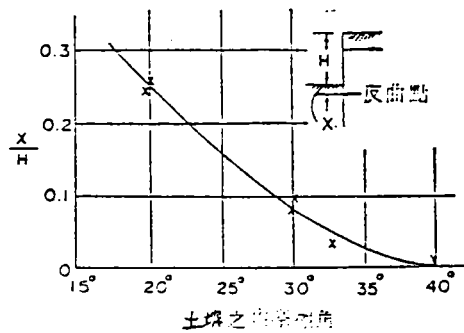


圖13 反曲點之位置(Bulm)

B. 丹麥設計法

- 此法係依據經驗之設計，並無理論根據。
- 所求之板樁斷面及入土長度，較其他方法為小。
- 假定土壓力分佈情形如圖14。

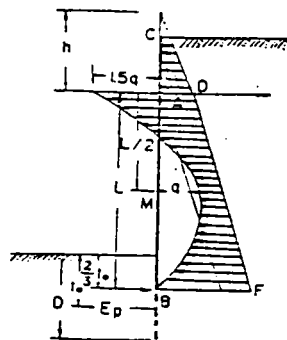


圖14 丹麥法

C. 羅維氏(Rowe)設計法

- 不以傳統土壓理論處理，而將板樁視為彈性支點上之樑計算，其計算非常複雜，但與實驗數值非常接近。
- 羅氏經實驗比較，建議普通自由端法所求計算之彎矩，乘以減少係數予以修正法。減少係數如圖15。

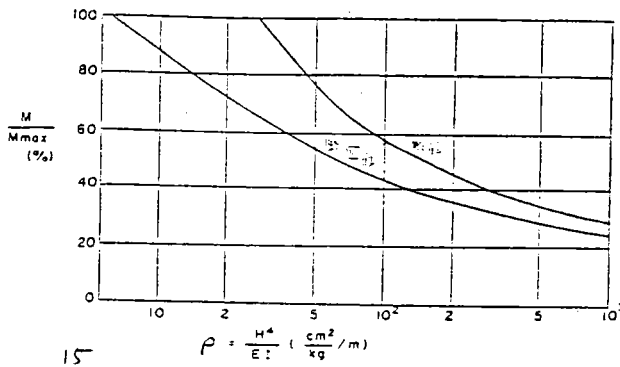


圖15 彎曲力矩之減少係數（安裝處之移位超過H/1000以上情形）

(3)井筒式(Cellular Type)

①種類

用扁平型鋼板樁打入海底圍成井筒狀，筒內填以海砂或低級混凝土，即構成碼頭。依筒狀之不同計分三種如下：

- 圓形井筒式(Circle)，如圖16。
- 橢圓形井筒式(Ellipse)，如圖17。
- 棉花包形井筒式(Clover)，如圖18。

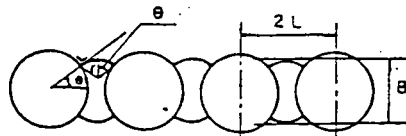


圖16. 圓形井筒式碼頭

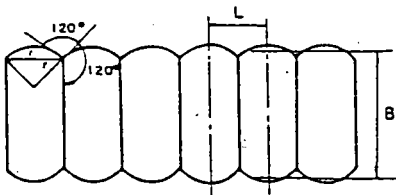


圖17. 橢圓形井筒式碼頭

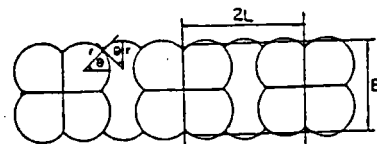
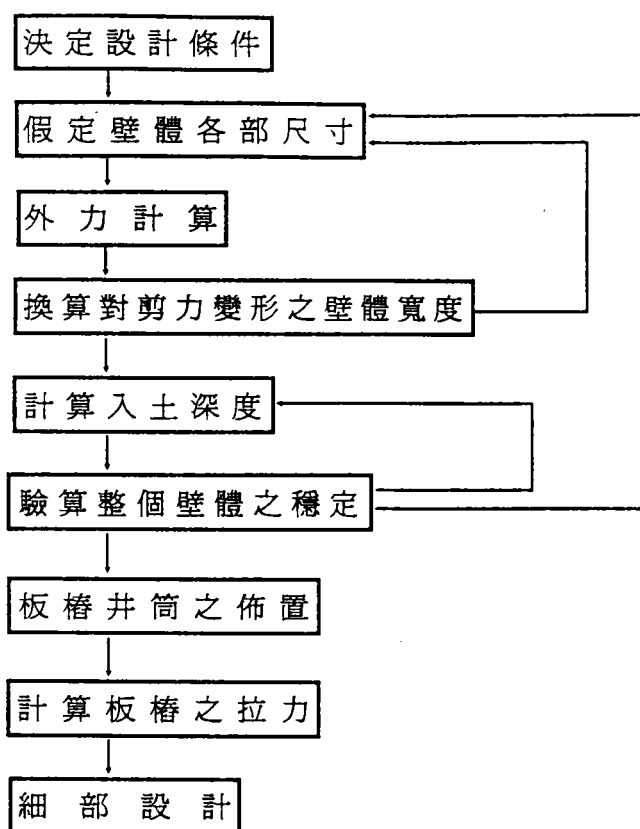


圖18. 棉花包形井筒式碼頭

②設計程序



③平台樁基式 (Reileving Platform Pile Type Wharf)

1. 種類

碼頭之下部結構以樁所構成，上部則以鋼筋混凝土構築平台。平台樁基式之種類，計分四類如下：

- (1) L 型樁基式 (背後板樁)，如圖19。
- (2) L 型樁基拉桿式 (前面板樁)，如圖20。
- (3) 箱型版樁基式 (Box Frame)，如圖21。
- (4) 橋版樁基式 (Bridge)，如圖22。

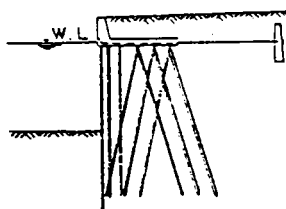


圖19 L 型平台樁基式碼頭 (背後板樁)

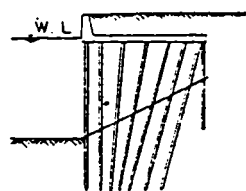


圖20 L 型平台樁基式碼頭 (前後板樁)

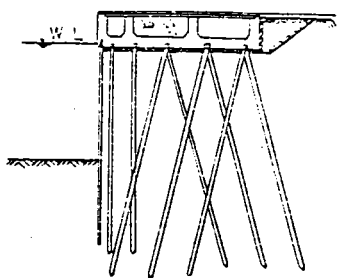


圖21 箱型版樁基式碼頭

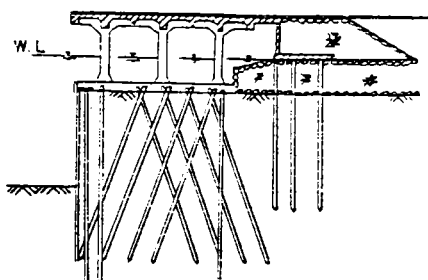
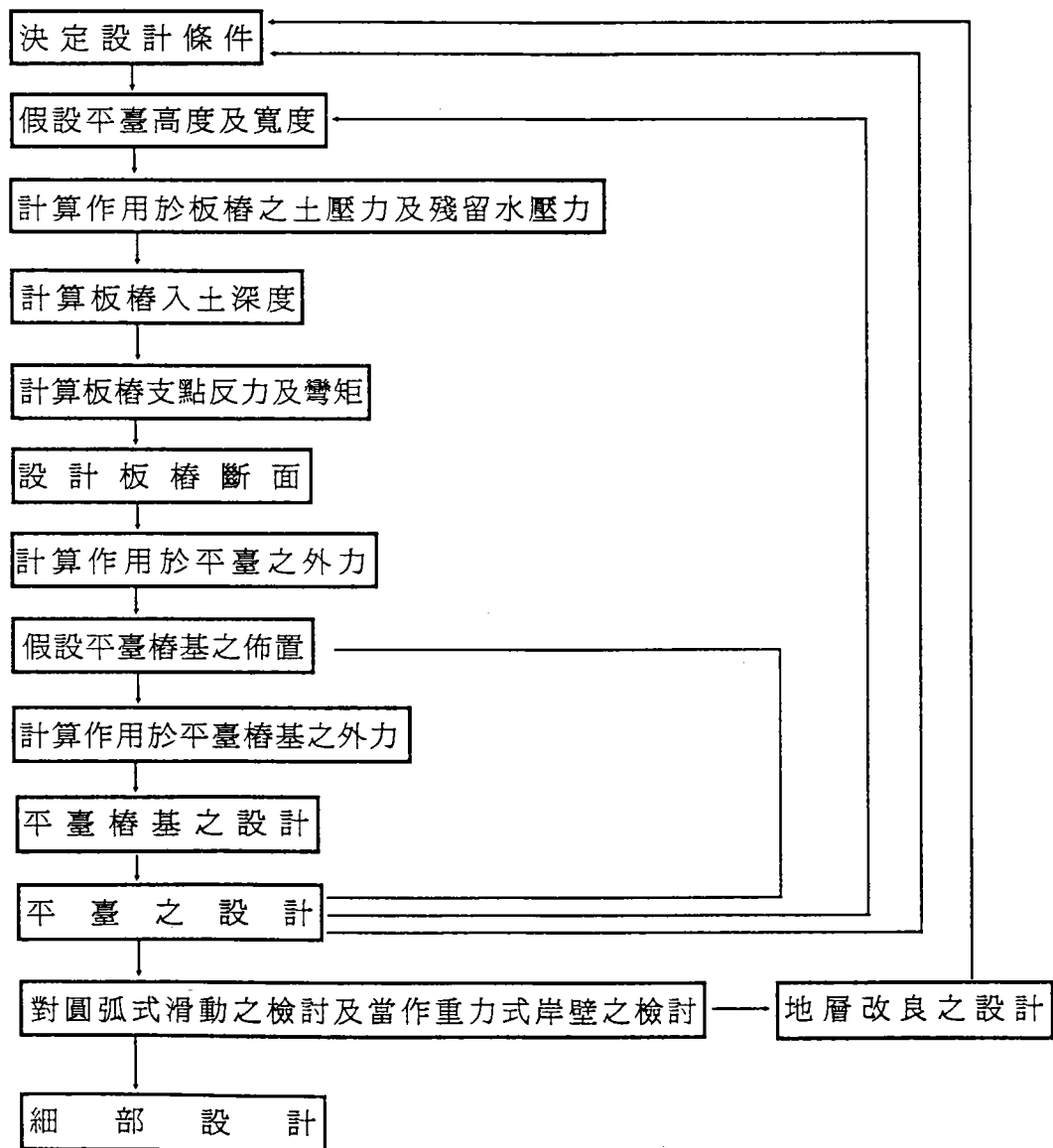


圖22 橋版樁基式碼頭

2.設計程序

平台樁基式碼頭普通按下列次序設計



四 棧橋式 (Trestle Type)

1. 種類

棧橋之結構為在海底打樁成排架，在各排架上置橫樑，樑上架設縱樑與橋面。其種類可分為：

- (1) 直樁棧橋式 (Straight Pile)，如圖23。
- (2) 斜樁棧橋式 (Batter Pile)，如圖24。
- (3) 圓筒或角筒棧橋式 (Braced Cylinder)，如圖25。

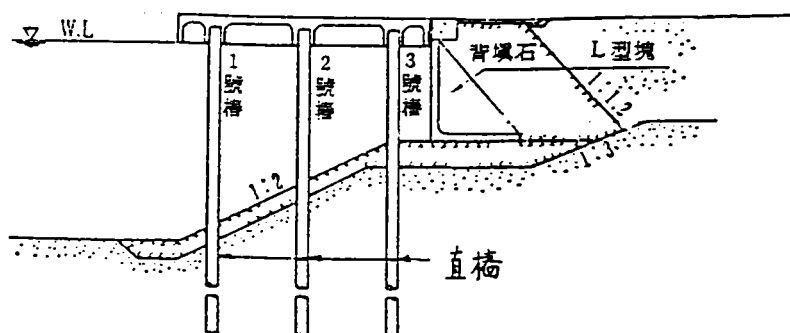


圖23 直樁棧橋式碼頭

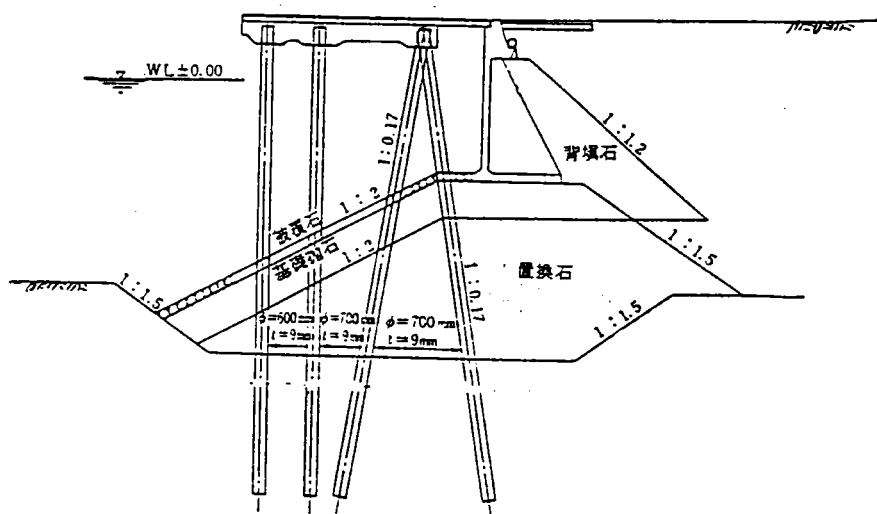


圖24 斜樁棧橋式碼頭

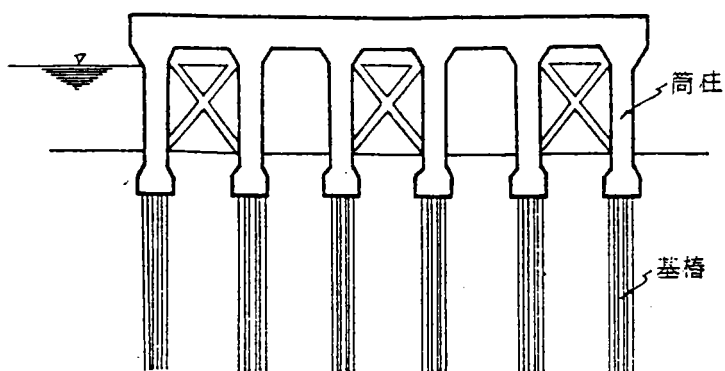
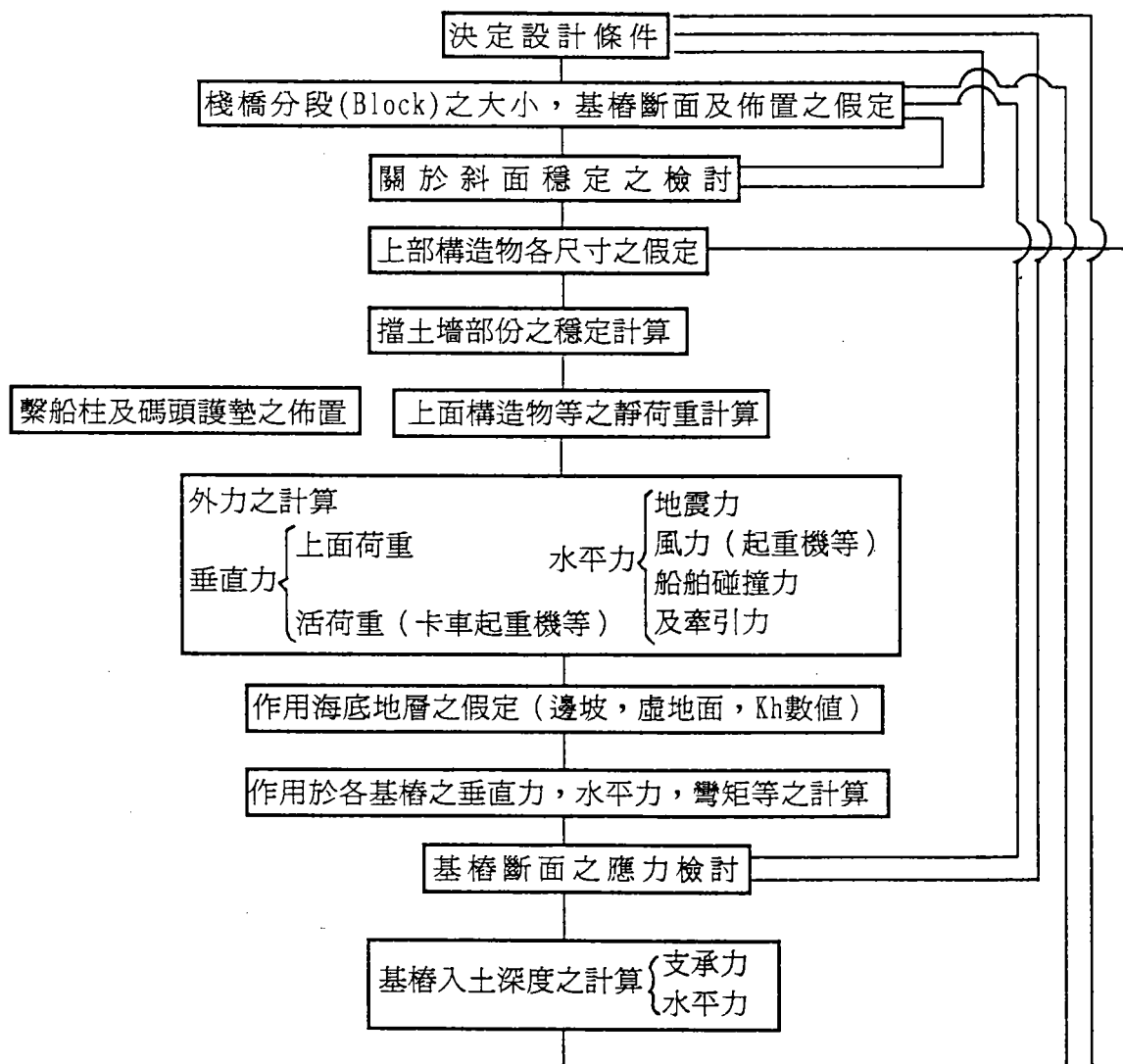
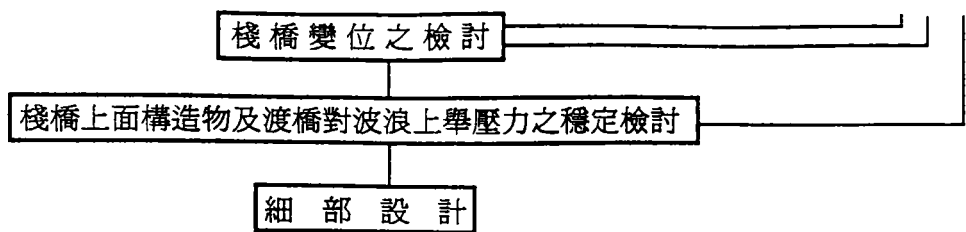


圖25 圖筒或角筒棧橋式碼頭

2. 設計程序

棧橋式碼頭通常按下列次序設計。





(五)橋台墩式(Bridge Pier or Abutment Type)

橋之一端或兩端建橋台，中間築橋墩，橋台與橋墩則以大樑連繫，上鋪面層，構成繫船席，通常可在兩側停靠船舶。一般其橫向橋面寬度不大，承受橫向水平力較為薄弱，故不能承受大型船舶之繫靠。

(六)離岸式(Detached or Offshore Type)

離海岸線外設置平台 (Dolphin)，供船舶繫靠休息或裝卸作業之用。通常由靠船台 (Berthing Dolphin)或靠船台與繫船台 (Mooring Dolphin)組合而成。一般繫靠船台之結構有沈箱重力式和樁基平台式。兩平台間以連絡橋 (Catwalk) 連接，平面配置如圖26及27。

(七)浮式(Floating Type)

計有靠船浮箱(Berthing Ponton)及繫船浮筒(Mooring Buoy)兩種，係供船舶等候碼頭或在泊地用駁船裝卸時使用。此概述如下：

1. 靠船浮箱(Ponton)

浮箱可為鋼製、木製、玻璃纖維、或鋼筋混凝土製，如圖28。浮碼頭一般由數個浮箱組成，如圖29。其設計程序如下：

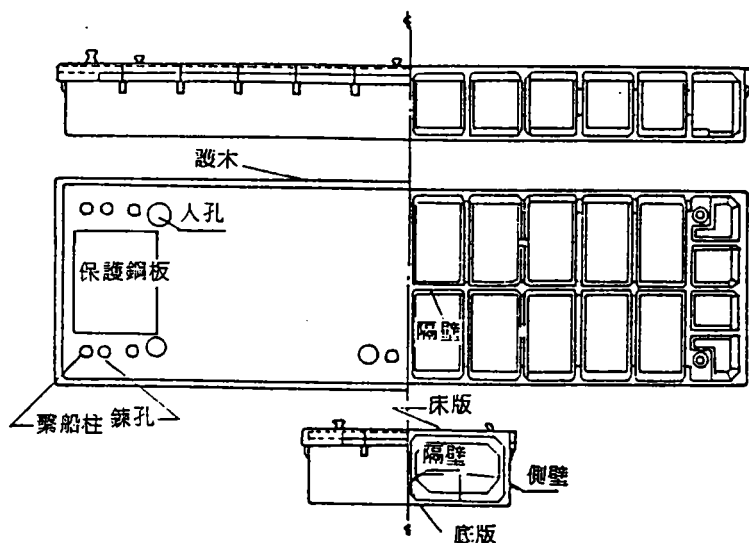


圖28 浮箱

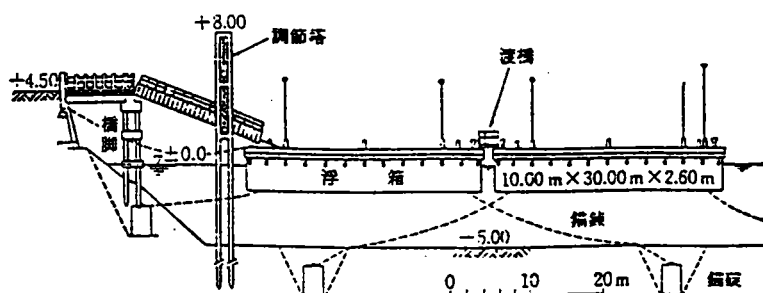
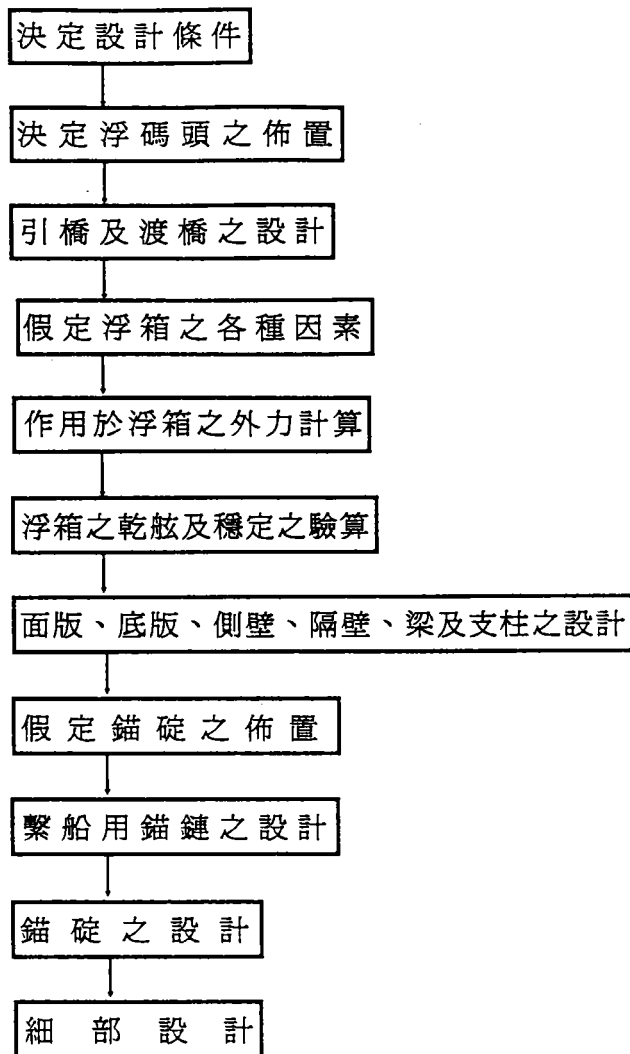


圖29 浮箱碼頭



2. 繫船浮筒(Buoy)

浮筒繫船方式有單浮筒式及雙浮筒式，前者所需泊地面積較大，後者可將船隻固定於兩浮筒間成爲一船席。浮筒依構造可區分爲沈錘式，錨鍊式及沈錘錨鍊兩用式，如圖30。其設計程序如下：

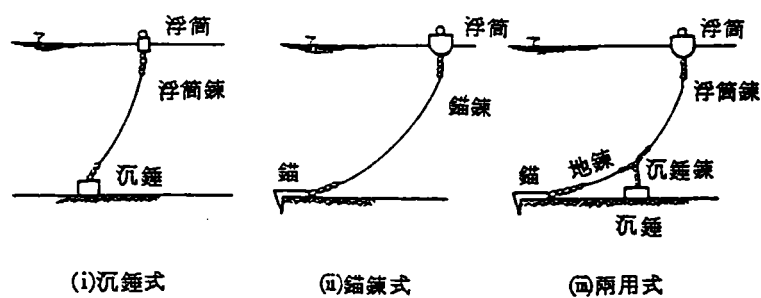
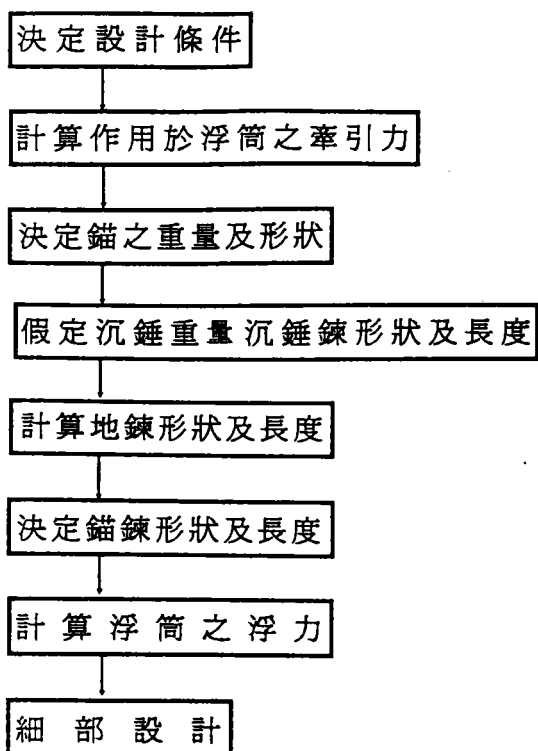


圖30 繫船浮筒之型式

十、碼頭附屬設備

(一)防舷材(Fender)

1.種類

(1)木材防舷材

不能吸收船舶靠岸能量，只有增加接觸面積而減輕接觸壓力，防止船體及岸壁受損，如圖31。

(2)橡膠防舷材

具有彈性，利用彈性變形吸收船舶靠岸能量而減少衝擊力，亦能減輕接觸壓力之效果，如圖32。

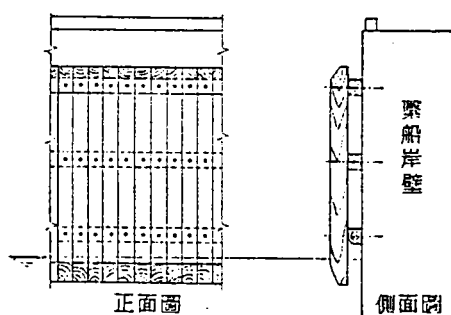


圖31 木材防舷材

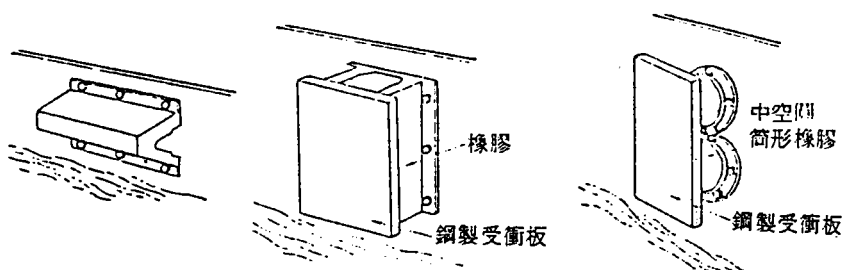


圖32 橡膠防舷材

(3)空氣式防舷材

橡膠袋內充氣，利用壓縮空氣吸收船舶靠岸能量，有固定型及浮游型兩種，如圖33與圖34。

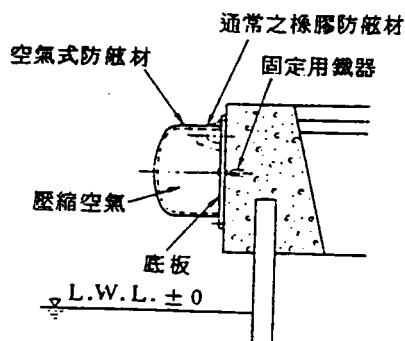


圖33 固定空氣式防舷材

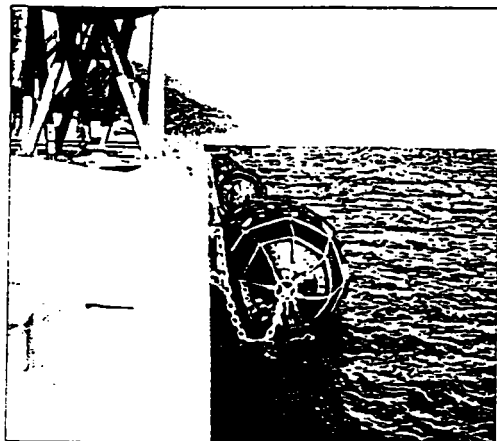


圖34 浮游空氣式防舷材

(4)液壓式防舷材

如圖35，當船舷衝擊受衝板時，袋內之液體受擠壓而經管子流向液箱，此時即吸收船舶靠岸能量，如衝擊力消失，則液體自動流回袋內。

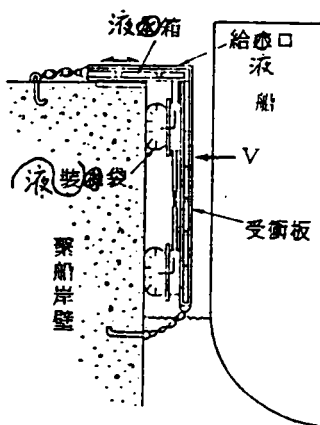


圖35 液壓式防舷材

(5) 樁式防舷材

將木樁或鋼樁打入岸壁前之海底，樁與岸壁間夾有木材或橡膠，利用樁之撓曲變形吸收船舶靠岸能量，如圖36。

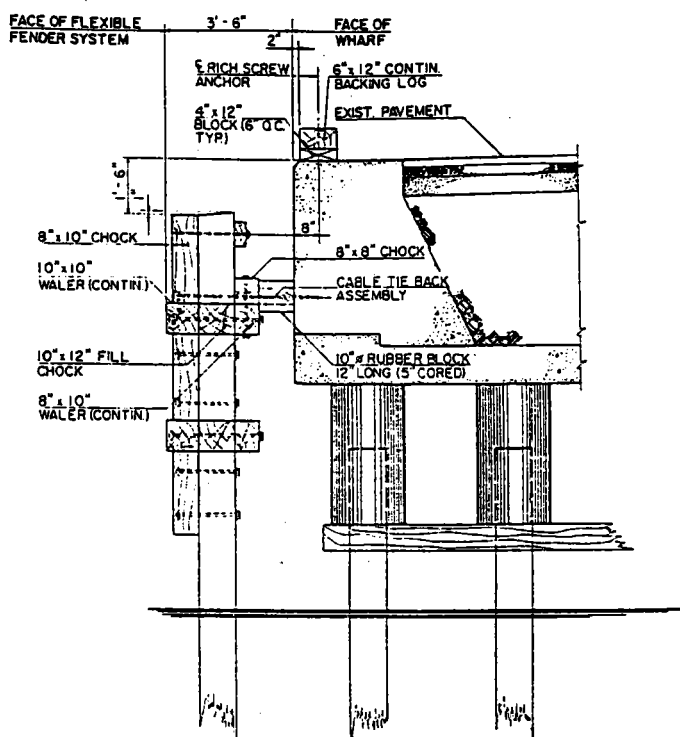


圖36 樁式防舷材

(6) 重力式防舷材

將混凝土或鐵製之重錘，懸掛在岸壁前，當船舶靠岸時，先與重錘相碰，重錘即向上或向內側移動，吸收船舶靠岸能量，如圖37。

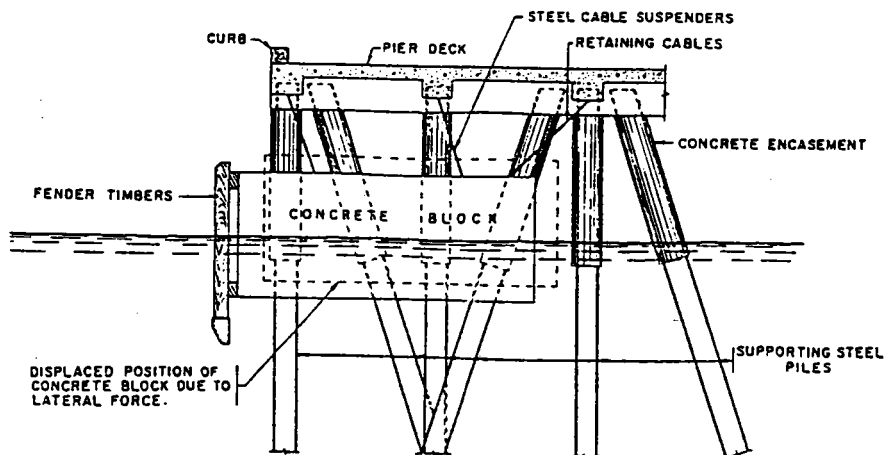


圖37 重力式防舷材

2. 佈置

- (1) 防舷材之佈置應使防舷材吸收船舶靠岸能量之前，船舶不可直接接觸岸壁。
- (2) 橡膠防舷材通常安裝之間隔為5m～20m，間隔在10m以上時，將裝設防舷材之上部混凝土較其他部份突出0.2～0.25m。
- (3) 若大型岸壁兼靠小船時，應將小船用防舷材裝在大船用防舷材後面。

3. 選材

各種防舷材其荷重與變形之關係各異，變形後所能吸收之靠岸能量亦不同。各種防舷材一般均由廠商提供吸收能量與變形，荷重與變形之關係圖表，以供利用，如圖38。

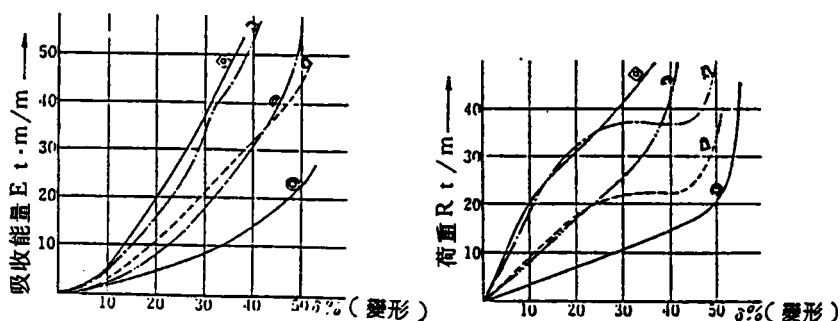
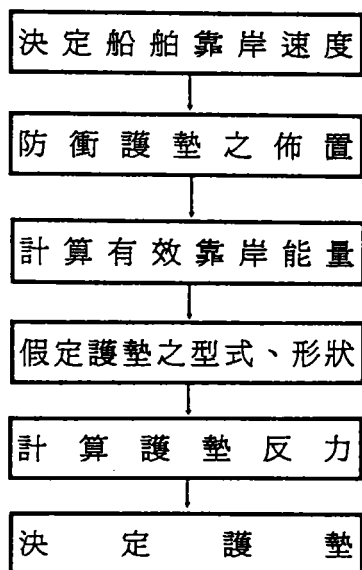


圖38各型橡膠防舷材吸收能量及荷重與變形之關係
(高500mm型橡膠防舷材之例)

4. 設計程序

防舷材之設計通常按下列順序：



(二)繫船柱 (Mooring Post)

1.概述

繫船柱主要為提供船舶繫留或靠離之用。

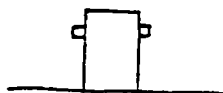
2.種類

(1)直柱 (Bollard)

①單柱



大型船碼頭



小型船碼頭

②雙柱



小型船碼頭或船上甲板

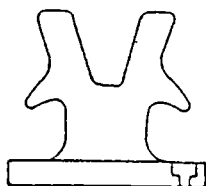
(2)曲柱 (Bitt)

①單曲



大型船碼頭

②雙曲 (雙耳，羊角)



大型船碼頭



大、小型船碼頭

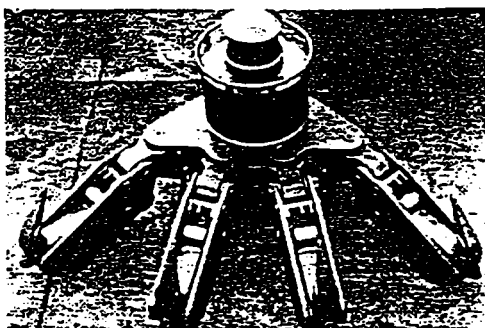


小型船碼頭或船上甲板

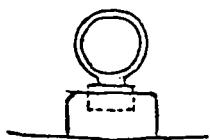
(3)快速帶解纜勾 (Quick Release)

①單勾

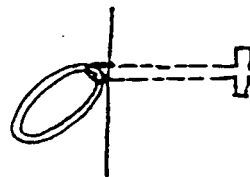
②複勾



(4)繫船環(Ring)



垂直旋轉式



鉸接式

小型船碼頭或船上甲板

(5)繫纜勾 (Chock)



開口型



閉口型

裝在船上之繫纜輔助設備，其目的為轉變纜繩方向。

3.佈置原則

(1)直柱

- ①暴風時繫留船舶之用
- ②每船席設置二座
- ③在船席兩端，離碼頭法線設置，通常設在通棧角隅。

(2)曲柱

- ①平時繫留船舶或船舶靠離之用
- ②在船席靠近碼頭法線配置
- ③配置數量

船 舶 噸 總 數	曲柱之最大間隔	每船席之最低設置個數
2,000總噸以下	10~15m	4個
2,000~5,000總噸	20	6
5,000~20,000	25	6
20,000~50,000	35	8
50,000~100,00	40	8

- ④兩座連續船席之接頭部位，將二個曲柱以數公尺間隔佈置。
- ⑤小型繫船岸壁，因船之甲板高與岸壁高約同，繫船纜不致發生脫纜時，故多半採用直柱（間隔約 10m ~ 20m ），亦可以繫船環(Ring)代替。

(3)快速帶解纜勾

- ①使用於大型船碼頭
- ②通常設置於離碼頭法線稍遠處。
- ③每船席配置數量參照上述直、曲柱。

4.設計

(1)項目

- ①柱殼本體 ②錨栓 ③基礎

(2)外力

- ①船舶之牽引力

(單位：噸)

船舶之總噸數	作用於直柱之牽引力	作用於曲柱之牽引力
200	15	5
500	15	10
1,000	25	15
2,000	35	15
3,000	35	25
5,000	50	25
10,000	70	35(25)
15,000	100	50(25)
20,000	100	50(25)
50,000	150	70(35)
100,000	200	100(35)

②直柱牽引力為水平方向，垂直方向為表值 $\frac{1}{2}$ 。

③曲柱牽引力為任何方向，括弧內為單纜。

(三)車檔

(1)碼頭岸高邊緣原則上應設置車檔。

(2)安裝間隔以30cm為標準，但夾於繫船柱間則以1.5m~2.5m為標準。

四給水設備

給水栓及給水量

船舶總噸數	所需水量	供水時間	水栓間隔	1船席栓數	1栓供水能力
500G/T	40ton	5hr	30m	2個	4 ton/hr
1,000	80	5	30~40	2	8
3,000	250~300	5	40~50	3~4	16
5,000	500	5	40~50	4	18
10,000	800	5	40~50	4	28

(五)排水設備

(1)為排除雨水或下水計，碼頭必須有排水設備。

(2)排水口儘量避開船舶靠岸之處。

(3)排水管應避免構造物因下陷或振動而遭破壞。

(六)照明設備及標誌燈

1.碼頭之岸肩或道路上應設置夜間照明燈，以使貨物裝卸，船舶靠離作業有適當之

照亮度，其照度如下表

碼頭之照明標準 (單位：lux)

作業之種類	離岸作業	裝卸作業	交通
照 明 度	10~15	25~30	5

2.若船舶於夜間靠岸時，應設置靠岸目標之標誌燈。

#

Forces Acting on a Quay Wall (Thoresen, Stromme Inc., Oslo, Kompendium in Norwegian)

