

專刊第71號

～港灣工程研討會～
論文集

台 灣 省 交 通 處
港 灣 技 術 研 究 所
中 華 民 國 八 十 年 十 二 月 卅 一 日

序

台灣為一海島，七〇年代對外貿易蓬勃發展，帶動港灣工程建設，十項建設中就有台中港、蘇澳港及花蓮港三項港灣工程建設；同時高雄港則開始闢建第二港口，並先後完成第二、三兩個貨櫃中心。這些港灣工程建設均已完工，並於十年前陸續開放營運。

港灣技術研究所就目前國內四大港灣中，提出四個主題，並請參與各該項工程專家撰寫報告，針對過去港灣工程規劃、設計問題，施工經驗，完工後維修、營運情形，現存問題以及未來發展等，邀請國內港灣工程專家、學者共同參與研討。

過去二十年來，港灣工程建設為國內培育、訓練不少港灣工程人才；同時也大幅提升國內海下工程技術能力。但是，由於海岸環境急遽變化，地下水超抽地層下陷，地球溫室效應平均海水面上升，加上社會環保意識抬頭，使得未來海岸開發保育與港灣工程建設任務更加艱巨。期望藉舉辦研討會讓工程師們彙集各位專家、學者經驗，使我國海岸空間利用更臻完美。

張金棧 謹上

八十年十二月三十一日

目 錄

一、台中港土地使用構想.....	1
二、花蓮港東防波堤延伸工程規劃.....	31
三、高雄港第二港口防波堤沈箱護基之探討.....	83
四、基隆新港計劃之探討.....	126

目 錄

一、前言.....	3
二、台中港第一階段發展計畫.....	5
(一)民國59年綱要計畫圖	
(二)民國68年興建計畫圖	
(三)現行興建計畫圖	
(四)建港成果	
三、台中港第二階段發展計畫.....	10
四、台中港土地使用計畫.....	17
(一)商港區	
(二)漁港	
(三)工業專業區	
(四)北淤沙區	
(五)貨運基地	
(六)其他	
五、結語.....	30

一、前言

海洋佔地球表面積的 70.8%，其餘不足 30% 之陸地，除了高山峻嶺、沙漠、雨林、沼澤湖泊等，所剩可聚居、耕作及產業用之土地很有限，而世界人口不斷的增加，環境不斷的被破壞，據估計世界人口自 1968 年的 35 億人增至目前的 53-54 億人，下世紀中或末，將實破 100 億人大關，加上資源的亂用，地球能否承擔這樣壓力，“人口炸彈”“人口爆炸”並非危言聳聽，確實為世人所必須反省擔心的事實。但是不要過份悲觀，在人類史上處處可發現人類的潛能，是善於運用智慧，克服逆境，化腐朽為神奇，解決問題且有創造能力，使地球越變越好，有能力解決糧食不足，資源枯竭，土地不足。

填海築地就是人類的智慧運用實例之一。“沿岸地區”係指以海岸線為界包括海洋與陸地之帶狀地區，其中港灣從古就是人類作為海陸交通樞紐，是運輸功能之核心，人人聚居於此地，為營經濟活動之場所。近年來都市不斷的擴張及經濟快速成長，為因應這樣高度發展，世界各國在沿岸地區大量填築新生地是必然的趨向。而邁向 21 世紀之際，社會更為成熟，生活水準不斷提高，環保訴求升高，沿岸地區土地利用形態更趨複雜多元化，過去被忽視的生活空間的功能逐漸被重視，使得交通運輸空間，產業用地空間，生活空間等各種功能需相互和諧的共同發揮其功效。

台灣位置我國大陸東南海，是我國第一大島，總面積 3.6 萬平方公里，山區及丘陵台地約佔 63%，100 公尺以下沖積平原只佔 37%，為 2000 餘萬人口居住與農漁、工、商業集中之精華地區，人口稠密，密度佔世界第二位。台灣本島海岸線長 1,264 公里，澎湖群島海岸線長 326 公里，總共 1,590 公里。台灣本島四面臨海，西側為台灣海峽，海岸多屬平直單調，坡度平緩之沙質海岸，東臨太平洋、海岸坡度陡峻，為侵蝕性斷層岩岸，北海岸為火山邊緣緩坡地與海岸相交之沉降海岸，南海岸則屬珊瑚礁海岸。

台灣與鄰國日本同屬島國經濟，面對著國土狹小，缺乏資源，人口稠密，但有豐富的海岸線，因此借鏡日本成功經驗，開發沿海地區是繼續繁榮台灣經濟，提升生活水準的主要工具。台灣沿岸地區，以往主要利用形態為港灣、工業用地、漁村、養殖業、農林、水產業以及小規模住宅商業區，例如西海岸海埔新生地、基隆港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、台中港，各漁港船澳，以及最近重新動工之彰濱工業區，計劃中之高雄深水港發展計畫，雲林縣西海岸海埔地離島式基礎工業開發計畫、嘉義縣外傘頂洲開發計畫等均為典型之例。往後沿岸地區開發形態至少可以列舉如下：

1. 漁業：漁港船澳、魚礁，養殖漁業。
2. 交通：港灣，海上機場，海底輸送管，沉埋管輸送。
3. 填築新生地，開發低窪地：臨海工業區、社區、公園、綠地、遊樂場。
4. 海洋性娛樂：海水浴場、漁釣、遊艇港、觀海設施，潛水、滑水、海中餐廳、海上旅館。
5. 能源有關設施：能源儲存設施（石油、LNG等），火力、核能發電廠、波力、潮差、溫差發電。
6. 廢棄物處理場：
7. 資源開發：海底石油、天然瓦斯、海底礦物。
8. 其他：海上都市等。

台中港位置於台灣西海岸中部，海岸平坦，潮差大，北有大安溪及大甲溪，南有烏溪（大肚溪），漂沙活動顯著，冬季季風凌厲，係靠人工浚挖填築新生地所興建之人工港灣。建港之初，日本技術調查團所建議之綱要計劃中，就計劃遍植防風林阻檔風沙，另設公園兩處，為本省各港所少見。

回顧過去瞻望將來，以往依法行事認為理所當然，而自行與外界隔離的封閉性港灣計劃觀念，面對著解嚴，環保意識抬高，動員戡亂時期終止而社會丕變之際，港灣計劃應作適當的調適，引進開放性港

灣之理念，隨社會需求及土地利用形態多元化，在有限空間配合自然條件作相互和諧，更具彈性與前瞻性發展。

二、台中港第一階段發展計劃

民國 57 年間，鑒於當時本省經濟起飛，基、高兩國際港進出口貨物大量增加，基隆港因地形受限，擴建設施增加裝卸量有其限變，乃有在中北部另闢新港之議。而邀請日本政府派遣技術調查團來台，在淡水、梧棲及蘇澳三港址就經濟、天然條件及技術觀點選擇一適當地點作為新港址。日本技術調查團於 58 年 6 月就梧棲及淡水提出調查報告作比較，認為應先在梧棲建港，我政府接受其建議，正式宣佈在梧棲建港並正式命名為台中港。

台中港興建依據 58 年 6 月日本技術調查團規劃報告書中所擬之佈置，而後於 59 年 8 月經台中港籌備工程處修訂完成綱要計畫圖，作為遠程發展藍本。然後經從事自然資料調查與觀測工作外，建造水工模型試驗室，就調查所獲得資料，進行慎密之水工模型試驗，修改綱要計畫圖。且在工程進行中不斷觀測研究，檢討航運之需求，經濟社會變遷，隨時修正綱要計畫圖，茲略述如下：

(一) 民國 59 年綱要計畫圖：圖 1

本綱要計畫圖以吞吐國際貿易貨物進出口之商港為主，同時建港時浚挖航道填築新生地供工業建廠之用，此外配合台灣中部漁業發展，附建漁港作為沿岸及近海漁業基地。

工業港區列在第二階段，土地廣闊約 1160 公頃，可供發展火力發電、煉油、石油化學、造船、鋼鐵及其他重工業。計劃最大進出港口船舶為 50,000 DWT。並附設貨運站、加工區及防風林區、小型公園等。

(二) 民國 68 年興建計畫圖：圖 2

台中港工程局依 59 年綱要計畫圖，第一階段發展計畫分三期施工，65 年 10 月完成第一期工程，正式通航營運，就因第一次石油危機影響，營運未臻理想。第二期完工之際，深深體會到經濟發展受國際情

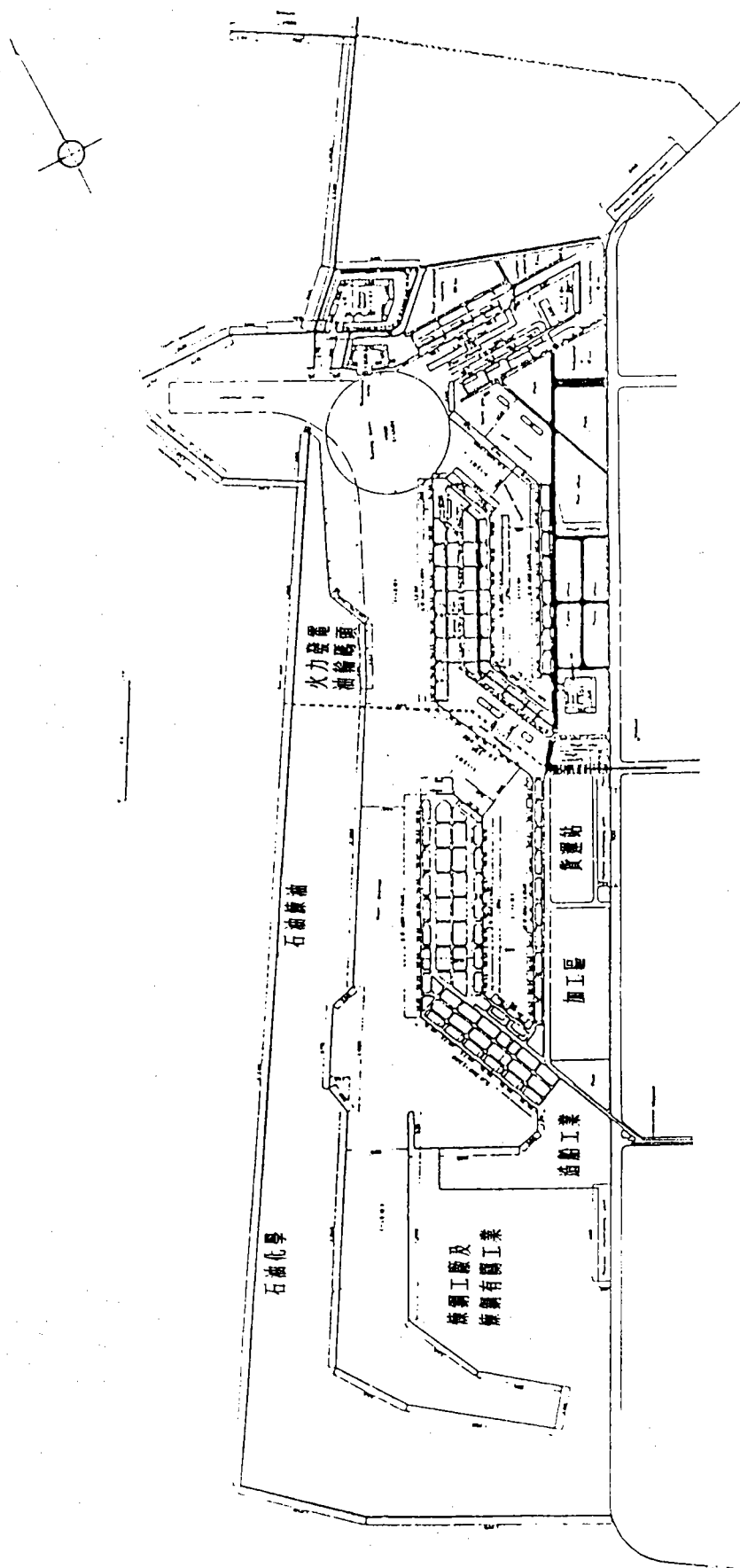


圖 1 台中港現行綱要計畫圖 (59年8月，籌備處)

勢變化影響之深，以及正式營運經驗，深感無論經營目標或港埠設施，必須隨客觀之事實，國內外經濟環境變遷應隨機檢討修正，使綱要計劃更富彈性與適應性，以能密切配合實際需要，充分發揮建港功能。因此配合第三期工程修正綱要計畫完成68年興建計畫圖。

本興建計畫圖台中港發展目標仍分為商港區、工業港區及漁港三大部份。工業港區包括火力發電廠、中油保留區、其他重工業區及修造船廠。港口部份預留第二港口主要為工業港區使用。

(三) 現行興建計畫圖：圖 3

第一階段第三期工程，即將於72年6月完成之際，台中港務局已漸由“工程主導”進入“經營為先”之階段，為有效開發利用廣大新生地，除仍將台中港開發目標為商港區、工業港區及漁港，並依據商港法第六條劃設食品加工、木材加工、港務服務事業、中油油庫、水產加工等五專業區，吸引廠商投資，以繁榮港區，促進港埠營運之開展。

72年由於國際石油價格調低，國內經濟開始復甦，台電公司重新檢討修訂台中火力電廠之建廠目標，73年9月與台中港務局共同完成「台中火力電廠廠址選案報告（修訂本）」。

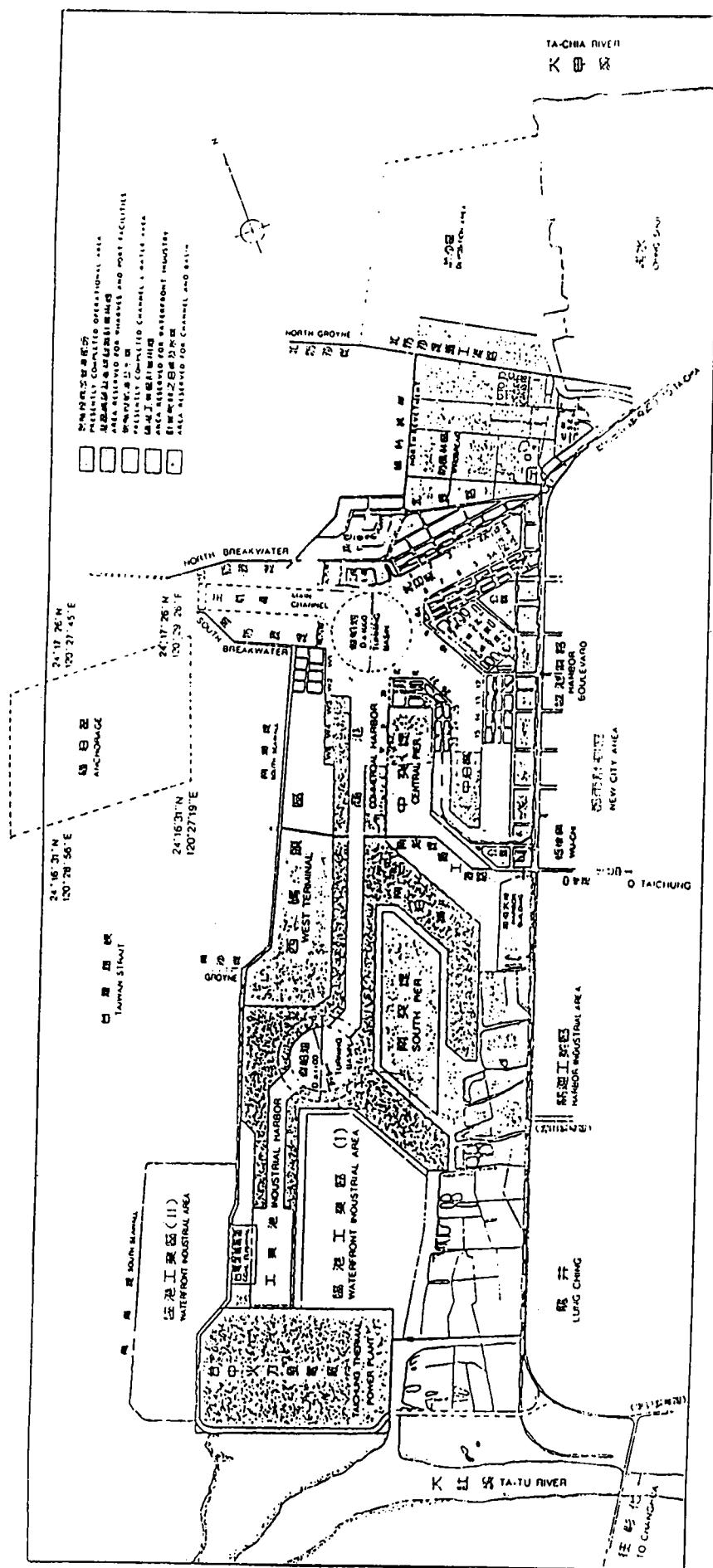
現行興建計畫圖係配合台電公司台中火力電廠廠址修正，其餘中油、中鋼等公司仍未表示投資意願，因此工業港區修正為臨港工業區 I、II，視未來需求彈性運用。

第二港口位置臨近烏溪口，受烏溪大量輸沙影響，水深較淺，經通盤檢討海、氣象、漂沙特性及操船安全性、經濟、工程技術，初步結論暫行緩列於現行興建計畫圖中，尚待進一步分析評估。

(四) 建港成果

台中港第一階段三期工程，於72年6月完工，主要工程項目如下：

1. 北防波堤1,962公尺，南防波堤1,490公尺，南北內堤647公尺。
2. 北防沙堤800公尺，北護岸1,746公尺，南海堤4,125公尺。
3. 碼頭28座（-9~-14公尺），漁港一處。



4. 挖泥 5,872萬立方公尺，浚挖水面 487.63公頃（主航道 -13公尺）。

5. 新生地 1,120公頃。

6. 其他

台中港港埠經營，採公民營型態相輔相成，一般散雜貨倉儲裝卸業務，分別由民營之台中港倉儲裝卸公司及德隆倉儲公司，承租 5至 8 號碼頭與 12至 15號碼頭經營，其餘碼頭由台中港務局機埠管理處自營。其他專業性（穀類、化學品、糖密、石化品、石油）業務，仍由民營公司或公營之中國石油公司經營。

台中港現有碼頭 29座（包括第二階段之西 2號碼頭），除 23號碼頭支綫港勤船等停泊之外，28座碼頭裝卸能量估計共 22,965,600收費噸（包括 2座貨櫃碼頭 9,525,600收費噸）。第一階段第一期工程於 65年 10月完工正式通航，66年全年裝卸量為 1,740,028收費噸。第一階段第三期工程於 72年 6月完工，當年裝卸量為 7,551,722收費噸，營運量成長不如預期，至 79年全年裝卸量急速增加到 21,261,172收費噸，除貨櫃裝卸量 4,612,963收費噸（128,128.25TEU），非貨櫃貨裝卸量為 16,648,186收費噸，超出裝卸能量 13,440,000收費噸，亟需增建非貨櫃碼頭。

台中港歷年貨運量之成長，如表 1。

社會一般批評認為台中港之發展不如預期，並未發揮應有的效益，其最大原因在於正式發表之統計數值，多使用裝卸量，而忽略吞吐量，表 2，列舉 78年、79年全省各港口貨物量比較。裝卸量因貨櫃之多寡，與吞吐量有很大之差別，用吞吐量才能表示確實的港口營運實績。如用吞吐量比較，台中港 79年全年之吞吐量，已達基隆港之 66%，高雄港之 21%，誠屬不易。如用裝卸量比較，只達基隆港之 26.7%，高雄港之 11%，成效似乎不章，而招致誤解。

三、台中港第二階段發展計畫

台中港務局於 72年 3月擬訂「台中港區域整體規畫」報奉行政院核示：「台中港第一階段興建計畫，已於 72年 6月完成，每年營運量

表－1 台中港貨運量之成長

年 度	裝 卸 量 (收 費 噸)	吞 吐 量 (公 噸)	貨 櫃 (TEU)	進 出 港 船 舶 (艘)	
				進 港	出 港
6 5	39,124	40,755	—	19	17
6 6	1,740,028	1,492,965	4,242.00	412	409
6 7	2,944,255	2,695,403	2,081.00	627	623
6 8	4,094,615	3,659,508	3,404.00	777	780
6 9	4,747,259	4,200,115	5,682.00	882	881
7 0	5,888,107	5,035,524	7,605.00	996	993
7 1	6,599,402	5,268,784	5,340.00	1,011	1,012
7 2	7,551,722	5,877,809	7,296.00	1,079	1,075
7 3	7,682,986	6,850,166	8,065.00	1,177	1,172
7 4	7,917,249	6,781,282	16,458.00	1,160	1,162
7 5	9,472,320	7,990,696	35,157.00	1,402	1,407
7 6	11,912,021	9,856,494	53,699.00	1,564	1,559
7 7	14,923,088	11,508,299	96,490.50	1,733	1,729
7 8	16,981,798	12,956,514	108,649.25	1,916	1,914
7 9	21,261,172	16,671,858	128,138.50	2,098	2,099

表-2 七十八・七十九年全省各港口貨物量比較

7 8 年 度	吞 吐 量 (公 噸)	全	省	基	隆	高	雄	花	蓮	台	中	蘇	澳
		124,930,628.00		24,164,857.00	78,146,902.00	5,403,577	12,956,514.00	4,258,778					
7 9 年 度	貨 櫃 (TEU)	5,263,091.25	1,771,930.50	3,382,511.50	—	108,649.25	—						
	裝 卸 量 (收 費 噸)	296,309,157.00	78,296,467.00	191,042,398.00	5,596,468	16,981,798.00	4,392,026						
	吞 吐 量 (公 噸)	128,680,667.00	25,190,289.00	77,986,731.00	4,933,192	16,671,858.00	3,898,597						
7 9 年 度	貨 櫃 (TEU)	5,463,563.00	1,840,794.00	3,494,630.50	—	128,138.50	—						
	裝 卸 量 (收 費 噸)	301,062,057.00	79,614,832.00	190,945,052.00	5,171,723	21,261,172.00	4,069,278						

可達 1,100 萬船運噸，而第二階段發展計畫，須視未來國家經濟發展情況及台中港營運成長之需要，再行檢討辦理。故有關台中港區域整體規劃之審核，宜僅以第一階段部份為限，第二階段部份之規劃，暫予保留」。但是實質上台中港第二階段發展計畫，因營運上之需要，分年陸續編列年度預算興建西 2 號化學品專用碼頭，3 號碼頭 6 萬噸穀倉工程，成立台中港海運儲運中心（機埠管理處），並配合台電公司台中火力電廠廠址，浚挖航道填築新生地，港口擴建工程等。

並且因近年來國內外經濟景氣逐漸復甦，為有效運用港區新生土地，爰例於 76 年 5 月擬訂「台中港第二階段區域整體規劃」，報交通處核轉交通部核復：「……就港池及航道、碼頭、泊船安全等進行研究規劃，至於港區整體區域之規劃，應俟研究有成果，即進行規劃」。鑒於此，台中港務局為國家經濟發展及國際航運大型化、專業化、多元化之趨勢，以及配合香港九七大限，兩岸政策開放後通航之可行性，台電公司以及其他公民營公司用地需求等，為慎重計，廣徵遴選委託國內工程顧問公司辦理「台中港第二階段發展計畫評估暨環境影響評估」。

「台中港第二階段發展計畫評估暨環境影響評估」，從 78 年 6 月委託工程顧問公司，廣泛討論分析台中港歷年累積待決問題，預測將來發展趨勢，自自然條件蒐集，整理分析，運量預測，推估最適碼頭數，工業區之需求，最佳水域佈置，陸域規劃等，於本 (80) 年 2 月提出期末報告修訂稿，正由台中港務局謹慎審核之中。初步擬定「台中港第二階段綱要計畫平面配置圖」如圖 4。

台中港第一階段三期工程，浚挖水面 487.63 公頃，挖泥量 5,872 萬立方公尺，填築新生地 1,120 公頃。第二階段配合台電公司台中火力電廠，使用 6 萬 DWT 巴拿馬極限級煤輪候潮進出港，維持航道寬 200 公尺，水深 -13 公尺，共需挖泥 3,240 萬立方公尺，填築新生地 640 公頃已完工，除 281 公頃土地提供台電公司台中火力電廠，建 8 部 55 萬瓦發電機組之外，其餘土地可供台電公司與台中港務局合作興建煤輪專用碼頭及港

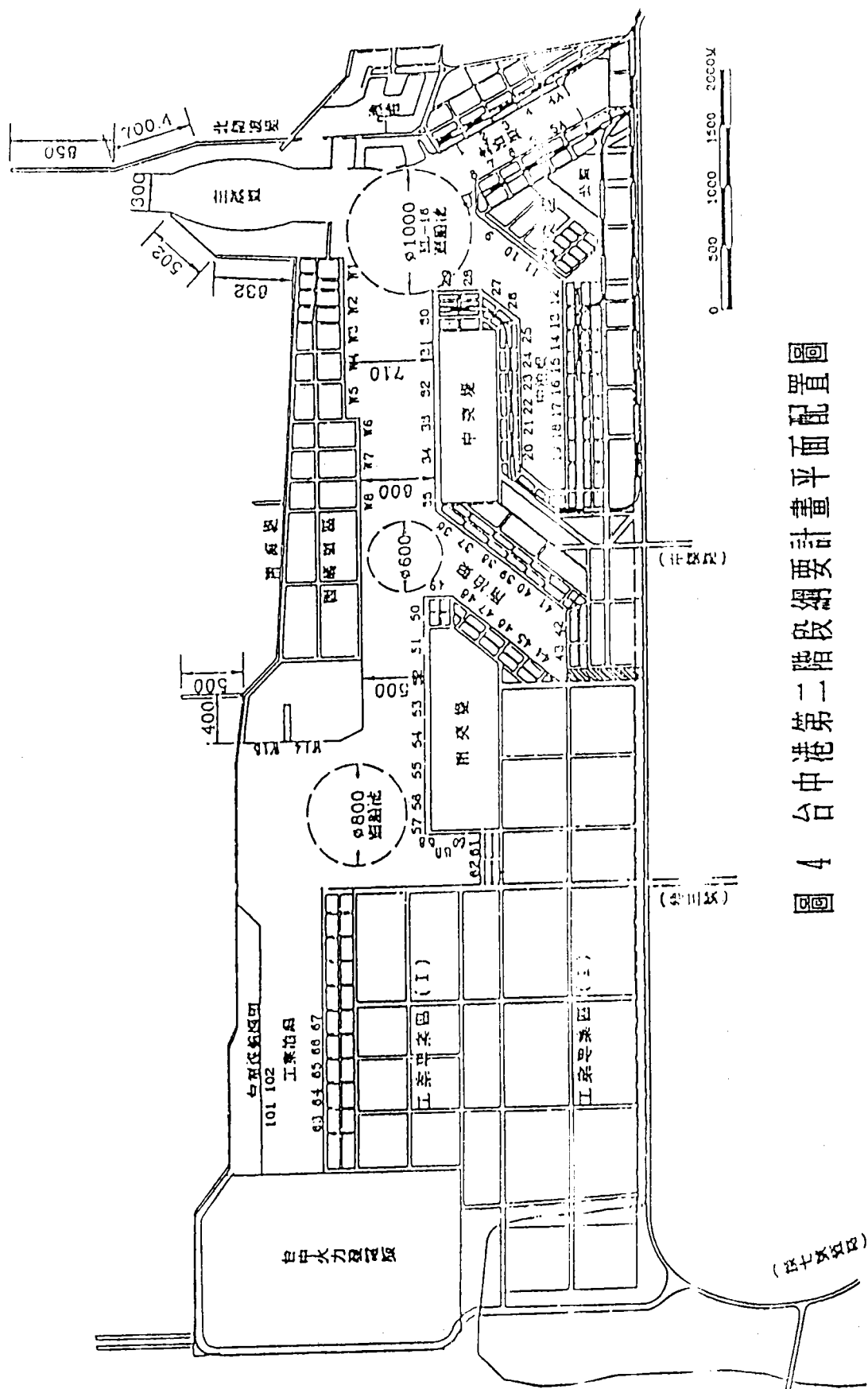


圖 4 台中港第二階段網要計畫平面配置圖

埠設施，工業專用區之用。尚餘1,000餘萬立方公尺泥沙不能平衡，除部份排放南海堤西側養灘保護堤基外，為防患污染海域，加建500公尺防沙突堤，南海堤西側海域圍堤填築新生地，以及加填南突堤，預定本(80)年底完工。

依「台中港第二階段最佳水域佈置圖及填方區域示意圖」，如圖5，全港區加挖航道水深至-14公尺，全面浚挖船席至-9~-14公尺，挖泥量將高達5,849萬立方公尺。而台中港區剩下尚能容納泥沙區域，僅南泊渠修正部分泊區，安良港大排至中棲路全部收購之110餘公頃公私有農地、漁塭，以及安良港大排以南至麗水村之公私有農地、漁塭，只可填1,035萬立方公尺，其餘4,814萬立方公尺，現行興建計劃圖（圖3）預定排填於台中火力電廠電側海域，臨海工業區II。

台電公司台中火力電廠8部發電機組，35年運轉期間將產生6,000餘萬立方公尺飛灰及底灰等副產物，在國外大部份廢物利用為工程上之用途，小部份當廢棄物處理，填廢礦或拋棄海洋，填海築新生地。而台電公司則大部份拋棄海中，而近年來受環保意識抬高影響，曾遭漁民抗拒、圍堵；飛灰等副產物的處理益顯嚴重及棘手。台中火力電廠原計灰塘位置設於彰濱工業區，惟因該地區環保人士激烈反應，以及運輸成本，工業區計劃之修正等，經與台中港務局協商，為配合國家重大經建設投資計劃，只要處理方式能達到下列三原則，同意共同進一步研商，改設於台中港區：

1. 共同解決台中港第二階段發展計劃浚填平衡。
2. 飛灰填海確能保證不造成海域等環境污染。
3. 新生地承載力符合工業專業區建廠之要求。

台電公司依照協商三原則，委託國外工程顧問公司搜集國外實例，分析研究提出報告，除原則第三項尚需先建試驗灰塘繼續試驗研究外，均可符合台中港務局之要求。報告建議台中港第二階段發展計劃填平衡填築區修正於西碼頭區西側海域圍堤排放，如圖5，灰塘則設是於台中火力電廠西側。

四、台中港土地使用計劃

台中港第二階段發展計劃陸續開發，填築新生地，港區發展仍以商港區、漁港、工業港區為主，引進生活空間為副，使各使用空間相輔相成平衡發展，其土地使用計劃敘述如下：

(一) 商港區：

商港區包括北碼頭區、北突堤區、中碼頭區、中突堤區、南突堤區、西碼頭區、工業港泊渠、淺水船渠、工作船渠、第二港勤船基地，供下列碼頭棧埠作業及港勤船等停泊之用。

1. 貨櫃碼頭。
2. 大宗貨碼頭：煤碼頭、穀類碼頭、水泥碼頭。
3. 一般散雜貨碼頭。
4. 液態散貨碼頭。
5. 危險品碼頭。
6. 旅客碼頭。
7. 港勤船碼頭。

(二) 漁港：

台中港第一階段建港時，因應台灣中部漁業界人士反應，在港區北防波堤北側建漁港一處，以改善漁民生活及發展中部地區近海及沿岸漁業，解決本地與寄籍漁船靠泊問題。已於72年6月底完工，73年4月移交台中縣政府接管經營。

(三) 工業專業區：

適合於沿岸地區之工業包括重量工業，貿易依存工業、污水排放型工業、大量廢渣產生型工業、海濱工業、關連工業等，經檢討台中港特性，環保顧慮以及公民營企業投資意願調查，台中港工業專業區適合引進之工業種類為鋼鐵、火力電廠、石油化學、修船廠、重機械、金屬等。

台中港工業專業區開發應重視，有效提供各種基本公共及服務設

施，確保工業專業區之環境品質，美化工業專業區內之景觀。

台中港第二階段發計劃，已配合台電公司台中火力電廠，從74年11月開始浚挖航道，填築新生地640公頃，除281公頃供台中火力電廠建廠外，197公頃土地開發工業專業區I為「煉鐵及鋼鐵相關工業專業區」。將來第二階段開發計劃陸續填築新生地，仍可提供為工業專業區，其使用計劃如下：

1. 台電公司台中火力電廠

台電公司為平衡大型基載電廠偏重於南、北兩地，及配合國家經濟整體發展用電需求，計劃於台中港分二期興建8部發電機組，為我國第一宗依規定完成環境影響評估之重大計劃，為減低地方民眾之抗爭，重視敦親睦鄰工作及環境品質，引進國外先進國家建發電廠之先例，視覺景觀方面，電廠建築物在造形、色彩及質感上，力求配合海岸視覺景觀之美感，並依環境現況植栽綠化，予以美化。遊憩景觀方面，配合電廠廠址鄰近地區的觀光遊憩活動狀況，規劃涼亭、釣魚台、觀鳥亭、綠化公園等設施，增加鄰近地區民眾遊憩的場所充實休閒生活。

台電公司在本計劃已經擺脫封閉性電廠，拒人於千里的心態，調適社會的變遷，邁向開放性，公園化電廠。

2. 工業專業區 I

台中港第一件因應鋼鐵業者設廠急切需求，提升港區繁榮，增進港埠營運，依商港法規定奉准規劃為「煉鐵及鋼鐵相關工業專業區」。並正在積極研擬開發方式，作為台中港其他工業專業區開發之範例。

3. 工業專業區 II

位置於工業專業區I之東側，多屬私有農地及漁塢，協議收購或徵收所費不貲，籌措經費不易且費時，暫計劃保留為工業專業區II，俟實際需要再投資開發。

4. 五專業區

台中港第一階段三期工程完工之際，台中港務局冀能吸引廠商來港投資，有效開發利用港區廣大土地促進港埠繁榮，72年3月擬定「台中港區域整體規劃」，劃定食品加工專業區，木材加工專業區，港埠服務業專業區，漁業專業區及中油油庫專業區。以上五專業區除中油油庫專業區已由中國石油公司設置除汽油外之各類儲油槽儲存各類油品供應中部地區需求外，其餘四專業區曾由台中港務局公告各專業區開放投資實施要點，鼓勵民間企業參與投資。因囿於法規，對於土地及地上物產權無法突破公有權屬之限制，以致缺乏投資意願間置迄今。目前正在重新檢討，冀能對現有的法規限制有所突破。

5. 修造船區

造船工業是資本及勞力密集之工業，對國家整體貢獻無論在經濟、貿易、國防上均有其重要地位，更可以帶動鋼鐵、機械、金屬和其他工業之連鎖發展。惟投資龐大，且國際造船業務競爭激烈之際，需要再審慎調查投資意願再議。

修船廠為任何大型具有競爭力之港灣所不能缺少之設施，台中港79年年吞吐量為1,667萬公噸，將超出2,000萬公噸，應計劃設有提供船舶保養及維護二大任務之修船廠，以促進港埠營運。

修船廠用建議設於西碼頭區南段。

6. 西碼頭區西側填築地

第二階段發展計劃浚挖航道及碼頭船席之泥沙，在西碼頭區西側海域圍堤填築新生地，需費時數十年，在未完工及無適當使用計劃以前，保留作遠程工業專業區之用。

7. 台中火力電廠西側填築地。

本區原計劃為第二階段浚填平衡之填築地，應台電公司之要求，計劃修正為台中火力電廠8部機組35年運轉期產生6,000餘萬立方公尺飛灰及底灰等副產物填築用灰塘。經評估飛灰等對於環境污染影響有限，為配合國家重大經濟建設，仍不失為一可行之處理方案。至於新填築地承載力問題，得借助試驗（第一期）灰塘試驗結果始能有結論。

如果試驗結果承載力達不到工業專業區建廠之要求，而台中火力電廠又無適當的代替案，台電公司與台中港務局應未雨綢繆，檢討灰塘產生之新生地合理之使用計劃。茲分別檢討如下：

(1) 如灰唐新生地經地層改良可達到某程度承載力，所費又經濟，新生地將計劃作為遠程工業專業區，供輕工業或借助基樁為重工業建廠用地。

(2) 若新生地地層承載力達不到預期需求，計劃全面綠化建公園、遊樂區、高爾夫球場、遊艇港、海洋遊憩設施、散步道、慢跑道、海堤研究設波浪發電、觀海台等，引進生活空間，提升附近居民生活水準及休閒品質。這構想以目前法令規章或許不易被接受，但是國際港發展趨勢如此，隨著本省社會變遷應將逐漸被容納。

(3) 如果台電公司需計劃增設台中火力電廠第二廠，灰塘可擴大面積，利用浚挖泥沙填築為廠址用地，其餘仍為灰塘用地，新生地供生活空間建各種設施。

四 北淤沙區

台中港興建前後，就沿岸自然條件及漂沙活動，作詳細的調查，並建水工模型試室，依據調查資料進行縝密之模型試驗，決定防浪，防沙俱佳之外廓堤防佈置，並在北防波堤至大甲溪口中間建一道防沙堤，延緩漂沙影響港口。台中港務局為改善港區營運環境，於北防波堤施工道路北側填築 300 餘公頃新生地種植防風林，綠化環境兼具防風定沙作用。從歷年水深圖計算北防波堤以北至大甲溪口每年淤沙量約 400 餘萬立方公尺，每年等深線向外以 25~40 公尺速度淤淺，已在防風林區西、北側形成廣大的淺灘，冬季東北季風來襲，海岸頓成沙霧籠罩，影響漁港作業及主航道水深，侵害防風林區。

如何有效抑止或克服，整治淤沙區之飛沙為刻不容緩之問題。整治北淤沙區之處理方式，不外於自然淤積定沙植林，人工填築新生地及逐年浚挖拋棄。而自然淤積速度緩慢，所形成土地高度不平，低潮時地表沙粒外露，將長年受嚴重沙患。至於逐年浚挖拋棄，不僅因環

境意識抬高，抗拒及拋棄成本急速增加，而視沙為廢棄物之老舊觀念，已被沙為資源之觀念所取代，因此利用沙填築新生地，是最可行有效的處理方式。如何有效利用人工填築新生地、台中港務局、台灣省政府環境保護處、台灣省政府交通處旅遊事業管理局等對北淤沙區曾有下列計劃：

1. 台中港北側淤沙區整治計畫

台中港北防波堤以北至大甲溪口距離的 5 公里，為主要淤沙區，其中間建防沙堤一處，的確發揮預期功效，呈明顯的淤積現象，灘線幅度增寬形成廣闊的淺灘，低潮時受強烈東北季風、漁港作業及主航受嚴重沙害。台中港務局為改善沙害，計劃分 A、B、C 三區圍堤浚沙填築新生地。第一期 C 區面積 116 公頃，已奉准列 81、82 年度預算興建，其主要項目為海堤 1,650 公尺，抽淤沙 3,118,000 立方公尺，種植防風林、植草、竹籬定沙等設施 116 公頃，總預算 7 億 9 千餘萬元，工期 2 年。預期效益為大幅減緩飛沙對漁港及主航道之危害。可得新生地 116 公頃，供將來港區發展之用，參考圖 6。

台中港第二階段發展計畫，北淤沙區分近，遠程開發。近程 C 區 116 公頃新生地，併防風林區開放為遊憩區，因淤沙區繼續向西淤積，應盡量減少引進固定設施，以免將來收回他用困難。在港區設遊憩區在本省屬於新穎構想，但是在國外極為普遍，解嚴後的台灣為順應社會變遷趨勢，茲計畫應能漸被接受，而有利於港埠事業發展。有關遊憩區開發以防沙堤開放為釣魚突堤，整建海濱步道、停車場、青年體能活動區、風帆、滑水、衝浪等設施，增設人工海灘、海灣及擴張防沙堤為遊艇港、漁港配合提供海鮮、餐飲設施，以應遊客需求，參考圖 7。

遠程發展而言，C 區 116 公頃土地可配合發展食品加工或輕工業專業區，A、B 兩區約 470 公頃土地，視台中港工業專業區發展情況，預留為完整之臨海工業專業區，參考圖 8。

2. 垃圾壓縮填海計畫

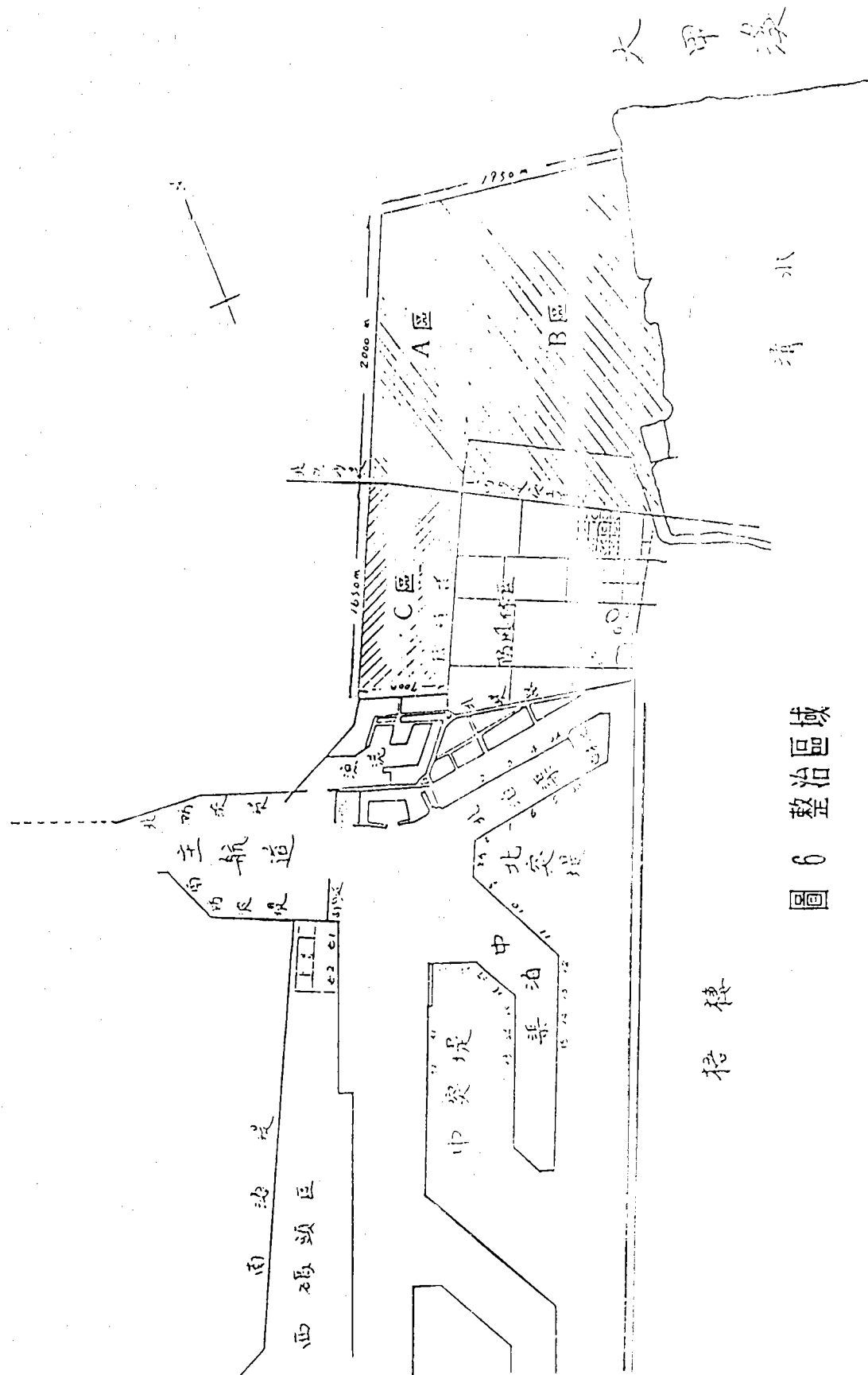


圖 6 整治區域

梧棲

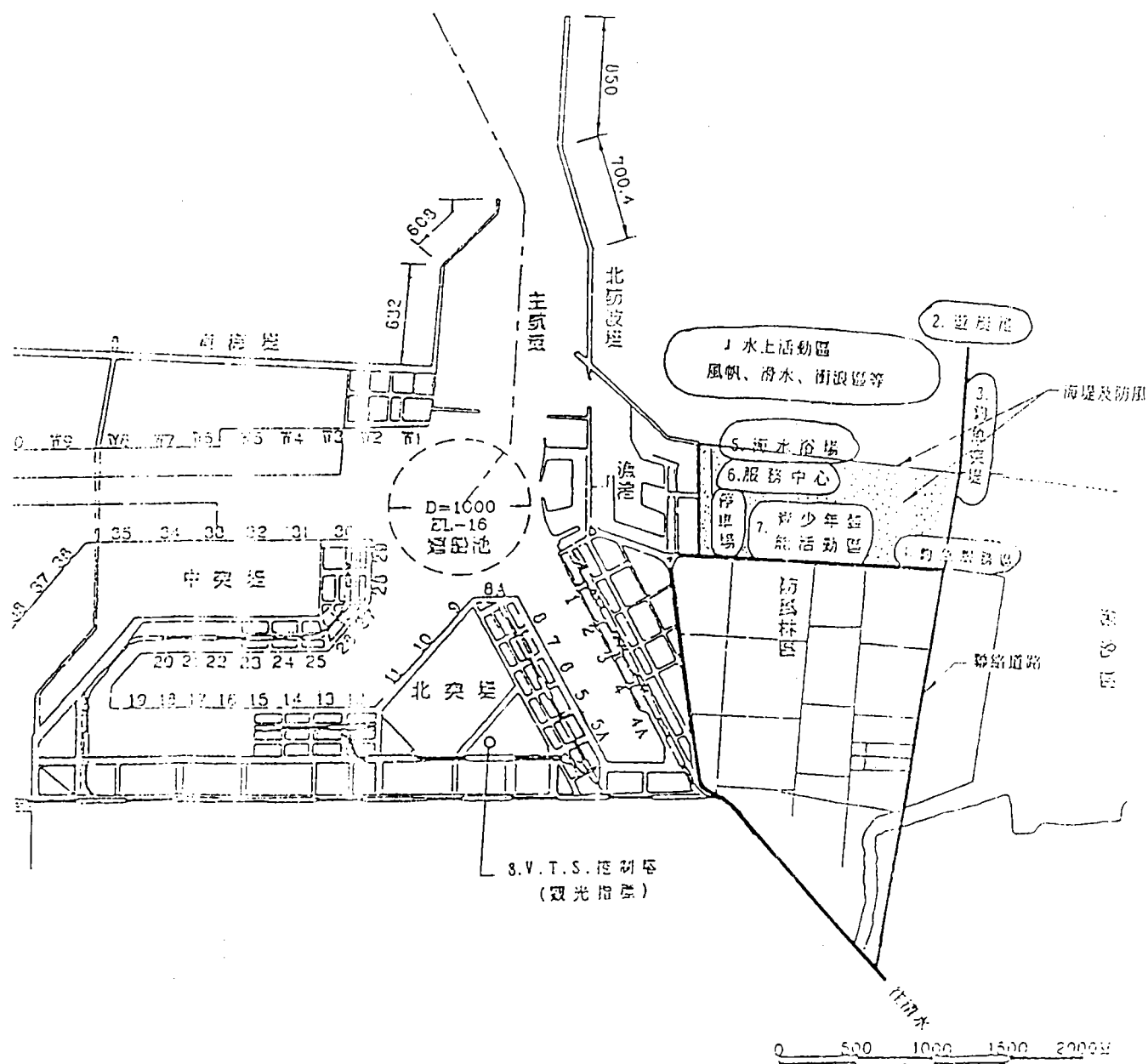


圖 7 遊憩區初期開發土地使用計畫圖

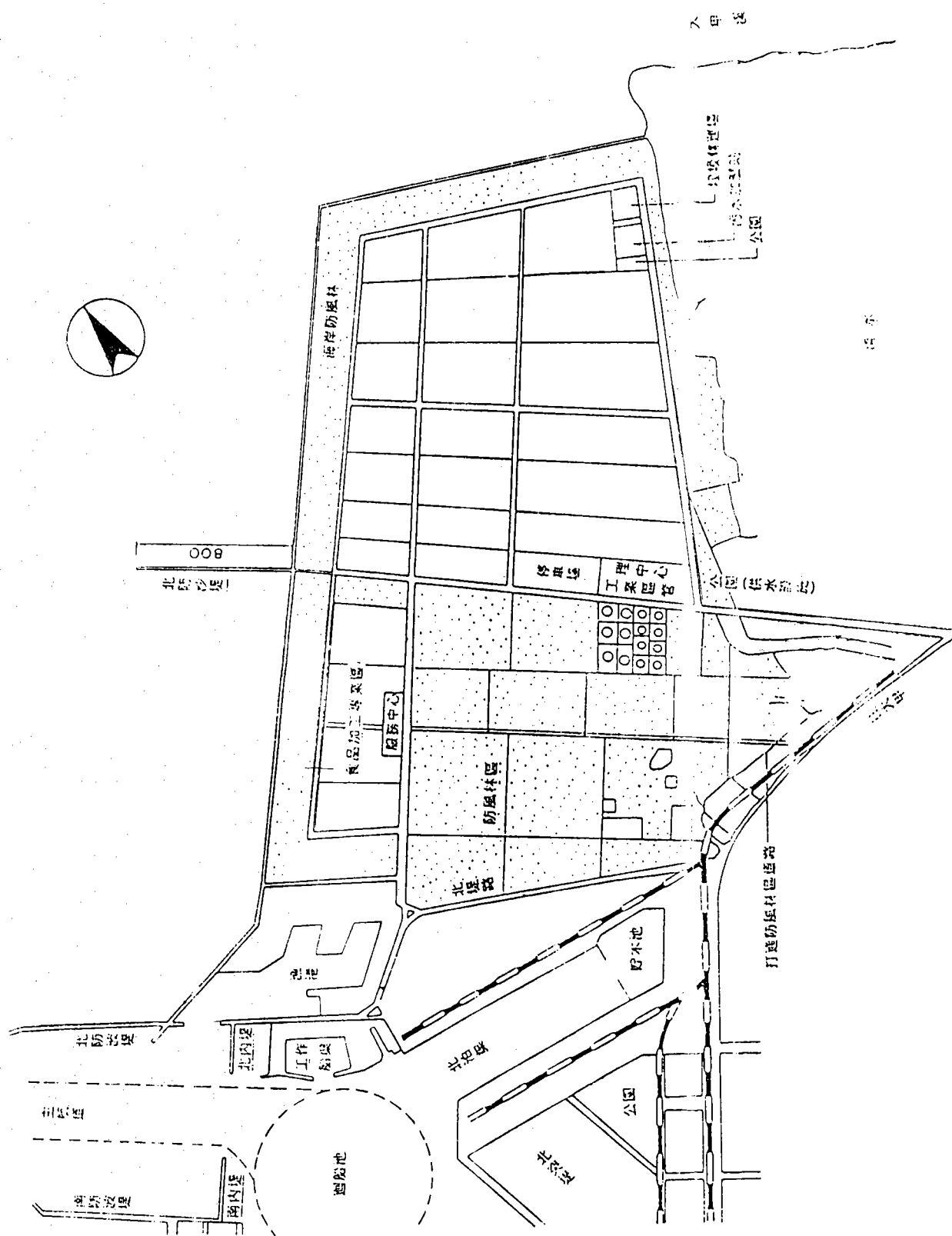


圖 8 沙港區開發為食品加工或輕工業區示意圖

本省近年來經濟發展迅速，國民所得增加，生活水準提高，已擠身亞洲四小龍之一，人口集中於都會區，造成垃圾量快速增加，可資使用之垃圾掩埋場接近飽和，而社會民眾逐漸對環保意識抬高。但是一般民眾樂於製造垃圾，而缺乏犧牲小我的胸襟，使得垃圾處理場用地取得日益困難，抗爭時聞。有鑑於此省環保處照遵照邱前省主席在府會首長會談指示，協商台中港務局（圖6，C區）共同研究垃圾壓縮填海計畫。由省環保處和台中縣政府共同委託工程顧問公司調查規劃，於78年2月提出「垃圾壓縮填海配合台中港防風、防沙美化港區計劃規劃報告」，期以壓縮垃圾密封於混凝土箱，堆積高度20公尺以上，無臭、無味、無二次公害、無污染之綠化山丘，以達到防風、防沙並能綠化美化台中港區。然而台中縣政府對於最佳方案「破碎分類，有機焚化，其灰燼與無機物裝進PE袋進場放置於水泥箱內掩埋」，因所投資之建設費用及日後之營運費均甚高，認為對目前垃圾處理而言經濟效益不太，建議列為中長程計畫。

3. 台中港濱海遊憩區規劃

省旅遊局依據「西部濱海縱貫公路遊憩系統開發建設計畫分年實施計畫」79年度規劃案，委託中華民國工程環境學會，側重由生態原理的瞭解，從事遊憩措施之規劃，其基本原則在於軟、硬體並重，保全台中港，確保遊憩品質，高度彈性等優先律之考慮，強調生態評估，故略有別於一般規劃方式。

規劃依遊客之需求性及管理維護方便，設置停車場，服務中心，解說設施，對於現有的防風林，灘地維持現狀，維護其自然生態，讓遊客有個知性之旅，漁港則配合設置海產夜市及商品展售區，如圖9。

本規劃案期中簡報時，由省旅遊局協調台中港務局研究，對於台中港務局之「台中港第二階段發展計畫評估研究」一併進行考慮，並就地方意見，經營管理與法令規章等問題探討結果，建議省旅遊局本案先行擱置，循行政管道洽商再作未來之規劃。

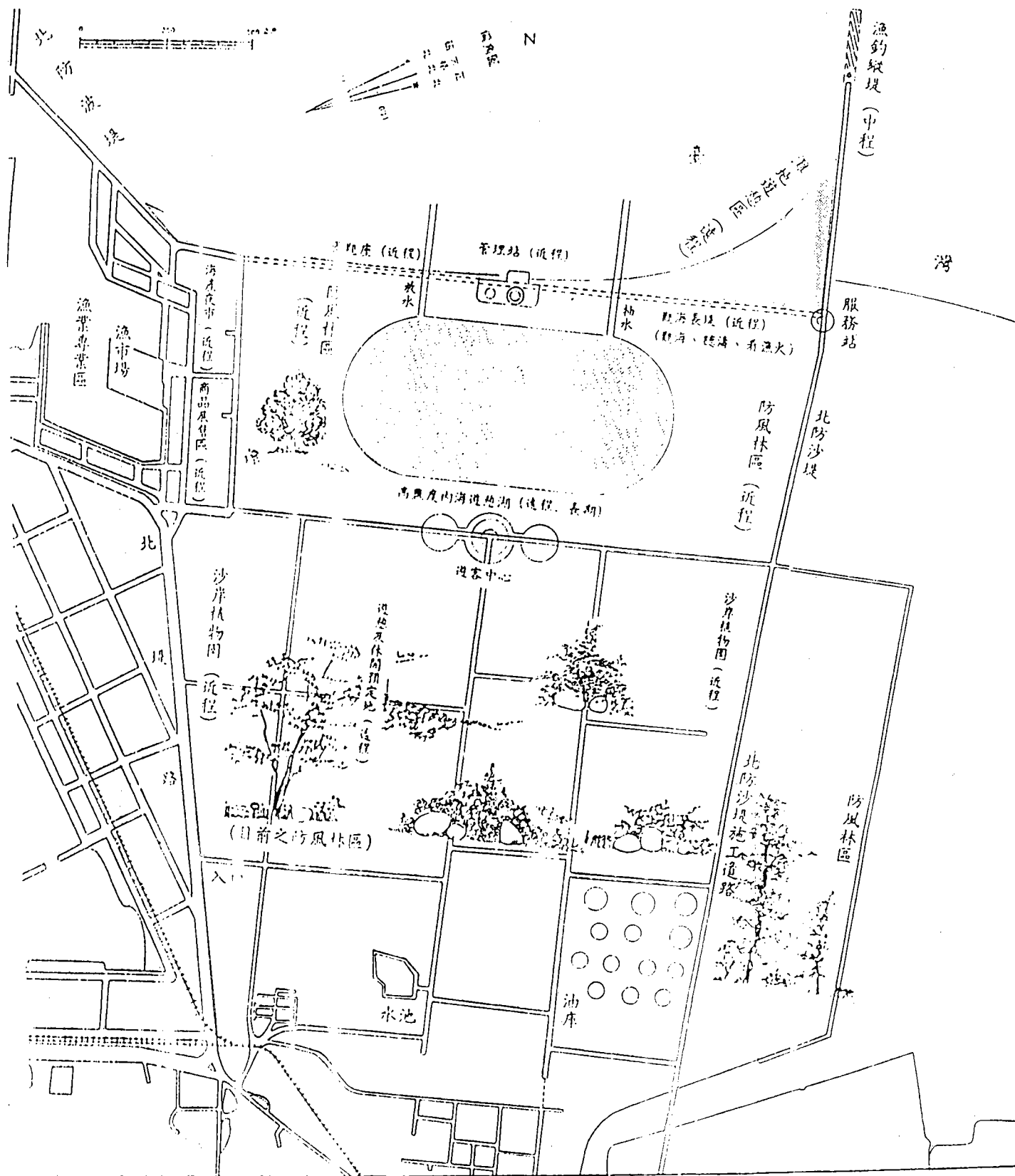


圖 9 台中港濱海遊憩區規劃平面圖

對台中港務局則建議，應有更大彈性作前瞻性之作法，與地方行政機關及人民團體之間，宜作更合時宜的調適。

基於環保及生態觀點，不穩定海岸線不宜建大型遊樂區，更應避免使用固定形式之硬體設施。

建議台中港務局在現有員額內設立遊客中心，在不妨礙港埠作業之情況下，利用自然及業務資源，擴展業務至服務業。依目前台中港各項資源衡量、解說、旅遊、教育及社會服務等，具有雄厚的發展潛力，其可供資源至少有下列各項：

(1) 商港業務及國際商務，提供國人瞭解貿易導向的台灣經濟之實體作業，港灣業務及有關文化交流。

(2) 台中港填海造地、防風治沙乃至有關自然與人為工程之發展，說明科技、自然平衡之道。

(3) 地質、地文、水文之介紹與鄉土村莊之建立。

(4) 台中港歷史沿革與變遷。

(5) 全台最大潮差的解說。

(6) 全台最寬灘地解說。

(7) 動物生態解說。

(8) 植物生態解說。

(9) 灘地景觀之欣賞與攝影。

(10) 商展與漁貨夜市等服務。

(11) 灘地遊憩與休閒之經營管理。

(12) 其地（灘地野外求生、救護……）。

(五) 貨運基地

南泊渠修正縮小，約有 170 餘公頃土地屬商港用地，惟遠離碼頭不適於棧埠作業，如何適當有效利用，應妥為計畫，參考圖 10。

貨運基地依其設施服務方式，可歸納為轉運、儲存、加工組合及裝配等三種功能。其主要服務對象為經由國際港進出口貨物與內陸運輸之主要設施。本省過去以出口主導發展國際貿易累積龐大的外匯，

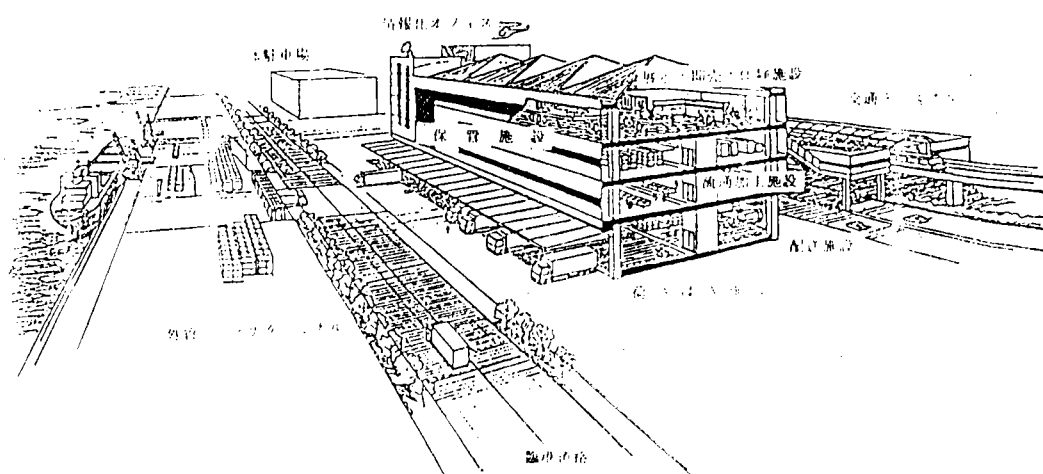
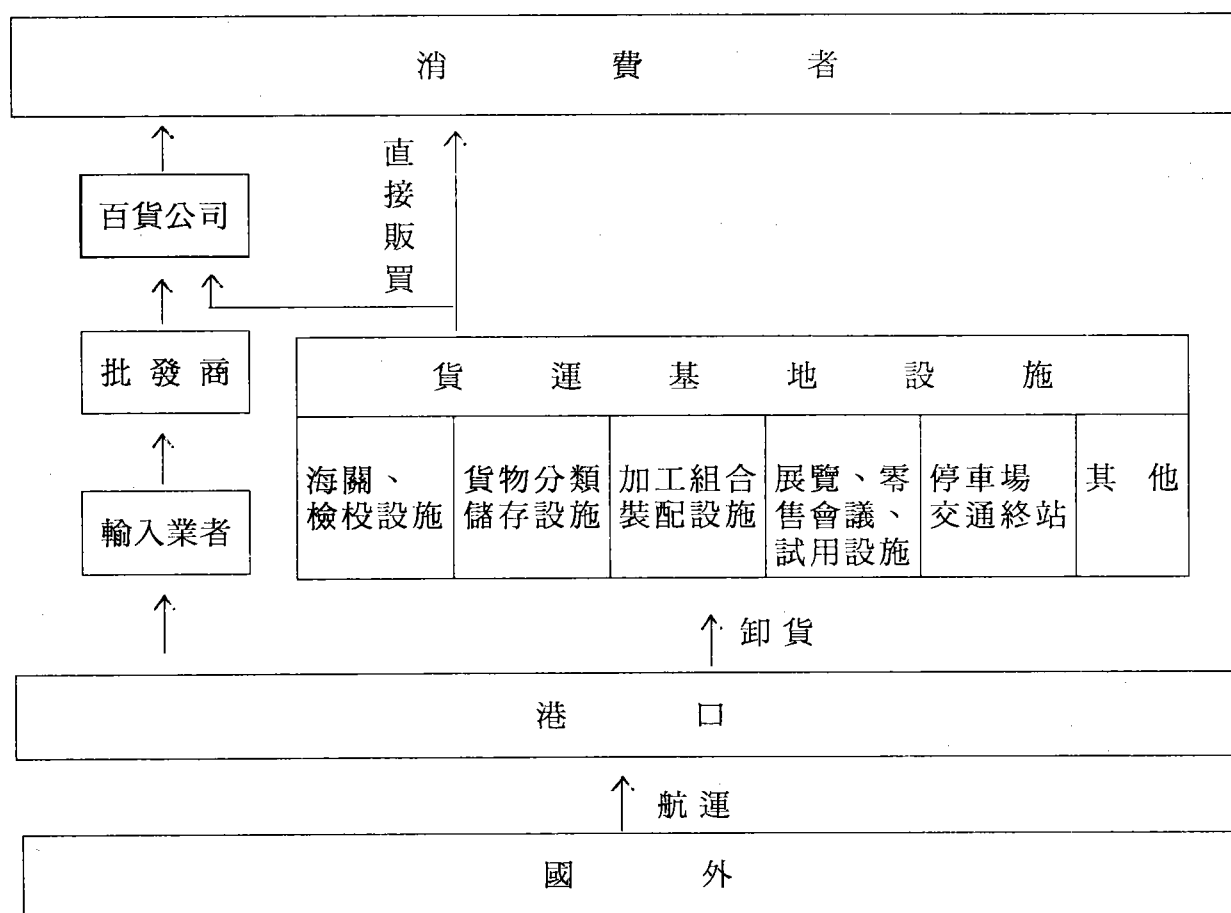


圖 10 貨運基地概略圖

招致國際間嚴重之貿易摩擦，為減少國際之指責，逐漸開放外貨之大量進口，趨向內需型貿易。且台灣土地狹小，地價昂貴，都會區不易獲得足夠之儲存空間，因此在郊區，尤以鄰近港區設置貨運基地，應為可行的方案。

如果法令規章許可，擴大貨運基地之功能為轉運、貨物通關、檢疫、分類、儲存、加工組合及裝配，展覽、零售、批發等，使進口貨物能低廉順暢地道接或間接供應消費者，兼俱本省正在流行之量販業之功能。其設施包括：

1. 適應輸入大量貨物設大規模貨物分類及儲存設施。
2. 提供多元化、高品質服務之加工及運輸設施。
3. 通關、檢疫設施。
4. 輸入貨物展覽、批發、零售設施。
5. 商品資訊設施、會議、試用設施。
6. 交通終站、停車場。
7. 其他服務設施：包括小型遊樂場、保育設施、辦公室、旅館等。

貨運基地概略圖及流程，如圖十。消耗者可以直接受惠，百貨業者不需太多儲存空間，一通電話隨時由貨運基地提供即時服務。輸出流程參照輸入流程之反向。國外觀客參觀展覽場，聽說明會、訂貨、辦手續、裝貨、出關、住食均集中在貨運基地。零售市場之客人，車輛設有廣闊的停車場，附設保育設施、遊樂場為兒童服務，供客人整天盡情購物遊樂。此構想以現在之法令規章未突破之前，或許設置有困難，但是事在人為，不妨盡力而為，為港灣經多元化、國際化，誘導民間投資，增加港埠績效及繁榮地方努力推動。

(六) 其他：包括：

1. 交通系統：包括聯外交通。
2. 船舶導航及管制系統。
3. 港區給水及消防系統。
4. 環境工程系統：雨水、污水、廢棄處理系統。

5. 其他公共設施：

- (1) 港埠行政區。
- (2) 供電系統。
- (3) 郵政電信設施。
- (4) 車輛船舶加油站及給水站
- (5) 醫療、衛生設施。
- (6) 消防、警衛安全設施。
- (7) 進出口報關、檢疫設施。
- (8) 港區通勤公車站、招呼站、停車場。
- (9) 公園、綠地。

五、結語

台灣經濟社會面臨著轉型期，與國際經濟社會變遷息息相關，所面臨之挑戰是一致的。沿岸地區的開發也將不斷的增加，以適應經濟社會發展之需求。港灣計劃之原則也必須配合經濟社會的轉型隨時修正綱要計畫，不能墨守成規，固守過去封閉港灣的觀念，應接受開放性港灣之趨勢，需要加強與民眾的溝通、參與、提升環保意識，有效利用新生地。除商港區（包括漁港），工業專用區之外，多方面採行生活空間之設立，創造三種功能和諧平衡共同存在之綜合性，開放性港灣。

台中港建港初期之綱要計畫，雖然未明白建議生活空間之計畫，但是因為自然環境之特殊性，計畫遍植防風林阻擋風沙功效顯著。另在海港大樓西側，中突堤進口右側設港區公園開放為民眾休閒運動場所。北突堤進 5A 至 8 號碼頭進口左側預定計劃為公園。在本省其他港灣所少見之新穎計畫，冀台中港第二階段開發計畫，承繼當初之計畫理念，多採納生活空間於港區內之可行性。

目 錄

摘 要	33
壹、前 言	34
貳、設計技術可行性分...析	34
一、堤線平面佈置	
二、港池靜穩度分析	
三、港池共振現象分析	
四、海岸地形變化分析	
五、船舶操船模擬試驗分析	
六、斷面設計方案研擬	
參、營建技術可行性分析	68
一、施工可行性分析	
二、石料來源分析	
肆、效益分析	79
一、港內水域靜穩之改善	
二、操船安全需求之改善	
伍、總結	80
陸、建議	81

摘 要

爲使目前花蓮港之航道更適用於 60,000 ~ 100,000 D.W.T. 的大型船舶，並提高東防波堤對港域之遮蔽效能，故有本規劃的執行。經考量地形，遮蔽效能，對操船之影響及工程費用，先擬定四種平面配置方案。經以波浪折、繞射及港池共振等數值模式分析後，評定最佳平面配置。進而研擬港域共振消除設施，並進行真時模擬操船試驗，印證規劃方案之配置，較花蓮港的現況更利於大型船舶進出。另考量東防波堤的延長對附近海岸的影響多以研擬負面效用之防治措施。此外以減少堤身受力及降低工程費用爲觀點擬出三種防波堤標準斷面，供細部設計時評選。最後評估施工可行性及效益，提出正面的總結與建議。

壹、前言

花蓮港第四期擴建工程已屆完成階段，其中防波堤工程共完成 2,887公尺，碼頭工程亦由原先規劃之 50,000 DWT型船席增至 100,000 DWT型之船席。由於最大進港船舶已由規劃之 50,000 DWT級改為 100,000 DWT級船舶，故現有之航道長度已不敷 50,000 DWT級以上船舶之需求。

本計畫所研議之東防波堤延長八百公尺，實為四期擴建工程之延續工作，於四期擴建工程初期即曾有東防波堤再延長 800 公尺之議案，鑑於當時財源籌措較為不易，在有限之工程經費下乃決定東防波堤興建 1,835公尺（完成後長度為 1,837M），而未建之八百公尺（即本計畫延伸長度）俟四期擴建完成後再視港內需求狀況，再予以延長擴建。

目前四期擴建工程已近完成，而在現有外廓防波堤設施遮蔽之下，對於西南向及南南西向之颱風波浪侵襲下，仍造成港內水域靜穩程度超出正常需求之靜穩度。故本計畫除探討東防波堤延伸後對港池靜穩度影響與船舶操航安全問題外，並針對港池共振問題、港域漂沙現象、工程經費及工程興建與施工計劃等問題，皆一併予以詳加探討。

除上述問題之探討外，本計畫之可行性分析並針對下列各項再予以探討分析，即*設計技術可行性分析*營建技術可行性分析

貳、設計技術可行性分析

鑑於花蓮港四期擴建工程完成後，其外廓防波堤設施並不能有效遮蔽港內水域達到靜穩，且現有航道長度亦無法滿足六～十萬噸級船舶進港操船安全之需求，為解決前述困境，現有東防波堤乃有研議延長之計畫。

東防波堤延長之規劃，除考慮能增加港池靜穩程度及提供六～十萬噸級船舶進港操航安全所需之航道長度外，對於現有港池內共振現象與東防波堤延伸後，花蓮市附近海岸地形變化情形及漂沙現象都必須詳予探討避免因東防波堤延長後，對已平衡之自然狀況產生衝擊與

影響。

一、堤線平面佈置

依據本計畫施測之水深資料（圖1）顯示，現有東防波堤延線上距堤頭約290～350公尺之間有一深溝橫互在原有堤線之延長方向上，此深溝約呈北北西至南南東之走向，其中在原堤線延長線290～350公尺之間水深約在40公尺左右，而最深處約在原堤線延長上距堤頭340公尺之外側約140公尺處，其水深達負80公尺。

而本計畫規劃中所研議之東防波堤延伸，因受限於花蓮港現有之港形與水深狀況及考量船舶進出港時之操船安全要求，而研擬之A、B、C、D四種堤線延長配置方案，皆不能完全避開前述之深溝，而只能盡量使堤線佈置遠離負80公尺之深洞，以減少沉箱基礎之拋石量，減輕工程費用之負擔，但盡量避開負80公尺深洞之佈置，其前題必須能不妨礙船舶進出港航行之安全需求。故本計畫所研議之堤線平面配置C方案較A方案（沿原堤線延長）遠離水深負80公尺之深洞。

二、港池靜穩度分析

為比較四種東防波堤堤線延伸配置方案對港內水域之遮蔽效果，本計畫以花蓮港務局指定之六種波浪條件，針對未延伸前之現況與東堤延伸之四種佈置方案，進行港池波浪繞射數值計算，以比較各種佈置之優缺點。

經前述之測試計算得知，無論在東南向或南南東向之波浪入射條件作用下，仍以C方案之延伸配置較其他的A、B、D方案能使港池內獲得最佳之靜穩程度。

此外，為比較東防波堤延伸前（現況）與延伸後，港池內水域波動情形，以最接近港口的二十五號碼頭為代表位置，經以東南向 $H_{1/3}=11.7\text{M}$, $T_{1/3}=15\text{sec}$ 及南南東向 $H_{1/3}=10.1\text{M}$, $T_{1/3}=13\text{sec}$ 兩種波浪條件，予

配置方案 波浪條件	東堤延伸前 (現況)	東堤延伸後 (C方案)
S E 向	2.5—3.0 M	0.3—0.4 M
S S E 向	3.3—4.6 M	0.7—0.9 M

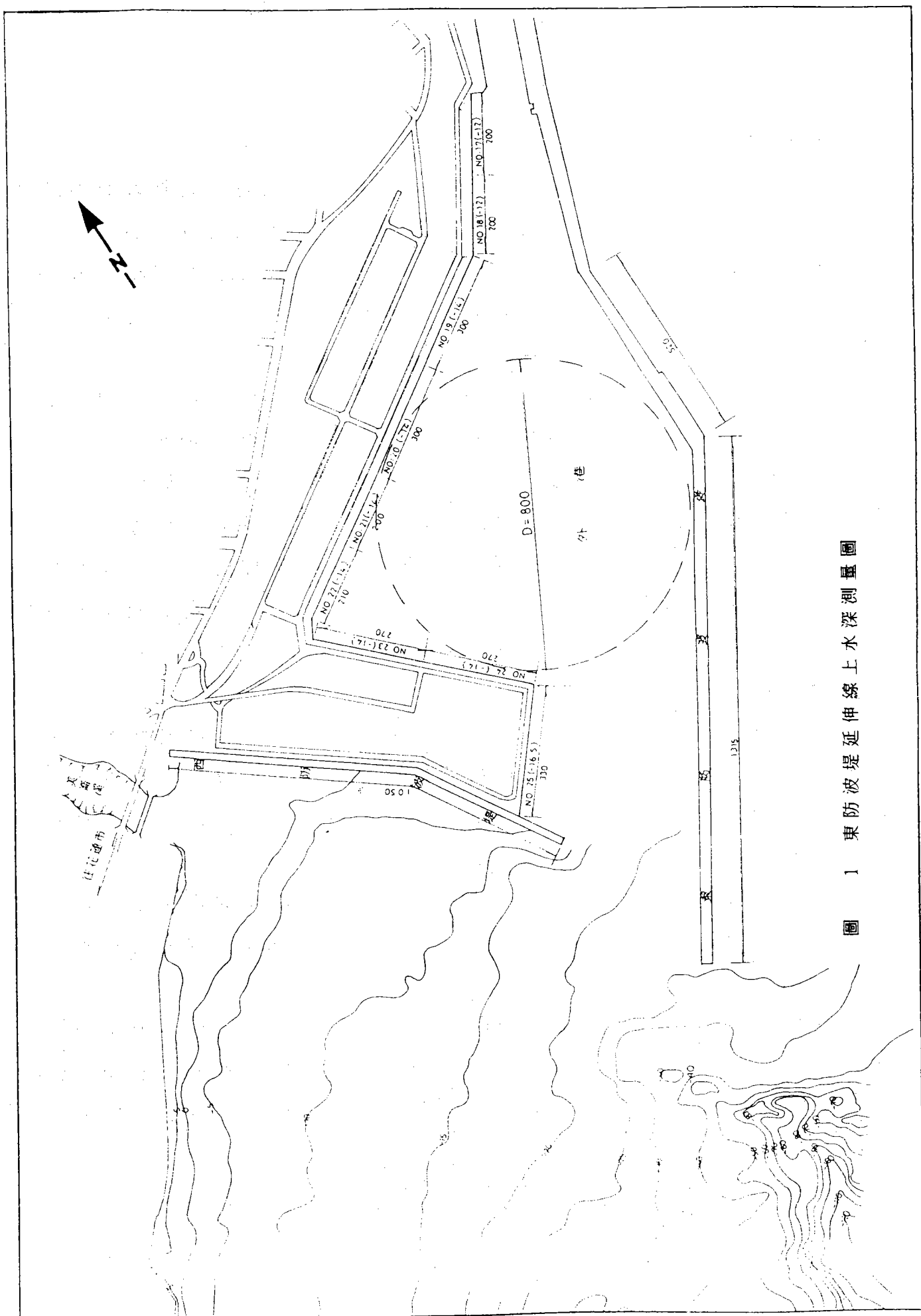


圖 1 東防波堤延伸線上水深測量圖

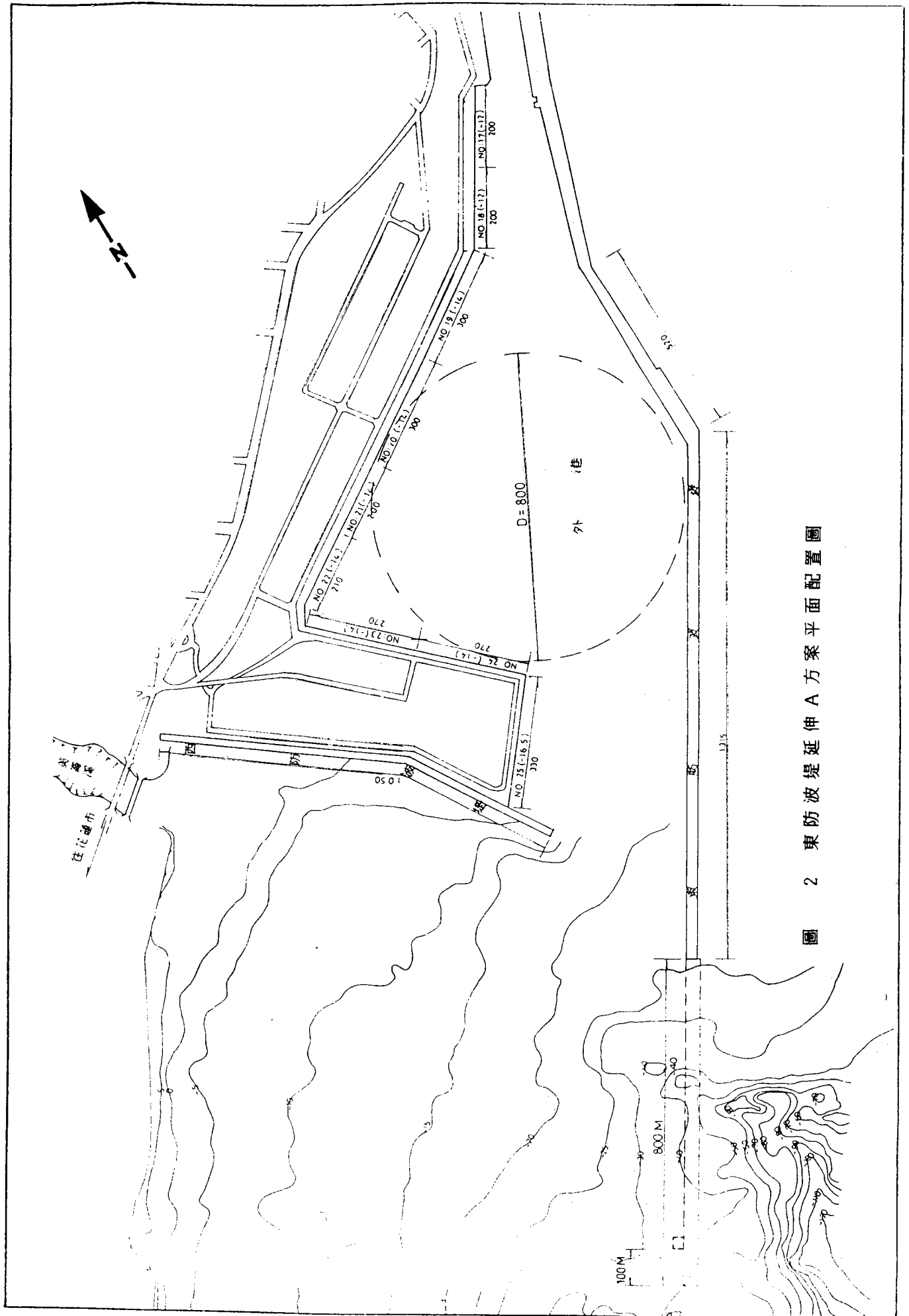


圖 2 東防波堤延伸 A 方案平面配置圖

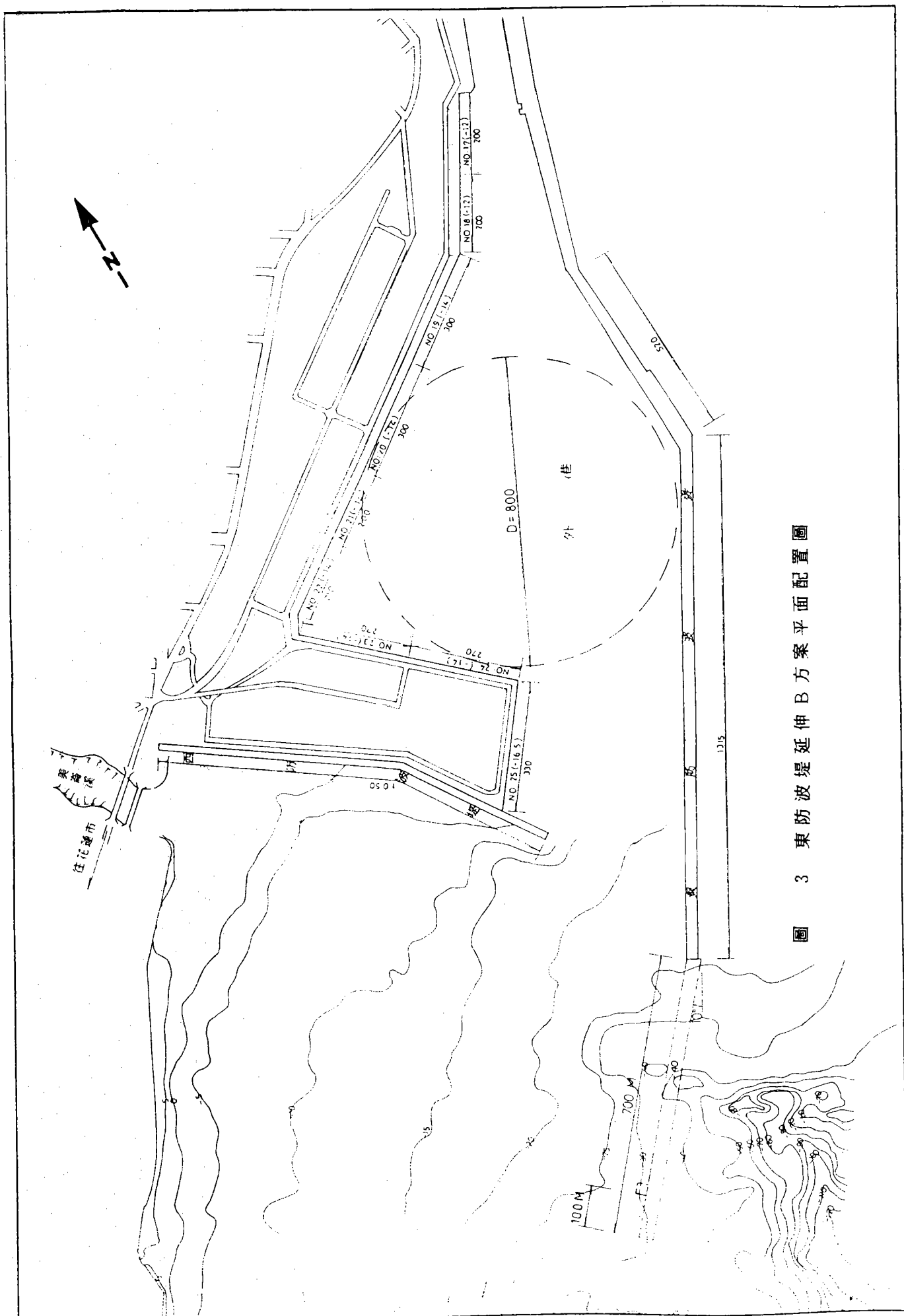


圖 3 東防波堤延伸 B 方案平面配置圖

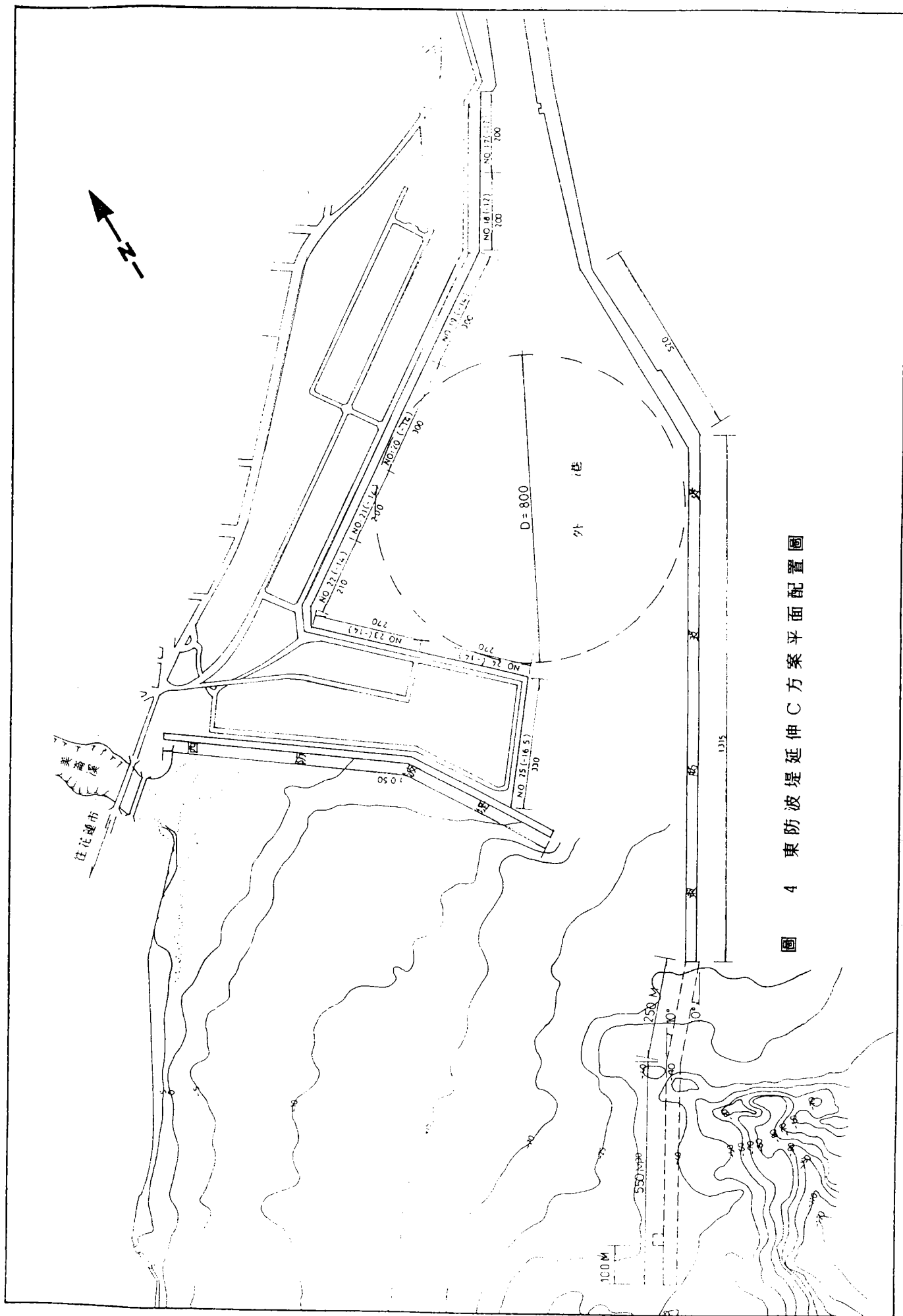


圖 4 東防波堤延伸 C 方案平面配置圖

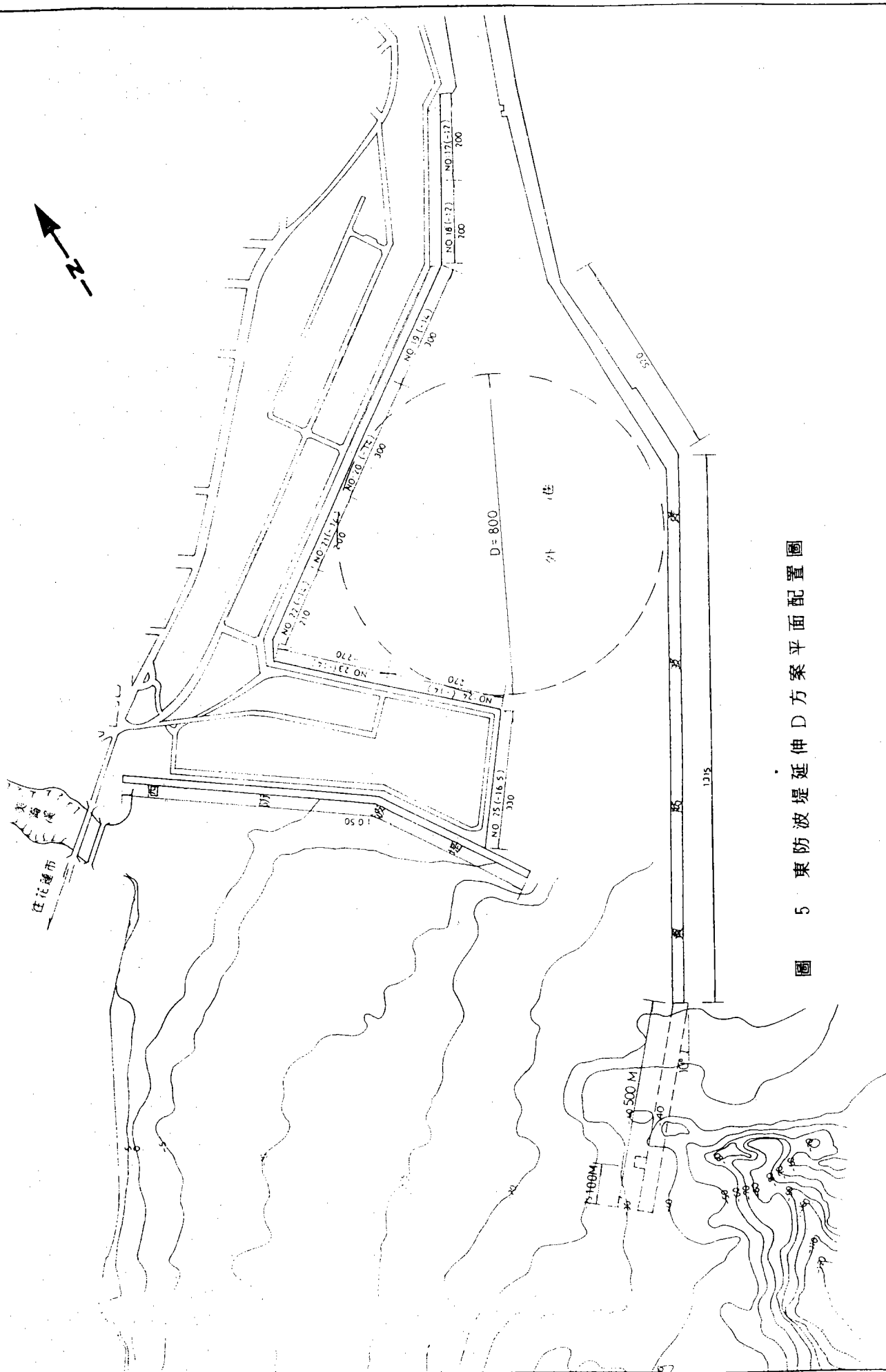


圖 5 東防波堤延伸 D 方案平面配置圖

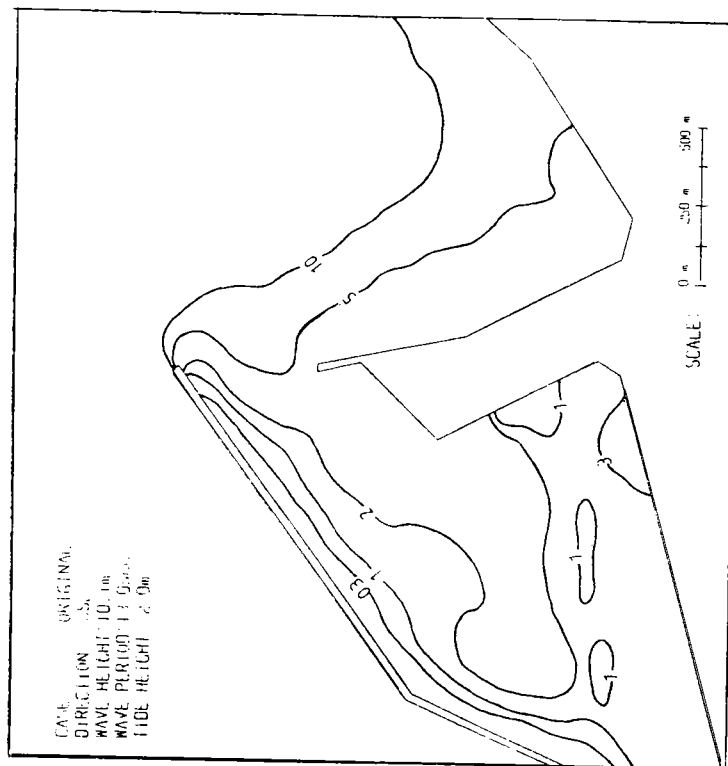


圖 6 東防波堤未延伸前SSE向H1/3=10.10m, T1/3=13.00sec
波浪繞射圖

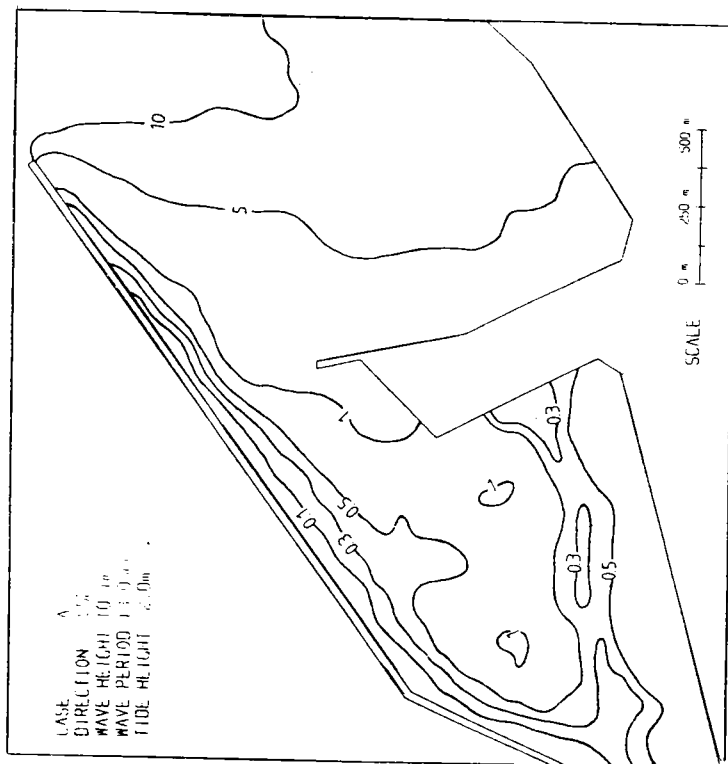


圖 7 東防波堤延伸A方案SSE向H1/3=10.10m, T1/3=13.00sec
波浪繞射圖

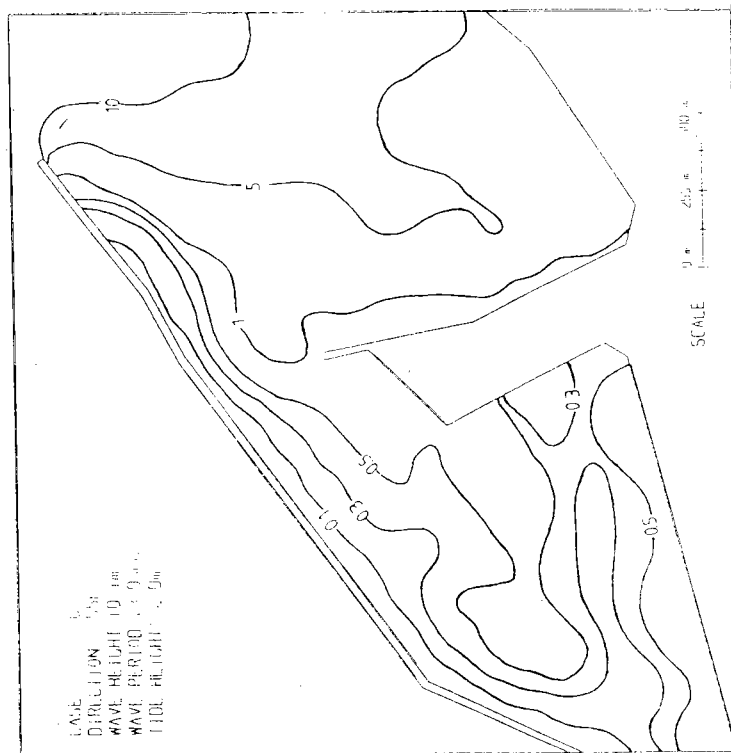


圖 9 東防波堤延伸C方案SSE向H1/3=10.10m, T1/3=13.00sec

波浪繞射圖

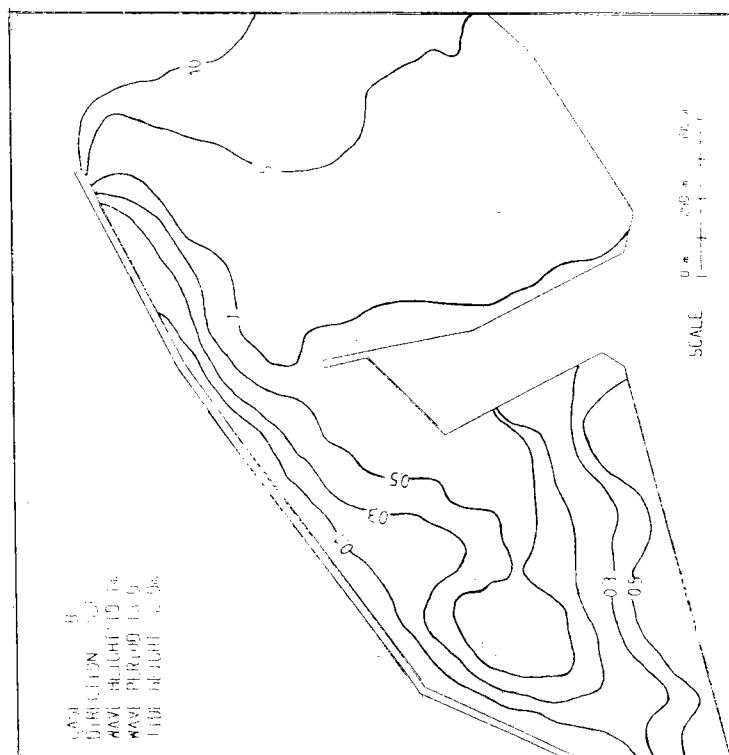


圖 8 東防波堤延伸B方案SSE向H1/3=10.10m, T1/3=13.00sec

波浪繞射圖

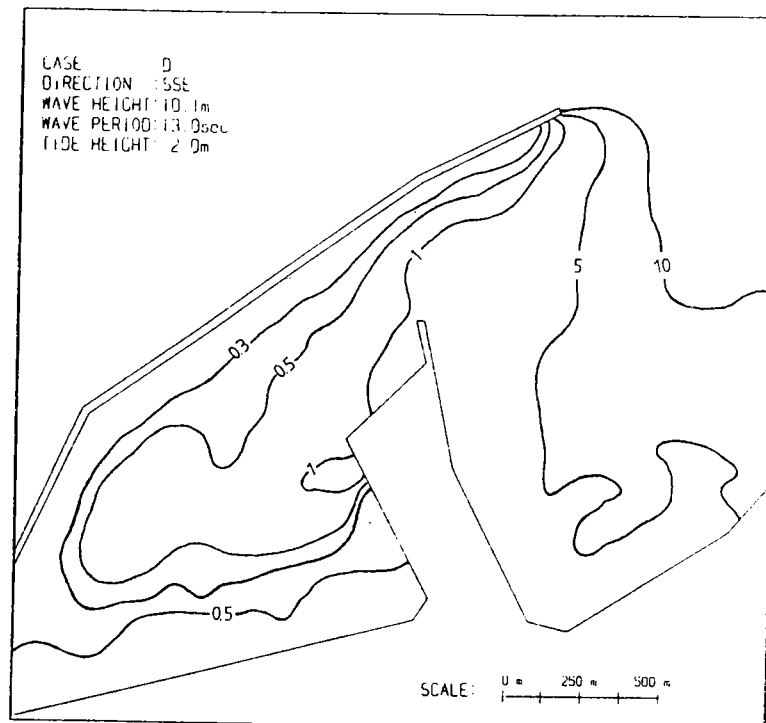


圖 10 東防波堤延伸D方案SSE向 $H_{1/3}=10.10\text{m}$, $T_{1/3}=13.00\text{sec}$
 波浪繞射圖

以計算東防波堤未延伸前與延伸C方案兩者間之差異，其結果如下：

由上述分析可知，在現有東防波堤外廓設施下，並不能有效遮蔽波浪能量之入侵，致緊臨港口邊之二十五號碼頭在數值計算測試之波浪條件下，仍有高達2~4M之波高情形之出現，造成港內水域不穩定現象。而東防波堤延伸C方案在相同之波浪條件作用之下，可有效阻斷波浪能量之入侵，確保港內水域達到需求之靜穩程度。圖6~10為SSE向， $H_{1/3}=10.1\text{M}$ ， $T_{1/3}=130\text{ s}$ ，各方案之繞射等波高圖。

本計畫經三十種計算例之成果顯示，東防波堤之延伸皆可改善港內之靜穩度，而其中乃以C方案配置為最佳方案。

三、港池共振現象分析

花蓮港因受水深及地形之限制，歷經四期之擴建工程後，港形配置已成為葫蘆狀。由於港形佈置較為特殊，且內港水域十分狹小，碼頭亦皆為直立式岸壁，再加上內港區內無任何消波設施，致颱風時期SSE及SE向波浪進入外港區後，再經由喇叭狀之航道進入內港區，由於波能集中且無任何設施將其消滅，以致波浪於內港區任意反射而造成共振之現象。

由於港池共振現象係進入港池內之波能集中無法消散之故，而東防波堤延伸後將加大遮蔽區之範圍，減少波浪能量進入港內，故有助於現有港池共振抑制之改善功能。

本計畫有關港池共振之數值模擬分析共分成兩階段予以進行，第一階段主要係比較四種堤線延長方案與未延伸之現況計五種配置下，以SE、SSE及ESE向波浪作用之下，週期自6秒至98秒間，予以計算港區任意各點之波高比值，經各種不同條件作用下，篩選堤線延長之最佳配置方案，以供為第二階段之計算依據。第二階段之數值計算主要係以第一階段所篩選之最佳堤線延長佈置方案與港池現況佈置（東防波堤未延伸），共兩種基本配置方案下，輔以港池共振抑制之九種改善措施，以SSE向波浪作用下週期自6秒至98秒經計算後予以比較在東防波堤延伸最佳之堤線配置方案下，各種不同共振抑制之改善措施後，

對港內任意點水域之波高比值影響情形，並評選研擬改善措施其優劣順序。九種改善配置及數值分析測點位置對照圖表，詳見表1、表2及圖11。

經由兩階段之數值模擬分析計算顯示，第一階段中之各種不同防波堤堤線延長配置方案與港池現況（東防波堤未延伸）比較，在週期20秒以內波浪作用下，各延伸方案都可以降低港區內之波高比值，故可確知東防波堤延長致遮蔽區加大進入港內之波浪能量相對減少下，皆可以改善港內水域共振之現象，而其中以C方案為改善效果最佳之配置方案。本計畫針對20秒以下經常性波浪其波高比值改善程度比較如下：

佈置方案 選點位置	東堤延伸前 (現況)	東堤延伸後 (C方案)
外港區	0.25 ~ 0.50	0.10 ~ 0.35
中央航道入口處	0.15 ~ 0.25	0.05 ~ 0.20
中央航道末端處	0.10 ~ 0.20	0.05 ~ 0.15
內港區	0.05 ~ 0.20	0.05 ~ 0.10

由上述統計更可明確顯示，東防波堤之堤線延伸即可改善港內水域之波高比值。

經第二階段之計算後，為探討東防波堤延伸C方案中各種不同之改善措施對港區內之水面振動改善情形，以東堤未延伸（現況）無任何改善措施為基準，經計算比較各種不同改善措施之計算成果如表3～表12。

上述計算中以第九種配置（即小型船渠南堤拆除，部份東防波堤加設消波設施，13～16號碼頭與小型船渠碼頭改為消波式碼頭）為最佳之改善措施方案，其次為第八種配置。為進一步了解配置中那些措施有較明顯之正面效果，再將各方案的配置和結果加以比對；發現小型船渠之反射率降低（方案二與方案五之差異），可使內港及小型船

表 1 原方案與 c 方案配置條件詳述表

案 別 項 目	東 防 波 堤 維 持 現 況	C 方 案
第一種配置	港區內維持現狀。	港區內維持現狀。
第二種配置	13號至16號碼頭 反射率為 0.8 。	13號至16號碼頭 反射率為 0.8 。
第三種配置	12號至16號碼頭 反射率為 0.8 。	12號至16號碼頭 反射率為 0.8 。
第四種配置	10號至16號碼頭 反射率為 0.8 。	10號至16號碼頭 反射率為 0.8 。
第五種配置	13號至16號碼頭及小型船渠 反射率為 0.8 。	13號至16號碼頭及小型船渠 反射率為 0.8 。
第六種配置	拆小型船渠南堤，且沉箱渠至 小型船渠反射率為 0.8 。	拆小型船渠南堤，且沉箱渠至 小型船渠反射率為 0.8 。
第七種配置	拆小型船渠南堤，且13號至16 號碼頭至小型船渠反射率為 0.8 。	拆小型船渠南堤，且13號至16 號碼頭至小型船渠反射率為 0.8 。
第八種配置	東防波堤內一半，反射率改為 0.8 ，沉箱渠至小型船渠反射 率為 0.8 。	東防波堤內一半，反射率改為 0.8 ，沉箱渠至小型船渠反射 率為 0.8 。
第九種配置	拆小型船渠南堤，部份東堤加 消波，13號至16號碼頭至小型 船渠反射率為 0.8 。	拆小型船渠南堤，部份東堤加 消波，13號至16號碼頭至小型 船渠反射率為 0.8 。
第十種配置	—————	拆除舊有東堤至內港航道末端 ，並改變內港形狀沿海岸線興 建海堤。

表 2 數值分析測點配置對照表

	位 置 名 稱	測 點 配 置 點
外 港 區	25號，24號，23號碼頭	1，2，3
	22號，21號碼頭	4，5
	20號，19號碼頭	6，7
	18號，17號碼頭	8，9
內 港 區	1 號，2 號，3 號，4 號碼頭	13，14，15，16
	5 號，6 號，7 號，8 號碼頭	17，18，19，20
	9 號，10號，11號，12號碼頭	21，22，23，24
	13號，14號，15號，16號碼頭	25，26，27，28
航 道 區	西側航道	10，11，12
	東側航道	31，32，33
漁 港 區	小型船渠北角	30
沉 箱 渠 區	沉箱渠	29

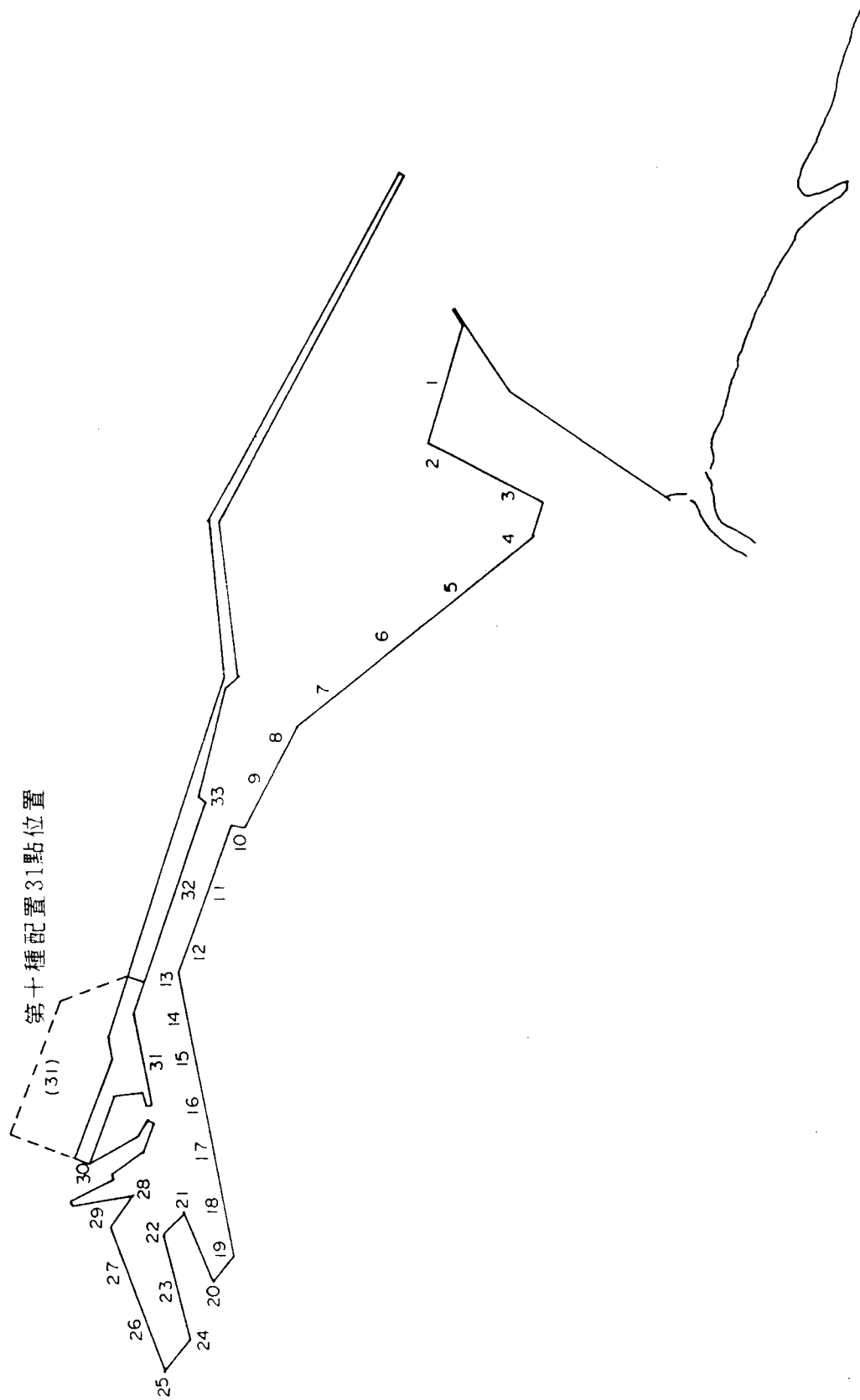


圖 // 數值分析測點配置圖

表 3 共振消除配置(一)之波高比值折減(增加)表

配 置 (一)	1	2	3
	週 期 = 6 秒	週 期 = 1 4 秒	週 期 = 2 2 秒
外 港 區	- 3 6 %	- 2 0 %	- 1 4 %
內 港 區	- 3 8 %	- 3 3 %	- 2 9 %
航 道 區 西 東	- 3 5 %	- 3 0 %	- 3 7 %
	- 4 1 %	- 3 0 %	- 2 8 %
小 型 船 渠 區	+ 1 0 %	+ 8 4 %	+ 1 0 8 %
沉 箱 渠	- 2 9 %	+ 1 %	+ 1 1 %

〔註〕1. " - " 代表減少, " + " 代表增加

2. 計算值為 (東防波堤延伸 c 方案和未延伸之差) / 東防波堤未延伸之平均值

表 4 共振消除配置(二)之波高比值折減(增加)表

配 置 (二)	1	2	3
	週 期 = 6 秒	週 期 = 1 4 秒	週 期 = 2 2 秒
外 港 區	- 3 6 %	- 2 0 %	- 1 5 %
內 港 區	- 6 9 %	- 4 8 %	- 2 9 %
航 道 區 西 東	- 3 2 %	- 3 9 %	- 5 4 %
	- 3 4 %	- 4 4 %	- 4 1 %
小 型 船 渠 區	- 6 %	+ 5 6 %	+ 1 1 3 %
沉 箱 渠	- 4 2 %	- 2 1 %	+ 1 2 %

〔註〕1. " - " 代表減少, " + " 代表增加

2. 計算值為 (東防波堤延伸 c 方案和未延伸之差) / 東防波堤未延伸之平均值

表 5 共振消除配置(三)之波高比值折減(增加)表

配 置 (三)	1	2	3
	週 期 = 6 秒	週 期 = 1 4 秒	週 期 = 2 2 秒
外 港 區	- 3 6 %	- 2 0 %	- 1 5 %
內 港 區	- 6 9 %	- 4 1 %	- 2 4 %
航 道 區 西 東	- 3 5 %	- 3 7 %	- 5 0 %
	- 3 4 %	- 4 1 %	- 3 5 %
小 型 船 渠 區	- 6 %	+ 7 1 %	+ 1 2 6 %
沉 箱 渠	- 4 2 %	- 1 2 %	+ 1 9 %

〔註〕1.” - ”代表減少, ” + ”代表增加

2.計算值爲(東防波堤延伸c方案和未延伸之差) / 東防波堤未延伸之平均值

表 6 共振消除配置(四)之波高比值折減(增加)表

配 置 (四)	1	2	3
	週 期 = 6 秒	週 期 = 1 4 秒	週 期 = 2 2 秒
外 港 區	- 3 6 %	- 2 0 %	- 1 5 %
內 港 區	- 6 5 %	- 3 7 %	- 2 2 %
航 道 區 西 東	- 3 5 %	- 3 7 %	- 4 8 %
	- 3 4 %	- 3 9 %	- 3 2 %
小 型 船 渠 區	- 6 %	+ 7 9 %	+ 1 3 0 %
沉 箱 渠	- 4 2 %	- 8 %	+ 2 3 %

〔註〕1.” - ”代表減少, ” + ”代表增加

2.計算值爲(東防波堤延伸c方案和未延伸之差) / 東防波堤未延伸之平均值

表 7 共振消除配置(五)之波高比值折減(增加)表

配 置 (五)	1	2	3
	週 期 = 6 秒	週 期 = 1 4 秒	週 期 = 2 2 秒
外 港 區	- 3 6 %	- 1 9 %	- 1 1 %
內 港 區	- 6 8 %	- 7 2 %	- 7 5 %
航 道 區 西 東	- 2 7 %	- 2 1 %	- 2 7 %
	- 2 8 %	- 3 9 %	- 4 4 %
小 型 船 渠 區	- 7 6 %	- 7 1 %	- 6 3 %
沉 箱 渠	- 6 7 %	- 7 2 %	- 7 2 %

〔註〕1. " - " 代表減少, " + " 代表增加

2. 計算值為 (東防波堤延伸 c 方案和未延伸之差) / 東防波堤未延伸之平均值

表 8 共振消除配置(六)之波高比值折減(增加)表

配 置 (六)	1	2	3
	週 期 = 6 秒	週 期 = 1 4 秒	週 期 = 2 2 秒
外 港 區	- 3 6 %	- 1 9 %	- 1 3 %
內 港 區	- 3 5 %	- 7 1 %	- 7 5 %
航 道 區 西 東	- 2 7 %	- 2 2 %	- 2 8 %
	- 1 9 %	- 2 8 %	- 3 4 %
小 型 船 渠 區	- 7 6 %	- 7 0 %	- 6 5 %
沉 箱 渠	- 4 2 %	- 7 3 %	- 7 9 %

〔註〕1. " - " 代表減少, " + " 代表增加

2. 計算值為 (東防波堤延伸 c 方案和未延伸之差) / 東防波堤未延伸之平均值

表 9 共振消除配置(七)之波高比值折減(增加)表

配 置 (七)	1	2	3
	週 期 = 6 秒	週 期 = 1 4 秒	週 期 = 2 2 秒
外 港 區	- 3 6 %	- 1 9 %	- 1 3 %
內 港 區	- 7 0 %	- 7 2 %	- 7 6 %
航 道 區 西 東	- 2 7 %	- 2 4 %	- 2 9 %
	- 1 8 %	- 2 9 %	- 3 4 %
小 型 船 渠 區	- 7 6 %	- 7 3 %	- 6 6 %
沉 箱 渠	- 6 7 %	- 7 7 %	- 7 9 %

〔註〕1.” - ” 代表減少, ” + ” 代表增加

2.計算值爲(東防波堤延伸c方案和未延伸之差) / 東防波堤未延伸之平均值

表 10 共振消除配置(八)之波高比值折減(增加)表

配 置 (八)	1	2	3
	週 期 = 6 秒	週 期 = 1 4 秒	週 期 = 2 2 秒
外 港 區	- 4 8 %	- 2 8 %	- 2 0 %
內 港 區	- 5 0 %	- 7 3 %	- 7 6 %
航 道 區 西 東	- 4 1 %	- 3 2 %	- 3 5 %
	- 3 6 %	- 3 6 %	- 4 0 %
小 型 船 渠 區	- 7 6 %	- 7 4 %	- 6 8 %
沉 箱 渠	- 7 5 %	- 7 7 %	- 8 0 %

〔註〕1.” - ” 代表減少, ” + ” 代表增加

2.計算值爲(東防波堤延伸c方案和未延伸之差) / 東防波堤未延伸之平均值

表 11 共振消除配置(九)之波高比值折減(增加)表

配 置 (九)	1	2	3
	週 期 = 6 秒	週 期 = 1 4 秒	週 期 = 2 2 秒
外 港 區	- 4 8 %	- 2 8 %	- 2 0 %
內 港 區	- 8 4 %	- 7 4 %	- 7 7 %
航 道 區 西 東	- 4 1 %	- 3 2 %	- 3 7 %
	- 3 1 %	- 3 7 %	- 4 1 %
小 型 船 渠 區	- 7 6 %	- 7 5 %	- 6 9 %
沉 箱 渠	- 1 0 0 %	- 7 9 %	- 8 0 %

〔註〕1.” - ” 代表減少, ” + ” 代表增加

2.計算值爲(東防波堤延伸c方案和未延伸之差) / 東防波堤未延伸之平均值

表 12 共振消除配置(十)之波高比值折減(增加)表

配 置 (十)	1	2	3
	週 期 = 6 秒	週 期 = 1 4 秒	週 期 = 2 2 秒
外 港 區	- 3 6 %	- 1 9 %	- 1 5 %
內 港 區	- 3 9 %	- 1 2 %	- 1 0 %
航 道 區 西 東	- 4 3 %	- 3 2 %	- 2 9 %
	- 4 7 %	- 3 3 %	- 2 9 %
小 型 船 渠 區	- 7 6 %	- 7 6 %	- 7 6 %
沉 箱 渠	- 2 9 %	- 6 %	- 4 %

〔註〕1.” - ” 代表減少, ” + ” 代表增加

2.計算值爲(東防波堤延伸c方案和未延伸之差) / 東防波堤未延伸之平均值

表13 有效共振消除措施波高比值折減（增加）表

波浪週期	1 4 秒						2 2 秒						備 註
區域 措施	外 港	內 港	航 道		小型 船 渠	沉 箱 渠	外 港	內 港	航 道		小型 船 渠	沉 箱 渠	
			西側	東側					西側	東側			
東防波堤 C 方案延 建	-20 %	-33 %	-30 %	-30 %	+84 %	+1 %	-14 %	-29 %	-37 %	-28 %	+108 %	-11 %	
降低小型 船渠反射 率	+1 %	-24 %	+18 %	+5 %	-127 %	-51 %	+3 %	-46 %	+10 %	-16 %	-171 %	-83 %	方案二與 方案五之 差異
小型船渠 南堤拆除	0 %	0 %	-3 %	-10 %	-2 %	-5 %	-2 %	-1 %	-2 %	+10 %	-3 %	-7 %	方案五與 方案七之 差異
舊東堤港 側增建消 波設施	-9 %	-2 %	-8 %	-8 %	-2 %	-2 %	-7 %	-1 %	-8 %	-7 %	-3 %	-1 %	方案七與 方案九之 差異
合 計	-28 %	-69 %	-23 %	-43 %	-47 %	-57 %	-20 %	-77 %	-37 %	-41 %	-69 %	-80 %	

渠水域大幅改善，舊東堤側增設消波設施（方案七與方案九之差異）和小型船渠南堤的拆除（方案五與方案七之差異）則對大部份港池水域有大小不等的改善功能詳見表 13，且共同設置時，其消除共振之功效已接近第九種配置（按表 13 數值顯示，於週期 22 秒之波浪作用下，其功能等於第九種配置），經估算此三項措施所需之經費如下：

1. 小型船渠北角改建消波灘，需自西防波堤海側吊用 20T 雙 T 塊 150 只，工程費約 70 萬元。
2. 舊東堤港側設置小突堤兩座，需自西防波堤海側吊用 10T 鼎塊 60 只，工程費約 30 萬元。
3. 舊東堤港側開挖消波凹槽，每座約需 80 萬元，可設置 8 座，共計 640 萬元。
4. 拆除小型船渠南堤，並改建渠內 450M 碼頭岸壁為消波式，約需 3,000 萬元。

上述改善措施於東防波堤延長後逐步實施，當可使港域共振狀況大為改善。

四、海岸地形變化分析

花蓮港東防波堤延長後，由於外廓設施的改變勢將影響附近波浪與海流流場之變化，而原有漂沙活動現象亦將隨東防波堤堤線延長而有所改變，進而導致海岸地形變化及平衡狀態的改變。故本計畫之實施對於花蓮港以南的海岸將產生新的衝擊與影響，而有關防波堤延伸前、後其漂沙與地形變化之研究探討，對於本計畫防制漂沙所研議之改善對策（詳見圖十二）其結果描述如下：

1. 東防波堤延長後能使港內之淤沙量減少，但港口外航道的淤沙量可能會增加，但因港口外航道水深多超過 20M，短期內將不影響船隻的進出。
2. 東防波堤的延長對北濱海岸提供較直接的保障，南濱海岸可獲得部份遮蔽，東昌海岸距離較遠，得到的助益不明顯，甚至有可能因東堤的延伸及防沙導流堤的構築而加速該海岸的侵蝕，唯北濱

海岸人口稠密，南濱海岸為公園區，東昌海岸則人煙稀少，縱使東堤延長可能加速東昌海岸的侵蝕，對保護海岸而言，仍是利多於弊。

3. 東防波堤延長後，美崙溪口附近海域因受遮蔽波高大幅降低，可使因地形集中波浪所造成的海水面提升之情形，以及颱風湧浪在溪口堆積沙洲的能力減輕，將有助於美崙溪排水。
4. 河川輸沙及漂流木的防治，根本之道仍在於水土保持；東防波堤延長後港口波高大幅降低，使防止漂流木入港之措施易於執行。
5. 西防波堤海側可浚深一水域，以攔截向港口推移的漂沙，所挖出之土方可用於東防波堤延長工程之沉箱填充。花港局更可視需要加大浚挖水域（工程費約 8,500 萬元），使之成為一良好之錨泊區。
6. 所研議興建之吉安溪出海口之防沙導流堤（以 40T、20T 與 T 塊構築）可於東防波堤延長後施工，以便利用西防波堤海側現有之 20T 雙 T 塊，並更利於海上吊放作業之進行，其工程費估計約 11,000 萬元，而研議東昌海岸之離岸潛堤則可視海岸變化情形分年構築之，其費用約二億元。
7. 有關港口外漂沙的情形及防沙導流堤、離岸潛堤的佈置，建議在細部設計時進行水工模型試驗，以獲得更進一步的瞭解並確定各項措施之功效。

五、船舶操船模擬試驗分析

東防波堤延伸除能滿足遮蔽港池水域達到靜穩要求外，對於船舶操航亦能達到安全進出港之要求，而本項分析即以操船模擬機對東防波堤延伸後港口狀況進行船舶進出港安全性之評估。模擬操作之本船是 100,000 DWT 級散裝船及六萬噸級巴拿馬極限船二種，並由花蓮港領港及海洋大學船長作進出港之真時模擬，以下乃針對其模擬試驗結果予以探討。

由於船隻進港乃沿防波堤方向航駛，故於東北風 30 節之條件下，

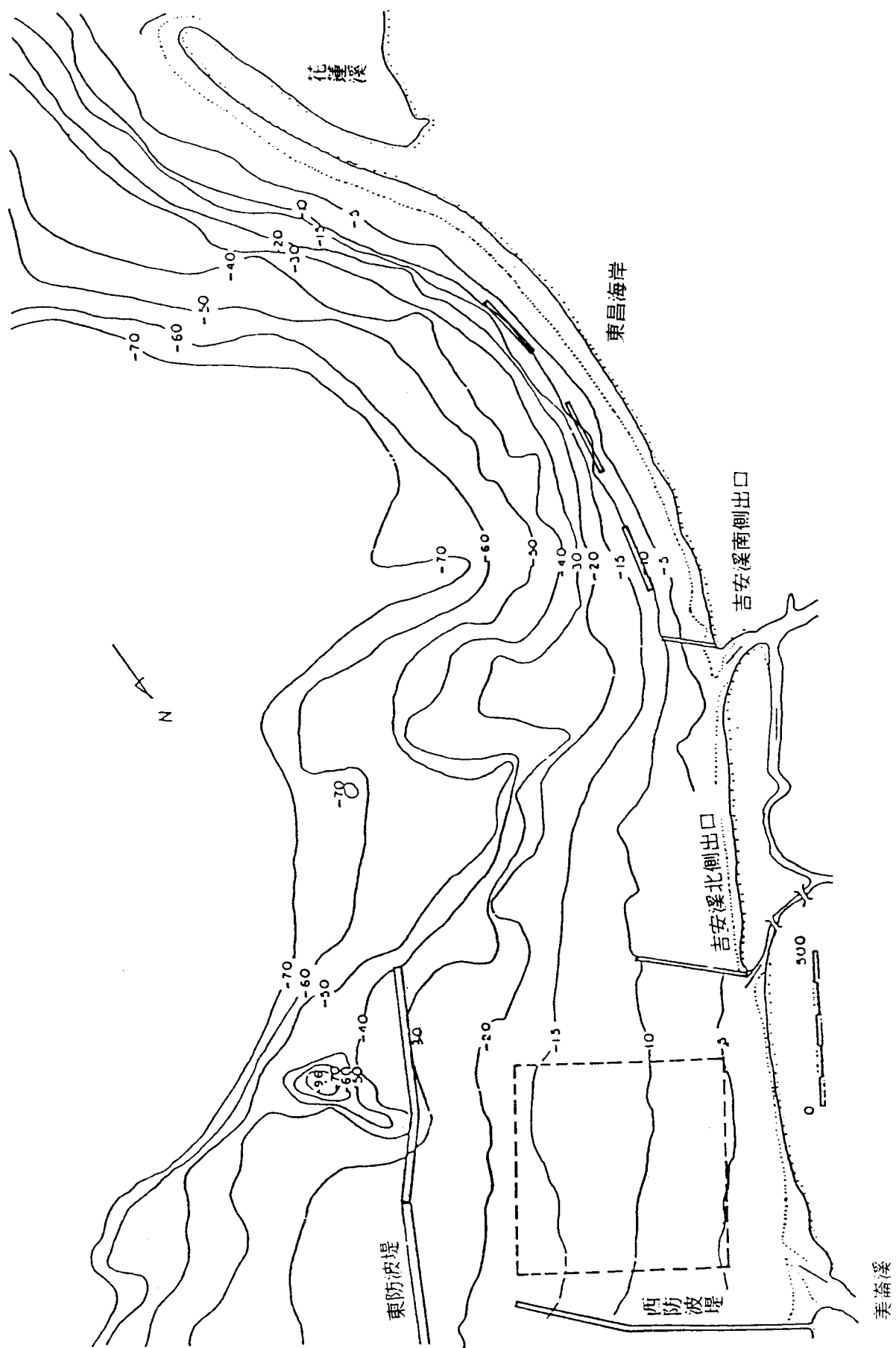


圖12錨泊區浚挖防沙導流堤及離岸潛堤平面配置圖

船舶由外海距東防波堤約 0.6 哩處進港，由於東防波堤長較現有延伸 80 公尺（約增加 3.4 船長），故較原有條件更有利於操船。

1. 船舶穩向性

在本研究中船舶於由外海轉向接近港口時，船舶與延伸防波堤高端之最接近距離及於通過外港防波堤口時與西防波堤東端之最接近距離，經統計表列如下：

防 坡 堤 頭	編 號	操 船 次 數	平 均 值 (公 尺)	標 準 偏 差 (公 尺)	最 大 值 (公 尺)	最 小 值 (公 尺)
延 伸 堤 堤 頭	HL	21	195.5	80.2	297.5	71.8
	NHL	13	176.8	38.2	236.5	131.0
	PHL	8	239.8	25.6	280.0	207.0
外港西防波堤頭	HL	21	88.7	42.2	148.8	18.6
	NHL	13	115.9	16.2	138.5	86.6
	PHL	8	135.7	38.6	202.0	98.0

圖13、14及表14、15分別為其中兩次操船模擬之紀錄

於東北風的情況下，風向與船艏向之交角約為右舷 10 度，於頂風情況下進港更有利於穩向操船。故於船舶在外海接近東防波堤口，及於沿東防波堤進港中皆易與東防波堤間保持一安全距離，且於通過西防波堤頭時船位易於持於航道中央，以確保航行之安全。

2. 停止距離

船舶於通過外港防波堤口後即可採停船措施，且由於延伸防波堤後，提高遮蔽效果，船隻航行於東防波堤港側之航道內其航向與船位皆易於保持，在該情況下之船速約在 3~4 節，於迴船池內停船並由拖船協助靠泊操船顯無困難。

3. 迴船池

本案所用之 100,000 DWT 本船 (own ship) 其船長約 235m，而規畫之

外港迴船池其直徑為 800 公尺，約為 3.4 船長，且於拖船協助調頭之情況下，並無困難。

依模擬實驗結果，東防波堤延伸後，對船舶進出港之操船應有助於提高其安全性，尤以本案 100,000 DWT 散裝船於通過東防波堤南端後，於防波堤之遮蔽作用下，能以較低速（3~4 節左右）接近外港防波堤口，故將更有助於確保船舶於迴船池內能順利停船。

此外依花蓮港現況而言，常有船舶錨泊於西防波堤南側海域，今後防波堤延伸後，檢疫錨區勢需重新規畫，然就進出港船隻所需之運轉海面觀之，謹建議在進港航道範圍內規畫禁錨區，如圖 15 所示，並由港務局信號台嚴格管制，以確保航道之通行無阻。

依據上述分析探討，就船舶進出港安全性而言，本計畫防波堤延伸規劃實屬可行。

六、斷面設計方案研擬

1. 設計方案

花蓮港四期擴建之防波堤工程，完工迄今歷經數次颱風侵襲，並無不良後果，尤其是消波式胸牆經證實可減少越波量且可折減全波力，因此延長工程可大致沿用過去之設計，如將第一道胸牆向陸側平移，與沉箱邊緣有一段距離，波浪作用於沉箱正面與胸牆面隔有時間差，則可得到更佳之消波效果，其設計斷面如圖 17 所示：

2. 設計方案二

若經水工試驗設計方案一之海側二道消波胸牆後退有其效果，考慮僅用一道消波胸牆，其設計斷面如圖 18 所示：圖 19 為方案一、二之法線縱剖面。

3. 設計方案三

由於本工程水深達 40 餘公尺，大量的海上拋石工作不可避免

表 14 編號 NHL-2 模擬進港船跡資料記錄

NO.: NHL-2				DATE : 1/26/91				TYPE: TANK				FULL				WIND : 45 DEGS.				30 KTS.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
TIME				HEAD				ROT				RUD				VB				VS				SP				EOT				RPM				BT				ST				T1P				T2P				T3P				T4P																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
12:32:00	288	25	35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

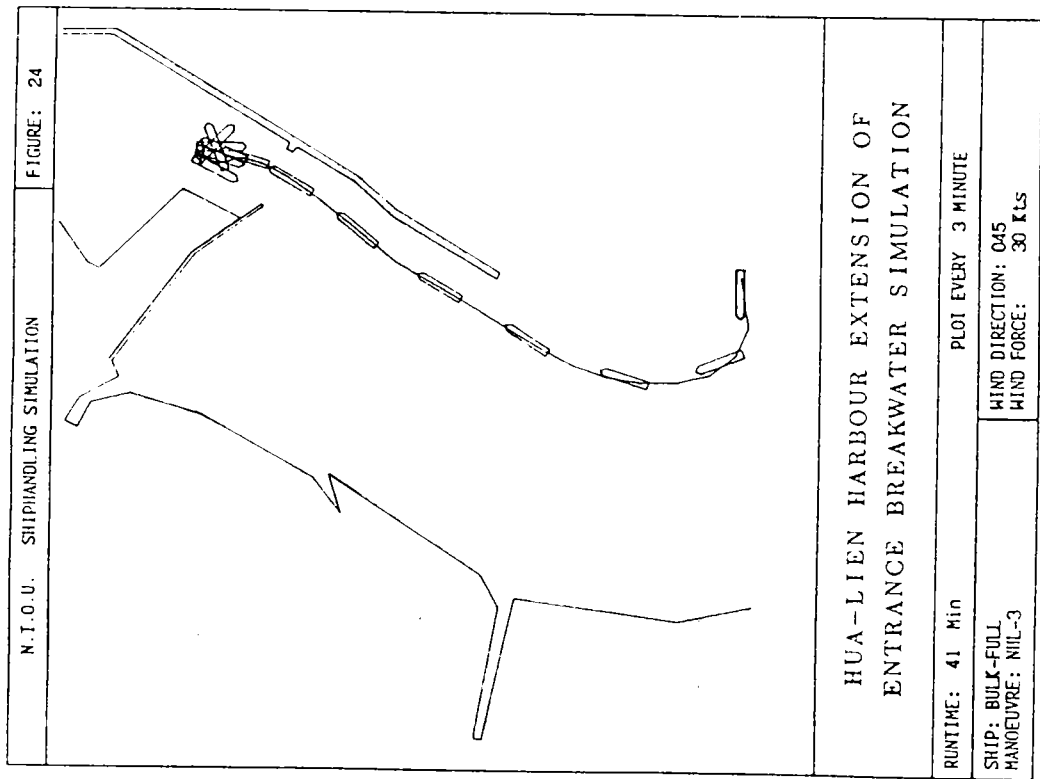


圖 14 編號 NHL-3 模擬進港船跡

表 15 編號 NHL-3 模擬進港船跡資料記錄

NO.: NHL-3		DATE : 1/26/91		TYPE: TANK		FULL		WIND : 45 DEGS.		30 KTS.					
TIME		HEAD	ROT	RUD	VB	VS	SP	EOT	RPM	BT	ST	T1P	T2P	T3P	T4P
13:24:00	270	0	0		.00	.00	3.00	52	14	-	-	0	0	0	0
13:25:00	281	9	20		-.05	-1.18	3.44	52	52	-	-	0	0	0	0
13:26:00	312	32	20		.81	-3.16	3.86	52	52	-	-	0	0	0	0
13:27:00	338	32	12		.81	-3.20	4.28	52	52	-	-	0	0	0	0
13:28:00	357	15	0		-.15	-2.12	4.65	52	52	-	-	0	0	0	0
13:29:00	7	-4	15		-1.07	-.56	5.06	52	52	-	-	0	0	0	0
13:30:00	17	6	0		-.23	-.99	5.41	52	52	-	-	0	0	0	0
13:31:00	25	19	12		.63	-1.75	5.37	34	34	-	-	0	0	0	0
13:32:00	31	4	0		-.17	-.68	5.19	34	34	-	-	0	0	0	0
13:33:00	33	-9	-8		-.78	.30	5.01	34	34	-	-	0	0	0	0
13:34:00	33	0	0		-.12	-.10	4.95	51	48	-	-	0	0	0	0
13:35:00	32	4	0		-.20	-.27	5.30	51	51	-	-	0	0	0	0
13:36:00	30	0	11		-.05	.00	5.31	34	34	-	-	0	0	0	0
13:37:00	33	0	12		-.12	-.21	5.11	34	34	-	-	0	0	0	0
13:38:00	40	7	-12		.15	-.66	4.94	34	34	-	-	0	0	0	0
13:39:00	39	2	0		.11	-.14	4.73	0	26	-	-	0	0	0	0
13:40:00	37	-2	-35		-.13	.19	4.34	0	14	-	-	0	0	0	0
13:41:00	33	-8	-35		-.45	.56	3.95	0	13	-	-	0	0	0	0
13:42:00	29	-4	-35		-.18	.36	3.51	-29	-30	-	-	0	0	0	0
13:43:00	24	1	-35		.14	.04	2.86	-29	-30	-	-	0	0	0	0
13:44:00	20	-4	-6		-.20	.30	2.27	-29	-30	-	-	0	0	0	0
13:45:00	16	-9	35		-.55	.52	1.75	-29	-30	-	-	30	0	0	0
13:46:00	16	1	35		.09	.00	1.32	-29	-30	-	-	30	0	0	0
13:47:00	17	9	35		.63	-.46	.93	-14	-30	-	-	30	0	0	0
13:48:00	23	9	35		.57	-.52	.62	0	-2	-	-	30	0	0	0
13:49:00	34	9	35		.54	-.57	.50	0	1	-	-	30	0	0	0
13:50:00	49	17	35		1.05	-1.06	.38	0	1	-	-	30	0	0	0
13:51:00	68	25	35		1.62	-1.56	.27	0	1	-	-	30	0	0	0
13:52:00	89	23	35		1.49	-1.37	.19	0	0	-	-	30	0	0	0
13:53:00	111	19	35		1.28	-1.09	.15	0	0	-	-	30	0	0	0
13:54:00	135	20	35		1.49	-1.06	.12	-14	-30	-	-	30	0	0	0
13:55:00	154	22	35		1.72	-1.09	.21	0	-1	-	-	30	10	0	0
13:56:00	158	12	35		1.13	-.38	.27	-29	-30	-	-	30	10	0	0
13:57:00	179	1	35		.46	.37	.16	-29	-30	-	-	30	10	0	0
13:58:00	188	8	35		.97	.01	.00	-29	-30	-	-	30	10	0	0
13:59:00	194	11	35		1.28	-.11	.00	0	-3	-	-	30	20	0	0
14:00:00	198	3	35		.81	.43	-.03	-13	-30	-	-	30	20	0	0
14:01:00	201	-3	35		.47	.80	.00	0	-1	-	-	30	0	0	0
14:02:00	204	3	35		.84	.49	.09	0	0	-	-	30	10	0	0
14:03:00	206	6	35		1.06	.32	.16	-15	-30	-	-	30	20	0	0
14:04:00	207	0	35		.72	.64	-.03	-15	-30	-	-	30	20	0	0
14:05:00	270	0	0		.00	.00	3.00	52	14	-	-	0	0	0	0

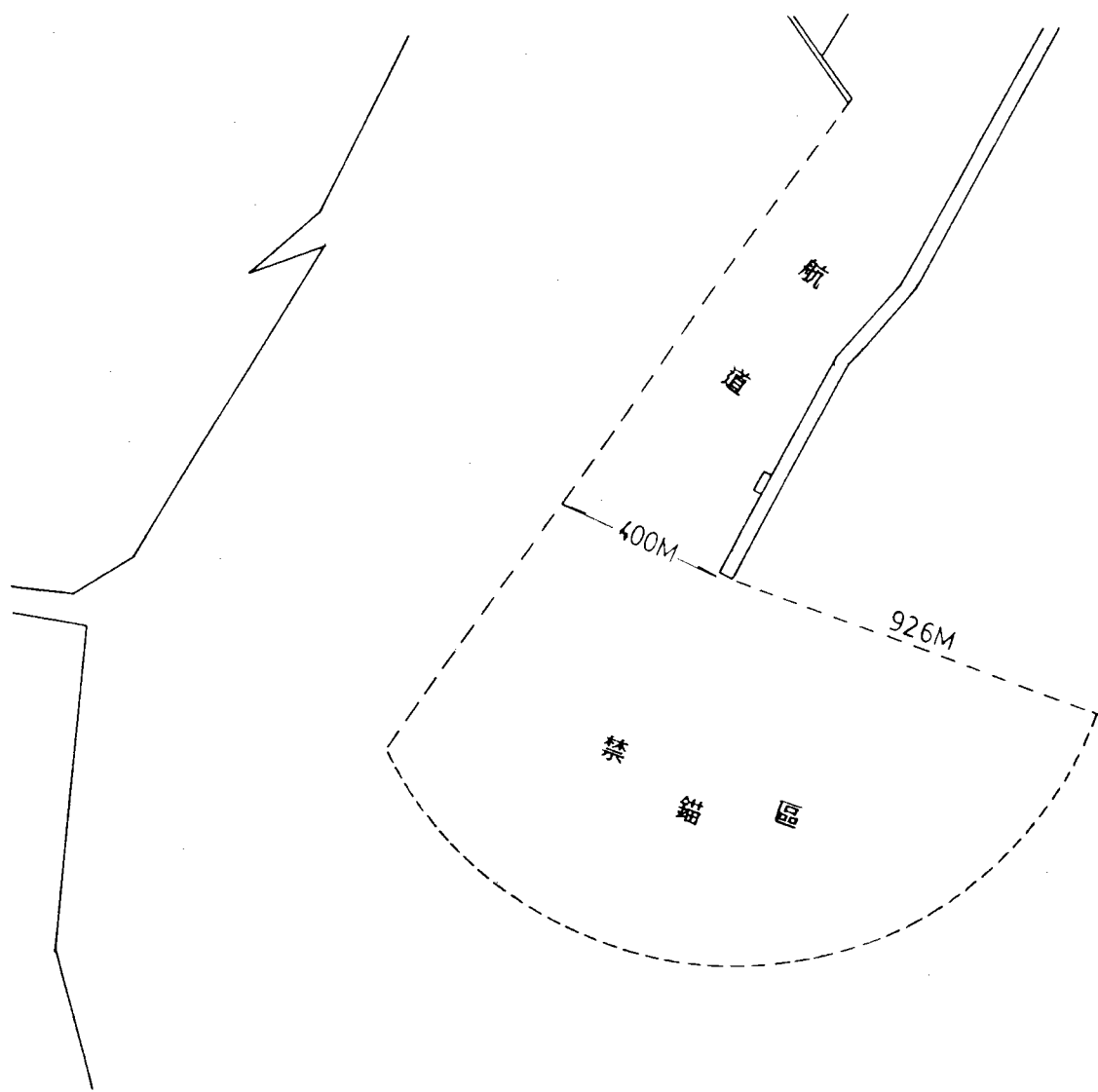


圖 15 建議之禁錨區

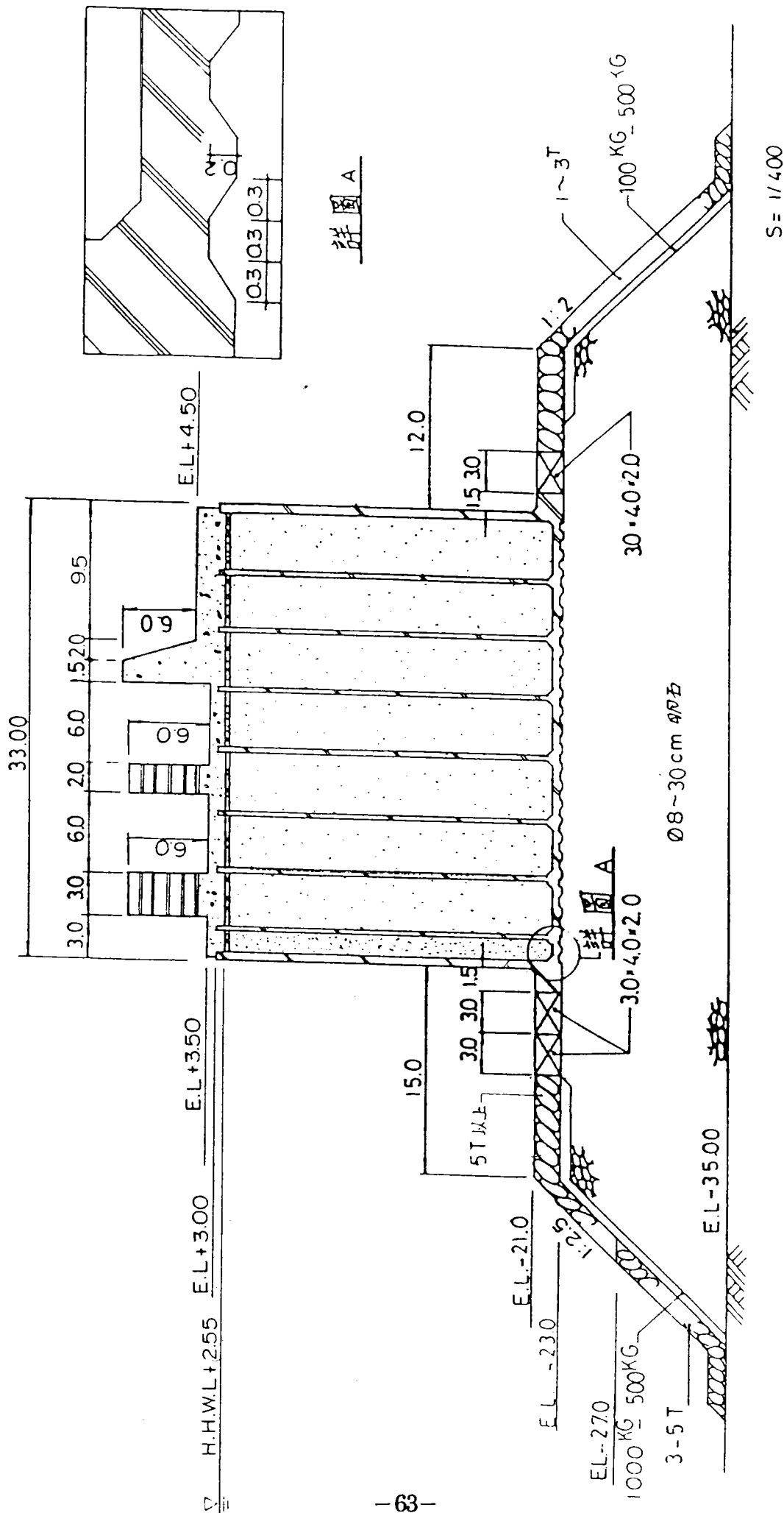


圖 16 設計方案——沉箱斷面圖

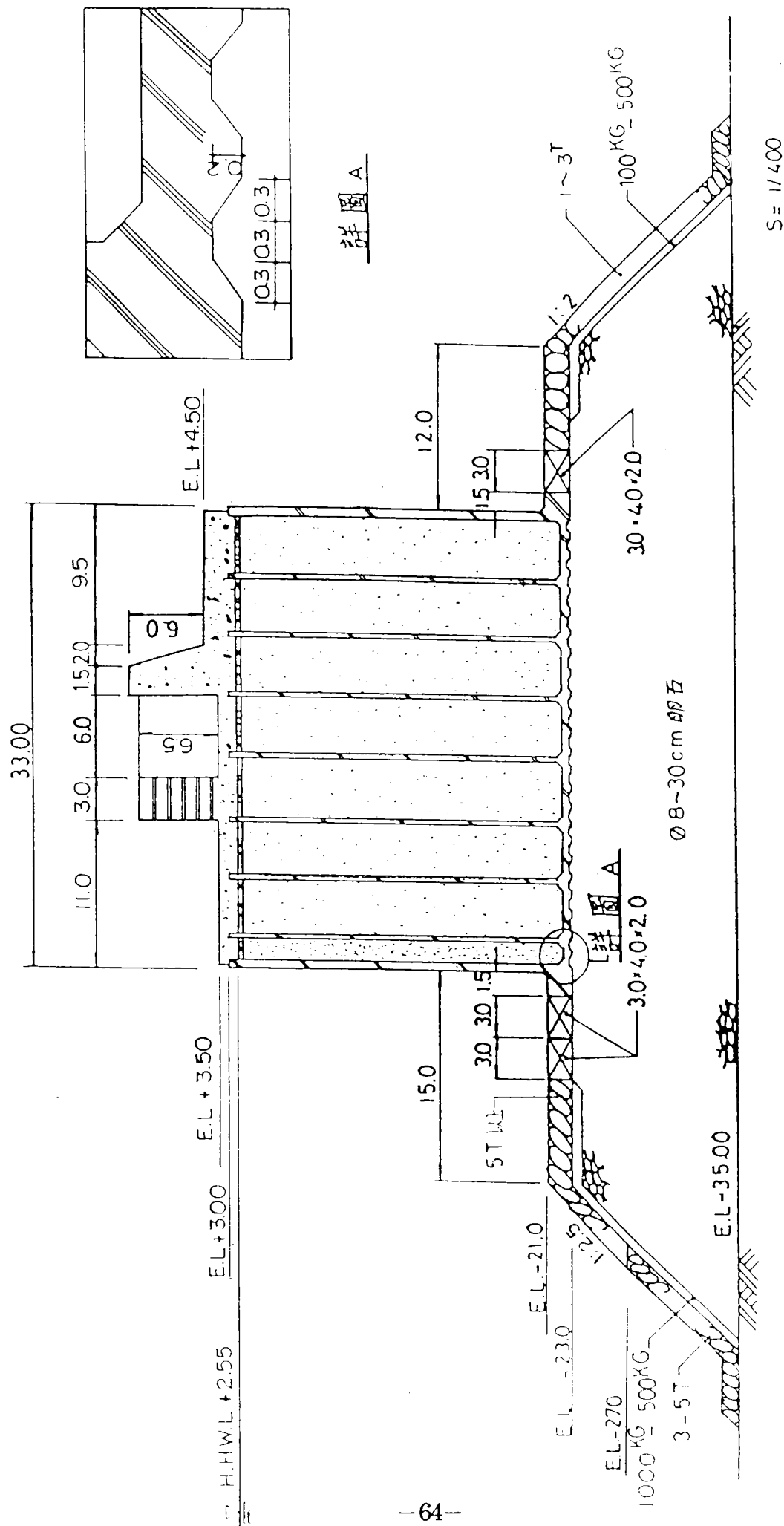


圖 17 設計方案二沉箱斷面圖

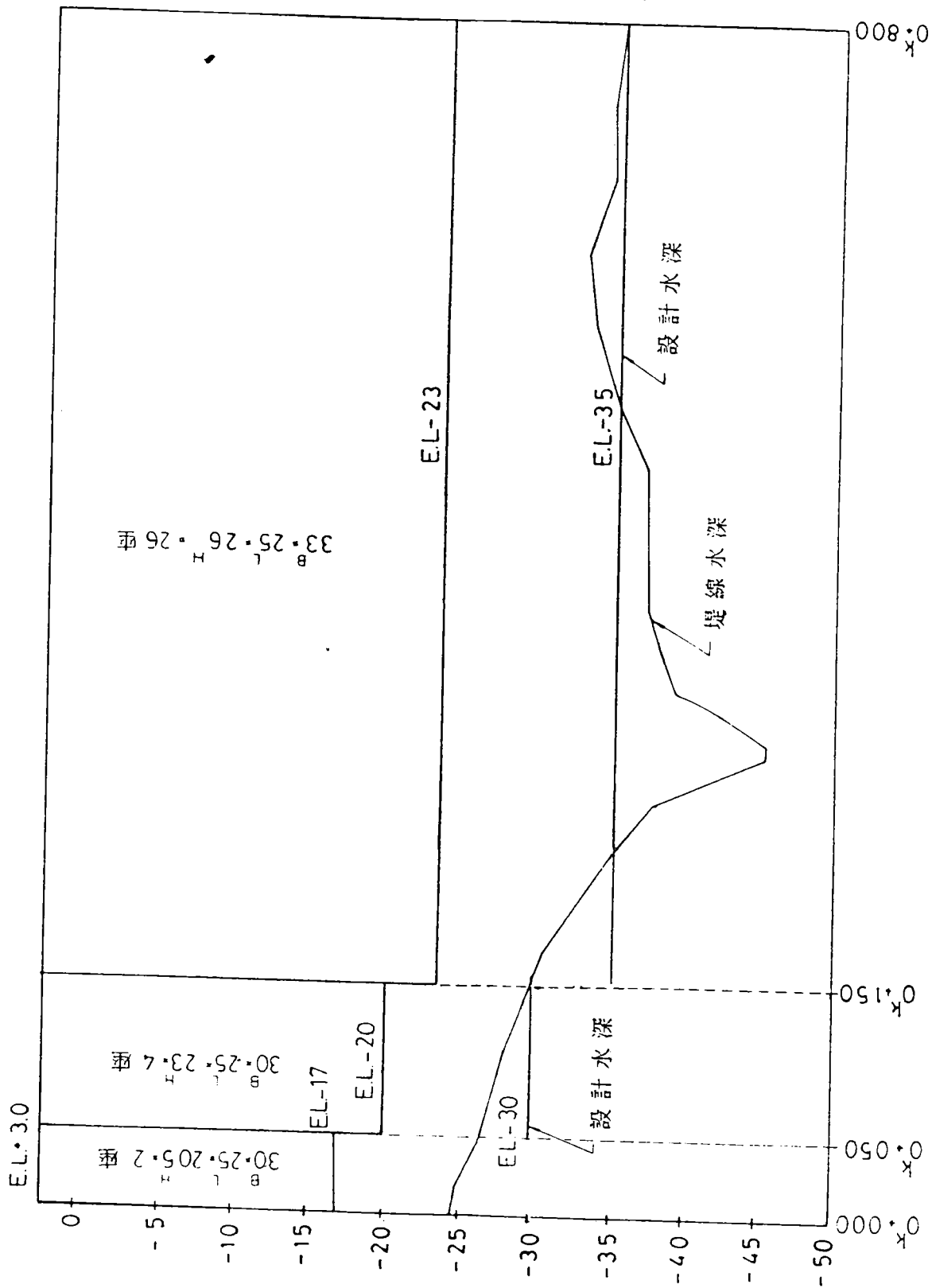


圖 18 堤址法線水深剖面圖

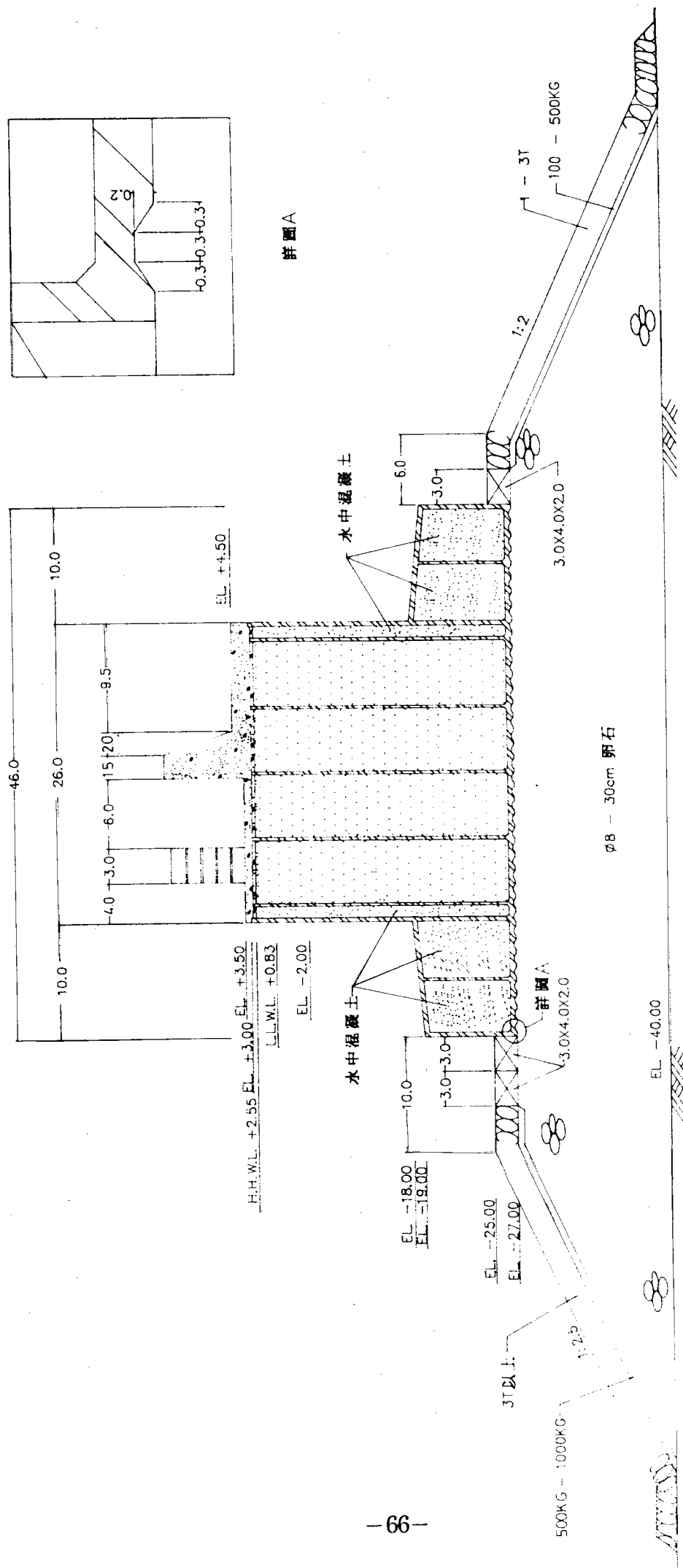


圖 19 設計方案三沉箱斷面圖

，但爲節省拋石工程費計，將沉箱底之高程降至負 27.00m，沉箱高度 30.00m，因大型沉箱吃水較深，恐製作時港內水深無法供其浮游，故放大沉箱低部，不但減少吃水且可減輕其礎承載壓力並增加沉箱之穩定度，其上部潮位變化段，仍設置消波胸牆，以消除波壓，斷面設計如圖 20。

4. 斷面試驗

以上三種斷面設計方案，建議於細部設計工作進行時，先行作斷面試驗以了解波壓、越波量、穩定度等情形，加以比較後尋求最佳斷面設計。

參、營建技術可行性分析

一、施工可行性分析

根據堤址測量結果，東防波堤延伸 800公尺，堤線上約 70公尺長度之海床水深超過負 40米，最深處可達負 45米，但該段海床為一凹坑，並非深溝，可藉抽沙填充或直接以拋石填充，以斷面設計方案一而言，沉箱基礎面高程為負 23米，石料海拋可在波高小於 1.5米之海況下進行作業，拋放至沉箱設計吃水深度時，再由潛水人員下海進行整平作業，施工上不致產生困難，此外 OK+340段外側 140公尺處之深溝，對本堤可能產生之影響分析如下：本社將拋石堤涵蓋之平面範圍及剖面佈置情形繪於圖 20，並沿堤線海床變化較大之 OK+150、OK+200、OK+250、OK+280、OK+315、OK+340、OK+375、OK+510、OK+620、OK+800沉箱拋石堤斷面及實際堤址海床地形，按比例繪成斷面圖、圖 21～27為海床變化大或較深之斷面，堤尾縱斷面繪成圖 28，本堤拋石部海側坡度設計為 1:2.5，陸側坡度設計為 1:2，其安息角分別為 21.8° 及 26.6° ，小於 45° 理論上可安定，近深溝段拋石堤趾如圖 22及圖 23，海床均有走高之趨勢，堤趾拋石也可安定。且施工時可預先於該段堤拋放 100～500kg 之石料，再進行堤身之海拋作業，更可確保堤趾之安定，這種方式施工技術上並無困難。此外，沉箱安放後，堤身受壓是否會因滑動而崩塌問題，本規劃也對波力及地震力造成之直線滑動現象進行檢核計算，結果安全係數均在 1.2以上，足見堤身安定性相當高。斷面設計方案三之沉箱斷面，主要的問題在施工時水中混凝土的灌注，在技術上可於製作初期於中空浮空隔牆上以預埋灌漿及排壓 PVC管方式克服，各斷面沉箱拖航時之穩定、所需壓艙及各高度之吃水深也已核算，各沉箱完成後最大吃水均不超過 14.5米，可於花蓮港現況下施工。

二、石料來源分析

東防波堤延伸 C方案所需用之石料，其數量及重量均不大於四期擴建工程所用石料，故其採運方式可延用之，尤其東、西防波堤最後

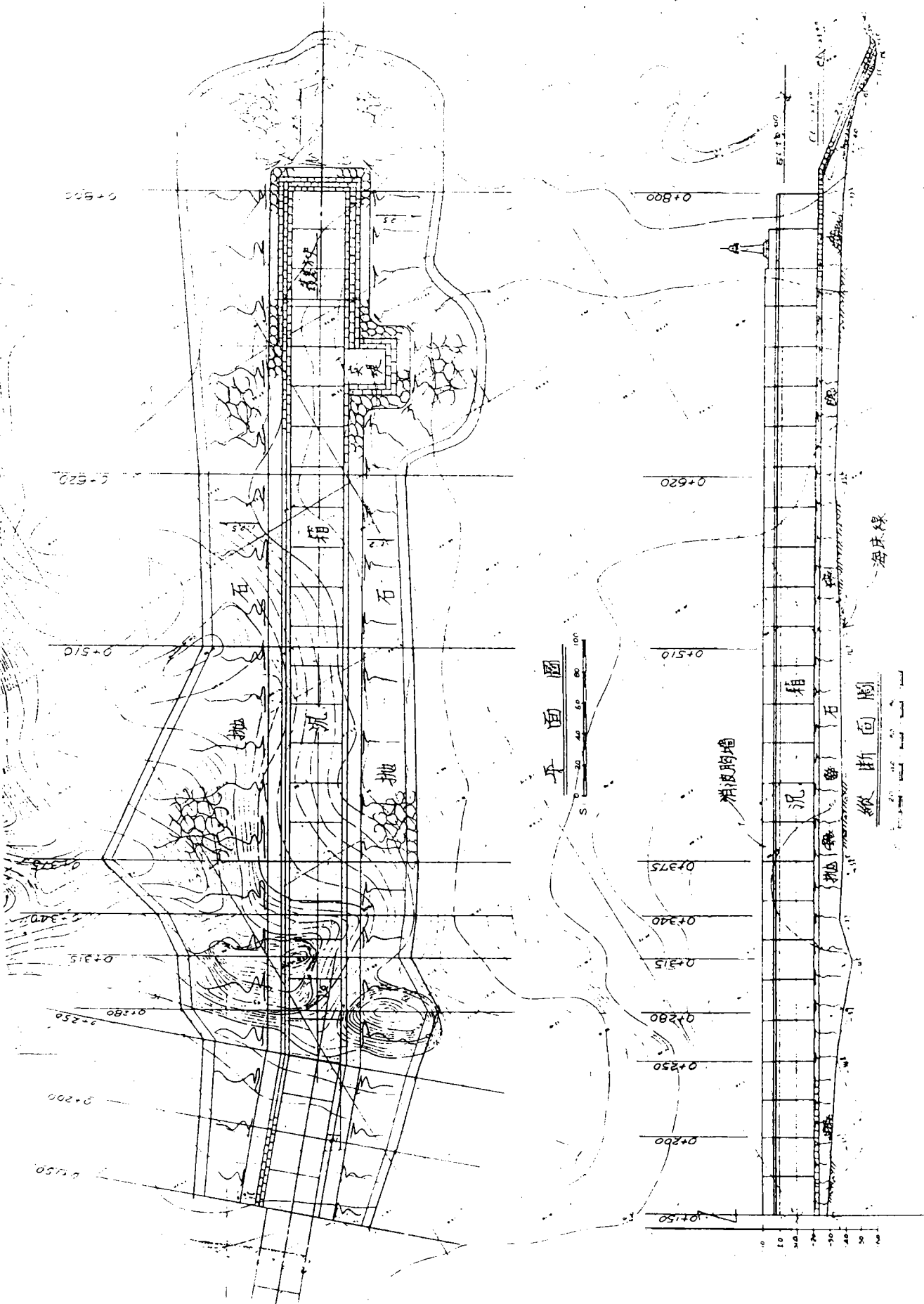


圖 20 沉箱拋石堤平面及剖面佈置圖

壹、緣起

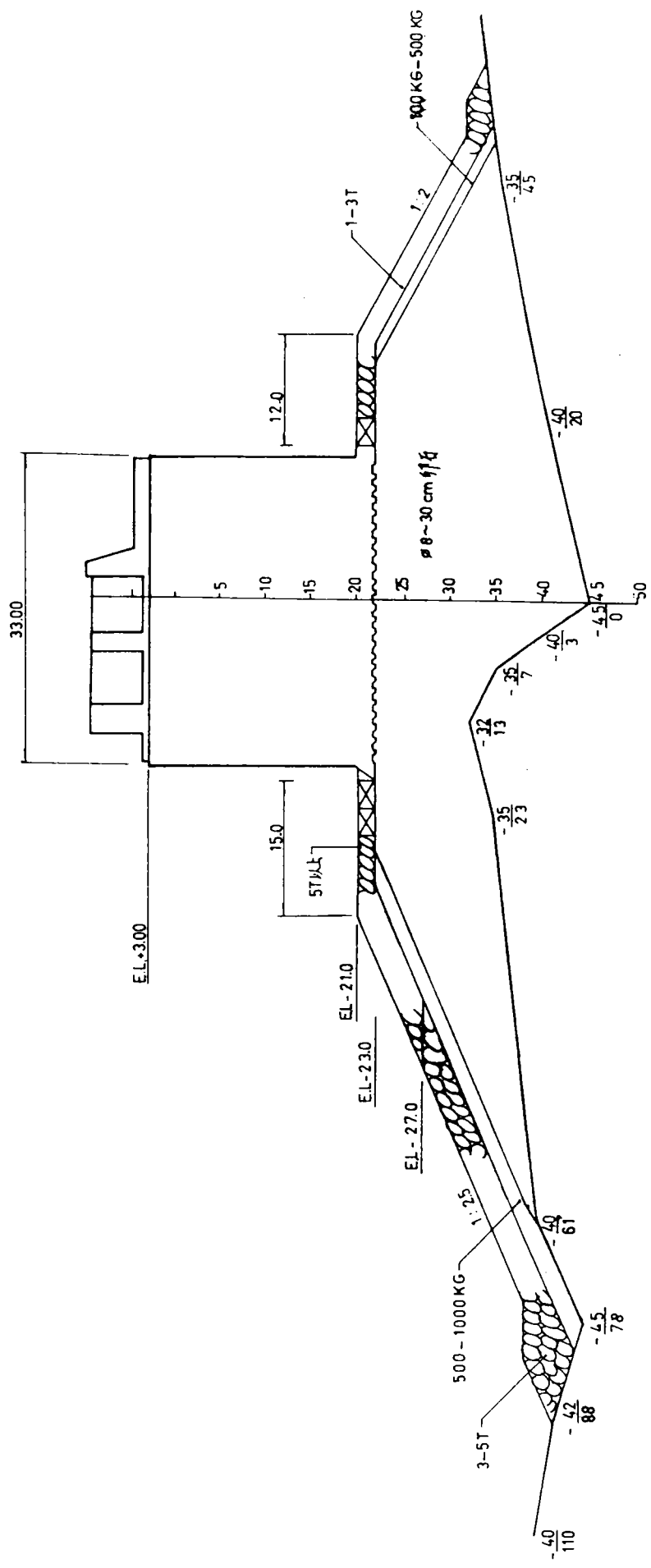
民國 73 年間，由於經濟成長快速，貨櫃運量刻增，基隆港雖不斷擴建船席，仍不敷需求，但為因應基隆港貨櫃裝卸量之急速增長（64 年至 73 年，10 年內成長達 5 倍之多）及解決港區水域狹小，大型船舶操航困難問題，基隆港務局乃鑑於未來之運量發展及船舶大型化趨勢，深感現港域難以因應未來需求，為未雨綢繆計，遂有於北部海岸籌建新港之議。

貳、計畫沿革

本計畫於民國 73 年 3 月經基隆港務局廣徵遴選後委交中華顧問工程司負責辦理，主要工作為「基隆新港及淡水港調查規劃」，其中調查工作項目涵括：波浪觀測、雷達波向觀測、海流觀測、陸上及海上地質調查；實驗工作則包括：不規則波水工模型遮蔽試驗、斷面試驗、沈箱浮流及拖航試驗、操船模擬試驗等。全部規劃作業迄 75 年 6 月完成。此後，基隆港務局並於 76、77 年度繼續辦理新港環境影響評估作業，經廣徵遴選後亦仍委由中華顧問工程司負責辦理，全部評估工作計分二期，迄 78 年 2 月初始完成全部評估報告。

然本計畫自從完成後，雖然 78 年間經由港務局陳送省交通處，並轉呈交通部審核，但由於各主管單位間陳轉審核耗時甚久，亦迄無定論，至 79 年 4 月始由交通部邀集各相關單位及專家學者共同研商，經與會人士熱烈討論後，會議結論奉主席張部長裁示：

- 一、台灣北部地區確需增建貨櫃碼頭，以紓解基隆港能量之不足。
- 二、基隆新港之規劃與深水港籌建規劃案應分別研究。
- 三、原規劃研究報告係完成於 75 年間，距今已四年餘，引用數據多有不甚妥善之處，仍應再洽中華顧問工程司參酌有關意見，補充最新資料，確實探究原規劃案之可行性，工程困難是否確實可予克服？鉅額投資之實質效益如何？



K+315

圖 22 0K+315段堤址海床橫斷面圖

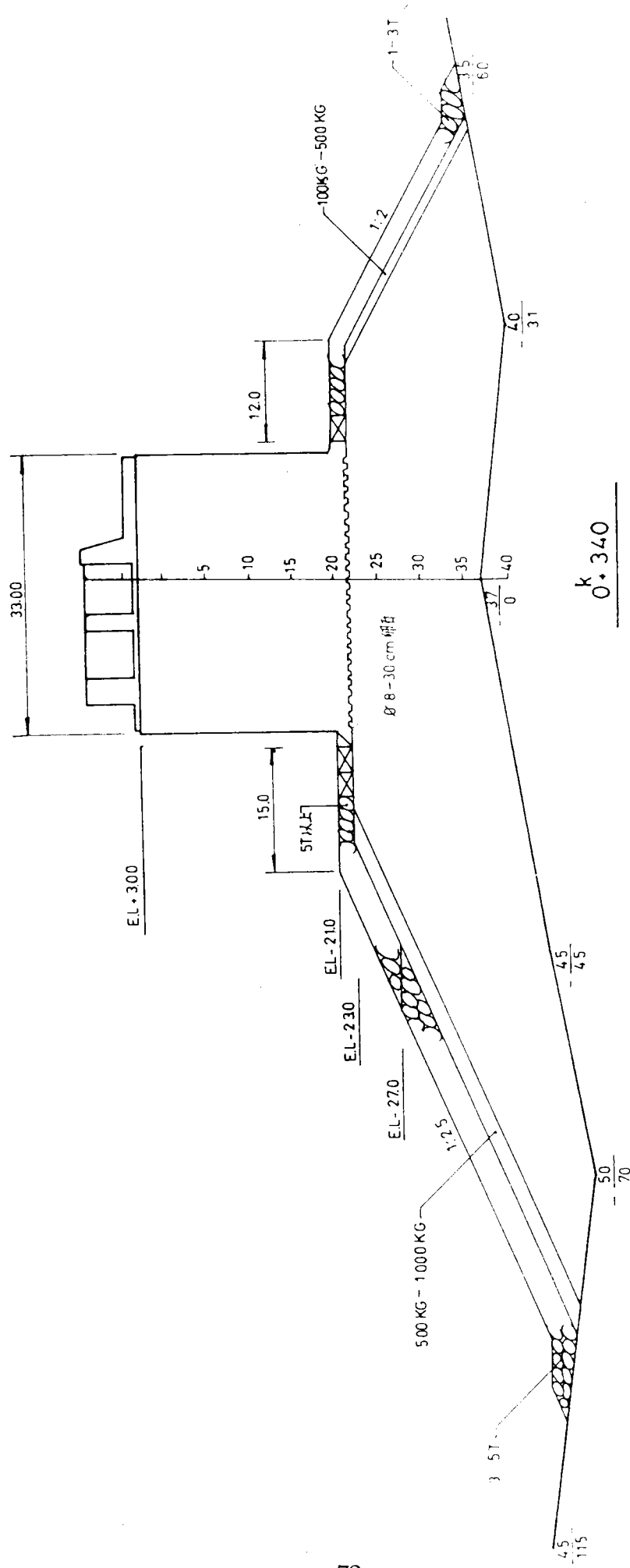


圖 23 0K+340段堤址海床橫斷面圖

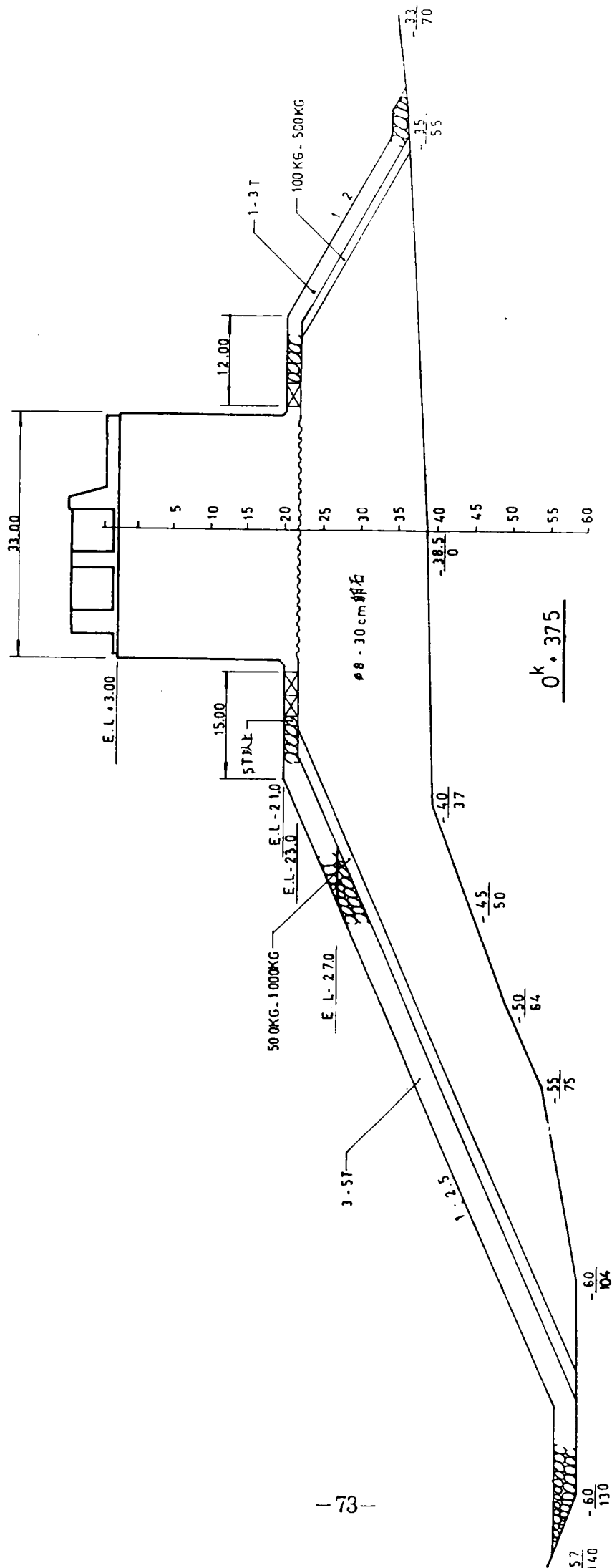
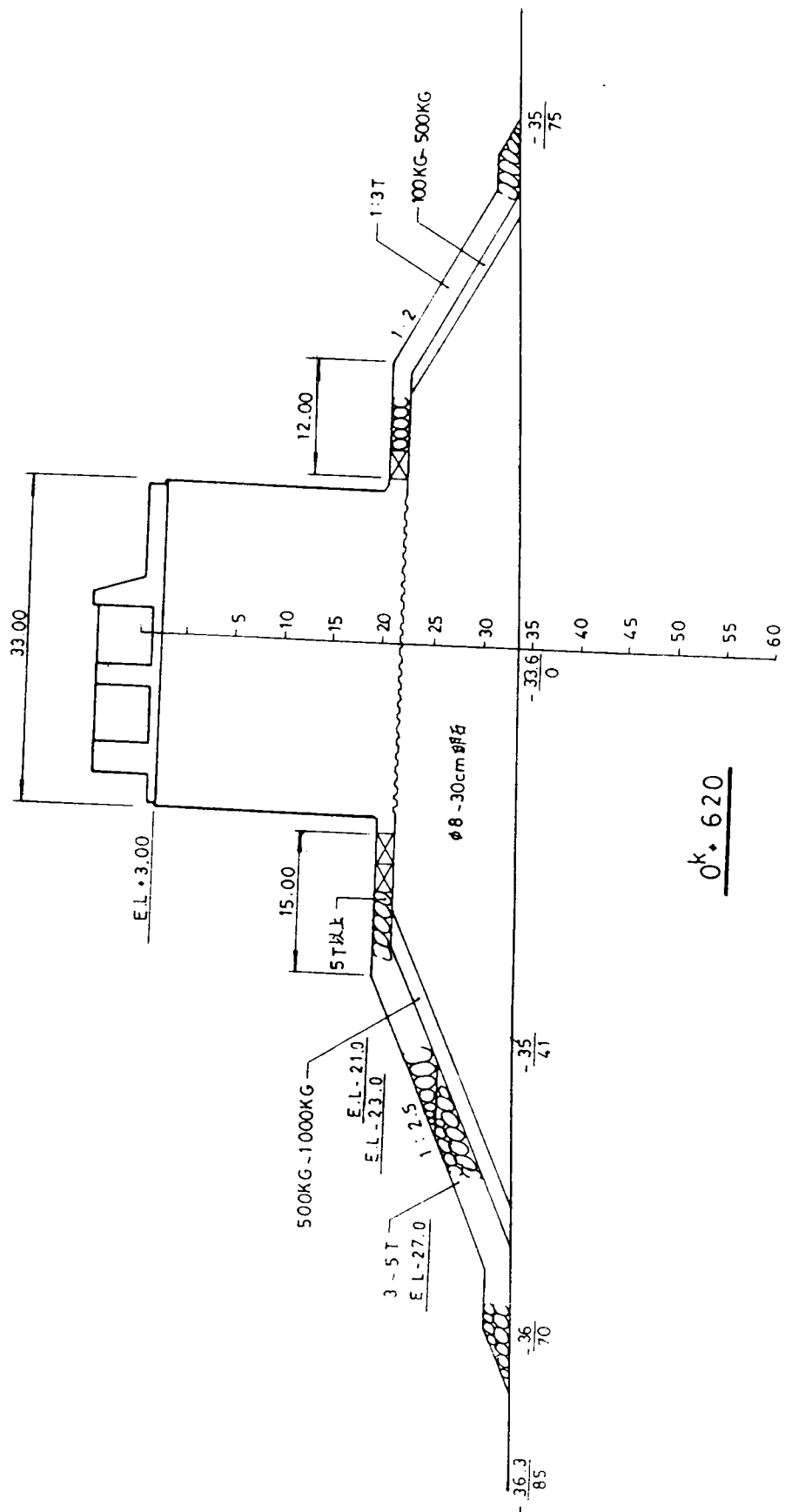


圖 24 0K+375段堤址海床橫斷面圖



0^k. 620

圖 26 0K+620段堤址海床橫斷面圖

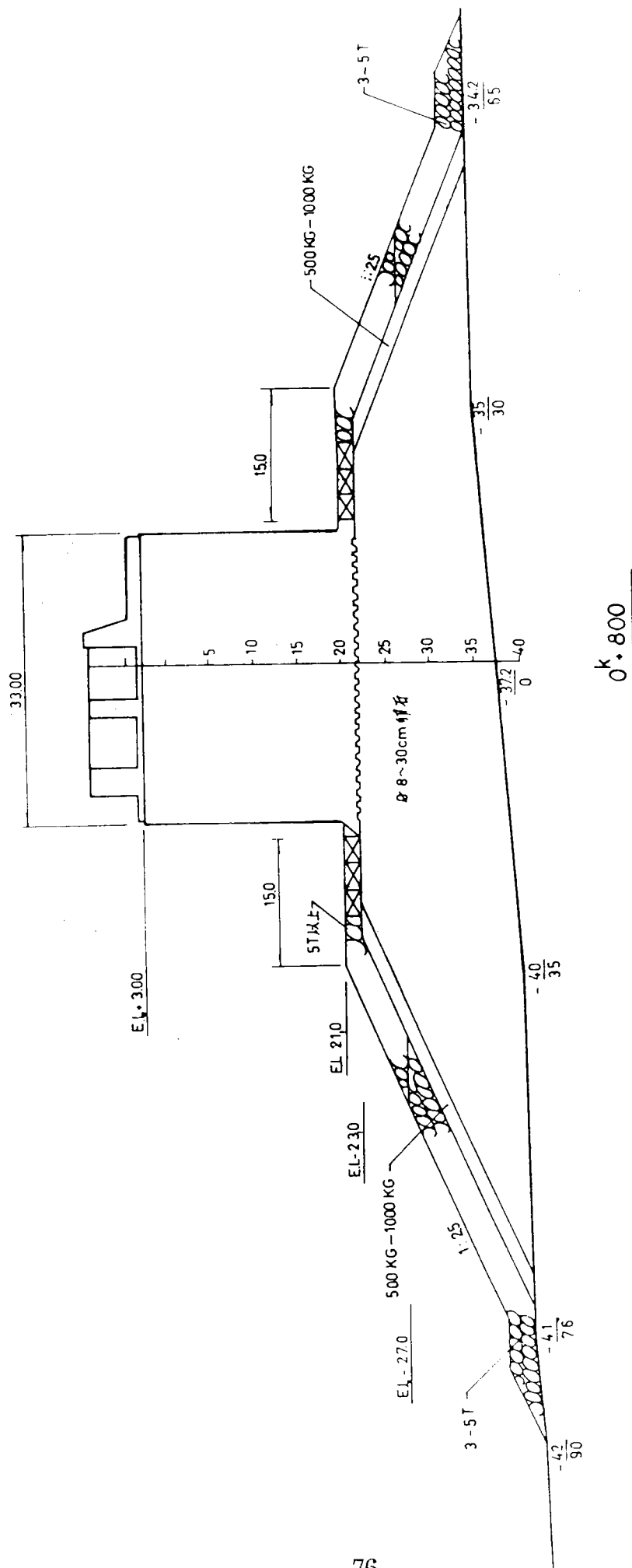


圖 27 0K+800段堤址海床橫斷面圖

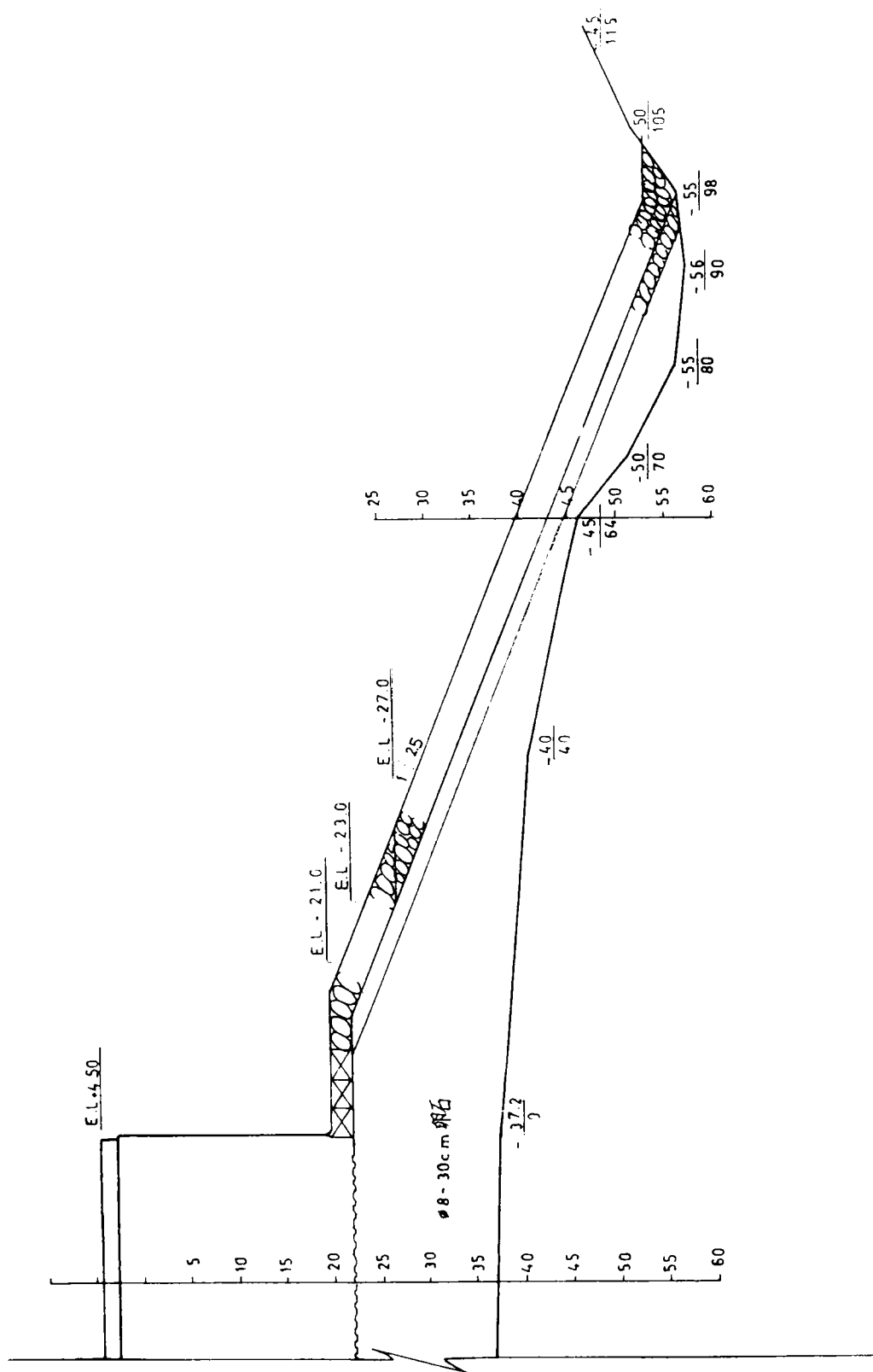


圖 28 堤尾海床緩斷面圖

一年度工程，所執行的石料採運方式為多年施工經驗累積演變而來，更具參考價值。

東防波堤延伸與四期擴建外廓堤防工程相同，所用石料以 ϕ 8 cm ~ 30 cm之堤心卵石為最大宗，約佔總數量之七成。此種石料為花蓮地區各砂石廠之副產品，目前含運費之零售價為 140元 / m^3 ，採購數量大則價格可再降。四期擴建末期承商以挖溝機換裝格網挖斗，再配合簡易飾架，直接在河床篩選裝車運送，其含 20% 耗損的每 m^3 單價曾降至百元以下。而四期擴建東防波堤 74 年度工程中，曾有兩個月內進料 20 萬 m^3 的紀錄，是以東防波堤延建所需之堤心石來源充沛，價格也不會太高。

四期擴建外廓堤防所用之塊石，其主要來源為花蓮市附近河川之中、上游，但亦有相當數量是向礦區及石材加工廠收購廢料，或廉價購自附近河川整治及道路修建工程，東防波 74 年度工程 5T 以上塊石曾有連續兩個月各進場一萬三千 m^3 之紀錄，該工程 5T 以上塊石採拋之單價為 665元 / m^3 （含 15% 耗損），而西防波堤 75 年度工程該項單價則降至 400 元以下。由於東防波堤延建所需塊石涵蓋 0.1T ~ 5T 以上，且以 5T 以上數量較多，故採運時應選擇 5T 以上塊石含量多之河段，直接以挖溝機分級裝車，以降低成本。另配合收購以分散料源，維持供應穩定，基本上塊石在花蓮港附近並不缺乏，只是工程單價的問題。本規劃乃採四期擴建東防波堤 74 年工程 5T 以上塊石採拋單價之 1.2 倍，定出相關價格，再以取得的難易度向下調降訂出各級塊石之採拋單價。相信若無太大的物價上場，本工程的塊石將能順利取得。

肆、效益分析

效益分析可分為經濟效益分析與社會效益分析兩種，而其中經濟效益分析又可分為直接效益分析與間接效益分析。一般性之經濟效益分析則係依據投資成本與其產生之效益經判斷比較後，作為該項投資計畫可行性之導向。而政策性公共投資計畫之經濟效益分析評估，則著重於國家整體性經濟資源之有效利用或區域性導向型之開發及其對國家社會整體性之影響。由於本計畫主要工程為外廓防波堤設施之延長，其不像碼頭工程之興建一樣能將產生之效益予以量化，故本計畫之效益分析將著重於外廓設施延長後，其對港灣改善情況之分析及本計畫之實施對社會經濟之影響予以描述與分析。

一、港內水域靜穩之改善

本計畫之主體工程為外廓防波堤設施之延長，在四種平面佈置之研擬方案中，對港內水域靜穩都有不同程度之改善效果，而其中以 C 方案為最佳之平面佈置方案。

堤線延伸 C 方案配置，經波浪繞射數值計算結果顯示，無論在 SE 向或 SSE 向之颱風波浪侵襲下，港內波高都可保持在 1M 以下，達到港池靜穩之需求，此外針對港池共振問題之抑制，在經常性波高如週期為 10 秒之波浪作用下，C 配置方案之外港區波高比值將比現況之外港區波高比值要減少 20~50%，約在 0.15~0.20 之間，故 C 方案之堤線佈置方案將可獲致最佳之改善效果。故本計畫研議之東防波堤延長 800 公尺實施後，將可確保港內水域達到需求之靜穩程度。

二、操船安全需求之改善

本港原先規劃以五萬噸船舶為最大進港船舶，但二十五號碼頭興建完成後，將可容許十萬噸級船舶進港，致在現有港池設施下，將無法提出有效之航道長度供十萬噸級船舶進出港。而本計畫研議之堤線延長佈置 C 方案經海洋大學真時操船模擬試驗分析結果，在航道長度、迴船池與船舶穩向性分析上皆可獲得安全進出港之需求，故本計畫

之實施將可確保船舶進出港安全之需求。

伍、總結

- 一、由折射數值計算結果估，東防波堤採 A 方案與 C 方案延長，並以貴局指定之六種波浪條件（SE、SSE 各三種）入射時，均能使進入港內之波浪較少。
- 二、由繞射數值計算結果估，SE 向三種波浪條件入射時，東防波堤以 C 方案延長，較以 B、A、D 方案延長有較佳之遮蔽效果，當 SSE 向波浪入射時，除第二種 ($H=9m$, $T=12.3sec$) 波浪條件入射時，B 方案優於 C 方案外，其餘兩種波浪條件入射均以 C 方案有較佳之遮蔽效果。
- 三、綜而觀之，東防波堤採 C 方案延長後，折射或繞射進入港內之波能顯著減少，且效果較 B、A、D 方案顯著。
- 四、東防波堤採 C 方案延長後，對港池水域水振方面即使內港不另做任何改善，除了小型船渠北角有較大之負面影響，和 NO12 碼頭及沉箱渠附近有少許負面作用外，港區大部份水域均有正面功效，如在小型船渠北角加拋消波塊形成消波灘，可抑制此負面效用，若再於舊東堤港側設置小突堤，開挖消波凹槽及拆除小型船渠南堤，並改建渠內碼頭為消波式，當可使共振情況大為改善。
- 五、依操船模擬實驗結果，東防波堤以 C 方案延伸後，對船舶進出港之操船，應有助於提高其安全性，尤以本案 100,000 DWT 散裝船於通過東防波堤高壩後，由於東防波堤之遮蔽作用能以較低速（3～4 節左右）接近外港口，故將更有助於確保船舶於迴船池內順利停船。
- 六、東防波堤延長後能使港內之淤沙量減少，但港口外航道的淤沙量可能會增加，但因港口外航道水深多超過負 20M，短期內將不影響船隻的進出。

- 七、東防波堤的延長對北濱海岸提供較直接的保障，南濱海岸可獲得部份遮蔽，東昌海岸距離較遠，得到的助益不明顯，甚至有可能因東堤的延伸及防沙導流堤的構築而加速該海岸的侵蝕，唯北濱海岸人口稠密，南濱海岸為公園區，東昌海岸則人煙稀少，縱使東堤延長可能加速東昌海岸的侵蝕，對保護海岸而言，仍是利多於弊。
- 八、東防波堤延長後，美崙溪口附近海域因受遮蔽波高大幅降低，可使因地形集中波浪所造成的海水面提升之情形，以及颱風湧浪在溪口堆積沙洲的能力減輕，對美崙溪排水在正面的效果。
- 九、河川輸沙及漂流木的防治，根本之道仍在於水土保持，東防波堤延長後港口波高大幅降低，使防止漂流木入港之措施易於執行。

陸、建議

- 一、根據本案研究，東防波堤延長 800 公尺，不論從遮蔽效果、操船難易、共振消滅、營建技術、施工安全、社會效益等方面考量均屬可行，並有正面效果，且應積極進行此工程之後續工作（設計、施工）。其工程費用以 C 方案之種斷面而言，均在 17 ~ 18 億之間。
- 二、西防波堤海側可浚深一水域，以攔截向港口推移的淤沙，所挖出之土方可用於東防波堤延長工程之沉箱填充。花港局更可視需要加大浚挖水域（工程費約 8,500 萬元），使之成為一良好之錨泊區。
- 三、吉安溪出海口之防沙導流堤可於東防波堤延長後施工，以便利利用西防波堤海側現有之 20T 雙 T 塊，並更利於海上吊放作業之進行，其工程費估計約 11,000 萬元。東昌海岸之離岸潛堤則可視海岸變化情形分年構築之，其實用約 2 億元。
- 四、有關港口外漂沙的情形及防沙導流堤、離岸潛堤的佈置、建議

在細部設計時進行水工模型試驗，以獲得更進一步的瞭解並確定各項措施之功效。

五、花蓮港的共振問題在東防波堤以 C 方案延長，並加上本報告所建議之改善措施，應有相當的改善，日後若有重大工程（如舊東堤之改建、小型船渠擴建或增闢小型船隻專用進出口等）當將共振問題納入探討，以期更進一步的改善。

目 錄

一、前言	85
二、沉箱護基原設計斷面及拋石量	85
三、歷年來沉箱堤護基之維護	86
四、問題之探討	88
(一)護基斷面變化情況	88
1. 堤頭段	
2. 10 m 水深段	
3. 5 m 水深段	
(二)護基消波塊(異形塊)計算公式	90
(三)護基刷深與斷面變化之探討	93
(四)護基對策	95
五、重型(50 T)消波塊護基斷面之可行性	97
六、結論	97

一、前言：

二港口自65年6月完工迄今已歷15年以上，南北防波堤每年均施做維護工程，堤身兩側（尤以兩堤頭）拋放各類消波塊及異形塊，已累積相當數量，十餘年來僅遭受颱風邊緣侵襲（迄未受強烈颱風正面衝擊），每年均編列維護預算補拋，至今經由測量沉箱堤頂高程資料並無顯著變化，可知防波堤堤身尚稱穩定良好，然二港口防波堤維護多年，每屆颱風季過後，兩堤頭均消失許多塊石，究是流失外圍區或沉陷海床下？如二港口防波堤遭逢強烈颱風正面衝擊時，堤頭護基變化如何？這些均需加以考慮，故本局緣此召開二港口防波堤維護工程研討會，有關工程同仁均參加研討，由總工程司主持。

二、沉箱堤護基原設計斷面及拋石量：

高雄港第二港口防波堤使用圓形沉箱為防波堤堤身主體，邊孔有底板，底板下四週外牆附有切牆，直接安放海底沙層上，藉其自重、填砂重與切牆作用，可防止沉箱滑動，沉箱邊按照設計數量拋石填充護基，可防止冲刷、掏空。（詳後附二港口防波堤位置圖及拋石護基斷面圖，如圖一、圖二）。

沉箱之護基拋石為配合工程進度，自58年起至65年6月底分期施工，共拋放70餘萬公噸，約45萬立方公尺，（

詳後附二港口防波堤拋石數量統計表，如表一之一、之二）。

(一) 拋石規格石料等級計分：

A 級：2.5 公噸以上。

B 級：250kg ~ 2.5 公噸。

C 級：150kg ~ 250kg。

D 級：20kg ~ 150kg。（58、59 年度使用，以後併入 C 級）

(二) 拋石量：

17 m 直徑沉箱每座：

B 級：1000 公噸

C 級：750 公噸

24 m 直徑沉箱每座：

A 級：1220 公噸

B 級：2400 公噸

C 級：1200 公噸

三、歷年來沉箱堤護基之維護：

(一) 二港口自完工通航後，每年均於颱風季過後做堤基維護工作，預算費用約壹仟萬元左右，甚感不足，僅能做重點部位維護，首重南北兩堤頭維護，至於堤身段每視堤頭拋放餘剩塊石量，而做適當部位補充拋放於堤身段。

(二) 每年防波堤維護設計工作，僅依據下列兩項資料而編列預算（即製做吊放消波塊數量）。

1. 沉箱週圍水深測量圖：

- (1) 本項測量工作，每年均由本局測量隊負責辦理，因受限於①天候②海象③設備④安全等諸多配合條件，才能執行是項沉箱週圍水深測量（包括沉箱頂及測量船兩組人員，共約至少 6 人）。
- (2) 測、繪圖採 1/1000 比例，測繪點採縱橫相距 10 m 為一測點，即平行或垂直於防波堤軸，堤頭半圓區採輻射狀測點，如此佈置較符合沿岸海流線，測量範圍離沉箱邊均達 120 m（已有 12 測點）。
- (3) 因離沉箱邊 20 m 範圍內海域，其海面下之各型塊石吊放堆置高低不等，變化極大，在海面上根本無法察覺，加上潮水變化與湧浪影響，在近沉箱邊 20 m 範圍區海面絕非靜止，且落差均 1 m 內重複變化，故測量小船實無法航行施測，至多以鉛錘施測，精度差、誤差亦大，至於 20 m 範圍外，則均以測量船測出，精度數據絕對可靠。

2. 沉箱堤頂目測勘查紀錄：

- (1) 每年負責防波堤維護工作者，在設計前均應親至南、北兩防波堤頂，沿堤面通道逐個勘查堤之兩側消波塊變化情況，詳做紀錄，尤其兩堤頭四週是勘查之重點。
- (2) 是項勘查雖是以設計者眼睛觀察而得，但亦是相當重要資料，因測量船難執行施測之範圍區水深護基資料

變化欠缺，此時勘查者之經驗及研判愈為重要。

(三) 二港口以往維護情況如下：

1. 每年維護費不寬裕（僅壹仟萬元左右），無法做全面整體維護計劃，只能就維護費內做重點維護而已，且近幾年均無餘額製做儲備消波塊。
2. 設計前現況資料很難取得，尤其沉箱邊（20 m 內）吊放區消波塊之水中坡度斷面真實變化情況均不瞭解。
3. 歷年設計僅靠堤面目視勘查水面上之消波塊現況及水深測量圖。
4. 施工時由施工單位按現場實際變化需要再做調整吊放位置。
5. 詳附第二港口南堤 S 16 ~ S 85 號沉箱周圍水深圖。
如測圖一 80 年 4 月施測
6. 詳附第二港口北堤 N 5 ~ N 51 號沉箱周圍水深圖。
如測圖二 80 年 5 月施測
7. 詳附第二港口南北堤邊沉箱周圍水深圖。
如測圖三 80 年 6 ~ 7 月施測
8. 詳附第二港口南北堤近五年維護堤石及金額統計表。
如表二

四、問題之探討：

(一) 護基斷面變化：

1. 堤頭段：

堤頭是防波堤最重要部位，需承受全週方向風浪衝擊與海底潮流冲刷，根據本局測量隊80年6～7月所測第二港口南北堤邊沉箱週圍水深圖（如測圖三）資料，兩堤水深變化如下：

(1) 南堤頭：

- ① 離沉箱邊20 m處之水深變化是自西北角（即港口內航道南側）約12 m水深向西南角（即港口外南側）逐漸變淺至約10 m水深。
- ② 離沉箱邊20 m外～100 m遠之水深變化是自西北角（即港口內航道南側）約16.5 m水深向西南角（即港口外南側）逐漸變淺至約10.7 m水深。
- ③ 離沉箱邊20 m外～100 m遠之海床，每個方位觀查均很平坦，起伏變化不大，該區域整個海床坡度變化是自航道16.5 m水深（二港口航道水深需維持16 m），向南緩升至約11 m水深，由歷年水深測量圖觀察均無大差異，可知此一海床面是一穩定常態。
- ④ 依測圖三沿堤頭邊加繪等距離網線圖（亦可視為堤頭潮流線），並繪製堤頭五個方位斷面圖（詳附圖三之一、之二）。

(2) 北堤頭：

- ① 離沉箱邊20 m處之水深變化是自西南角（即港口內

航道北側)約 13.4m 水流向西北角(即港口外北側)逐漸變淺至約 11.5m 水深。

② 離沉箱邊 20 m 外~100 m 遠之水深變化是自西南角(即港口內航道北側)約 16.2m 水深向西北角(即港口外北側)逐漸變淺至約 10.9m 水深。

③ 離沉箱邊 20 m 外~100 m 遠之海床,每個方位觀查均很平坦,起伏變化不大,海床坡度變化亦是自航道 16.5m 水深(亦需維持一 16 m 航道)向北緩升至 11 m 水深,由歷年水深測量圖觀察大致相同,可知此一海床面是一穩定常態。

④ 依測圖之沿堤頭邊加繪等距離網線圖(亦可視為堤頭潮流線),並繪製堤頭五個方位斷面圖(詳附圖四之一、之二)。

2. 10 m 水深段

3. 5 m 水深段

因 5 m 與 10 m 水深之等深線交錯相間,不易選定繪製,依水深測量圖觀察作沉箱邊 20 m 處之拋石區帶變化不大,如繪製斷面圖並不具有意義,以往僅靠水深測量圖及堤上勘查,以做堤基維護研判。

(二)護基消波塊(異形塊)計算公式:

1. 計算之海象資料:

(1) 自二港口完工後,整個二港口工程處裁撤,本局因限

於人員編製、缺乏儀器，於 64 年後並無完整的海象觀測紀錄，有關二港口防波堤維護工程所需之海象資料，仍參考二港口工程處所留下之資料，詳附表三之一、之二、之三、之四及表四（紀錄自 55 年～64 年）。

(2) 堤基（尤其兩堤頭）附近相當範圍（100 m 內）水深及 20 m 內消波块水深變化，由測量隊提供測量圖，再加堤頂目視勘查紀錄。

2. 計算之公式依據：

所需消波决之重量係依據“Hudson”公式計算而得，詳附資料一之一、之二、之三。

3. 本局近五年之消波块重量計算公式，即依上兩項資料，詳附表五。

4. 設計與施工之困難：

(1) 防波堤維護工作均在水中，一般工程人員甚少具有潛水技能，在設計前無法詳查水中堤基块石變化情況，如块石坡度、斷面、範圍、破壞…等，均不瞭解，無法具體掌握護基块石堆現況，造成設計上許多盲點，進而設計新舊斷面圖無法明確表示，對於块石數量亦難確實計算。

(2) 因近沉箱邊 20 m 內地帶是消波块吊放區，水面下块石高低不明，測量船基於安全顧慮，根本無法施測，僅能局部錘測；又因近沉箱邊，尤在沉箱與沉箱之空隙

(平均約 30 cm ~ 80 cm) 處流速極大，加之消波块係亂拋法，潛水人員無法站穩控制行動，極易發生水中危險，故自二港口完工迄今，潛水人員限於實際危險困難，根本無法在 20 m 區內勘查，即使完工後亦難做水中查驗。

(3) 防波堤維護工程進入施工時，亦因相同困難與危險，消波块石很難按設計坡度吊放，甚至未達海床設計距離。

(4) 二港口防波堤自完工後幾每年均做維護工程，平均兩堤頭每年各自吊放消波块石約 100 块 ~ 250 块 (15 T 及 20 T 均有)，堤身段較小，僅做零星局部補拋數块而已，以兩堤頭論，每次維護吊放完工後，環堤頭週邊块石均露出水面狀，然過一季颱風則大都消失水面下，在本局第二次 (80. 8. 8.) 研討會前，經由本局打撈隊潛水人員做水中勘查，並無發現有消波块流失冲到原吊放區 (約 25 m) 之外，本局同仁研判消失之块石應是受潮流冲刷海床而造成块石沉陷，然確實消失情況，仍有待進一步研究查證。

(5) 上述四點情況是本局召開二次「第二港口南北防波堤維護工程研討會」主要內容，兩次研討會均由本局總工程司召集主持，第一次 80. 5. 22.，第二次 80. 8. 8.。

(三) 護基刷深與斷面變化之探討：

1. 護基斷面變化：

防波堤港外側橫寬長度與來襲波長之關係，如某時段波長之節點適在其上，則易產生護基之移位、冲刷或破壞，此點因來襲波長須視來襲時段所獲得之觀測資料差異而有不同之變化。

2. 海流改變導致堤頭刷深：

二港口南北堤建成後，堤頭突出岸線達 1 ~ 2 公里，水深達 12 ~ 16 公尺深，流況勢必較建堤前變化差異甚多，流速、流量、流向改往堤頭，對外部工程必然有某種程度之危害，而冲刷堤頭護基情形如何，迄無足資探索之依據，如何進行流況施測，如不同水深或時間段之流速、流向等之施測及堤頭護基斷面變化之關係等均有待探討。

3. 護基石（塊）之下陷移位：

(1) 高雄港二港口防波堤堤址之地質鑽探，其鑽探深度約自海底下 10 公尺至 20 公尺深不等，經取樣試驗分析，表層土質大多為灰色砂質壤土，間含細砂，粉土較軟弱壤土等。

(2) 護基之拋石直拋砂層上，石块上再拋以混凝土護塊保護下層之拋石，無論天然石块或混凝土、異形護塊，其空隙率均在 40 % ~ 60 % 之間，海底或沉箱底砂質遇

較大波浪且延時較長，如數小時者，一波接一波連續襲擊，則海底砂質基礎將承受應力反轉，其孔隙水壓必持續增大，如為非緊密而較鬆散之砂層，孔隙水壓無以渲洩，直至剪力破壞或減低有效之應力，因此不等大小波浪長時間襲擊，護基正負方向之波力反覆承載，常導致護基石塊或混凝土護塊之下陷移位。

4. 護基混凝土護塊之滑落移位：

護基斷面於斜坡面上之波浪易生共振破壞現象，如護坡面露出水面或水面下者，常不多久即滑落，下沉或移位即是，蓋溯上波浪（run-up）升至最高點而退下（run-down）至最低點，恰遇來襲之另一波於此低點破碎，此時最易造成堤斜坡面破壞，因此護塊除底層拋石基礎下陷因素外，仍會因波浪共振現象而滑落、移位。

5. 護基防刷席墊：

二港口圓型沉箱之內圓原設計為無底，內填砂石，雖上部可由封頂混凝土而有效防止淘刷，却易由底部淘空而下陷，由歷年中孔封頂混凝土堤面下陷尚需墊高維修已顯其缺失，此點於二港口開闢工程施工中、後期，業由南防波堤69號沉箱起加鋪墊底塑布加以改善，然而兩側護基，尤其外海側因諸多限制條件及困難因素等當時並未及時如法泡製，而擬以日後加強護基拋填護塊等工作以滋補救，惟迄今仍為問題之所在，每過不多久施測護

基頂高均有若干之刷深。

(四)護基對策：

1. 加大混凝土護基塊重量，減小揚壓力，因護基塊間隙受波浪作用而產生負壓，護塊重自較平時預估之水中重為輕，自易導致護塊移動，此時之揚壓力即較不動之護塊者增大，隨即影響海底砂質表層之穩定，其作用箱底邊緣之揚壓力通常與波力強度並不直接相關，却與護塊之可移動與否影響較大，尤因二港口圓沉箱堤已可視同疑似型之合成堤，波高劇增底部必承受負壓由 $1-1.5 \text{ T/m}^2$ 加大至 $2-3 \text{ T/m}^2$ ，亦即揚壓力幾至倍增，因此護塊重實宜加重，經由“Hudson Formula”計算後之護塊重是否適當，或可採其他公式檢驗，若能依受災實況調查及多次水工試驗結果推算護塊重之經驗計算法，以做必要之修正之。
2. 護基厚度寬度宜審慎考量，為保護堤基，原以為加厚墊高保護塊層厚即可避免堤身受較大波力而破壞，惟常適得其反，常易導致波浪碎波，反增加波壓，且堤寬尚須相對增大，否則安全性亦降低，水深若不足波高之二倍之較淺水深段尤為然，因此護基之頂高及寬度於不同水深段，尚需配合現場實例水深與現有斷面，繪製不同之施工護基斷面圖，再據以實施補強之維護性工作。
3. 沉箱邊拋填天然級配卵石帶：

二港口防波堤沉箱底置有切牆，深度受制於當時施工設施條件，僅及 1.25 ~ 1.5 m 稍嫌不足，為防止刷深，歷年來即以加強護基拋石或護塊因應，惟效果不彰，歷年來潛水人員多次冒險勘查護塊，石塊雖未散失，經估算約有 0.5 ~ 1.0 m 厚（或更多）不等之護基石塊都全沒入原海底表層，致護基斷面常須加拋增厚。護基底層淘刷迄未減緩，歷年所費不貲，二港口護基工作早期即原設計既未加鋪防刷蓆墊，現擬加鋪亦幾無可能，現階段參照往年方式略做必要之修正加強外，似可試選刷深最嚴重，仍未趨穩定軟弱層之水深段，拋填相當寬度及厚度之天然級配小卵石帶，定時或視不定時之特殊風浪過後，驗測刷深及斷面變化情形，觀其後效。

4. 護基維護與模試診斷：

歷年實做維護性工作及配合實務所必需之現場調查勘測等工作均不定期從未間斷，依序仍持續進行，每有不明情況或較難判斷之護基問題，亦均透過局內大小型之研討後之結論加以處理，故護基之維護尚稱良好允當，本局各同仁就維護性之護基工作，雖依對現場之瞭解均持有不同之見解，惟究應實施至如何程度算適切，尤不致浪費公帑，仍各有盲點而莫衷一是，不同水深段，土質狀況、建堤後之流況及不同時間段波浪襲擊資料，適時獲取之困難等，均未充分瞭解及掌握狀況下，原設計極

具優異性之圓形沉箱堤，直接安放海底砂層上抗滑、抗刷等特性無以彰顯。

五、重型（50 T）消波塊護基斷面之可行性：

(一)消波塊固然愈重愈具穩定性，但依二港口防波堤10餘年來維護效果尚稱良好、穩定，並經本局研討會結果因二港口防波堤頭護基塊石並無沖毀流散，似屬沉陷情況，一致認為應加強堤頭海床沖刷與掏空砂層防護措施，又據日本港灣工程文獻論述，堤頭段（約100 m長）護基消波塊應為堤身段2倍重。

(二)重型（50 T）消波塊尚有下列問題難予執行解決：

1. 50 T級消波塊，在施工、搬運、吊放等施工機具（包括陸上、海上）不易覓取，困難甚多。
2. 因現有二港口堤頭口海床航道寬度有限，不容再加大兩堤頭護基範圍，以免影響航道。
3. 海上施工吊船（含前後錨位）必然佔用大範圍，長時間勢必影響船舶正常安全航行，屆時有可能因施工而需封港，則滋事體大。

六、結論：

(一)關於二港口南北防波堤維護工程，經本局二次研討會，並經總工程司做成下列結論：

1. 由測量數據及水中勘查資料，可知在 30 m 外並無大量流失消波塊，再根據打撈隊施工程司說明，可證明是沉陷及傾斜情形。
2. 為防止淘刷沉陷問題，沉床要研究考慮採用，施工方式，如大小、鋪設、定位…等均要再詳予研究。
3. 消波塊原則上需要再予加大重量，斷面亦應加大。
4. 根據文獻資料，堤頭護基消波塊重是堤身之 2 倍，而堤頭範圍包括堤頭後 100 m 長度（以二港口之例，堤頭四個沉箱均屬之）。
5. 南、北堤頭可考慮不同斷面，內港側消波塊重量亦可採用較輕重量。
6. 海上船機吊放施工時，應顧及堤頭航道船舶進出港安全，施工期限亦應予控制。

二) 本局依據上述結論各點原則，擬定「81 年度第二港口防波堤維護工程」，詳附如表六，簡述主要施工項目、步驟如下：

1. 先將擬護基之範圍以方塊定位並用導繩圍繫，以利吊放。
2. 沿導繩範圍內整齊吊放石籠（ $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 2\text{ m}$ ）做底層，每石籠底均附有 $1.6\text{ m} \times 2.6\text{ m}$ 不織布濾層（做沉床用），每邊均有多出 0.5 m 重疊，石籠屬柔性造物貼地較密，能順海床鋪設。

註：(1) 原計劃鋪設整張 $10\text{ m} \times 5\text{ m}$ 不織布濾層做沉床，因

據海底勘查說明，在原吊放塊石區邊緣參差不齊，在 20 m ~ 30 m 地帶仍有零星塊石散布，無法大張鋪設，故改以小張附於石籠底重疊式鋪設。

(2)另原計劃在導繩範圍內直接用船拋放 50kg ~150kg 之卵石（或硅砧石）層約 1 m 厚，因下列問題難予掌握控制，故改用石籠吊放，石籠內裝填 20 cm ϕ ~ 30 cm ϕ 卵石。

① 現場附近內無地磅設置，收方計量成問題。

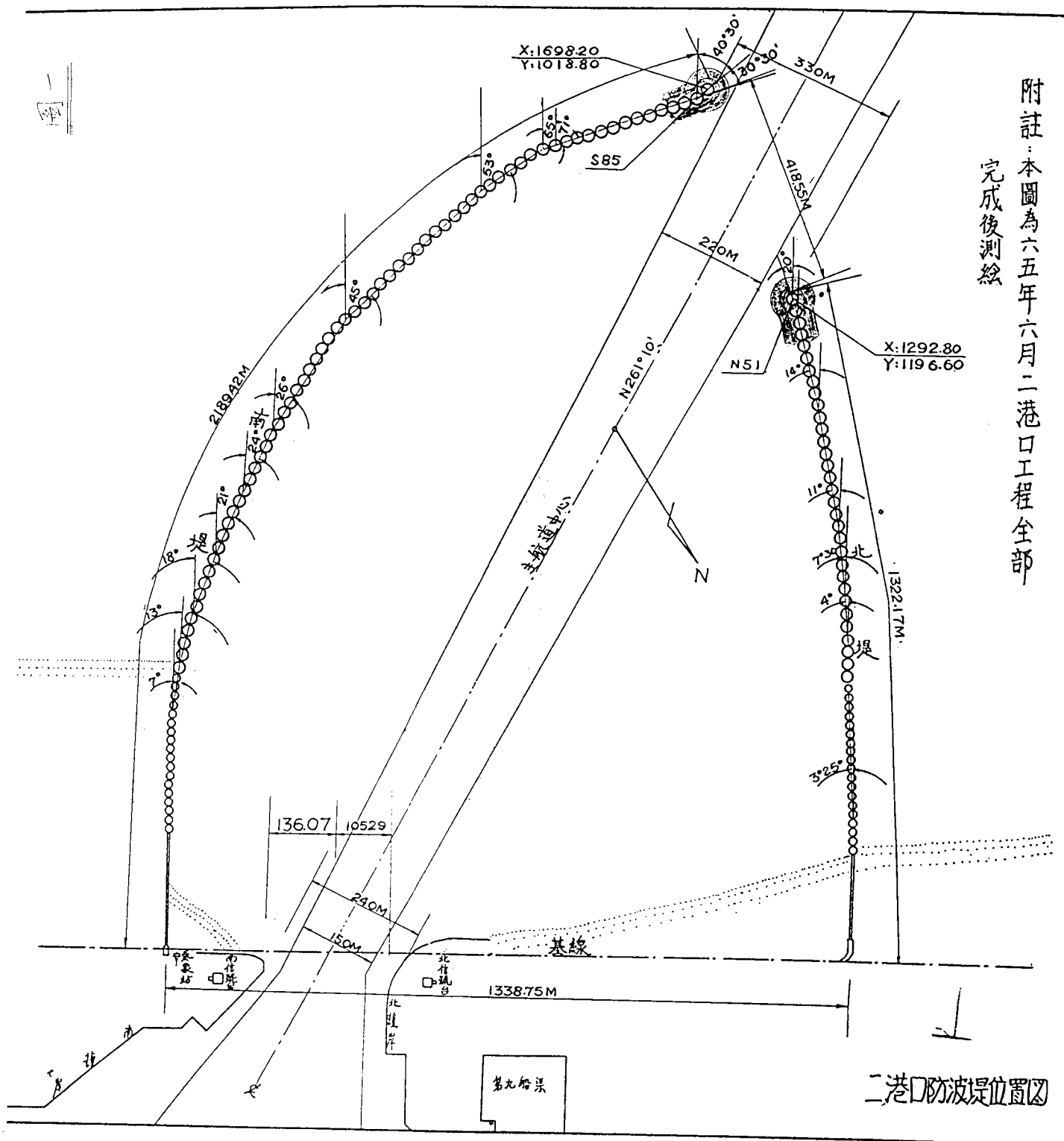
② 海上船拋易受海流流失範圍外，損失率高。

③ 拋放面無法控制相當平度，影響消波塊吊放。

3. 在石籠上全部吊放 30 T 重之消波塊，坡度大約是 1 : 1.5 左右，港內稍陡，港外稍緩。

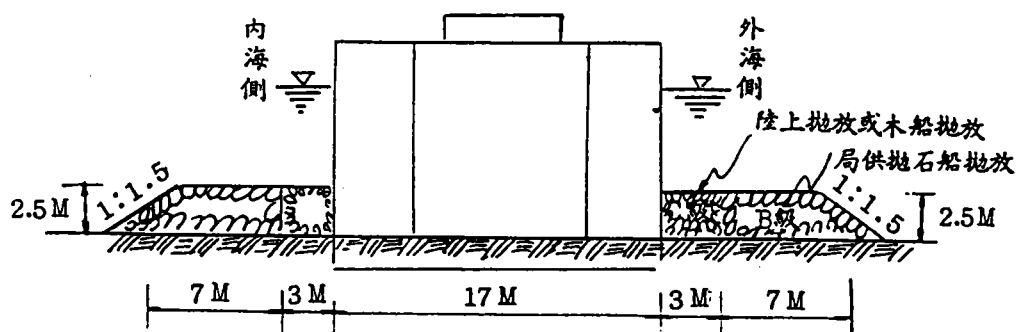
註：依本局原研討結論，堤頭護基消坡塊重量是堤身之 2 倍，但因有上述五、(二)諸點考慮，及本局以往維護情況，故擬採用 30 T 重消波塊做為本年度二港口防波堤兩堤頭之堤基維護。

附註：本圖為六五年六月二港口工程全部
完成後測繪

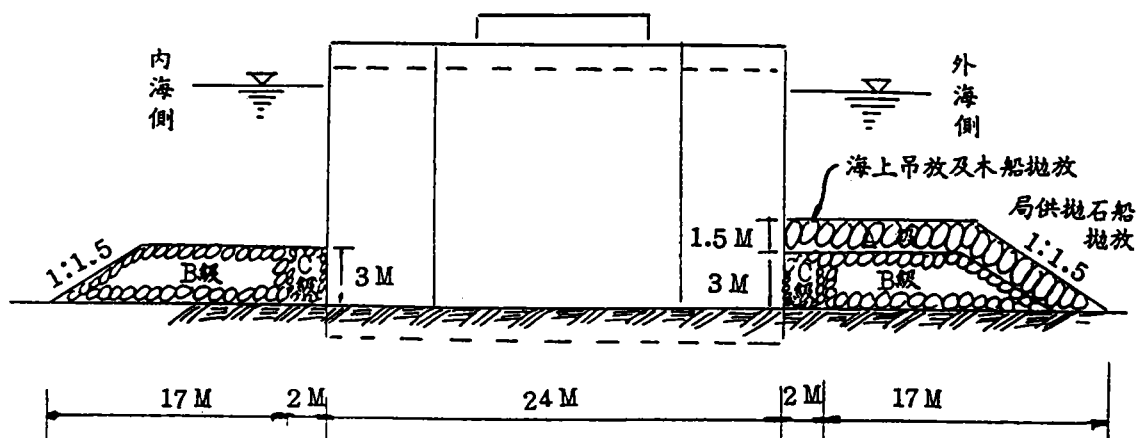


二港口防波堤位置圖

圖 二

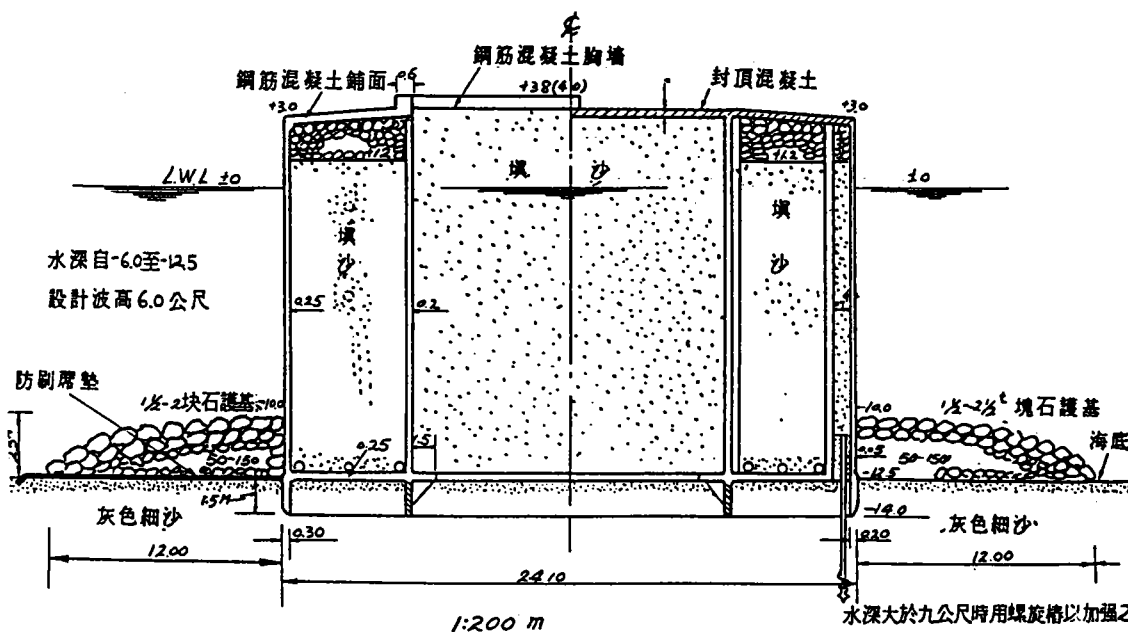


17 M 徑沉箱拋石護基斷面圖



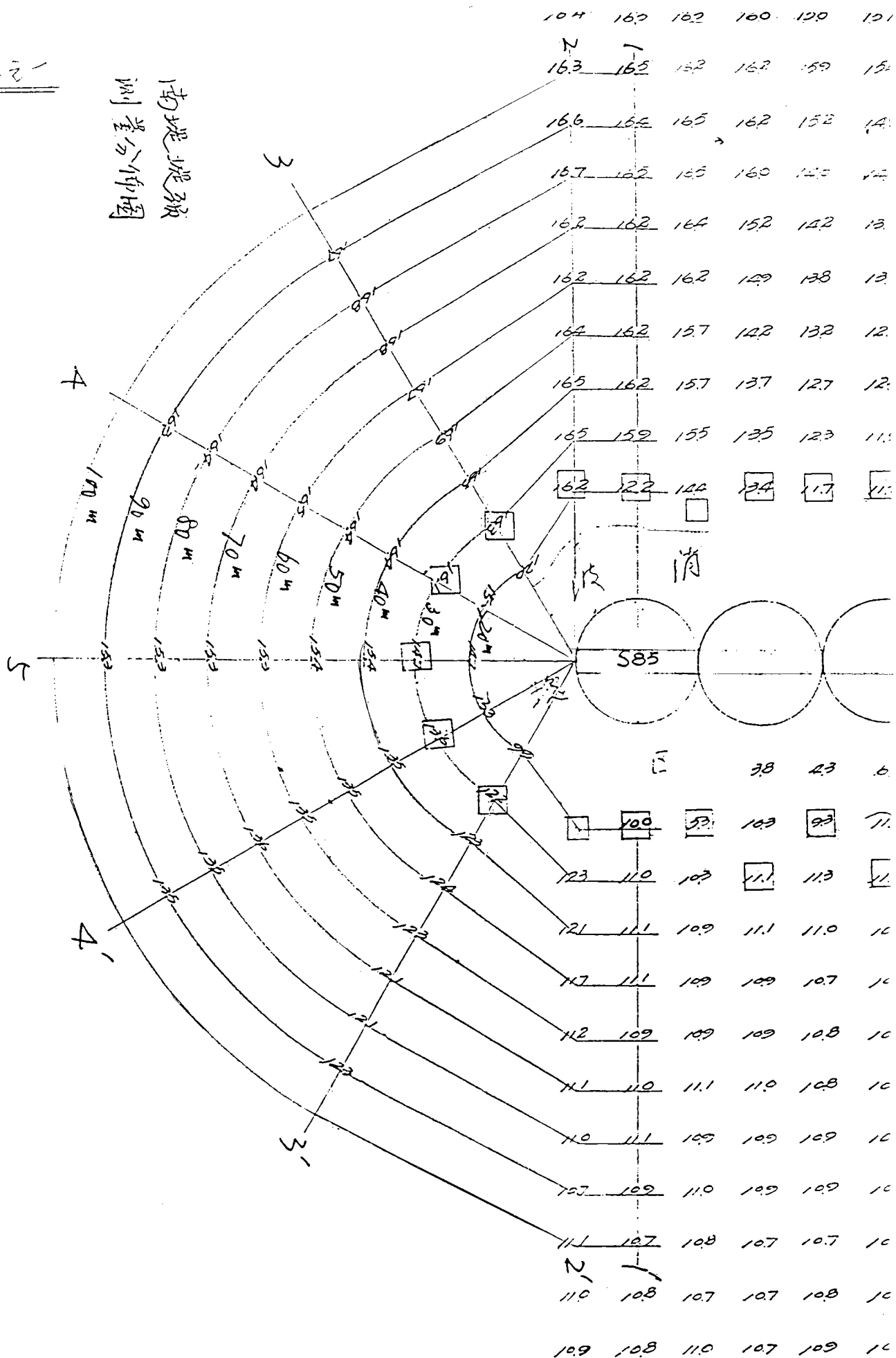
24 M 徑沉箱拋石護基斷面圖

圖 3. — 6 — 1

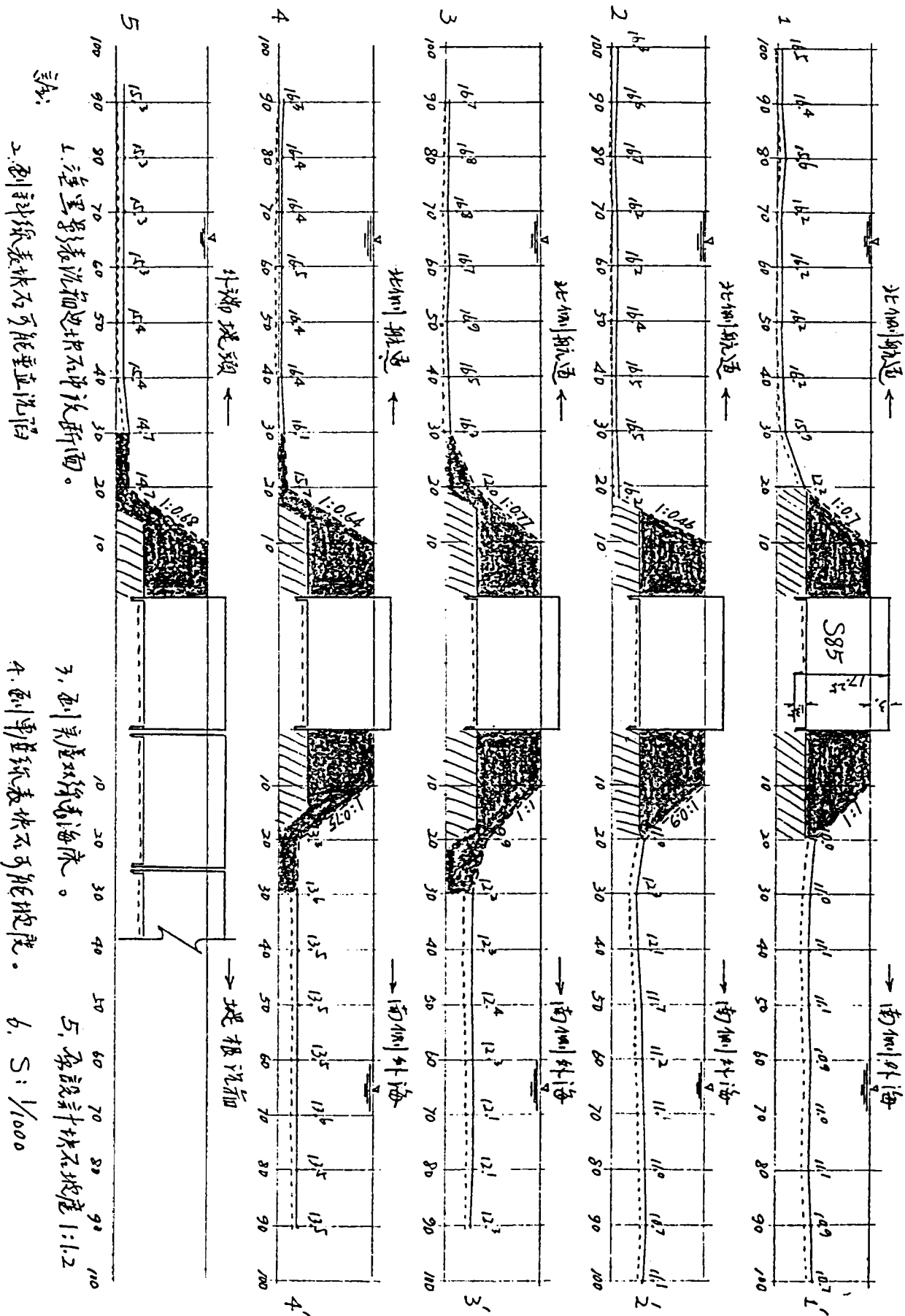


图三之一

南堤堤顶
测量分布图



高雄港務局工程設計計算書



註:

1. 港區淤積及相連堤岸沖刷断面。

2. 剖面線表示可能垂直沉陷。

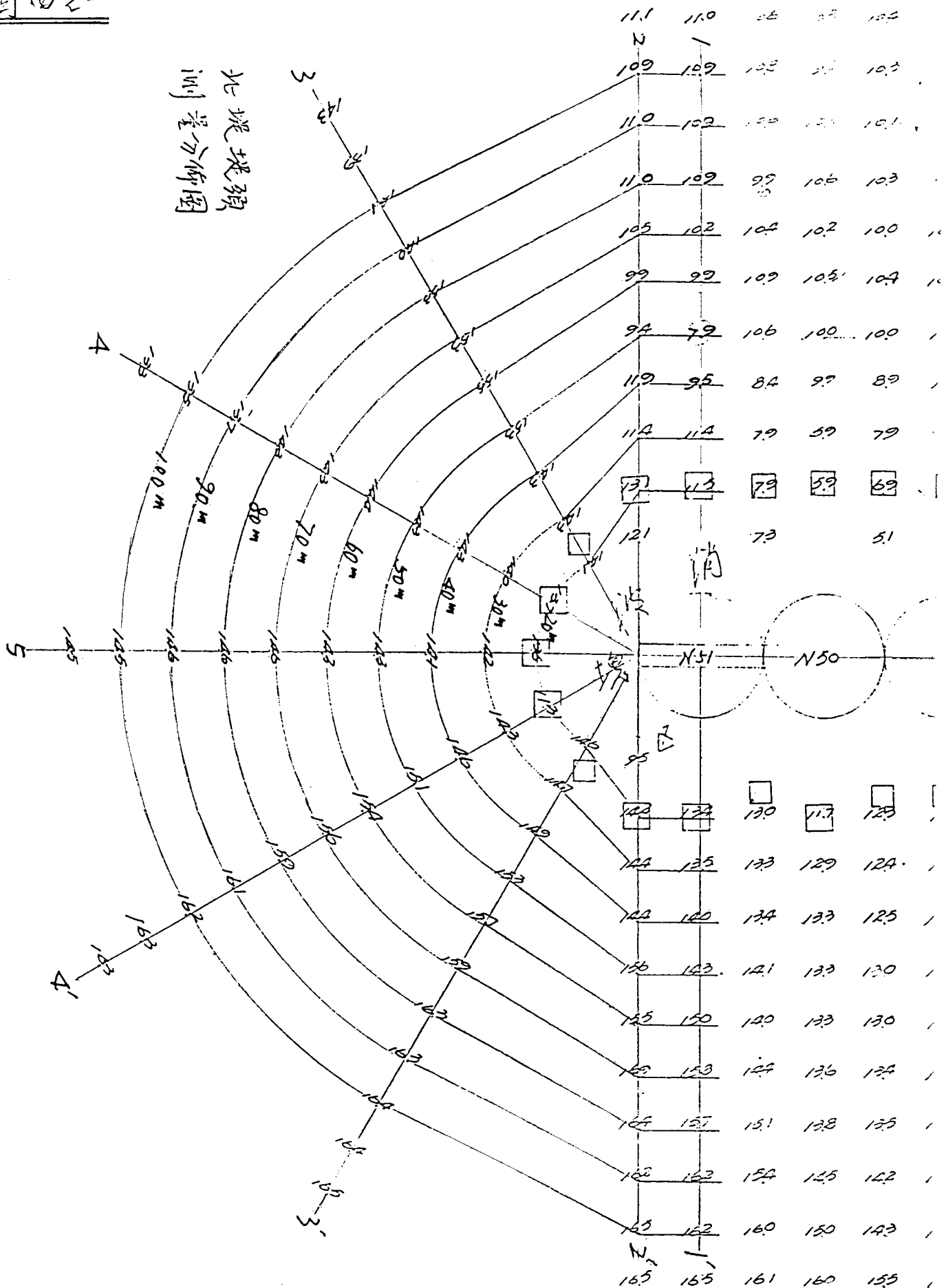
3. 剖面線表示可能坡度。

4. 剖面線表示可能坡度。

5. 剖面線表示可能坡度。

二港以南堤岸與 S85 沉箱及左側断面圖 (依據 80 年 6 月圖號 80084 繪製)

图四之一



同四式 =



5. 原設計堵石坡度 1:1.2

6. S: $\frac{1}{1000}$

二、港口北堤、堤頭 N51 沉箱各方位剖面圖 (依據測量前 80 年 6、7 月圖樣, 80084 舊型)

表一(之一)

二港口防波堤抛石数量统计表

1-1-1

工 程 名 稱	項 目	設計數量噸	拋放數量噸	開工日期	完工日期	實工天 際作數	備註
南堤第 1—11號 沉箱投基拋石	B 級 拋 放	3,580.00	4,095.46	58.	59.	113	
	C 級 拋 放	4,070.00	4,095.12	4.	6.		
	攪面C級填充	2,480.00	3,459.00	22.	30.		
	C 級 海 吊		119.00				
	合 計		10,130.00	11,768.58			
南堤 12—18 沉箱投基 拋石	C 級 拋 放	1,408.00	1,749.00	59.	59.	84.5	
	C 級 拋 放 (備用石料)	3,632.00	3,632.00	3.	10.		
	B 級 拋 放	4,413.00	4,413.00	18.	2.		
	合 計		9,453.00	9,794.00			
	南堤 19—36 號投基拋 石	B 級 海 拋	40,500.00	40,500.00	59.	60.	200
B 級 陸 拋		8,992.00	8,992.00	11.	12.		
C 級 陸 拋		8,992.00	8,992.00	14.	9.		
C 級 海 吊		8,992.00	8,992.00				
C 級木船拋放							
箱內填充C級		5,430.00	1,050.60				
合 計			72,906.00	68,526.60			
南堤 37—44號沉箱投 基拋石	B 級 拋 放	19,200.00	19,200.00	60.	60.	75	
	C 級 陸 拋	3,200.00	2,841.19	6.	11.		
	C 級木船拋放	6,400.00	7,398.10	4.	23.		
	合 計		28,800.00	29,439.29			
6年度沉箱投基 拋石工程 (北堤 1—23 號 沉箱、南堤 31—49 號沉箱)	A 級 拋 石	17,600.00	17,600.00	60.	61.	50	北堤 三九 四九 五一 五二 五三 五四 五五 五六 五七 五八 五九 六〇
	B 級 拋 石	37,400.00	34,563.78	11.	9.		
	C 級 拋 石	27,450.00	29,242.54	23.	2.		
	合 計		82,450.00	81,406.32			

61 年度防波沉箱 堤補充說明拋石 (北堤5—23 號 沉箱、南堤37—49 號沉箱)	海上吊放拋石	3,400.00	5,003.00	61.	61.	50	北堤 四 五 二 二 一 一 五 〇 〇
	北堤陸上拋石	3,200.00	1,597.00	5.	9.		
	南堤陸上拋石	900.00	513.69	12.	7.		
	合 計	7,500.00	7,113.69				
62 年度北堤23— 32號沉箱緊急攔基 拋石	B級拋石、局 供拋石船	7,560.00	7,750.00	61.	62.	50	
	B級拋石、海 上吊放	1,080.00	3,050.00				
	B級拋石、北堤 陸上拋放	2,160.00					
	C級拋石、海 上吊放	1,080.00	1,080.00				
	C級拋石、木船 海上拋放	7,560.00	9,720.00				
	C級拋石、北堤 陸上拋放	2,160.00					
	合 計	21,600.00	21,600.00				

表一(之三)

二港口防波堤抛石量统计表

工程名称	项	目	设计数量 (T)	核基抛石 (T)	开工日期	完工日期	作工天	备	注
62 年度沉箱 实抛数量 (北堤 31 号 ~50 号沉箱 南堤 41 号 ~79 号沉箱)	A 级	海抛	6,000.00						
	A 级	海吊	1,000.00						
	A 级	北堤陆抛	2,000.00						
	A 级	南堤陆抛	1,000.00		62.	62.			北堤抛石数量 93,462.90
	B 级	海抛	48,680.00	65,867.90	元	9.			南堤抛石数量 1,420.00
	B 级	海放	6,240.00	1,870.00	11.	17.	150.50		
	B 级	北堤陆抛	12,480.00						
	B 级	南堤陆抛	2,000.00						
	C 级	海吊	3,120.00	6,984.00					
	C 级	木船抛放	23,840.00	20,161.00					
合 计			116,600.00	94,882.90					
63 年度防波 堤核基抛石 (南堤 42 号 ~85 号沉箱 复抛沉 复抛沉)	A 级	海抛	24,608.00	25,171.38					北堤抛石数量 25,700.00
	A 级	海吊	26,370.00	27,080.00					
	B 级	海抛	40,312.00	40,469.77	62.	63.	97		
	C 级	海抛	8,540.00	6,409.41	10.	12.			
	C 级	木船抛放	18,490.00	18,650.00	13.	26.			南堤抛石数量 95,750.81
	C 级	海吊	4,080.00	3,670.25					
合 计			122,400.00	121,450.81					
64 年度防波 堤核基抛石 (北堤 31 号 ~50 号沉箱 南堤 41 号 ~79 号沉箱)	A 级	海抛	85,450.00	100,809.06					北堤抛石数量 12,090.00
	A 级	海吊	14,820.00	29,870.00					
	A 级	南堤陆抛	2,200.00		63.	64.			
	B 级	海抛	23,600.00	625.94	11.	7.	76		南堤抛石数量 151,770.00
	B 级	海放	33,590.00	32,155.00	11.	28.			
	B 级	木船抛放	2,400.00	400.00					
	B 级	海吊	1,800.00						
	C 级	南堤陆抛							
合 计			163,860.00	163,860.00					

表一(之二)

工程名称	项	目	设计数量 (T)	实抛数量 (T)	开工日期	完工日期	作工天	备	注
65 年度防波 堤核基抛石 (南堤 42 号 ~85 号沉箱 及潜堤)	A 级	海上抛石	75,211.00	77,080.00					
	B 级	海上抛石	18,861.00	4,560.00		64.	65.		南堤抛石数量 77,128.00
	A 级	抛石吊放	14,545.00	5,925.20		9.	5.	130	潜堤 16,320.00
	B 级	抛石吊放		5,686.80		2.	7.		
	B 级	抛石木船抛放	5,967.00	206.00					
合 计			114,584.00	93,448.00					
总 计			750,283.00	703,290.19					

表三之一

第二港口波浪觀測統計表 (五十五~六十四年)

年別	月 份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	平均
	波 浪															
五十五	波向	西-南 (度)	70	65	70	80	75	55	46	50	55	63	70	65	764	63
	最大波	週 期 (秒)	7.00	4.50	6.10	5.30	7.60	6.20	12.70	9.80	10.00	5.40	6.60	6.60	88.80	7.40
		波 高 (公尺)	1.35	1.45	1.00	0.72	7.00	2.32	5.10	4.96	3.95	0.93	0.83	0.84	30.45	2.54
年 度	有效波	週 期 (秒)	4.60	5.50	5.20	6.50	9.80	6.30	12.20	8.60	10.90	7.00	7.20	8.30	92.10	7.70
	波 高 (公尺)	0.95	0.96	1.05	0.45	5.24	1.70	4.20	3.60	2.85	0.55	0.55	0.91	23.01	1.91	
五十六	波向	西-南 (度)	70	70	30	85	55	50	45	45	50	54	52	57	668	56
	最大波	週 期 (秒)	7.10	6.00	6.30	小	6.00	8.40	7.70	8.00	小	17.20	7.60	6.50	80.80	8.10
		波 高 (公尺)	0.72	0.94	1.34	浪	2.25	3.13	2.42	2.44	浪	0.86	1.57	0.52	15.19	1.52
	有效波	週 期 (秒)	8.40	6.30	7.20	小	6.00	9.70	8.50	9.30	小	15.80	7.20	7.00	85.40	8.50
	波 高 (公尺)	0.60	0.53	0.68	浪	1.42	1.26	1.61	1.67	浪	0.63	0.09	0.45	9.94	0.99	
五十七	波向	西-南 (度)	50	65	57	52	55	56	53	50	46	50	52	50	636	53
	最大波	週 期 (秒)	6.70	4.80	6.30	6.30	8.00	6.80	7.50	12.50	13.00	9.90	7.40	小	89.20	11.10
		波 高 (公尺)	0.61	1.07	0.47	0.47	0.58	1.26	2.79	2.50	6.96	5.94	0.68	浪	23.33	2.90
	有效波	週 期 (秒)	9.60	5.00	小	小	7.00	6.80	7.80	14.30	13.30	11.10	小	小	74.90	9.30
	波 高 (公尺)	0.32	0.81	浪	浪	0.44	0.78	1.75	0.70	5.52	3.71	浪	浪	浪	14.03	1.75
五十八	波向	西-南 (度)	47	50	52	40	55	52	50	50	52	52	54	50	60.40	50
	最大波	週 期 (秒)	小	12.00	小	小	10.00	8.00	9.30	小	7.80	10.00	小	小	57.20	9.50
		波 高 (公尺)	浪	0.80	浪	浪	2.80	1.50	5.30	浪	3.96	1.50	浪	浪	15.86	2.64
	有效波	週 期 (秒)	小	小	小	小	小	小	12.50	小	9.10	小	小	小	21.60	10.80
	波 高 (公尺)	浪	浪	浪	浪	浪	浪	浪	3.70	浪	2.48	浪	浪	浪	6.18	3.09
五十九	波向	西-南 (度)	54	51	57	50	40	35	39	42	49	54	54	52	577	48
	最大波	週 期 (秒)	小	小	小	小	9.00	6.70	7.10	7.90	6.90	8.80	小	小	46.40	7.70
		波 高 (公尺)	浪	浪	浪	浪	1.40	1.25	4.20	2.70	3.00	3.30	浪	浪	15.85	2.64
	有效波	週 期 (秒)	小	小	小	小	小	小	8.20	7.40	小	小	小	小	15.60	7.80
	波 高 (公尺)	浪	浪	浪	浪	浪	浪	浪	0.99	2.04	浪	浪	浪	浪	3.03	1.51
六十	波向	西-南 (度)	54	47	55	50	50	40	40	45	50	50	50	54	585	49
	最大波	週 期 (秒)	小	小	小	小	10.20	9.60	10.50	9.00	9.00	8.00	小	小	56.30	9.40
		波 高 (公尺)	浪	浪	浪	浪	2.00	2.70	4.60	1.50	2.50	5.00	浪	浪	18.30	3.05
	有效波	週 期 (秒)	小	小	小	小	6.10	5.80	6.60	5.40	5.40	4.80	小	小	34.10	5.70
	波 高 (公尺)	浪	浪	浪	浪	1.00	1.35	3.85	0.75	1.25	3.71	浪	浪	11.90	1.98	
六十一	波向	西-南 (度)	50	47	49	50	40	47	45	40	45	54	47	57	571	47
	最大波	週 期 (秒)	小	小	小	9.00	12.00	9.00	12.20	9.20	小	小	10.00	10.00		
		波 高 (公尺)	浪	浪	浪	2.50	2.40	4.00	4.30	3.76	浪	浪	2.20	1.50		
	有效波	週 期 (秒)	小	小	小	小	小	小	12.80	8.10	小	小	小	小		10.50
	波 高 (公尺)	浪	浪	浪	浪	浪	浪	浪	2.94	2.96	浪	浪	浪	浪		2.95
六十二	波向	西-南 (度)	40	40	50	40	52	55	60	48	40	50	50	68	593	49
	最大波	週 期 (秒)	小	小	小	6.50	6.00	6.00	11.00	9.50	7.0	10.00	8.00	8.50		
		波 高 (公尺)	浪	浪	浪	1.41	0.84	2.03	6.90	4.62	4.30	9.09	1.64	1.80		
	有效波	週 期 (秒)	小	小	小	6.90	5.70	7.70	11.5	9.50	9.80	10.60				
	波 高 (公尺)	浪	浪	浪	1.30	0.72	1.20	5.28	2.50	2.15	6.29					

表三三二

年 别	月 份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 计	平 均	
	波	浪															
六	波 向	西—南 (度)	70	52	47	50	47	47	50	50	45	40	55	55	608	50	
十 年 度	最大 波	週 期 (秒)	9.00	9.00	8.00	5.00	10.00	12.00	12.00	10.00	7.00	8.00	3.00	9.00	107	9.00	
		波 高 (公尺)	1.46	1.78	1.64	1.10	5.34	4.00	5.00	3.80	2.20	3.80	4.20	1.80	38.12	3.18	
	有效 波	週 期 (秒)					9.50		10.70								
		波 高 (公尺)					4.01		3.90								
六	波 向	西—南 (度)	40	55	42	45	50	52	48	48	75	47	55	62			
十 四 年 度	最大 波	週 期 (秒)	7.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	10.00	9.50	11.00	10.00	6.00	10.00			
		波 高 (公尺)	2.00	1.60	1.00	1.20	1.00	2.00	2.20	5.40	8.50	6.00	0.60	1.40			
	有效 波	週 期 (秒)	6.00	7.00					9.00	9.00	8.00	9.50	9.00				
		波 高 (公尺)	1.50	1.20					1.50	1.70	4.10	6.40	4.50				

波浪：

自五十四年八月起，在距二港口岸邊基綫一、四五三公尺海面，北緯廿二度卅二分〇秒，東經一二〇度十七分四十秒位置，及距南堤二、五〇〇公尺之外海面，北緯廿二度卅二分四十二秒，東經一二〇度十七分卅秒位置，水深低潮下十二公尺處，分別安裝水壓式及追測式測波儀各壹具，同時進行波浪觀測。水壓式測波儀採用標準型電纜式測波儀，常自動紀錄儀器，可全天候觀測波浪，自動紀錄連續之壓力波高與週期，再經換算為水面上之實際波高，追測式測波儀可直接測得波高與週期。平常一日觀測二次，以所測紀錄與水壓式測波儀紀錄相互比較核對，以求正確之結果。

二港口對於波浪之觀測，在平時仍以按每雙數時刻，連續觀測廿分鐘，遇颱風時，風速變化激烈時，每小時觀測廿分鐘，如有異常氣象或海象情況變化時，即增加觀測次數，在靜穩或浪平時，以每日之十時與十六時各觀測一次，每次觀測十分鐘，季節浪時，則視需要增加其觀測次數。十年來波浪觀測紀錄之統計如下表(廿)所示。

(一) 颱風期波浪：

- 1 颱風時之波浪之大小及高度，因颱風之強度及路徑而異，颱風在高雄地區附近海岸登陸，或其中中心在高雄海岸極接近之處通過時，波浪較高有實測五至五。五公尺之有效波高，十至十三秒週期波浪之紀錄。
- 2 在高雄外海，自巴士海峽向南海進行之颱風，如威力強大時，二港口所測波浪之紀錄最大者為四。二公尺波高，十二秒週期。
- 3 橫越台灣中央山脈之颱風，或通過台灣北部地區之颱風，二港口附近海面所發生之波浪，幾均在四。〇公尺以下，過去實測紀錄，最大波高為三。六公尺，八。六秒週期。

(二) 季節風期波浪：

- 1 在冬季季節風期間，風向大多為西北，風速較小，其波浪呈湧浪性質，波高一般均在一公尺左右，週期約八秒左右。
- 2 在夏季季節風，波浪大多為風浪，或由遠泊傳播來之湧浪，波高均不大，如非受颱風之影響，約在一至二公尺範圍，其繼續時間為一至二天，但有長達六至七天者。

(三) 特殊波浪紀錄：

- 1 五十五年五月卅日襲迫颱風時，有效波高為五。二四公尺，最大波高為七。〇〇公尺，週期為七。六秒，波向為南四五度西。
- 2 五十七年九月卅日艾琳颱風時，有效波高五。五二公尺，最大波高六。九六公尺，週期十三。六秒，波向南四六度西。
- 3 五十八年七月廿八日，衛歐拉颱風時，有效波高五。三〇公尺，週期九。三秒波向為南三八度西，惜因測波儀電纜被波浪衝激折斷，未能測到滿潮時最大波浪。
- 4 六十二年七月十七日畢莉颱風時，有效波高為五。二八公尺，週期為一一。五秒，最大波高為六。九公尺週期十一秒，波向南四五度西。
- 5 六十二年十月十日娜拉颱風時，有效波高為六。二九公尺，週期一〇。六秒，最大波高達九。二九公尺，週期九。〇秒，波向為南六〇度西。

附註：

- 1 在一般情形下，第二港口附近海岸波浪之波向，大致與風向一致，亦即在西與南之間，大多為海岸線垂直方向。
- 2 在正式安放南堤十七公尺徑沉箱前，於五十八年三月十一日在第十三號沉箱預定位置，水深四公尺處，安放沉箱一座，以測驗沉箱抵抗波浪之性能。曾以追測式測波儀分別觀測各點波浪之繞射現象，繞射系数均大於一，即反射波高約為入射波高之二倍。

表三之四

第二港口外海波高紀錄概況表（錄自高雄港第二港口開闢工程報告書）

波 高 波 浪	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	5 m以下波 發生百分率
最大波高		—		丁	正	—		—	—	70 %
有效波高	—	丁	丁	丁	丁	—				90 %

註：紀錄自55年至64年。

表四

第二港口潮汐統計表 (五十五年至六十四年)

類 別 \ 年 份	五十五	五十六	五十七	五十八	五十九	六十	六十一	六十二	六十三	六十四
最高潮位	1.60	1.55	1.75	2.60	1.53	1.60	1.63	1.62	1.60	1.51
最低潮位	0.02	0.04	-0.03	0.02	0.06	0.05	0.16	0.10	0.15	0.10
平均高潮位	1.09	1.14	1.10	1.11	1.16	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15
平均低潮位	0.37	0.42	0.39	0.41	0.42	0.41	0.42	0.42	0.44	0.46
平均潮位	0.69	0.74	0.71	0.71	0.76	0.73	0.75	0.74	0.76	0.77
朔望日平均高潮位	1.20	1.25	1.19	1.21	1.24	1.20	1.22	1.22	1.21	1.24
朔望日平均低潮位	0.32	0.40	0.32	0.35	0.37	0.36	0.38	0.37	0.39	0.41
上下弦平均高潮位	0.94	0.99	0.99	0.98	1.05	1.02	1.02	1.04	1.05	1.05
上下弦平均低潮位	0.42	0.44	0.44	0.44	0.47	0.47	0.48	0.48	0.49	0.51
大潮差	0.89	0.85	0.88	0.86	0.87	0.84	0.84	0.85	0.82	0.81
小潮差	0.54	0.55	0.55	0.55	0.58	0.55	0.54	0.56	0.55	0.52
平均潮位	0.72	0.71	0.70	0.70	0.73	0.70	0.70	0.71	0.70	0.69
備 註	閏三月		閏七月			閏五月			閏四月	

潮汐與潮流：

(一) 潮汐：引起潮汐之原因，係天體萬有引力作用於海面，因引力變化，海面水位亦隨之發生變化，為觀測潮位在本港十號碼頭附近設有驗潮站，本港潮位即以其紀錄為準，自五十四年七月起，在旗后外海，與二港口內港各建驗潮站一所，安置自記式驗潮儀，全天候紀錄潮位變化，十年來之潮位實測紀錄統計如表(四)所示。由潮位紀錄統計分析結果可得下述結論：

高潮位發生於夏季朔望日左右，最高潮位約為一·七公尺，最低潮位多發生在冬季朔望日，水位近於零，平均潮差約在〇·七公尺左右。

五十八年七月廿八日（陰曆六月十五日），最高潮位達二·六〇公尺為有紀錄以來所僅見，係受衝歐拉颱風低氣壓影響所現。

二港口開口前之內外海之潮位，即二港口附近內港之潮位，與旗后外海之潮位，相差約在五〇公分左右，於二港口開闢後，內外海水面連通，潮位相差，僅在五公分左右。

(二) 潮流：

潮流係由於海面因潮汐升降之變化海水所發生水平運動，事實上實測潮流之方向與流速含有海流因素。

應用自記紀錄流速儀及流速板追測法等二種，觀測二港口開口前後潮流之變化。平常選定潮差大之朔望日，及潮差小之上下弦前後日作連續廿五小時以上之觀測；在暴風雨時期或季節風時期，作不定期觀測，有時仍利用天氣惡劣，及冬夏季節風時期作沿岸流之觀測。

由潮流觀測所紀錄之分析結果可得下述結論：

- 1 外海最大潮流流速為每秒八〇公分，流向在漲潮時「東南」流，退潮時為「西北」流，大致退潮流速較漲潮流速為大。
- 2 港外流速每秒八〇公分，港內流速每秒五〇公分，港口狹水道流速在每秒八〇公分以上（均為最大流速），但仍呈如港口之上進下出，或上出下進之不規則流向。
- 3 在二港口未開口前港內潮流，大致循一定軌跡，漲潮潮流進第一港口後，偏向旗津沿岸；落潮時潮流偏向噴船頭沿岸，然後繞行而流出第一港口。在外海漲潮時向「南」流，落潮向「西北」流。二港口開口後港內潮流已發生極不規則變化。
- 4 颱風時期及西北季風強烈時期，潮流更顯不規則，沿岸一帶成為亂流，漲落潮流有同方向者，亦有異方向者。

表 五

一、防波堤護基块石重量根據 Hudson Formula, $W = \frac{Pr \cdot G \cdot H^3}{\Delta^3 \cdot K_D \cdot Cot \alpha}$

計算而得。

註： $Pr = 2300 \text{ kg/m}^3$, $P_w = 1025 \text{ kg/m}^3$, $\Delta = \frac{Pr - P_w}{P_w}$

$$K_D = 8$$

二、今依下例波高 (4 m 、 5 m 、 6 m) 及護基坡度 α (1 : 1 $\frac{1}{2}$ 、 1 : 2 、 1 : 3 、 1 : 4) 分別計算 W 。

(一) $H = 4 \text{ m}$

$$1. \alpha = 1 : 1 \frac{1}{2} \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 4^3}{1.91 \times 8 \times 1.5} = 6.422 \text{ T}$$

$$2. \alpha = 1 : 2 \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 4^3}{1.91 \times 8 \times 2} = 4.816 \text{ T}$$

$$3. \alpha = 1 : 3 \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 4^3}{1.91 \times 8 \times 3} = 3.211 \text{ T}$$

$$4. \alpha = 1 : 4 \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 4^3}{1.91 \times 8 \times 4} = 2.408 \text{ T}$$

(二) $H = 5 \text{ m}$

$$1. \alpha = 1 : 1 \frac{1}{2} \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 5^3}{1.91 \times 8 \times 1.5} = 12.544 \text{ T}$$

$$2. \alpha = 1 : 2 \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 5^3}{1.91 \times 8 \times 2} = 9.408 \text{ T}$$

$$3. \alpha = 1 : 3 \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 5^3}{1.91 \times 8 \times 3} = 6.272 \text{ T}$$

$$4. \alpha = 1 : 4 \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 5^3}{1.91 \times 8 \times 4} = 4.704 \text{ T}$$

(三) $H = 6 \text{ m}$

$$1. \alpha = 1 : 1 \frac{1}{2} \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 6^3}{1.91 \times 8 \times 1.5} = 21.675 \text{ T}$$

$$2. \alpha = 1 : 2 \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 6^3}{1.91 \times 8 \times 2} = 16.256 \text{ T}$$

$$3. \alpha = 1 : 3 \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 6^3}{1.91 \times 8 \times 3} = 10.838 \text{ T}$$

$$4. \alpha = 1 : 4 \text{ 時, } W = \frac{2300 \times 6^3}{1.91 \times 8 \times 4} = 8.128 \text{ T}$$

三、本局消波块近五年均採用麥克块或協克块，外形類似菱形块（Tetrapod），此型 K_D 常用值 $K_D = 8 \sim 12$ ，視造形、堤頭、堤身及允許損壞率而定，本局以往消波块維護，允許破壞率在 $0 \sim 5\%$ ，故採 $K_D = 8$ ，按本表二、(三)、1. 情況， $W \geq 20 \text{ T}$ 以上，過去 5 年本局消波块重均為 20 T 級。

Technical drawing of a road layout. The drawing shows a straight section on the left and a curved section on the right.

Dimensions (Left Side - Straight Section):

- Top horizontal dimensions: 30.5 m, 10 m, 10 m, 10.5 m.
- Bottom horizontal dimensions: 12 m, 20 m, 20 m, 20 m.
- Vertical dimension on the right: 25.5 m.

Dimensions (Right Side - Curved Section):

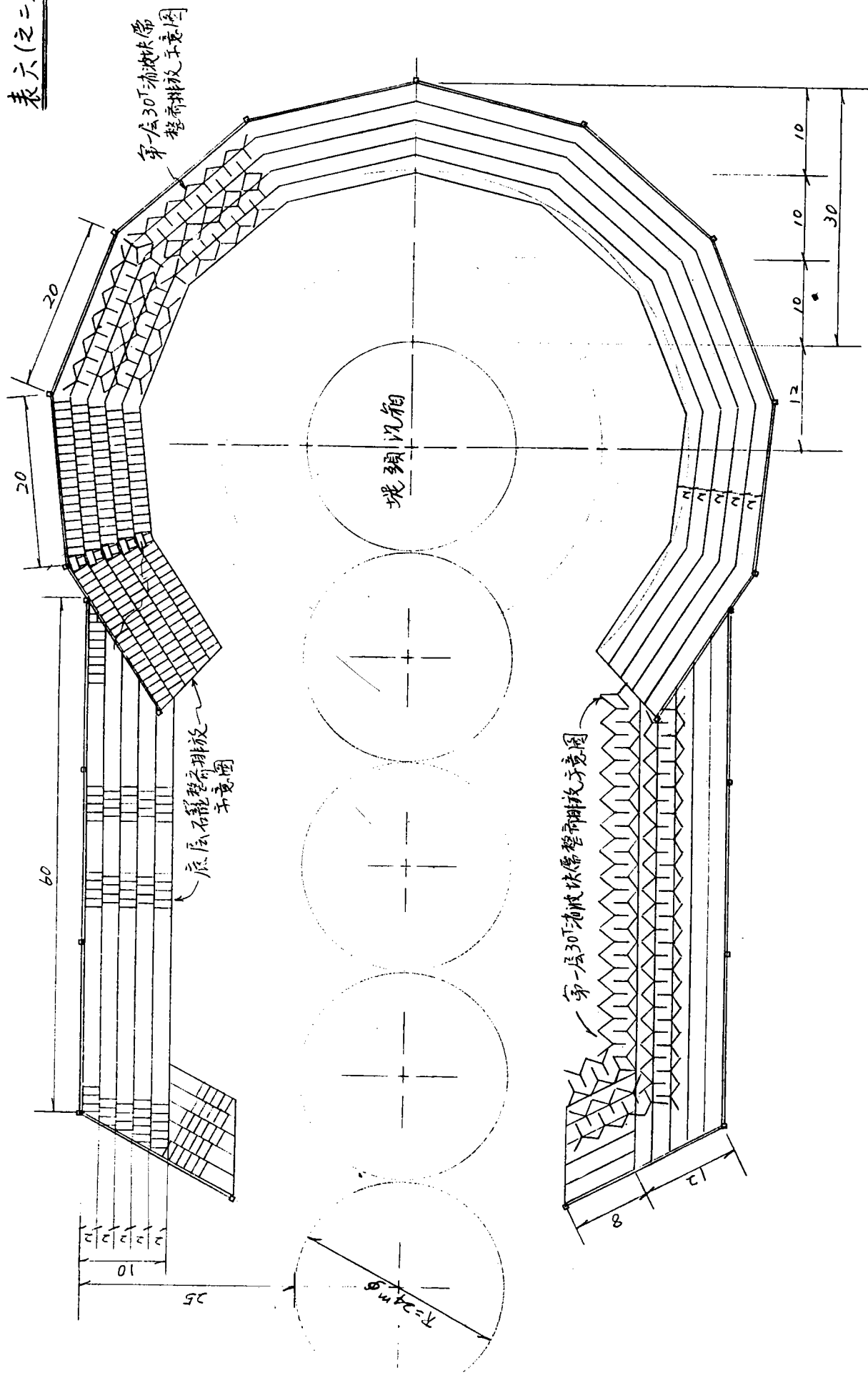
- Top horizontal dimensions: 20 m, 20 m, 20 m.
- Bottom horizontal dimensions: 20 m, 20 m, 20 m.

Other Features:

- Four circular structures (likely manholes or culverts) are shown in the center, each with a crosshair.
- A curved boundary line connects the top and bottom points of the straight section.
- A label "P.C. 定位方块" (P.C. Positioning Block) is located near the bottom right corner.

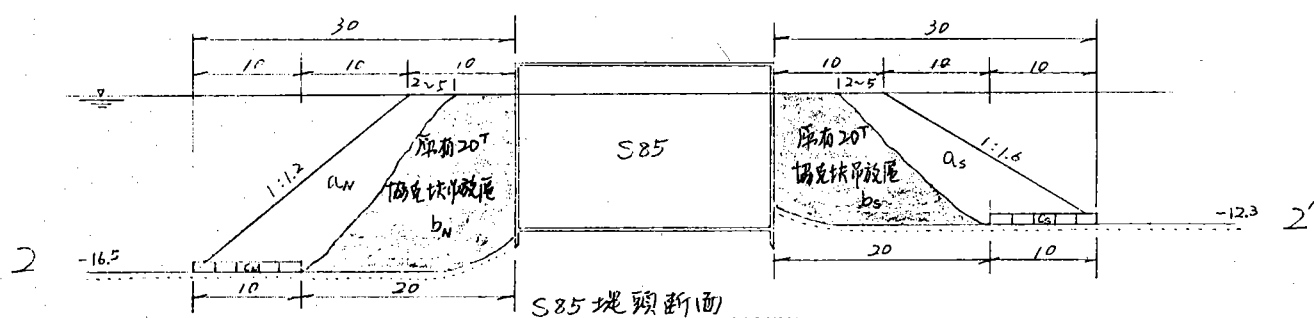
P.C.定位方块

表六(之二)



石籠及30度块带布置图 5:1/500

Hand-drawn cross-section diagram of the S82~S85 embankment. The diagram shows a central rectangular section labeled "S82~S85" flanked by two trapezoidal sections. The left section has a top width of 25, a bottom width of 10, and a height of 12.8. The right section has a top width of 25, a bottom width of 10, and a height of 11.08. The embankment is labeled "S82~S85 堤身断面" at the bottom.

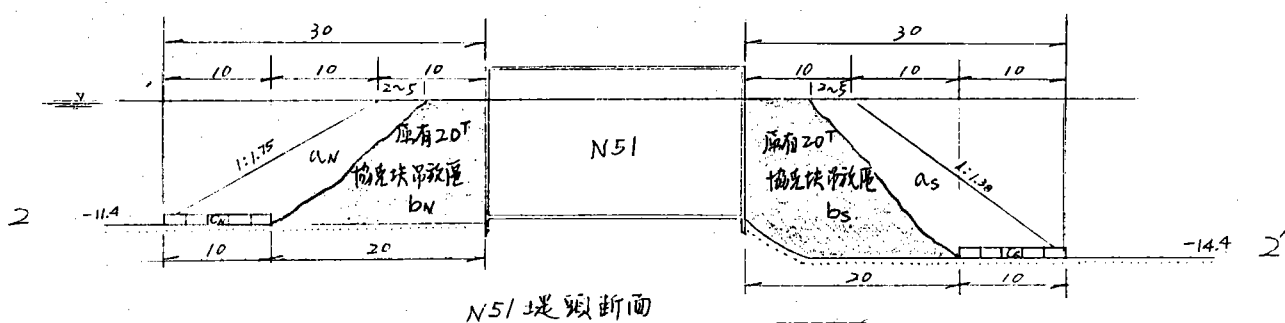
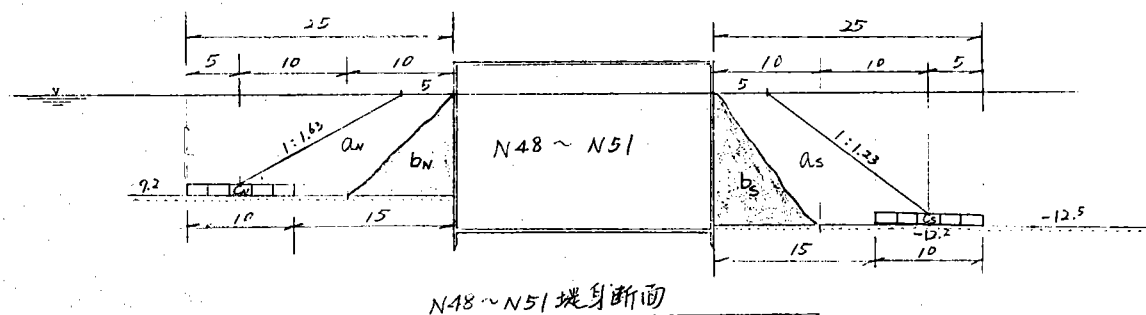


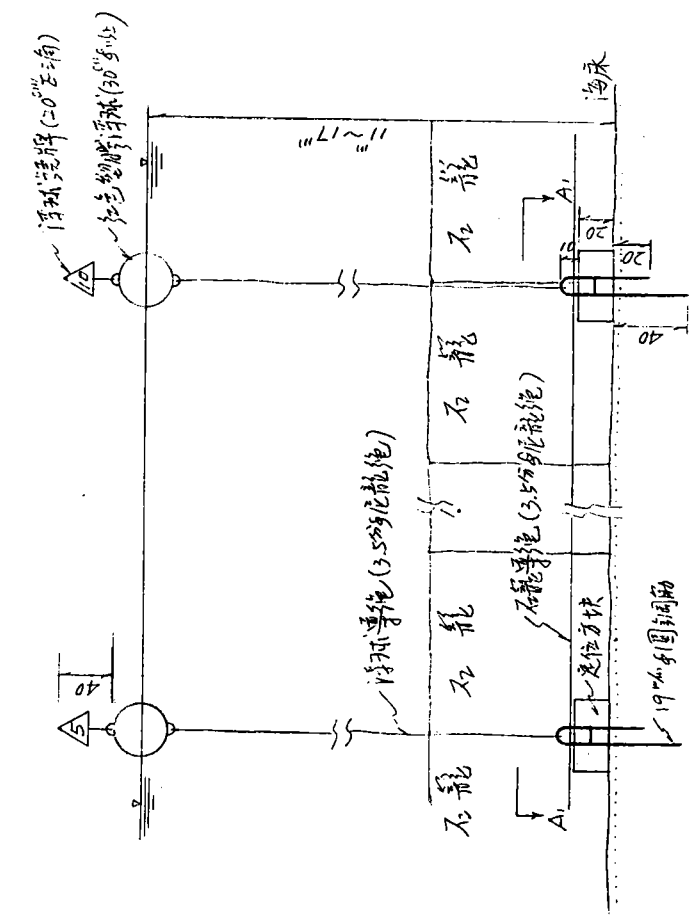
註：1. aN, aS 表示放30°涌波块区 (本年度拟计划)

2. bN, bS 表示放20°涌波块区 (过去已放如黑岩区) → 南侧

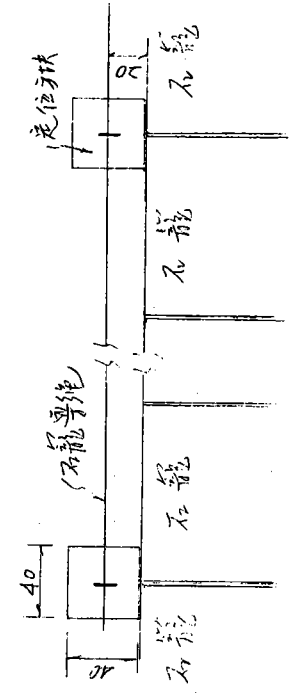
3. cN, cS 表示放10°涌波块区 (本年度拟计划) (含镜框)

4. N 表北侧, S 表南侧。





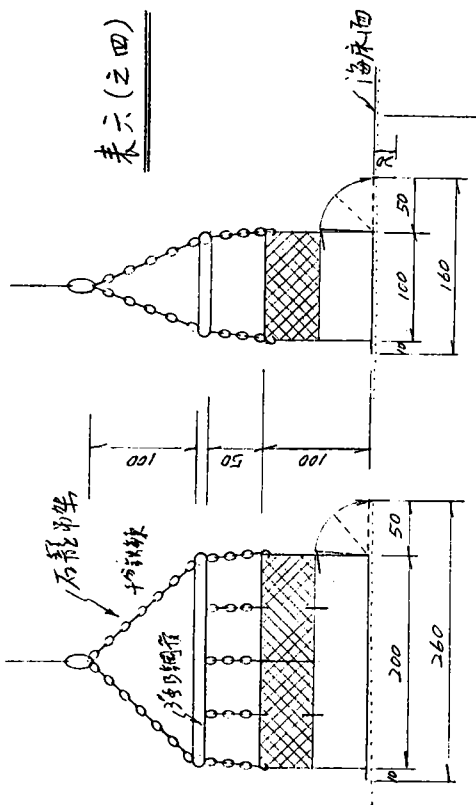
方塊定位及導繩圖型主面圖



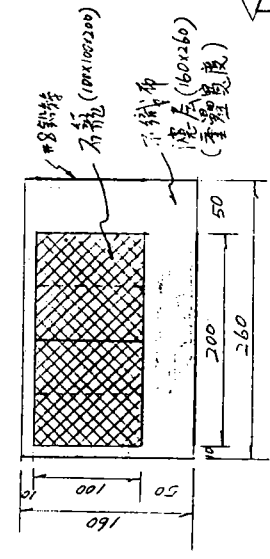
A-A. 平面圖

海床方塊定位及導繩圖型主面圖

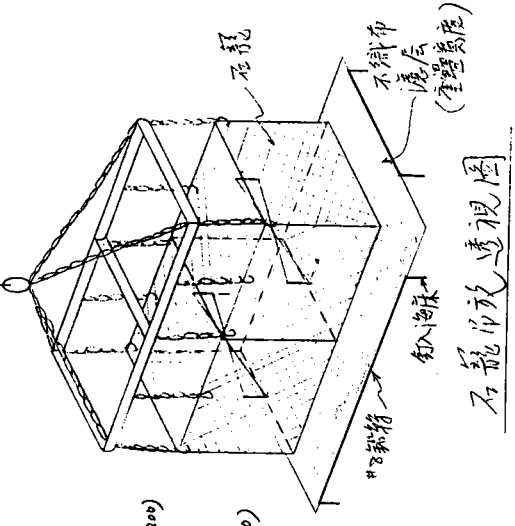
表六 (之四)



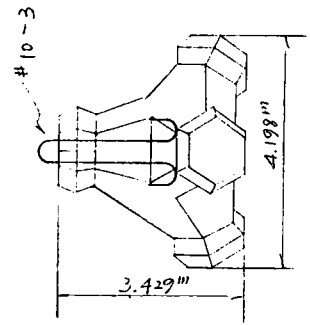
石籠吊架側面圖



石籠吊架後頂視圖



石籠吊架透視圖



30T 涌波塊

Introduction

The possibility to produce large quantities of durable rock at a reasonable cost has led to the application of rubble mound structures along many coasts. This development started at the end of the 19th century.

The first systematic scientific approach to the design of this type of structures dates back to a period just before World War II. It was R. Iribarren, who published in 1938 an article entitled "Une formule pour le calcul des digues en enrochements". [3]. Thereafter many other authors have published articles on the same subject. [4 to 16].

In this chapter a rough theoretical model of the stability of a rubble mound will be presented. Then the stability formulae will be analysed. Finally, attention will be paid to run-up and overtopping of slopes consisting of stone.

Much useful information on design and construction of breakwaters can be found in [2].

Theoretical considerations on stability

A slope consisting of stones is subject to gravity forces and wave attack. Iribarren considered the equilibrium of a single stone on the slope, where:

- W = weight of a stone (Newton)
- W_{subm} = weight of a stone when submerged (Newton)
- V = volume of a stone (m^3)
- d = characteristic dimension of the stone (m)
- α = angle between slope and horizontal
- μ = friction coefficient
- ρ_r = density of rock (kg/m^3)
- ρ_w = density of water (kg/m^3) (note: $\rho_{\text{seawater}} = 1025 \text{ kg}/\text{m}^3$)
- H = wave height (m)
- F = force exerted by the wave on the stone
(directed upward, F_{up} or downward, F_{down}) (Newton)

資料一之二

Considering the downward wave force, equilibrium exists when:

$$\mu \cdot W \cdot \cos \alpha > F_{\text{down}} + W \sin \alpha \quad (\text{Fig. 4.1}) \quad (1)$$

As the stone is submerged, $W = (\rho_r - \rho_w) g \cdot \xi \cdot d^3$

in which ξ is a shape parameter.

The wave force F cannot be easily calculated because the mechanism of wave attack, often caused by breaking waves, can hardly be described mathematically. If it is assumed (and this assumption is subject to criticism) that

$$F = \chi \cdot \rho_w \cdot g \cdot H \cdot d^2 \quad (\chi \text{ is a coefficient})$$

the equilibrium formula (1) develops into:

$$W_{\text{subm.}} (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) > \chi \rho_w \cdot g \cdot H \cdot d^2 \quad (2)$$

or

$$(\rho_r - \rho_w) g \xi d^3 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) > \chi \rho_w g H d^2 \quad (3)$$

or

$$\xi^3 d^3 > \frac{\chi^3 H^3}{\Delta^3 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3} \cdot \left(\Delta = \frac{\rho_r - \rho_w}{\rho_w} \right) \quad (4)$$

$$W = \xi \cdot \rho_r \cdot g \cdot d^3$$

Thus

$$W = \frac{\rho_r \cdot \chi^3 / \xi^2 \cdot g \cdot H^3}{\Delta^3 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3} = \frac{N \cdot \rho_r \cdot g \cdot H^3}{\Delta^3 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3} \quad (5a)$$

資料一三

If the upward wave forces are considered, (5a) changes into:

$$W = \frac{N \rho_r \cdot g \cdot H^3}{\Delta^3 (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)^3} \quad (5b)$$

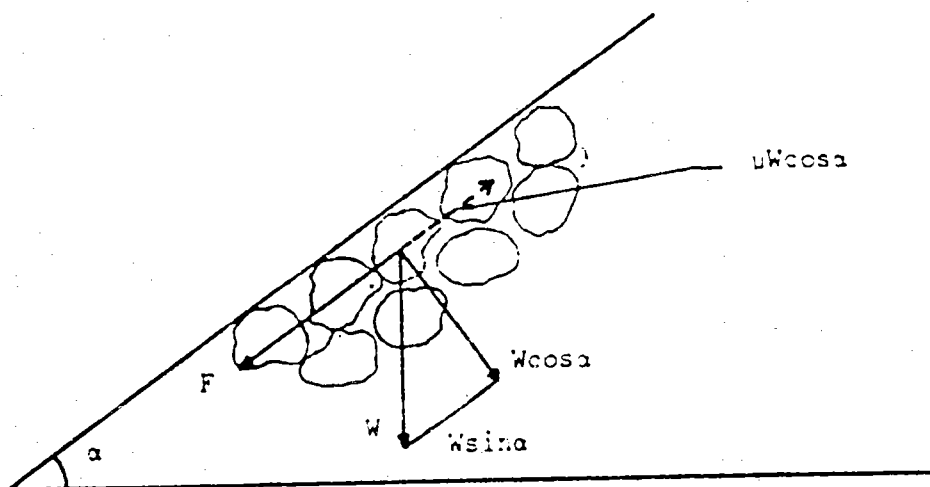


Fig. 4.1 Equilibrium of forces.

These formulae are the same as those given by Iribarren [8] and others [12, 13]

It is clear that ρ_r , N and μ are constants of the material which have to be determined before the formula can be used.

Iribarren did so for the constants of his formula.

Since 1942, systematic investigations into the stability of rubble slopes have also been done at the Waterways Experiment Station, Vicksburg, (Miss.). On the basis of these experiments Hudson proposed the following formula, [14, 15, 16]:

$$W = \frac{\rho_r \cdot g \cdot H^3}{\Delta^3 \cdot K_D \cdot \cot \alpha}$$

The formula is applicable for slopes not steeper than 1 : 1½ and not flatter than 1 : 4

目 錄

壹、緣起.....	128
貳、計畫沿革.....	128
參、運量需求分析.....	129
肆、原計畫內容.....	133
伍、原計畫可行性探討.....	135
陸、待進一步研究之方向.....	137
柒、結語.....	139

壹、緣起

民國 73 年間，由於經濟成長快速，貨櫃運量激增，基隆港雖不斷擴建船席，仍不敷需求，但為因應基隆港貨櫃裝卸量之急速增長（64 年至 73 年，10 年內成長達 5 倍之多）及解決港區水域狹小，大型船舶操航困難問題，基隆港務局乃鑑於未來之運量發展及船舶大型化趨勢，深感現港域難以因應未來需求，為未雨綢繆計，遂有於北部海岸籌建新港之議。

貳、計畫沿革

本計畫於民國 73 年 3 月經基隆港務局廣徵遴選後委交中華顧問工程司負責辦理，主要工作為「基隆新港及淡水港調查規劃」，其中調查工作項目涵括：波浪觀測、雷達波向觀測、海流觀測、陸上及海上地質調查；實驗工作則包括：不規則波水工模型遮蔽試驗、斷面試驗、沈箱浮流及拖航試驗、操船模擬試驗等。全部規劃作業迄 75 年 6 月完成。此後，基隆港務局並於 76、77 年度繼續辦理新港環境影響評估作業，經廣徵遴選後亦仍委由中華顧問工程司負責辦理，全部評估工作計分二期，迄 78 年 2 月初始完成全部評估報告。

然本計畫自從完成後，雖然 78 年間經由港務局陳送省交通處，並轉呈交通部審核，但由於各主管單位間陳轉審核耗時甚久，亦迄無定論，至 79 年 4 月始由交通部邀集各相關單位及專家學者共同研商，經與會人士熱烈討論後，會議結論奉主席張部長裁示：

- 一、台灣北部地區確需增建貨櫃碼頭，以紓解基隆港能量之不足。
- 二、基隆新港之規劃與深水港籌建規劃案應分別研究。
- 三、原規劃研究報告係完成於 75 年間，距今已四年餘，引用數據多有不甚妥善之處，仍應再洽中華顧問工程司參酌有關意見，補充最新資料，確實探究原規劃案之可行性，工程困難是否確實可予克服？鉅額投資之實質效益如何？

此後，本司隨即積極研擬基隆新港可行性再研究案之相關工作事宜，並於 80 年 2 月將服務計畫內容向省交通處嚴處長簡報，會後奉嚴處長指示：「先從現有知識、經驗，在技術及經濟兩方面研判基隆新港計畫之可行性，俟獲有初步結果後，再邀請有關單位重新簡報研討，屆時再決定是否進一步繼續作詳細之規劃。」

參、運量需求分析

根據表 1 所統計之歷年來台灣地區五大國際港貨物裝卸量統計資料顯示，貨櫃貨之裝卸量在近年來一直都為全國貨物總裝卸量之主要大宗，若以 78 年之統計資料而言，貨櫃貨之裝卸總量高達 189,471,334 計費噸，佔全國貨物總量 73.84%；其次為散雜貨類約佔 14.41%；煤炭類為 6.67%；其餘分別為穀類 2.99%、木材 2.09%，依此對於未來台灣地區航運發展之趨勢當可明顯看出主要仍應以貨櫃運輸為主。

然依據目前台灣地區各國際港之貨櫃營運狀況而言（詳如表 2 所示），主要貨櫃進、出港口，仍集中於基隆、高雄兩港，其中高雄港佔全國總量之 64.27%，基隆港佔 33.67%。惟因基隆港受天然地形條件限制，擴建船席不易，且既有船席後線用地有限貨櫃車交通運輸路線不足，致無法提高碼頭能量，雖有散雜貨碼頭改建為貨櫃碼頭之計畫，但所增加之能量有限，僅能暫時紓解緩和船席擁擠現象，仍未能充分滿足營運需求，且若依本司目前完成之台灣地區未來貨櫃運量預測分析結果（詳如圖 1 所示），預估貨櫃營運仍將持續維持成長趨勢，則未來基隆港之負荷將更為嚴重，港埠之營運效率將會大打折扣。此外，由台灣地區貨源分佈狀況顯示（詳如表 3 所示），主要進、出口貨櫃來源均集中於北部地區（進口櫃佔 62.97%，出口櫃佔 60.54%），然由各港實際貨櫃運量統計結果，卻反為高雄港佔進、出口貨櫃總量（不含轉口櫃）之 54.49%，基隆僅佔 42.73%，依此即可充分證明北櫃南運現象仍極為嚴重，且基於考量降低陸運成本，減少高速公路交通流量負荷之因素，未來不論為因應貨櫃運輸成長需求，抑或為降

表 1 五國際港裝卸總量依貨物別比較表

單位：收費噸

項目	年度 單位	7 0					7 5					7 8				
		裝	卸	船	小	計	裝	卸	船	小	計	裝	卸	船	小	計
貨 櫃	噸	32,848,897	31,663,816		64,512,713		74,173,473	73,604,097		147,777,570		96,249,802	93,221,532		189,471,334	
	%	77.23	57.97		66.40		87.90	65.15		74.88		92.03	61.33		73.84	
木 材	噸	11,046	5,658,043		5,669,089		17,264	4,894,506		4,911,770		14,617	5,360,672		5,375,289	
	%	0.03	10.36		5.84		0.02	4.33		2.49		0.01	3.53		2.09	
穀 類	噸	98,855	4,975,036		5,073,891		164,617	6,686,165		6,850,782		61,666	7,619,276		7,680,942	
	%	0.23	9.11		5.22		0.20	5.92		3.47		0.06	5.01		2.99	
煤 炭	噸	17,266	3,676,753		3,694,019		20,038	11,310,344		11,330,382		1,026	17,101,204		17,102,230	
	%	0.04	6.73		3.80		0.02	10.01		5.74		0.00	11.25		6.67	
其 他	噸	9,555,104	8,648,592		18,203,696		10,008,787	16,480,517		26,489,304		8,257,273	28,708,254		36,965,527	
	%	22.47	15.83		18.74		11.86	14.59		13.42		7.90	18.89		14.41	
散雜貨	噸	42,531,168	54,622,240		97,153,408		84,384,179	112,975,629		197,359,808		104,584,384	152,010,938		256,595,322	
	%	43.78	56.22		100.00		42.76	57.24		100.00		40.76	59.24		100.00	

表2 台灣地區貨櫃裝卸總量統計表

單位：收費噸

年度 項 目		7 0					7 5					7 8							
		裝	船	卸	船	小	計	裝	船	卸	船	小	計	裝	船	卸	船	小	計
基隆	噸	11,765,693		11,983,786		23,749,479		29,912,913		27,230,148		57,143,061		33,195,294		30,594,204		63,789,498	
	%	35.82		37.85		36.81		40.33		37.00		38.67		34.49		32.82		33.67	
高雄	噸	20,950,697		19,538,757		40,489,454		43,646,004		45,722,853		89,368,857		60,940,165		60,830,298		121,770,463	
	%	63.78		61.71		62.76		58.84		62.12		60.48		63.31		65.25		64.27	
台中	噸	132,507		141,273		273,780		614,556		651,096		1,265,652		2,114,343		1,797,030		3,911,373	
	%	0.40		0.45		0.42		0.83		0.88		0.86		2.20		1.93		2.06	
總計	噸	32,848,897		31,663,816		64,512,713		74,173,473		73,604,097		147,777,570		96,249,802		93,221,532		189,471,334	
	%	50.92		49.08		100.00		50.19		49.81		100.00		50.80		49.20		100.00	

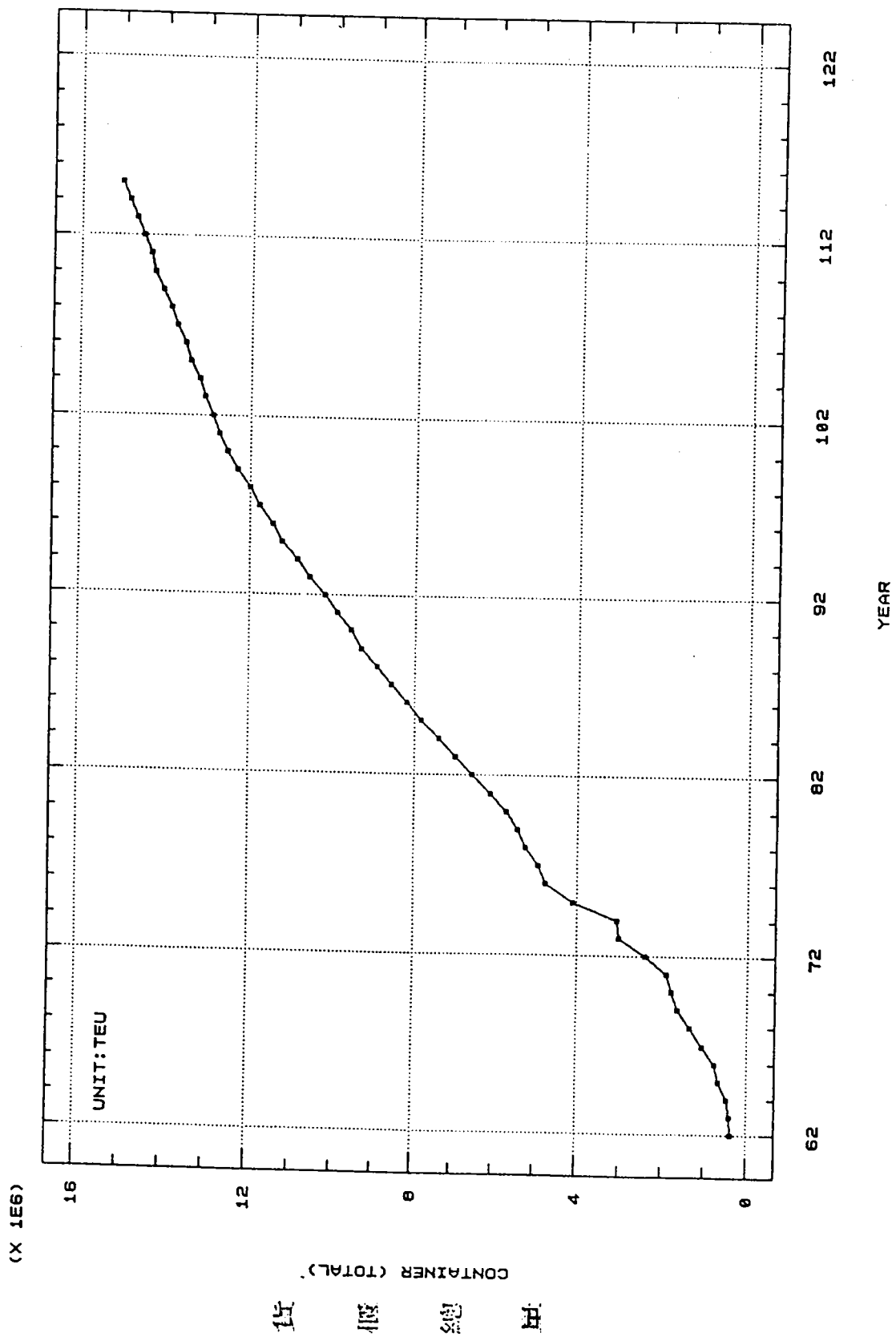


圖 1 未來貨櫃總量預測成長趨勢變化圖

低整運輸成本爲目標，對於北部地區擴建貨櫃頭之需求，實爲刻不容緩之事實。

表3 台灣各分區貨源分佈比例

項目 地區	穀 類		散 雜 貨 類		貨 櫃	
	進 口	出 口	進 口	出 口	進 口	出 口
北部地區	7.62%	22.32%	54.70%	44.25%	62.97%	60.54%
中部地區	27.95%	55.46%	20.07%	24.13%	14.70%	17.68%
南部地區	64.43%	22.19%	23.55%	23.49%	22.26%	21.74%
東部地區	0.00%	0.03%	1.68%	8.13%	0.06%	0.03%
合 計	100%	100%	100%	100%	100%	100%

註：各地區所含區別敘述如下：

1. 北部地區：基隆、台北、板橋、桃園、新竹、竹東、宜蘭。
2. 中部地區：苗栗、豐原、台中、彰化、員林、南投、斗六、褒忠。
3. 南部地區：朴子、嘉義、新營、台南、旗山、岡山、高雄、屏東、潮州。
4. 東部地區：花蓮、台東。

肆、原計畫內容

於75年間所完成之「基隆新港規劃報告」，預定港區範圍東起基隆市和平島，西迄萬里漁港東側，依據當時原規劃之配置方案，詳如圖2所示，其中主要工程計畫內容包括：

- 一、外廓防堤全長共計8,250公尺，其中包括：東防波堤2,700公尺、中央島堤3,300公尺、西防波堤450公尺、西海堤1,800公尺，水深

大多在40公尺以上。

二、港口佈置採雙開口，東側開口方向朝北偏西 40° ，淨寬350公尺，西側開口方向朝北偏西 30° ，淨寬達450公尺，進泊新港船舶以利用西側港口為主。

三、港外泊地約180公頃，港內檢疫錨泊區約15公頃。

四、碼頭配置規劃包括有5座突堤碼頭，碼頭線全長9,200公尺，合計碼頭數29座，其中貨櫃碼頭26座，水深14~25公尺，大宗散貨碼頭3座，深20~28公尺。

五、水域面積達700公頃，陸域有效使用面積達625公頃。

六、港區內交通系統主要以寬40公尺，全長約5.63公里之臨港大道為中心，東側銜接光華路、西側跨越瑪鍊溪銜接台2線，並於外木山漁港西側銜接聯外道路。

七、聯外交通系統由港址起向南橫跨基金路，繞經新山水庫與尚志貨櫃之間通往瑪陸坑，繼而轉南跨越中山高速公路至百福社區，於此向南銜接台5線貨櫃連絡道，向東經五堵交流道進出高速公路，全長約8.6公里。

八、全案工程費用合計約新台幣1,022億元，（依75年元月物價標準估算而不含物價波動及利息之現值），預估工期約需33年。

伍、原計畫可行性探討

基隆新港案自75年規劃完成以來，由於新港區範圍涵蓋極廣，投資金額龐大，且因牽涉之相關問題繁多，除因水深問題，工程技術是否可予克服，一直頗受爭議外，另外在港區範圍內之協和電廠進、出水口改建問題及外木山漁港遷移問題亦不易解決，以下擬針對原計畫內容之可行性，進行逐項探討分析：

一、原計畫預定港址範圍水深極為特殊，水深大多介於-30~-60公尺之間，對防波堤及碼頭之佈置方式影響極大，除工程費用增加甚多外，施工技術亦將為一大挑戰。依目前全世界之施

工經驗而言，僅有日本釜石港曾有水深 60 公尺左右之防波堤建造實例，惟因地質條件及風浪條件仍有所差異時，是否能將該項施工經驗及機具設備完全技術轉移，極需再作進一步之評估。

- 二、運量預測方面，由於分析資料係依據 73 年以前之營運資料進行模擬預測，且當時在 72~73 年間適逢基隆港貨櫃裝卸量快速成長，故依當時之資料所推算之預測值，恐將會有偏差之虞，因此，本司現已繼續增補 73~78 年之貨櫃營運資料，重新進行運量模擬預測，期以最近之統計資料，重新檢討成長趨勢，以修正過去之預測值在時空轉變下已產生之偏差。
- 三、聯外交通系統中原規劃之聯外道路由於基隆港西岸港區聯外道路已完成定案規劃，且部份路段亦已開工，則原規劃之聯外道路路線勢需再做調整，主要修正目標仍應以考慮如何銜接西岸港區聯外道路為主，另並需考量新港完成後所產生之交通流量如加入現有交通系統中可能導致之影響。
- 四、按原計畫所需填築土石方數量極大，且其來源多數係仰賴由基隆市政府配合新港開闢新市區所產生之廢棄土供作為填築使用，然若新市區開發案未能順利配合新港施工時進度，則填築土方之來源將有缺乏之慮，且由於兩案分屬兩不同機關辦理，彼此間之配合協調將整體計畫之推展有重要之影響。
- 五、本案計畫港區範圍涵蓋外木山、大武崙兩漁港，如依原計畫方式，勢須進行遷港、遷村，但由當時之民意調查顯示，村民對於遷移之意願反對者居多，且因全案迄今已延滯 5 年左右，外木山漁港擴建計畫亦多已陸續完成，未來若欲再辦理遷港、遷村計畫，勢必造成反應意識高漲，溝通更形困難，不僅將須負擔高額之賠償費用，亦難避免會有其他之抗爭行動產生。
- 六、原計畫範圍內仍涵括有協和電廠，而其進、出水口改善問題必須尋得徹底解決辦法，如依原構想方式將溫水排入港區內，且

同時自港區內取水時，則對於港區水域背景溫度抬昇影響及港區水質污染問題，仍需再審慎評估，否則對發電機組之運轉將有不良影響。

七、本案工程數量極大所需石料數量極為龐大，原計畫中雖已針對各項料源有所規劃，但近年來又有部份地區採石管制更加嚴格，北部地區為配合多項重大建設推展，石料來源已有匱乏之慮，現今對既存料源之可供應量仍需重行評估，方能確保工程進度之順利推展。

八、依民國 75 年之物價水準，全案概估總工程費即已高達新台幣 1,022 億元左右，如再以近年來物價及工資之上漲趨勢重新估算，目前所需籌措之工程費用勢將更為可觀，且依原計畫之經濟效益分析結果，若僅只考慮直接效益部份，其各期工程益本比均小於 1，倘再加上間接效益部份後，其益本比方能大於 1，因此，面對如此龐大之建港計畫，其投資金額及效益皆已因時空變遷而有所變化時，實仍有必要依據目前物價水準，重行估自算投資費用，並審慎考量資金籌措來源之可行性。

陸、待進一步研究之方向

由於在北部地區極需興建貨櫃碼頭之議，既已獲得各界之共識，且又由統計資料證明北櫃南運現象仍極嚴重，為因應貨櫃成長需求，降低陸運成本，同時並疏解高速公路擁塞現象，闢建基隆新港計畫對於達成前述各項目標功能而言，仍極具價值。

惟對原計畫方案之可行性，因仍有諸多問題極待重行深入探究，因此，對於本案未來進一步之研究方向，茲分別說明如下：

一、由於近 5 年來貨櫃運量成長趨勢與 73 年以前之統計資料相較，顯示略有緩和趨勢，且因近年國內服務業興盛，工業生產毛額之成長亦不復往昔之快速，因此對於未來運量成長之預測，確有必要重行檢核修正，並適時調整原計畫之規模。

二、考量近年來相繼定案之相關工程計畫，包括公路路網之改善（第二高速公路計畫、北宜快速道路……等）、各港之擴建計畫（高雄港第四、第五貨櫃中心擴建計畫），將對未來貨物運量之分配有所影響，因此，重新進行運量分配模擬即為當前極重要之研究工作。

三、原規劃方案中不論防波堤長度及碼頭數量均極龐大，且由於所需港域範圍過大，勢須將防波堤佈設於 50～60m 水深處，對工程技術而言極為艱難，為降低工程困難度提高技術可行性，應考慮參照重新檢核之運量預測結果，調整新港區之佈置方案，並依運量成長需求，分期逐步擴建。

四、對於新港計畫之佈置方案，應依據運量預測之結果作適度調整，重新檢討修正，並建議應以下列諸項原則作為規劃目標：

- (一) 新港興建計畫實際應為基隆港之貨櫃碼頭擴建計畫，主要目標功能仍應以增建貨櫃船席、提昇貨櫃裝卸效率、減少北櫃南運現象為重。
- (二) 初步建議依據民國 110 年之貨櫃成長預估量作為規劃基準，擬定貨櫃碼頭闢建方案。
- (三) 新港未來最大進港船舶，計畫可提供第四代貨櫃輪靠泊，裝載容量約在 4,000 TEUS 左右。
- (四) 由於港址水深條件特殊，對於水域設施佈設原則，首先應考量迴船水域面積及碼頭後線用地之需求，同時將防波堤及碼頭儘量佈設於水深較淺處，以減少工程費並提高施工技術之可行性。
- (五) 聯外交通系統主要必要興建新港聯外道路，連接目前設計興建中之西岸港區聯外道路，並進而銜接北部第二高速公路，藉以疏解貨櫃車運量。
- (六) 協和電廠進、出水口需同時配合改善，但以不影響電廠運轉為原則。

(七)預留漁港航道，對於外木山漁港及漁村問題應以儘可能不遷建為原則，避免造成漁民抗爭問題。

五、新佈置方案之研定，仍需進行流況及遮蔽效應數值模擬、不規則波水工模型試驗、操船模擬試驗等工作以作為驗證及檢核依據。

六、對於新方案之各項基本斷面之研擬，必需針對工程技術及施工方法詳加探究，材料數量及來源亦需確實估算，先行完成料源供應問題評估。

七、工程費用及工期之概估，乃至資金籌措方式，均應於完成定案規劃後，參照目前之物價基準確實估算，以進行經濟效益分析，提供決策主管機關參考。

柒、結語

基隆新港計畫之可行性，經歷數年，迄未獲定論之主要原因，並非在於基隆港是否需要擴建，而應在於過去規劃時之基本假設條件，因時間延擱多已有所改變，原先預估之運量、工程費及工期等，都與現況之差距日愈趨大，原計畫方式之執行條件，愈趨困難，且由於港址水深過深，國內施工技術尚未能有完全之肯定把握前，對於鉅額之投資經費，更令決策單位猶豫不決，然基於提昇基隆港服務水準，因應營運成長需要及船舶大型化趨勢以及減輕北櫃南運現象……等問題，基隆新港之闢建亦有其絕對之必要性。因此，對於基隆新港計畫之可行性再研究，主要目的亦將是參照修正後之運量需求，研擬適切、可行之新規劃方案，在工程技術、施工方式、料源供應及相關問題皆能妥善解決之情形下，促使基隆新港計畫早日執行，徹底解決基隆港擁塞問題，以期突破營運瓶頸。