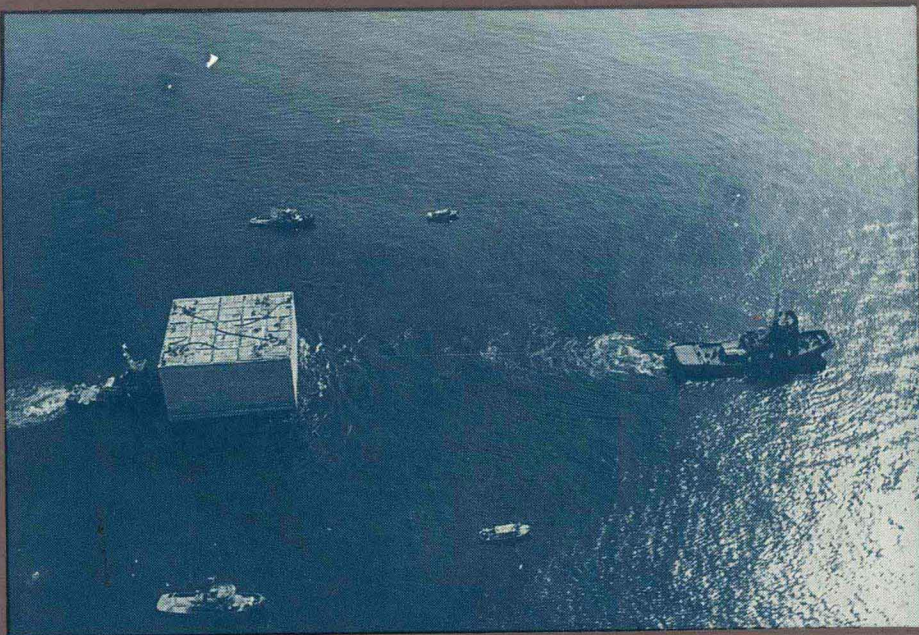


部編大學用書

實用港灣工程學

汪燮之 著



國立編譯館 主編
明文書局 印行

部編大學用書

實用港灣工程學

汪燮之 著

國立編譯館 主編
明文書局 印行

版權所有・翻印必究

251 實用港灣工程學

平裝一冊定價新台幣 玖圓陸角參分

編著者：汪 燮 之

著作權人：國立編譯館

出版者：明 文 書 局

發行人：李 潤 海

台北市敦化南路492號

印製所：凡成印製事業有限公司

台北市萬大路486巷10弄27號

發行所：明文書局股份有限公司

行政院新聞局局版台字1993號

地 址：台北市重慶南路一段49號 7 樓

電 話：3619101・3318447・3754679

郵 撥：01436784號明文書局

傳 真：3619101

中華民國七十九年五月初版

Ming Wen Book Co., Ltd. 7F No. 49, 1 Sec., Chung-King South Road, Taipei, Taiwan, R.O.C.

ISBN 957-9509-30-1

自序

台灣為海島地區，發展經濟全賴海洋運輸，因此近二十餘年來，不斷新建及擴建港灣工程以應經濟發展需要，新建者有台中港、蘇澳港及花蓮港等，擴建者有高雄港及基隆港等，其中尤以高雄港其吞吐量已躍居世界五大巨港之一，展望經濟發展趨勢，今後仍須大舉擴建已有港灣並新闢深水港灣。惟港灣工程事業雖甚發達，但有系統之港灣工程設計與施工書籍甚為稀少，縱有一、二港灣工程書籍，然多以介紹波浪理論為主，鮮少論及設計及施工實務，作者曾主持蘇澳港工程之興建，凡十年左右，並觀摩台中港新建及高雄港與基隆港擴建甚久，更赴歐美參觀有關港灣之擴建，復瀏覽美日有關港灣工程書籍，以實務為主，編寫本“實用港灣工程學”一書，一方面作為大學港灣教學應用，一方面供實際從事港灣建設工程人員參考。惟作者一己所學究屬有限，疏漏及偏差之處在所難免，尚請閱讀諸君見諒與指正。

國立台灣大學兼任教授

榮民工程事業管理處前副處長

汪 燮 之

中華民國七十九年二月

實用港灣工程學

目 錄

第一章 概 說 3 ~ 71

第一節 何謂港灣及港灣工程.....	1
第二節 港灣之位置及其佈置.....	2
第三節 影響港灣工程設計之有關因素.....	9
1 風.....	9
2 潮.....	13
3 雨.....	14
4 浪.....	14
5 塊石石源.....	61
6 混凝土用骨材料源.....	62
7 港區地質.....	63
8 可用場地.....	65
9 交通現況.....	69
10 環保問題.....	70

第二章 防波堤之設計 73 ~ 257

第一節 防波堤種類.....	73
第二節 堆石防波堤設計.....	76
1 堆石防波堤構型.....	76
2 混凝土消波塊種類及其拋放方式.....	82

2 實用港灣工程學

3 堆石防波堤邊坡穩定之計算	97
4 堆石堤基盤穩定之計算	105
第三節 沉箱防波堤設計	116
1 一般說明	116
2 沉箱形狀大小與重量	119
3 沉箱防波堤穩定性要素	134
4 沉箱防波堤穩定性算例	137
5 沉箱拖航穩定性	151
6 沉箱下水設施	156
7 沉箱拖航及其所需設施	214
8 沉箱安放及其所需設施	223
9 沉箱回填與封頂	234
10 混凝土堤面及胸牆	238
11 拋石基礎	240

第三章 碼頭之設計 259 ~ 371

第一節 介 說	259
第二節 碼頭尺寸及附屬設施	260
1 一般說明	260
2 碼頭長度	261
3 碼頭寬度	268
4 碼頭深度	268
5 碼頭附屬設施	270
第三節 碼頭設計之壓力	270
1 一般說明	270
2 碼頭之側向壓力	271
3 碼頭之垂直壓力	273

第四節 碰 墊.....	274
1 一般說明.....	274
2 木材碰墊.....	274
3 橡膠碰墊.....	277
4 碼頭胸牆與繫船柱.....	309
第五節 棧橋碼頭.....	314
1 棧橋碼頭構型.....	314
2 棧橋碼頭結構斷面之設計.....	318
第六節 沉箱碼頭.....	351
1 沉箱碼頭構型.....	351
2 沉箱碼頭設計.....	353
第七節 混凝土塊碼頭.....	361
1 混凝土塊碼頭構型.....	361
2 混凝土塊碼頭設計.....	363
第八節 鋼板樁碼頭.....	366
1 鋼板樁碼頭構型.....	366
2 鋼板樁型式及規格.....	368
3 鋼板樁碼頭設計.....	368

第四章 浚 渫..... 373 ~ 412

第一節 介 說.....	373
第二節 岩石海（河）底浚渫.....	374
1 一般說明.....	374
2 先期處理.....	374
3 岩石浚挖.....	380
第三節 軟質土壤浚挖	
1 一般說明.....	395

4 實用港灣工程學

- 2 鉸刀抽吸式挖泥船.....395
- 3 自航抽吸式挖泥船.....406

第五章 港灣工程施工413 ~ 635

第一節 介 說.....413

第二節 港灣工程施工規劃.....413

- 1 一般說明.....413
- 2 規劃資料.....414
- 3 規劃準則.....417
- 4 規劃範例.....418

第三節 堆石防波堤施工.....570

- 1 介 說.....570
- 2 堤心石材拋填.....571
- 3 過濾層鋪設.....576
- 4 封層鋪設.....578
- 5 堆石堤封頂.....582
- 6 堆石堤封頭.....583
- 7 混凝土型塊之製作.....586

第四節 沉箱防波堤施工.....594

- 1 沉箱基礎施設.....594
- 2 沉箱製作.....605
- 3 沉箱水中儲存.....614
- 4 沉箱安放拖航作業.....614
- 5 沉箱安放作業.....615
- 6 沉箱防波堤堤面及胸牆施工.....616
- 7 沉箱防波堤基礎護肩混凝土塊吊放.....617

第五節 碼頭施工.....618

1	棧橋碼頭施工.....	618
2	沉箱碼頭施工.....	626
3	混凝土塊碼頭施工.....	629
4	坂樁碼頭施工.....	632

實用港灣工程學

第一章 概說

第一節 何謂港灣及港灣工程

凡臨水岸坡爲直立壁 (vertical wall) 且有足夠水深足以停泊載客載貨船隻並有岸地供裝 (loading) 卸 (unloading) 客貨而水域不受較大風浪波及之處所稱港灣 (harbor) 。

天然臨水岸坡，多作斜坡狀，其坡度之大小，恆視岸地地質性質而定，土質者其坡緩、石質者其坡陡，但絕少有垂直而平整可資停靠船隻者，因此必須施作人工設施，使天然之斜坡改爲直立壁，使其可供船隻靠泊，此一設施，稱爲碼頭 (wharf) 。

岸邊水域，除沿河地帶水流無甚風浪外，臨海水域，僅少數地帶因地理位置關係，如新加坡 (Singapore) 沿岸等水域終年無大風浪，其餘海岸莫不或多或少遭受巨大風浪襲擊，此等區域如欲作爲停泊船隻港灣，則必須在停泊水域外側適當距離，於水中施設擋阻外海波浪設施，俾外海風浪因有阻擋設施阻隔，而不致波及船隻停泊水域，則船隻即可安全停泊，此一阻擋外海波浪設施稱之爲防波堤 (break-water) 。

計劃作爲停泊船隻之港灣，其天然水深，往往小於計劃停泊最大船隻載重時之吃水深，因此，作爲港灣之水域，大多需要加以挖深，

使在港內水域區中任何位置均有足夠水深供計劃船隻行駛或靠泊，此一挖深作業，稱為浚渫（dredging）。

一般碼頭多離岸邊稍遠建造，因此碼頭背側必須填土，且碼頭背側岸地，並須闢建廣場、興築交通道路、儲貨通棧及供水供電等等設施，除填土外，其餘統稱岸上設施（on shore structures）。

以上陳述碼頭工程、防坡堤工程、浚渫工程、填土工程及岸上設施工程等統稱之為港灣工程（harbor engineering）。惟岸上設施工程，無論其設計與施工，均與一般陸上工程無異，可參照一般陸上工程辦理，因此本書乃僅就有關水上作業之其餘各工程予以討論。

有天然屏障無須施設防波堤或雖無屏障但終年風浪平靜無須建造防波堤之港灣稱天然港灣（natural harbor），無岸地可資利用亦無天然屏障而純為人工設施之港灣稱人工港灣（artificial harbor）。利用天然屏障作為部份防波堤並予延長所形成之港灣稱半天然港灣（semi-natural harbor）。

第二節 港灣之位置及其佈置

港灣位置其瀕河施設者稱河港，多無須防波堤設施，一稱內河港灣。沿海岸施設者稱海港，除極少數地區因地理環境特殊外，多須興建防波堤，本書所述，將為此類港灣工程，因其工程內容涵蓋港灣一應所需之故。

河港大都位於河道寬廣水流平緩而水深甚深河段，亦多位於河口者，即位於河流入海處。海港則沿海岸儘量利用天然地形興建，以節省工程費用，但更須注意避免處於巨浪直冲之地位。

港灣工程佈置可分防波堤、碼頭及港區水域分佈等方面討論。

防波堤除與岸邊連接部份必須儘量利用當地地形外，並應儘可能向外海伸張，俾能擴大港區水域，而兩相對防波堤間，必須留一適當敞口，作為船隻進入港區之進出口（entrance），進出口位置必須避

免巨浪直冲，並為減少外海巨浪由進出口大量湧入港區以內起見，進出口應儘量束狹，但仍須有計劃最大船隻進出航行之安全寬度，進出口安全寬度之一般標準（係雙航道標準）如下：

小型港灣其進出口之寬度約在 90 m 左右

中型港灣其進出口之寬度約在 120 m ~ 135 m 之間

大型港灣其進出口之寬度約在 135 m ~ 250 m 之間

如防波堤在進出口處之堤頭為斜坡面時，則上述寬度係指最低水底之寬度，譬如一進出口安全寬度為 135 公尺，而斜坡堤頭之斜度為 1:3（垂直比水平），港域水深為 10 公尺，則進出口水面上之安全寬度應為 $135 + 2 \times 3 \times 10 = 195$ 公尺，習稱有效寬度。

碼頭分為與岸壁平行及與岸壁垂直兩種，前者即稱之為碼頭（wharf），後者則稱為突堤碼頭（finger pier or pier or jetty），但兩者合稱時，統稱為碼頭。平行與岸壁之碼頭，應儘量利用地形、沿岸（並非必須貼岸）施設，水域寬度處，則可增設突堤碼頭。沿岸碼頭，僅臨水一面可資靠泊船隻，突堤碼頭因堤之兩側均臨水，故兩側均可靠泊船隻，如突堤夠寬時，則其頂端亦可靠泊船隻，是故突堤之設置，可大為增加船席（berth）位置，但受水域限制，並非隨處可以設置。又倘有兩突堤碼頭緊鄰施設，其相對面均靠泊船隻時，則兩突堤間水域之淨寬應為：

$$B = 3b + 45$$

式中之 B = 兩突堤間水域淨寬，單位為公尺。

b = 計劃靠泊最大船隻寬度

單一碼頭之長度，必須為計劃靠泊最大船隻長度另加 45 公尺之餘裕長度，倘為連續性兩碼頭時，則其長度應為計劃靠泊兩最大船隻長度和另加 60 公尺之餘裕長度。

碼頭面之寬度取決於碼頭岸肩（wharf apron）寬度及通棧（transit shed）寬度。碼頭岸肩之寬度除小型港灣（指靠泊 3000 噸

以下之船隻)可為 10 公尺外, 中型以上港灣多須 20 ~ 30 公尺, 至通棧則多以面積計算, 其面積必須可容納該碼頭停泊貨輪之平均儲存量, 一般每一碼頭約須置備 8300 平方公尺之通棧, 設一兩船席之突堤碼頭, 兩側泊船, 每側碼頭長度為 430 公尺 (每席 215 公尺), 碼頭岸肩頂寬為 20 公尺, 則兩側岸肩共為 $2 \times 20 = 40$ 公尺, 而通棧共為 4 處 (實際連為一體), 每處平面為 8300 平方公尺, 4 處分兩排並列, 每排長度為 $430 - 20 = 410$ 公尺, 則每一通棧之長度為 $410 \div 2 = 205$ 公尺, 因而每一通棧寬度為 $8300 \div 205 = 40.5 \div 40$ 公尺, 兩排通棧並連, 其寬度為 $40 \times 2 = 80$ 公尺, 則此突堤碼頭之寬度應為 $40 + 80 = 120$ 公尺。此例計算結果, 突堤之頂端寬有 120 公尺, 亦可作為一小型船席。

碼頭因係靠泊船隻之用, 故其面臨之水深, 必須大於該碼頭計劃靠泊最大船隻滿載時吃水深至少 1.0 公尺以上 (以最低潮位計算)。

港區水域內必須備有航道 (channel) 之空間, 俾船隻由進出口進出後, 得依航道航向碼頭邊靠泊, 或自碼頭邊駛經航道出港, 因此在平面上, 航道位置不得有任何構造物存在, 而其水深必須大於可能航行最大船隻滿載時吃水深至少 1.0 公尺以上 (以最低潮位計算)。航道之寬度應略等於或大於進出口之寬度。

港區水域內應備有迴船池 (turning basin) 空間, 以便駛進或駛出船隻在此處調頭之用, 在平面上迴船池應可通達該港內任一碼頭, 並須在進出航道上, 迴船池之面積, 多以圖形計算, 其直徑至少大於該港計劃最大船隻長度兩倍以上, 而水深應大於該港計劃最大船隻滿載時吃水深至少 1.0 公尺以上 (以最低水潮位計算)。

在港區水域中, 在鄰近主航道附近適當水域, 通常多須備置一相當面積作為錨泊區 (anchorage area), 平時作為船隻在港區內等候靠泊碼頭之錨泊所在, 同時在大風浪如颱風等來襲時, 亦可作為內海航輪 (coastal ship) 避風錨泊處所, 通常避風時船隻多僅下一錨,

期使風浪來襲時船身可繞錨迴轉，藉以減輕沖擊能量，因此，此一面積多以圓形衡量，其圓之半徑計算法可以下式表之：

$$R = r + 4d_1 + f + s$$

式中之 R = 錨錠區水域半徑

d_1 = 水深

r = 可能避風最大船隻長度

f = 餘裕長度 (freeboard) 約為 90 公尺左右

s = 對鄰近船隻之安全距離 (safe clearance) 約為 15 公尺左右

碼頭如瀕臨岸壁，則背側較少填土，如遠離岸壁，其填土之多寡視遠離之距離而定，平行岸壁碼頭背側，除須留有通棧空地外，尚須配置對外連絡道路等等，因此碼頭背側，無論有無填土，均必須配置較大廣場，以作將來港區交通運轉之需。

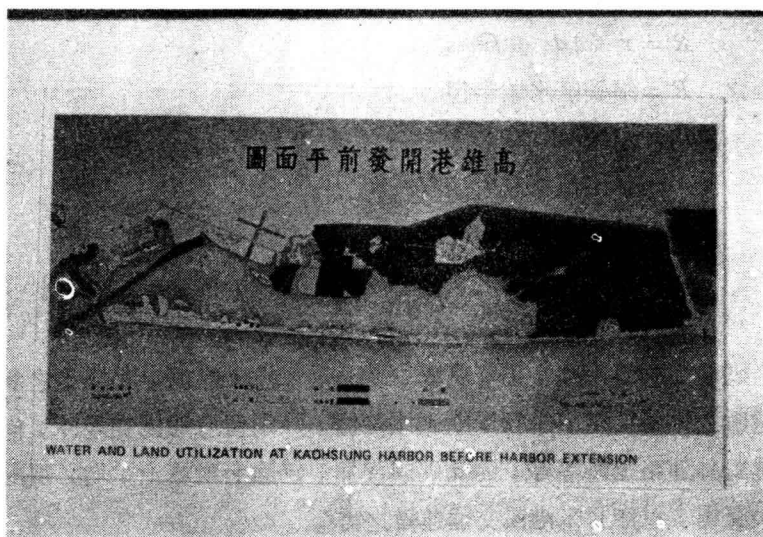
以上為港灣工程佈置原則，其相互位置之配置，多須先擬一認為適當之配置，然後以之製作模型，以模型試驗結果以為校正，以期獲至最安全且有高度效率之港灣，茲舉我國台灣地區四大港灣平面佈置以為範例。

圖一所示為高雄港，圖一(a)為未建港前情況，(b)為建港後現況，由圖一(a)知，該港具有天然港灣形勢，故為天然港，該港吞吐量，目前已位列世界最大五港口之內。

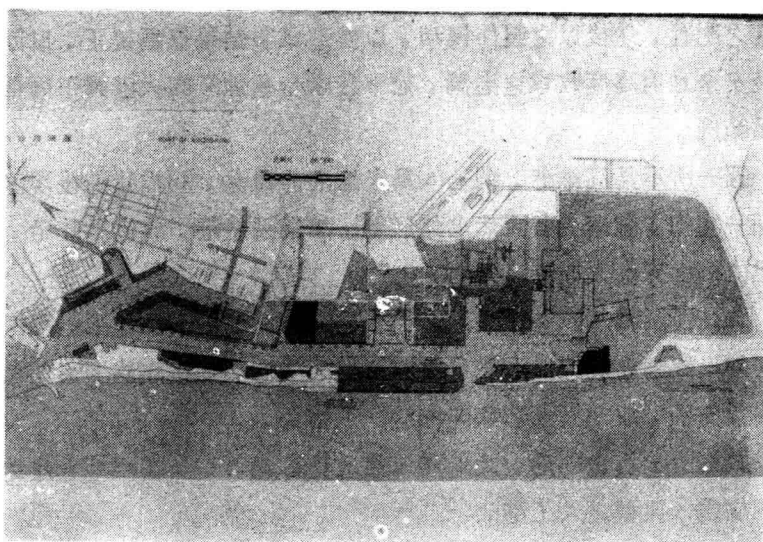
圖二所示為基隆港，圖二(a)為未建港前情況，(b)為建港後現況，由(a)知，該港亦具天然形勢，故亦可稱天然港，惟與高雄港之天然形勢截然有別，故知天然形勢非拘於一定格局。

圖三所示為台中港，此港無天然地勢可憑，完全在灘地上建造而成，故為一典型之人工港。

圖四所示為蘇澳港，雖具天然港灣形勢，但因開口太大，仍須建造防波堤以束狹港口，故為典型之半天然港灣。

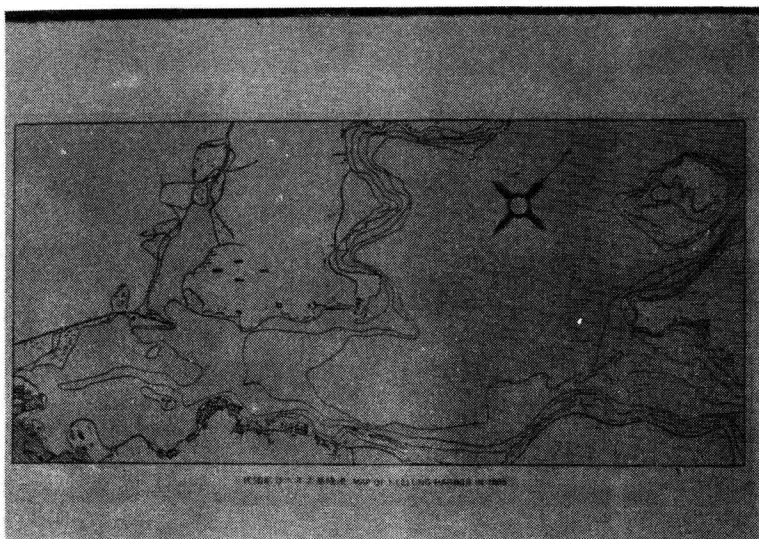


(a)

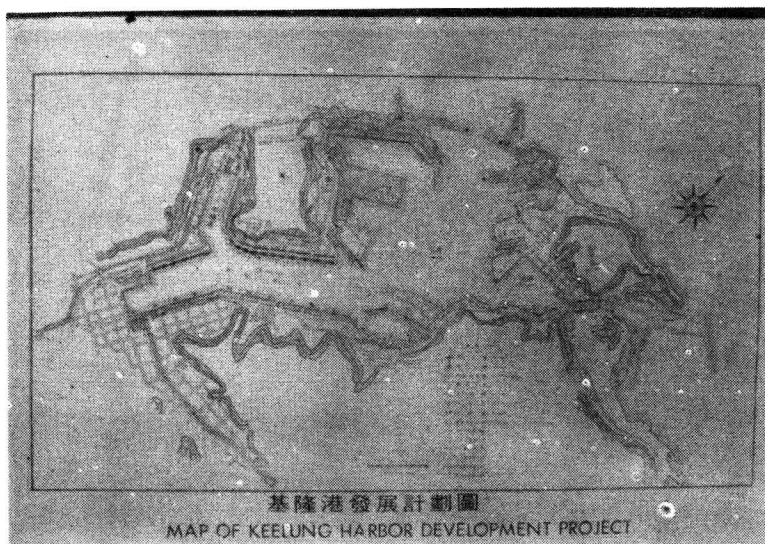


(b)

圖一 高雄港平面佈置

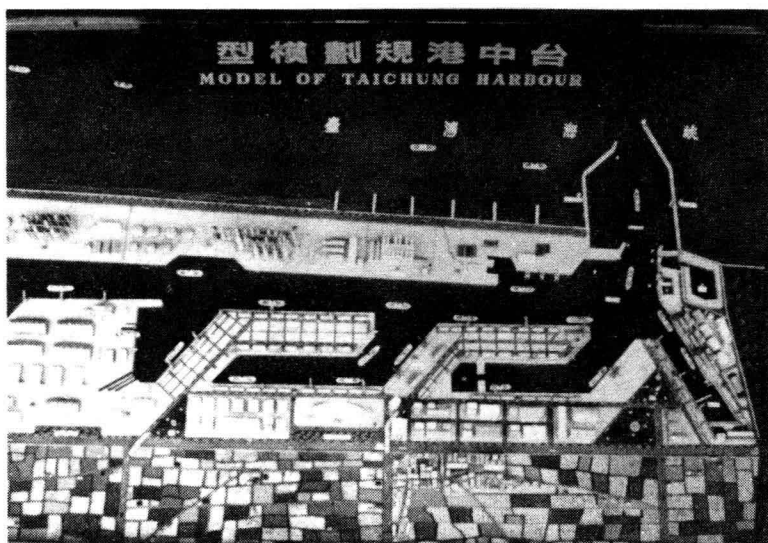


(a)

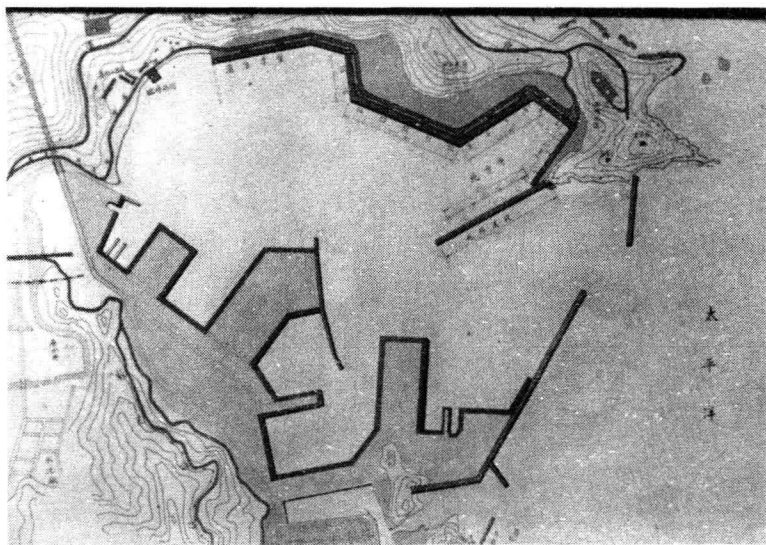


(b)

圖二 基隆港平面佈置



圖三 台中港平面佈置



圖四 蘇澳港平面佈置