

花蓮港港灣設施改善計畫之研究

第五子計畫 防波堤改善方案

目 錄

壹、前言.....	1
貳、以往規劃案之檢討.....	2
參、舊東堤改善研究.....	8
肆、新東防波堤延伸之研究.....	24
伍、改善方案之研究.....	33

五、防波堤改善方案研究

壹、前言

花蓮港為台灣東部地區唯一之國際港口，最初之建港目標，僅為供砂糖輸日及作為環島航運之港口，進港船舶以三千噸級為對象。本港於民國19年開工，歷經9年於民國28年完成，當時之港埠設施，僅有碼頭410公尺(3席)，航道水深-7.0公尺，東防波堤長1330公尺，堤頂高由+5.0~+10.0公尺不等，西防波堤長200公尺，主要為防止沿岸漂砂。台灣光復後，一直到民國48年，由於吞吐量之增加，原有碼頭已不敷使用，乃有第一期擴建計畫之執行，增加萬噸級碼頭(水深-9.0公尺)二座長320公尺，並拓寬航道為90公尺及浚深港內部分水域。民國52年9月1日正式開放為國際港，並進行第二、三期內港碼頭擴建，第三期擴建自民國63年7月開工，至民國66年底完成，計增加深水碼頭8座，使得花蓮港碼頭總計達16座。但因受限於進港航道及港內水域狹窄，亦僅能勉強進出一萬五千噸級船隻。其後為因應航運發展之需求，因此民國65年起規劃第四期外港擴建工程，計畫擴大港池水域及航道，並興建可供十萬噸級船舶靠泊之深水碼頭，第四期擴建工程於民國67年7月1日正式開工，民國80年完成，除可配合東部天然資源開發外，並可帶動整體性之經濟繁榮。

四期擴建主要工程為防波堤、碼頭、沈箱渠及填築新生地，防波堤全長2,837公尺，其中東防波堤長1,837公尺，西防波堤長1,050公尺，並在距東防波堤堤頭300公尺處有一長25公尺之突堤，碼頭工程為深水碼頭9座，總長2,210公尺，其中17、18號碼頭水深-12公尺，供萬噸級輪船靠泊，19~24號碼頭水深-13.6公尺，可靠泊60,000噸級PANAMAX散貨輪，25號碼頭水深-16.5公尺，可供100,000噸級煤輪停靠。

貳、以往規劃案之檢討

由於最早之花蓮港(亦即目前之內港)係日據時代所規劃，並無資料可供查詢，最早之平面佈置如圖5-1所示。爾後之第二、三期擴建，由於均係以逐步進行內港之擴建為主，因此亦無所謂之規劃案，目前有關花蓮港之相關規劃案均係以外港擴建為主，自民國65年起依序有如下之規劃檢討。

一、花蓮港外港擴建規劃報告

(一)計畫背景

由於花蓮港第三期擴建工程完成後，亦僅能勉強供一萬五千噸級船隻進出，同時鑑於花蓮港無修船設施，因此在配合政府長期發展交通運輸建設事業而新建台中、蘇澳兩港之際，而有花蓮港外港擴建之議。

(二)計畫內容

本計畫為民國65年10月由花蓮港務局委託中華顧問工程司辦理，由於受限於當時之港區佈置(僅有內港部份)，因此無論就其發展規模、性質、位置等而言，均與闢建新港相同，故其規劃內容、程序均與新港之規劃相同(如圖5-2)。

(三)計畫檢討

本規劃之結果，主要作為第四期擴建之依據。但當初完成之平面佈置分近期及遠期計劃，所謂近期亦即第四期擴建之工程範圍，但其佈置與目前完成之佈置略有不同，除了因修正規劃目標由原50,000DWT型船改為6萬噸外，更由於水工模型之結果，以致防波堤堤線位置及長度均改變，且碼頭之佈置亦作了大幅度之修正，而成了如今之佈置。

二、花蓮港擴大外港計畫可行性研究報告書

(一)計畫背景

由於花蓮港係以裝卸散貨為主，而當時進行中之外港擴建規劃，僅能勉強容納十萬噸級船舶靠泊，無法滿足當時航運界為節省航運成本，散貨輪趨向巨型化之需求，因此考慮未來之需要，而以十五萬噸級散貨輪為規劃目標。

(二)計畫內容

本計畫為民國74年1月由花蓮港務局委託中華顧問工程司辦理，本計畫分甲、乙兩案，甲案為修正四期擴建計畫，同時又進行五、六期擴建，乙案則增設迴船池，並延伸防波堤(如圖5-3)。

(三)計畫檢討

本案主要係為因應散貨輪巨型化之趨勢，將進行中之四期擴建計畫加以修正，使花蓮港具有容納15萬噸級船舶進港之可能，但由於第四期工程完成後花蓮港之營運量並未能如預期般快速增加，以致本案無疾而終。

三、綜合評估

以上兩規劃案均係以擴建外港為主要考量，並未對現有防波堤之問題及應有之改善作相關之研究，因此，只能作為花蓮港未來發展以及延伸東防波堤時之參考。

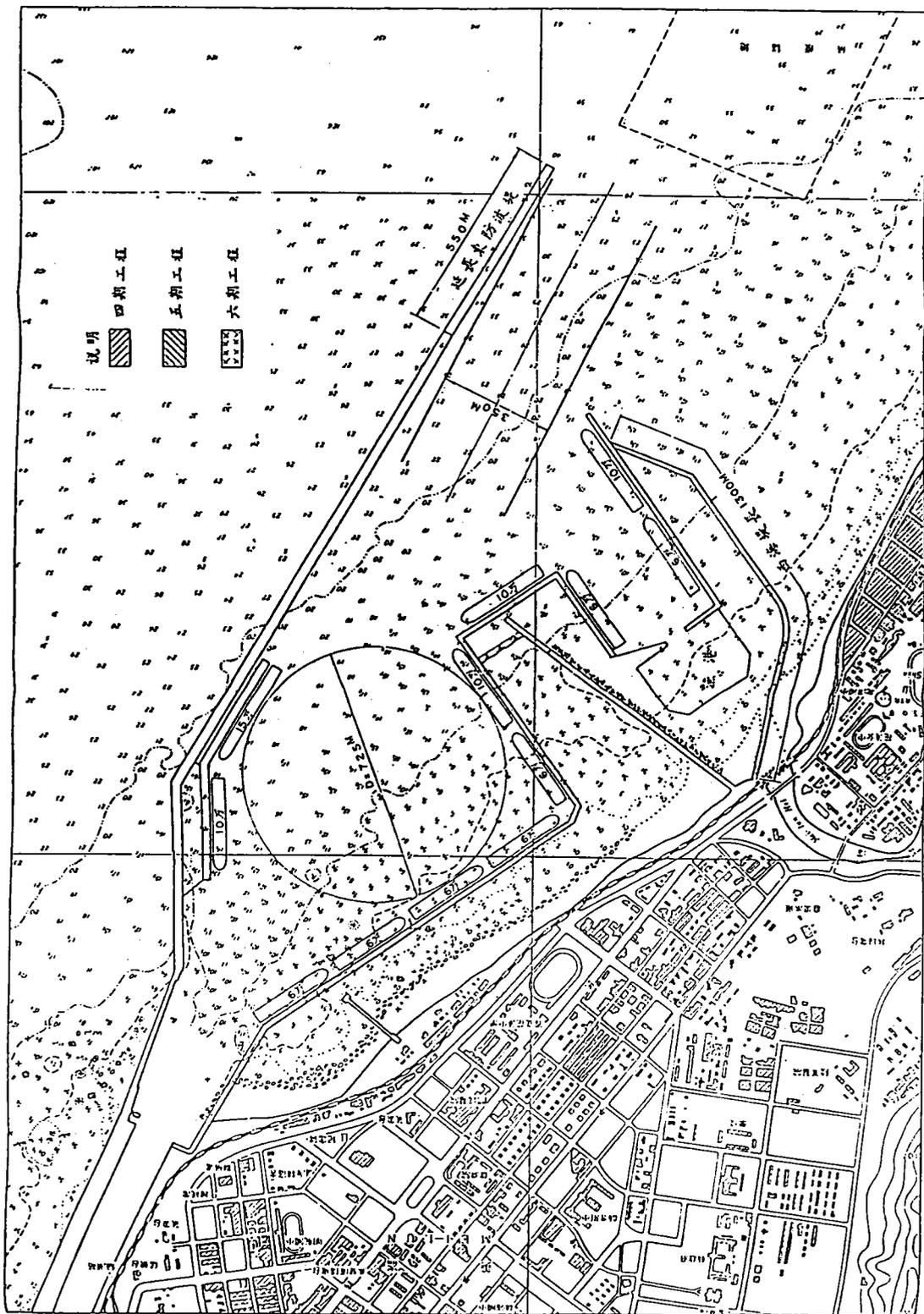


圖 5-3(a) 花蓮外港擴大擴建規劃甲案平面佈置圖, S=1/10,000

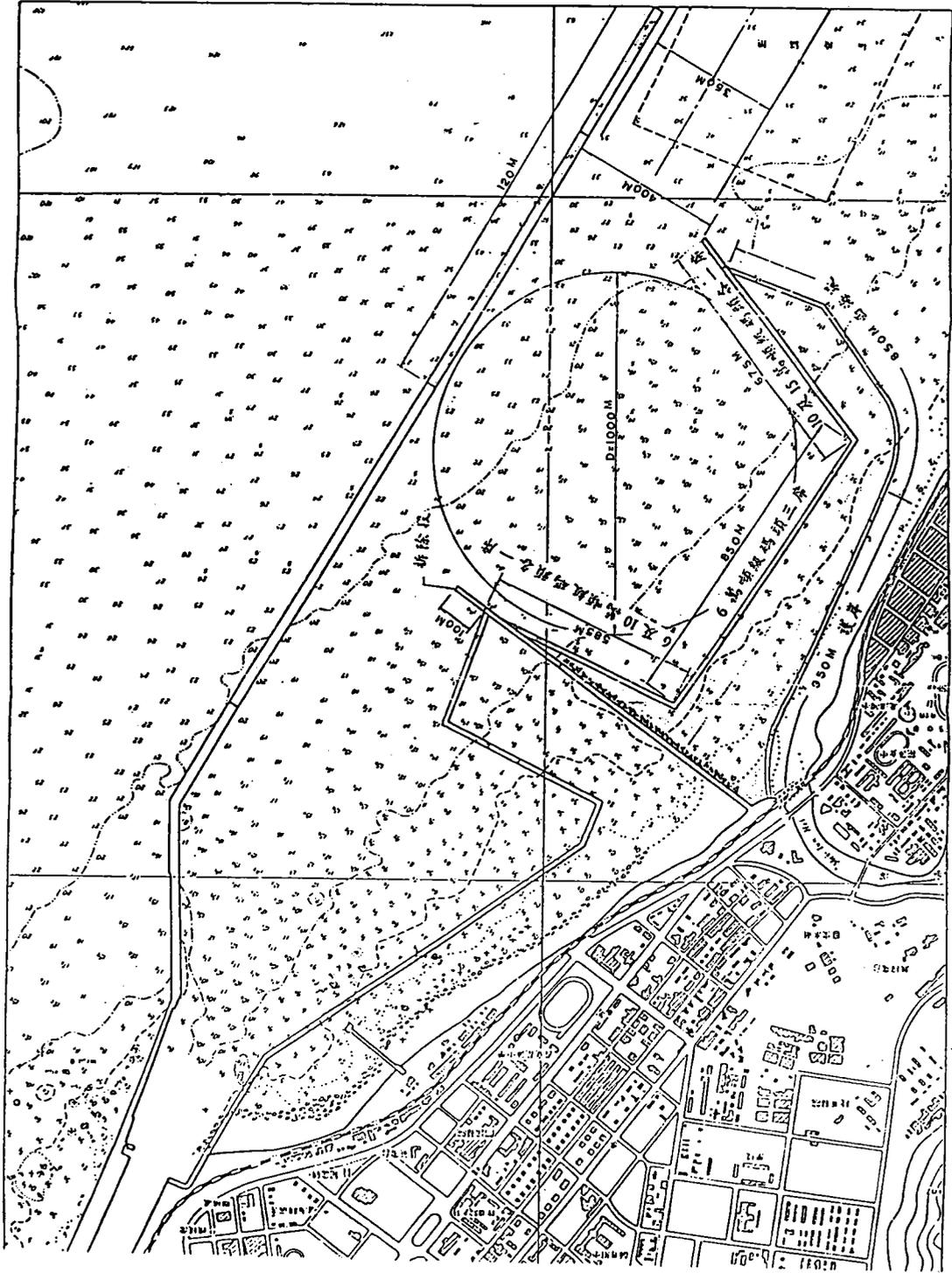


圖 5-3(b) 花蓮外港擴大擴建規劃乙案平面佈置圖 S=1/10,000

參、舊東堤改善研究

一、花蓮港舊東堤概述

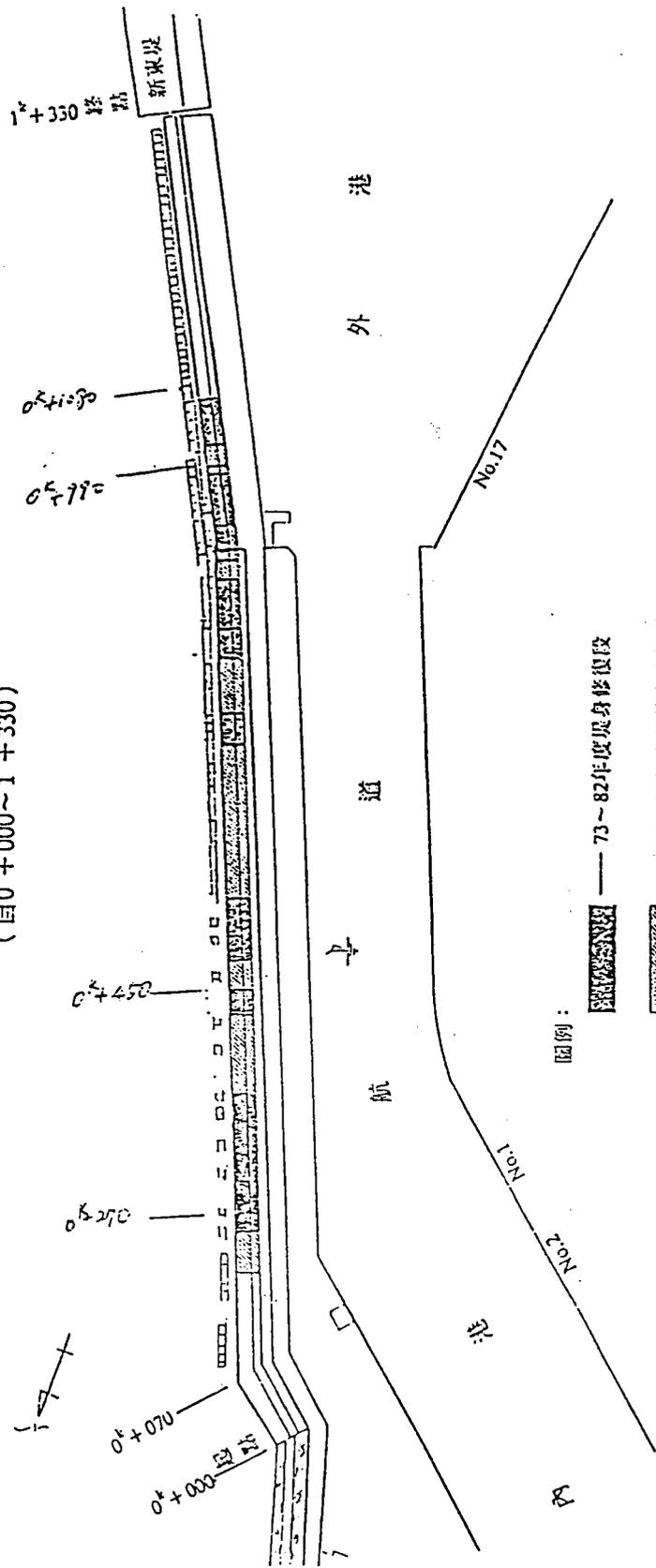
花蓮港舊東堤全長1,330公尺，肇建於民國廿一年，由於當時物質、經費、機具設備等缺乏，因此堤身之建造以採用級配砂或填置卵石為主，並依水深變化區分為五個斷面(如圖5-4)，即0K~0K+270M、0K+270M~0K+450M、0K+450M~0K+990M、0K+990M~1K+80M、1K+80M~1K+330M，其中除0K+990M~1K+080M係方塊疊置，1K+080M~1K+330M為沉箱構造外，其餘990公尺皆係採方塊疊置而成之合成堤式，其堤心則採用級配砂石或填置卵石，堤面再澆置一公尺厚度之 $210\text{Kg}/\text{cm}^2$ 之混凝土，內側堤面澆置五十公分厚 $210\text{Kg}/\text{cm}^2$ 混凝土，其胸牆部份採 $140\text{Kg}/\text{cm}^2$ 混凝土澆製，由於其混凝土採用低強度值，復因終年受颱風、地震及東北季風波浪之侵襲，堤面及胸牆處處龜裂，堤體有下陷及淘空之害，故每年均列有維修經費，以維其效能。

二、現況調查

依本所在民國79年所做之堤面鑽探調查資料顯示，目前本堤堤身嚴重淘空段計有在堤程0K+200M~0K+220M、0K+635M~0K+657M、0K+685M~0K+710M、0K+795M~0K+860M、0K+890M~0K+905M、0K+970M~0K+990M六處，至於胸牆外側堤面及護基方塊部份依花港局實際所做之調查結果：胸牆部份因原使用混凝土強度為 $140\text{Kg}/\text{cm}^2$ 混凝土，故除堤程0K+000M~0K+263M(前段)，0K+910M~1K+300M(後段，已加高)龜裂不嚴重外，中間段計有300公尺龜裂嚴重。外側堤面則除堤程0K+200前段尚完整外，歷年來陸續修復381公尺，餘429公尺均呈龜裂。護基型塊部全堤需補拋200塊。

圖 5-4(a) 花蓮港舊東堤平面佈置圖 82.8.1

(自 0^k+000 ~ 1^k+330)



圖例:

—— 73~82年度堤身修復段

—— 83~88年度設計道修復段

□□□ 83~86年度設計直裂場70⁺根基方塊

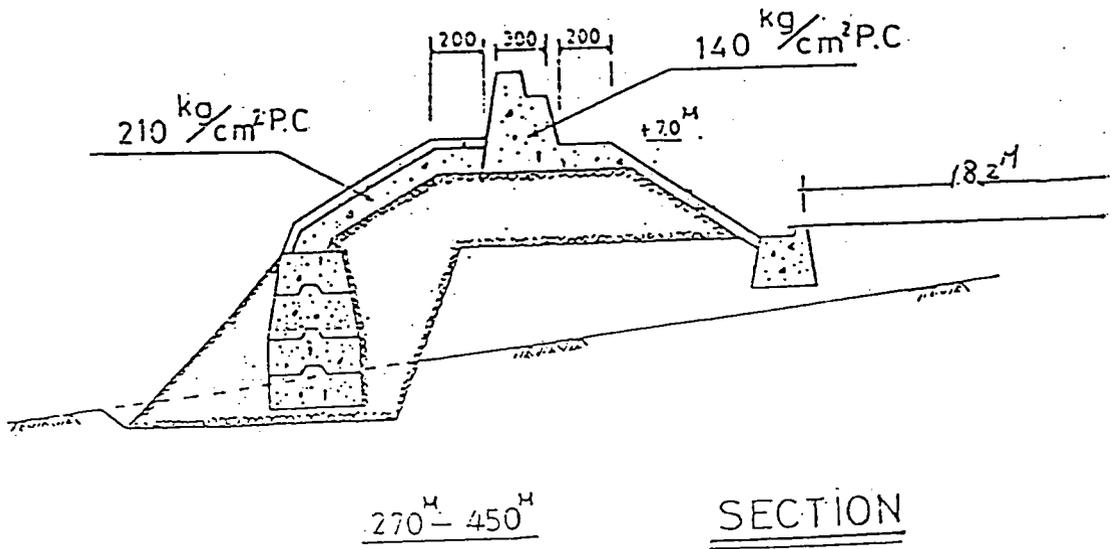
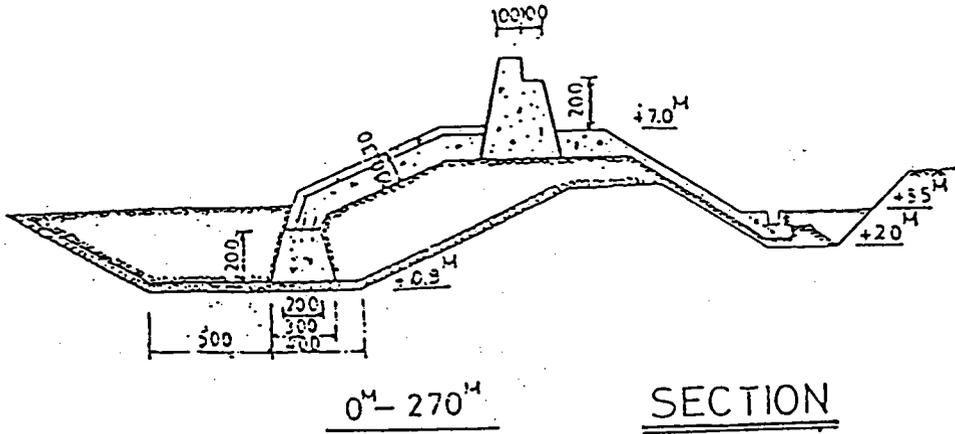


圖5-4(b) 斷面圖

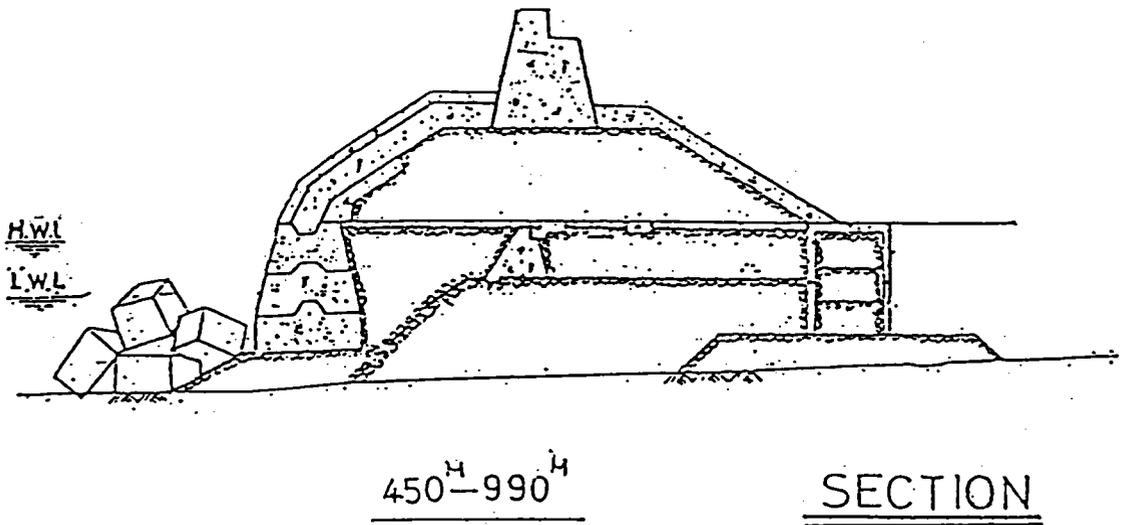
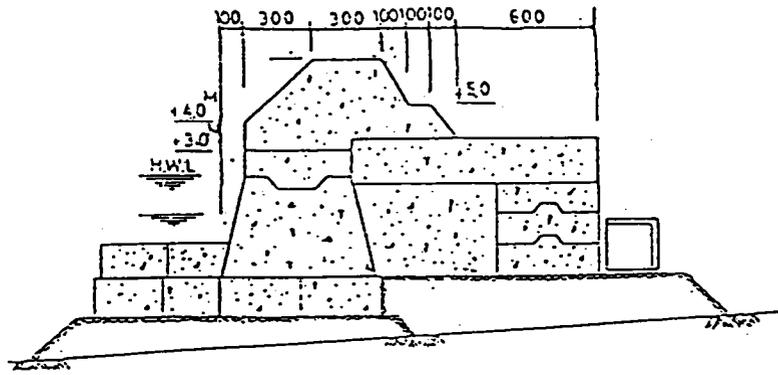
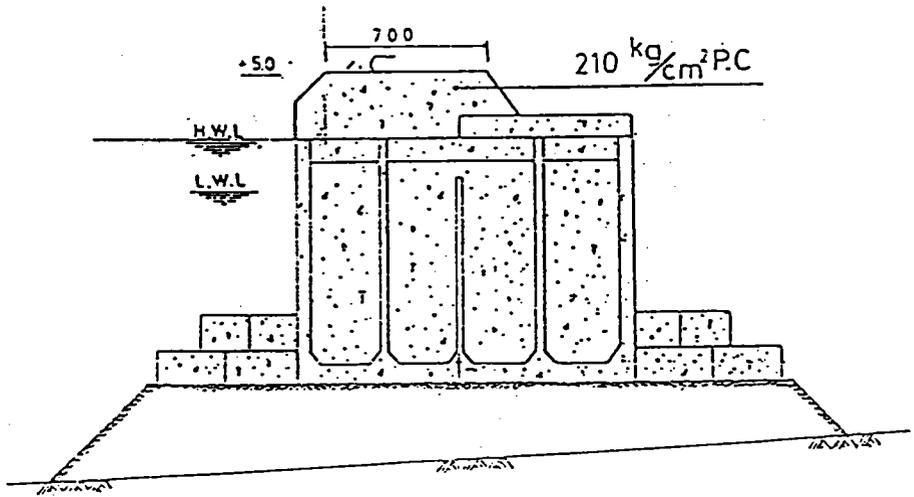


圖5-4(c) 斷面圖



990^M—1080^M

SECTION



1080^M—1330^M

SECTION

S: 1/300

圖 5-4(d) 斷面圖

三、歷年維修概況

由於舊東堤已超過一般混凝土在惡劣環境下使用之年限(壽年約五十年)致近年來災害頻繁，維修費用有逐年增加之趨勢，茲就歷年維修列述如表5-1所示。依表列統計分析，往年除以護基方塊製拋保護堤基外，其基礎沖失之損害及堤身洶空部分均在堤程0K+200M~0K+990M之間，亦為本堤受破壞最嚴重區段，應為今後本堤維護加固之重點。

表5-1 花蓮港舊東堤歷年維修狀況

年度	起訖樁號	維修內容	工程費(元)	備註
69	1 ^k +250~1 ^k +330	40T雙T塊製拋85個	2,255,277	保護堤基
70	1 ^k +100~1 ^k +200	20T雙T塊製拋114個	3,767,310	保護堤基
71	1 ^k +090~1 ^k +100	20T雙T塊製拋14個	905,890	保護堤基
72	0 ^k +438~0 ^k +524 0 ^k +070~0 ^k +175 0 ^k +438~0 ^k +524	130T雙T塊製拋9個 60T雙T塊製拋25個	2,650,733	保護堤基
73	1 ^k +005~1 ^k +046 1 ^k +005~1 ^k +045	堤身修補1500M ³ 40T雙T塊製拋40個	6,017,180	1. 堤身洶空修復41M 2. 保護堤基
74	0 ^k +890~0 ^k +981	堤身修補4,400M ³ 及20雙T塊拋50個	7,129,122	堤身洶空修復91M及胸牆坍塌85M
75	0 ^k +495~0 ^k +530 0 ^k +215~0 ^k +289 0 ^k +890~0 ^k +981	堤身修補615M ³ (35M) 堤身修補1,227M ³ (74M) 20T雙T塊50個	4,937,894	1. 堤身洶空修復109M 2. 保護堤基
76	0 ^k +230~0 ^k +690 0 ^k +290~0 ^k +360	70T方塊製拋30個 堤身修補70M	5,011,509	1. 保護堤基 2. 堤身洶空修復70M
77	0 ^k +070~0 ^k +200 0 ^k +200~0 ^k +700	70T方塊製拋25個 70T方塊製拋58個	4,434,276	保護堤基
78	0 ^k +070~0 ^k +220 0 ^k +420~0 ^k +990	70T方塊製拋167個	8,258,490	保護堤基
79				
80	0 ^k +800~0 ^k +830 0 ^k +891~0 ^k +911 0 ^k +975~0 ^k +991 0 ^k +095~1 ^k +100	堤身修補71M 胸牆修補85M	6,759,000	歐菲莉及黛特颱風災害堤身修復71M
81	0 ^k +440~0 ^k +459 0 ^k +554~0 ^k +579 0 ^k +721~0 ^k +740 0 ^k +828~0 ^k +838 0 ^k +712~0 ^k +738 0 ^k +828~0 ^k +838	堤身修補78M 胸牆修補36M 70T方塊製拋30個	5,753,385	堤身修復78M
82	0 ^k +200~1 ^k +100 0 ^k +514.3~0 ^k +554.3	70T方塊製拋46個 堤身修補40M	6,245,471	堤身修復40M(83年度預算提前使用)

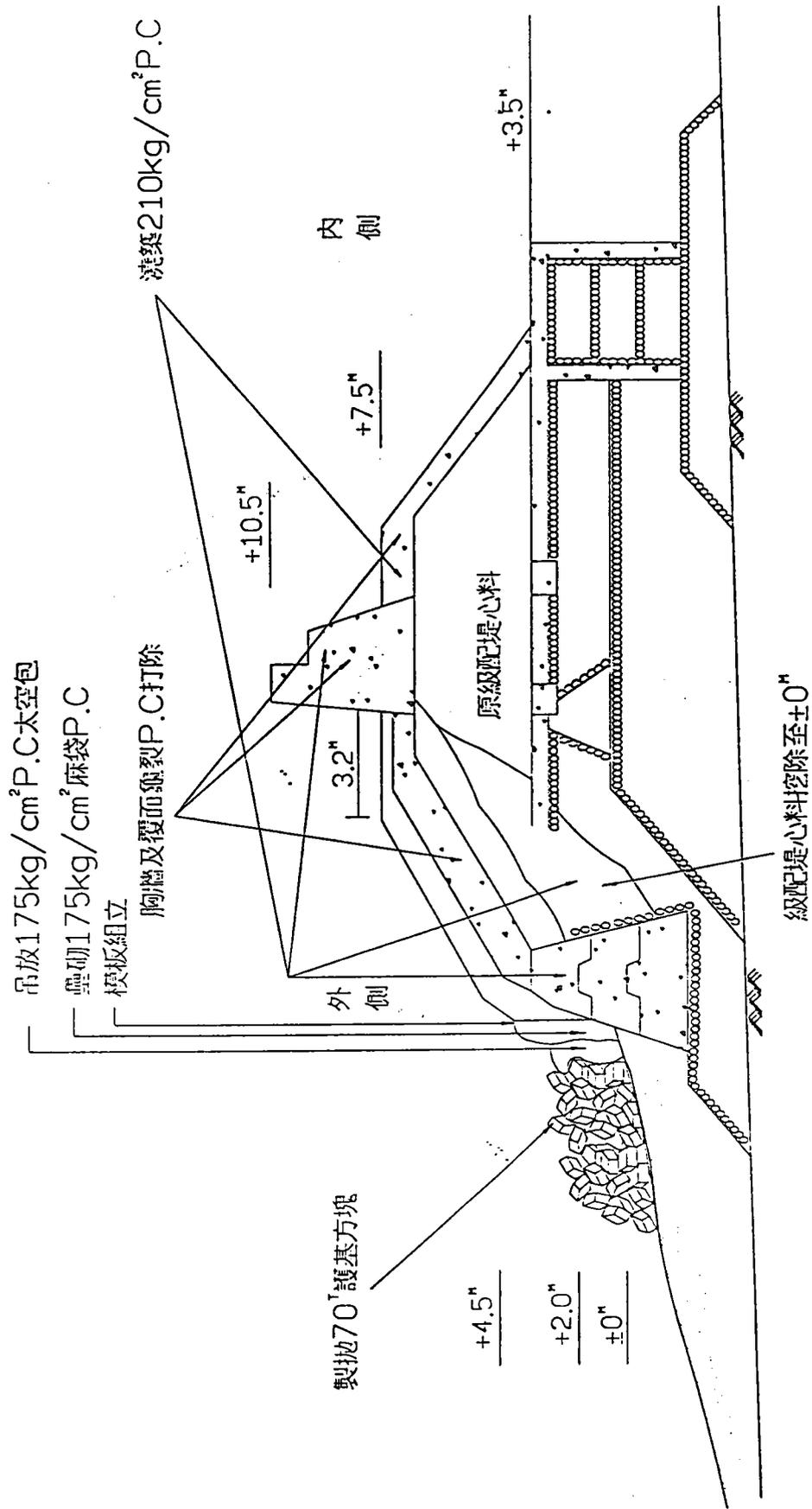
四、現行維修方式之探討

為徹底解決舊東堤淘空下陷情形，花蓮港務局曾於79年間委託本所進行「舊東堤堤身灌漿加固修復可行性研究」經鑽心取樣顯示成效不佳。至於堤外築堤方式，雖可保護舊堤，減少災害，但本港東堤外海浪濤洶湧，暗礁多，施工機船作業困難，風險大，一年中實際可工作天數不多（約三~四個月），尚需顧慮到施工中之災害，拋置之消波塊流失，無法測計之波流，地震以及海床變遷所造成海底波流變化沖擊影響，且在時效上可能亦緩不濟急。

另花港局亦曾在淘空情形不嚴重之堤身，以鑿孔灌入之方式塞填堤身，但效果亦不佳，僅可作為避免淘空情形繼續擴大之臨時措施，若干年後仍不保再遭破壞。故近幾年來花港局均採用舊堤加固法，在顧及本港環境與地質形態，且能在經費、時間控制、風險程度上均能顧及，應在不影響自然條件情況下，以治標方式依據損壞程度分階段作整體性之加固維護，以延長本堤使用壽年，其施工順序如下：破碎堤身舊混凝土，挖除堤心級配料至零水位高程→外側模板組立→澆灌210Kg/cm²P.C，使堤身形成一巨積混凝土之不透水構造，穩定堤體(如圖5-5)，不再受淘空坍塌之害，經此澈底整修之堤身，迄今尚未發現有再遭破壞之情事，效果良好。

五、其他維修方式之探討

花蓮港舊東堤之改善，業已困擾花港局多年，其間雖有各界人士提供各種方案及構想，但目前為止，仍以傳統方式維修最具實績，不過由於本堤已超過一般使用年限，以傳統方式維修應屬短期之治標方案，亦即將來亦有可能再發生同樣之現象。因此，為一勞永逸解決東防波堤之問題，有需要研擬治本方案。綜合這些年來，各界所提之治本方案大致如下：



150M~990M

圖 5-5 堤身淘空搶修示意圖

(一)將原舊東堤拆除，並於舊東堤外側重新築堤。

優點—1.一勞永逸解決舊東堤問題。

2.可擴大內港航道水域。

缺點—1.工程經費龐大，概估約需新台幣三十五億元。

2.最適堤線位置需先經模型試驗分析評估效果，費時較長。

(二)於舊東堤(接近新東提交角處)外側再築一道堤保護，同時作消波設施，計長四二〇公尺。

本構想係於0K+910M~0K+1080M以消波型塊作護坡排列一七〇公尺，並在0K+1,080M~0K+1,330M以消波胸牆沈箱結構形式作二五〇公尺(如圖5-6)。

優點—1.經費較省，估計約需新台幣四億八仟萬元。

2.可有效達成消波及保護效果。

缺點—1.保護舊東堤範圍距離太短(僅四二〇公尺)尚有大部分不能解決。

2.往年拋放之雙塊必須清除後方能施工，施工船機不易靠近，施工恐有困難。

(三)以第二案為主，第二案未能保護部分設置1000M×300人工砂灘，並於舊東堤海側堤基處鋪設50公分厚緩坡，斜入海邊-1M高程處(類似小型船渠外側之防高浪堤)，寬度約50公尺(如圖5-7)。

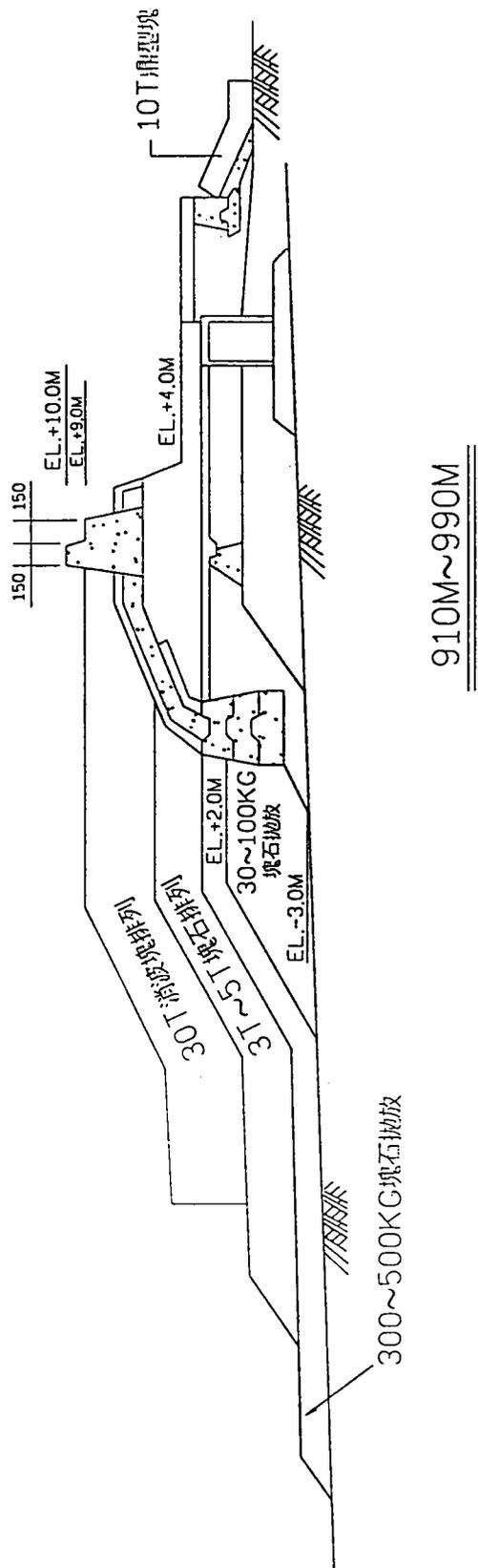


圖 5-6(a) -3m水深段修繕斷面示意圖

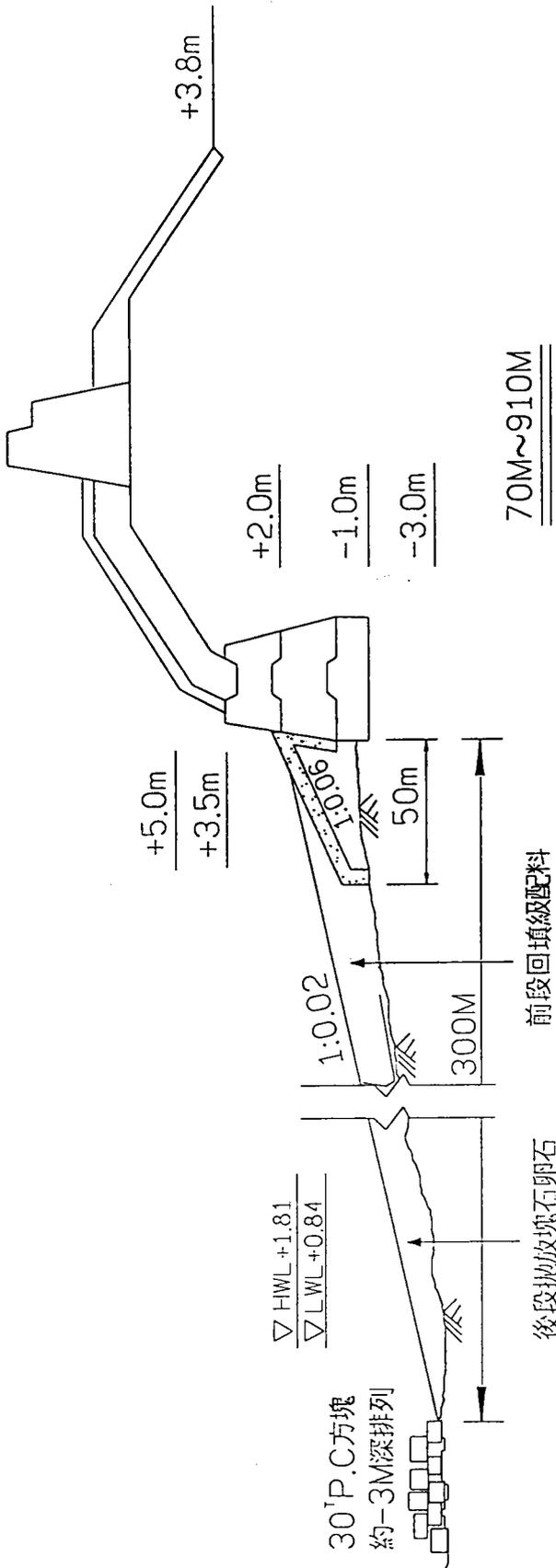


圖 5-7 修繕斷面示意圖

優點—1. 經費適中。計需級配料或卵石七十萬立方公尺，三十噸消波形塊三五〇個，堤面四萬平方公尺，約需經費一億七仟萬元，再加上第二案估計約四億八仟萬元合計經費約六億伍仟萬元。

2. 消波效果經防高浪堤驗證效果顯著。

缺點— 1. 一年中能施工天數少，影響工期。

2. 級配或卵石容易流失，維護費用較高，或由美崙溪口挖沙補充。

3. 施工期間遇颱風或休工期間須有保護措施。

(四)於東堤外側水深-8.0M處排放消波潛堤一道1,200公尺用以消滅入侵之波能(如圖5-8)。

優點—1. 能消滅部分入侵波能，達到保護東堤目的。

2. 潛堤至東堤間(水位-0M~-8M之間)借自然之力量有可能形成淺灘，保護舊東堤不再淘空。

3. 保有原舊東堤淘空部分修護後不再被浪破壞。

缺點—1. 初估經費約十二億元。

2. 潛堤之安定性仍有疑慮。

(五)綜合評估

1. 第一案：舊東堤外側重新築堤，並拆除原舊東堤，才可一勞永逸解決舊東堤問題，但新堤位置之選擇，應配合花蓮港未來之整體發展，特別是解決港池不穩靜等問題，應一併考量，所以，應以此案為主，進行治本方案之研擬。

2. 第二案：由花蓮港務局所提供之資料顯示，此段並無堤身老化之現象，堤體石料亦未流失，因此消波胸牆、消波型塊之功用，主要應係為減少越波現象，雖亦可減小堤身之受力，但與舊堤維修無直接關係。同時此案並未對堤體石料流失，堤身下陷提出具體對策，故其應屬越波對策，而非堤身老化對策。

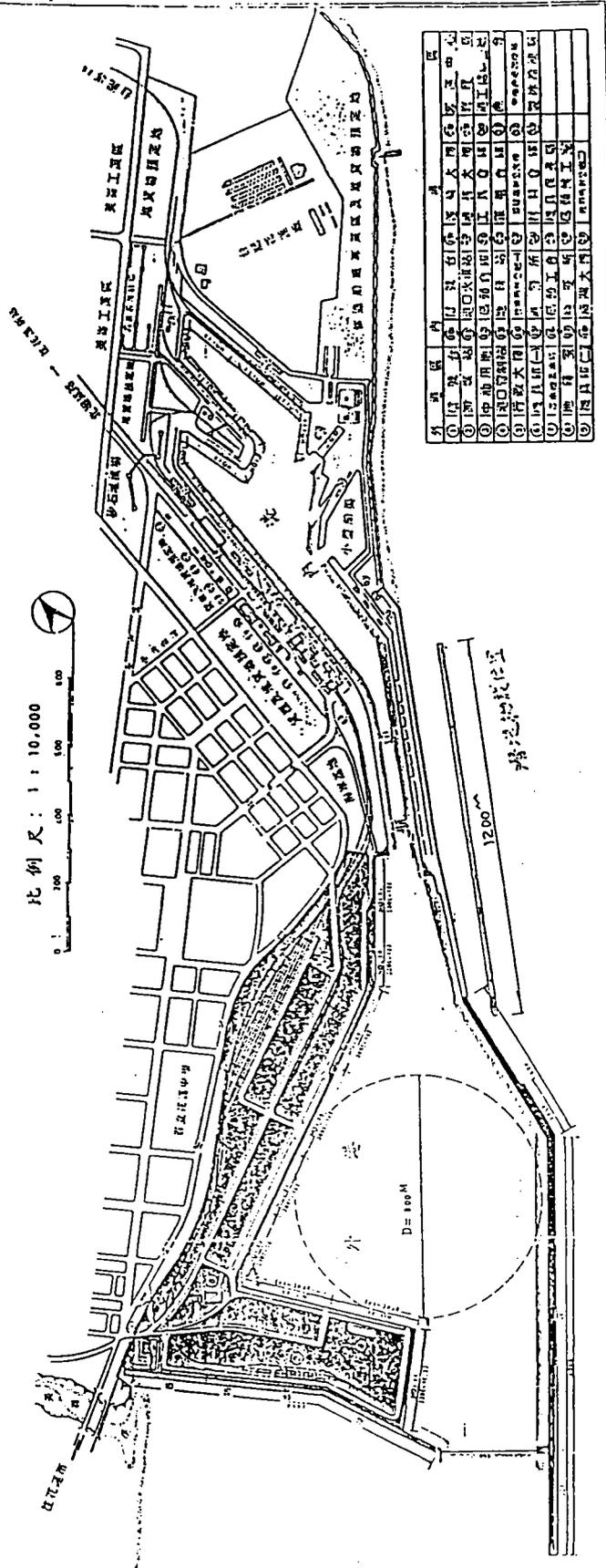
3. 第三案：設置人工砂灘1000M×300M，施工期間，如何穩住此砂灘之流失，有待進一步之研究，同時此案亦未提及如何維修老化之堤身。

4. 第四案：於東堤外側水深-8.0m處排放消波潛堤一道1,200公尺，理論上而言可減小入侵之波能，以保護舊東堤，但潛堤設置位置與安定則有待進一步研究。



附圖

花蓮港港區平面圖



外	港	區	內	各	項	建	築	名	稱
①	港	池	地	線	(1200)				
②	港	務	工	程	區				
③	火	災	防	護	區				
④	小	島	碼	頭					
⑤	港	池	地	線	(1200)				
⑥	港	務	工	程	區				
⑦	火	災	防	護	區				
⑧	小	島	碼	頭					
⑨	港	池	地	線	(1200)				
⑩	港	務	工	程	區				
⑪	火	災	防	護	區				
⑫	小	島	碼	頭					
⑬	港	池	地	線	(1200)				
⑭	港	務	工	程	區				
⑮	火	災	防	護	區				
⑯	小	島	碼	頭					
⑰	港	池	地	線	(1200)				
⑱	港	務	工	程	區				
⑲	火	災	防	護	區				
⑳	小	島	碼	頭					

圖 5-8 設置消波潛堤佈置

肆、新東防波堤延伸之研究

有關花蓮港新東防波堤延伸之研究，至目前為止，雖有外港擴建規劃，但針對東防波堤延伸之研究案僅有民國80年1月由中華民國港埠服務社所作「花蓮港東防波堤延長工程規劃」，以下將以本報告為主作一說明。

一、計畫背景

本規劃工作係於花蓮港第四期擴建工程外廓防波堤接近完成時辦理，其原因是有鑑於60,000DWT以上船舶進港時航道長度略有不足，以及港內對颱風波浪之遮蔽效果欠佳，又因花蓮港港形特殊，為一狹長之港池，逢長週期湧浪傳播至內港，波能無法消散，形成港池不穩靜，嚴重影響內港區船舶之安全，因此在船舶進港航道長度及靜穩度的需求下，考慮延長東防波堤。

本計畫所研議之東防波堤延長八百公尺，實為四期擴建之延續工作，於四期擴建工程初期，即曾有東防波堤再延長800公尺之議，但由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，完工後長度1,837公尺，而未建之八百公尺（即本計畫延伸長度）將俟四期擴建工程完成後，再視港區內狀況及需求予以延伸擴建。

二、計畫內容

東防波堤延伸案共提出四種方案，示如圖5-9至5-12。

A方案：依原建議沿東堤加長800公尺，舊有內突堤拆除前移。

B方案：由堤頭處向內偏轉10度，堤線長度為700公尺，此外舊有突堤拆除前移。

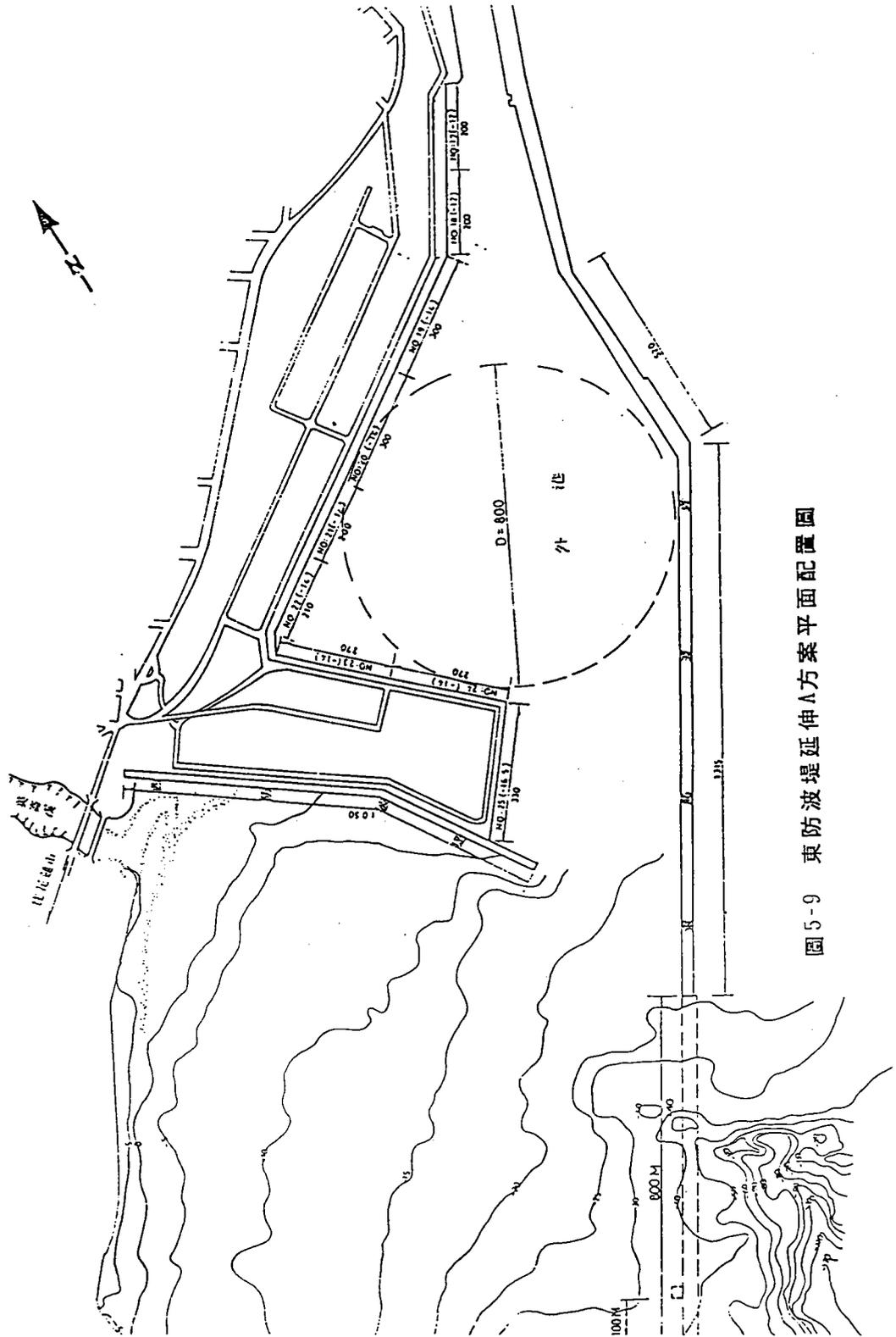


圖 5-9 東防波堤延伸 A 方案平面配置圖

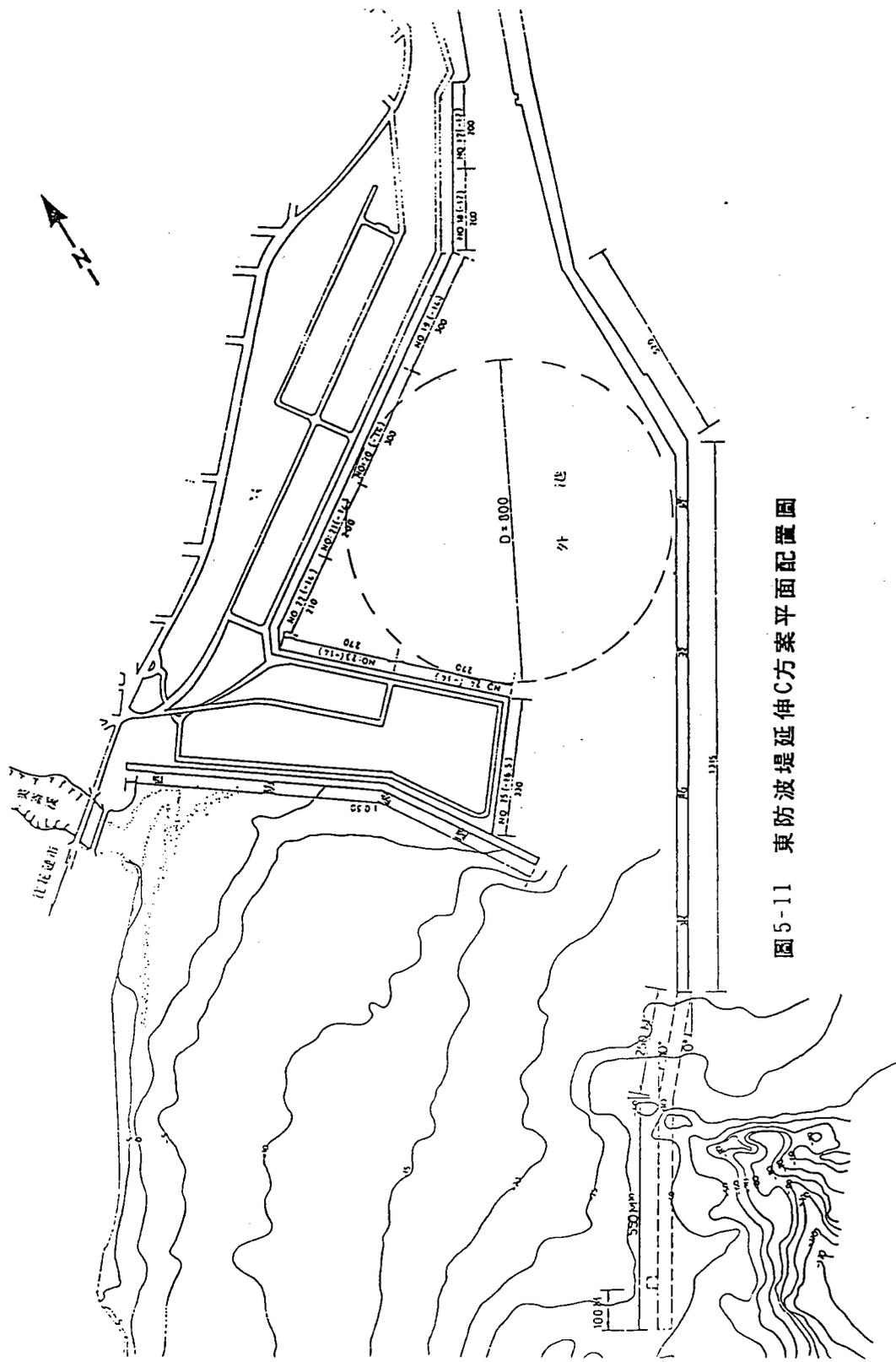


圖 5-11 東防波堤延伸 C 方案平面配置圖

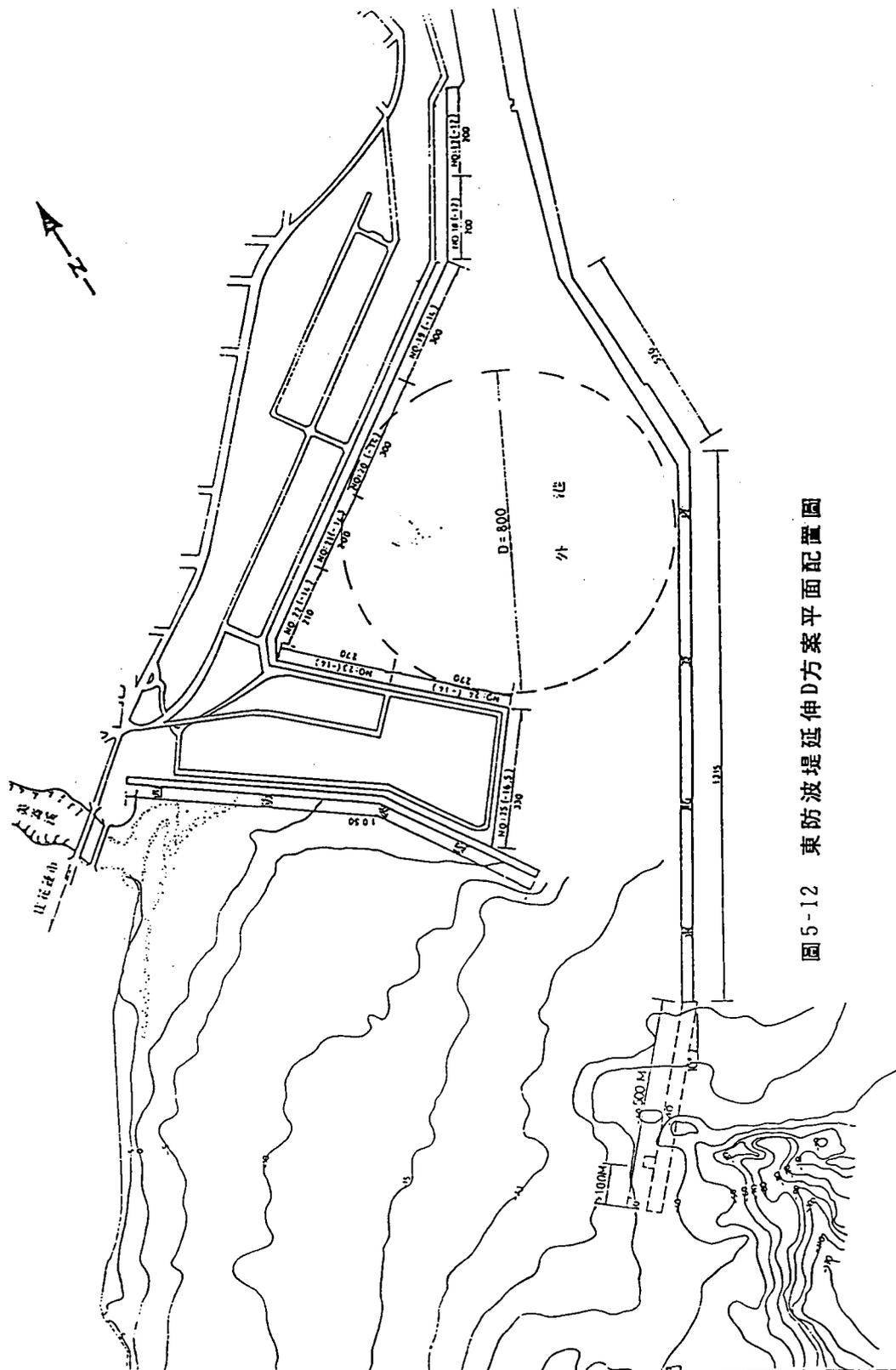


圖 5-12 東防波堤延伸 D 方案平面配置圖

C方案：由堤頭處向內偏轉10度，堤線先配置250公尺後再轉回原堤線之方向上，堤線配置550公尺，總長度仍為800公尺。此外舊有突堤拆除前移。

D方案：同方案之配置，但堤線長度為500公尺。此外，舊有突堤將拆除前移。

本延伸案最大之問題在於延長堤線上270~350公尺間有一橫向深溝，其水深達40~50公尺。

三、計畫內容檢討

(一)港池靜穩度分析

為比較上述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防波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。

經由數值計算得知，無論在東南向或南南東向之波浪入射條件作用下，均以C方案之延伸配置較其他的A、B、D方案能獲得港池內最佳之靜穩程度。

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25號碼頭為代表位置，經以東南向 $H_{1/3} = 11.7\text{M}$ ， $T_{1/3} = 14\text{sec}$ 及南南東向 $H_{1/3} = 10.1\text{M}$ ， $T_{1/3} = 13\text{sec}$ 兩種波浪條件，予以計算東防波堤未延伸前與延伸方案兩者間之差異，其結果如下：

配置方案波浪條件	東堤延伸前（現況）	東堤延伸後(C方案)
SE向	2.5~3.0M	0.3~0.4M
SSE向	3.3~4.6M	0.7~0.9M

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25號碼頭在數值計算測試之波浪條件下，仍有高達2~4M之波高情形出現，造成港內水域不穩定現象，而東防波堤延伸方案C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。

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，而其中以方案C配置為最佳方案。

(二)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內之波能集中無法消散之故，而東防波堤延伸後將可加大遮蔽區之範圍，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。

經由數值模擬分析計算顯示，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，當受週期大於20秒以上的長波作用時，基於長波特性和波向對港內水面振動影響幾無差異，而在週期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，而其中以方案C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

由上述總計更可明確顯示，東防波堤之堤線延伸即可改善港內水域之波高比值。

四、綜合檢討

本規劃案後來未經進一步實施，主要在於工程費太高，水深太深，對於堤身安全(尤其是地震時)及施工技術之信賴度較低。

整体而言，東防波堤延伸對操船及港內靜穩度，應有正面之效果，但對於改善長週期波所造成之不穩靜現象，即使加上其他港內消波設施，其效果仍很難評定。

就花蓮港現況而言，由於本地區最頻風向為東北向，且東北季風波浪比南向氣流波浪高，持續時間亦長，因此港口開口向南南西較有利，而現有防波堤長度，在此條件下亦足夠，唯在SE、SSE方向之颱風波浪作用時，延伸防波堤雖可增進港內之靜穩，但由於颱風時長浪對花蓮港之影響遠勝於颱風波浪之影響，而防波堤延伸卻無法有效阻止長浪之入侵，因此近期而言，並無延伸防波堤之必要。

伍、改善方案之研究

花蓮港東防波堤包含舊東堤及新東堤兩部份，新東堤於民國80年完工後迄今使用良好，但在民國83年時曾遭颱風而使胸牆受損，不過主體沈箱部份並未有明顯之破壞；舊東堤已逾使用年限，而經常維修及改善；以下將針對東防波堤之改善研提改善建議，以供參考。

一、新東堤現況

花蓮港於民國83年7月10日及同年8月7日分別遭受「提姆」及「道格」兩次颱風侵襲，導致東防波堤胸牆、西防波堤消波塊及第25號碼頭消波室嚴重損害，影響營運，花蓮港務局於災後立即通知相關單位人員到現場勘查，檢視受損害之東堤胸牆斷裂、西堤消波塊沖失、25號碼頭面版、消波室梁柱等破壞情形，並探討損害原因，研擬復修方案，以儘速完成修復，恢復正常營運。

二、損害情形：

東防波堤遭受颱風損害情形如下：

自新東堤0K+517M~1K+750M計五段之第三道胸牆港側斷裂沖入港池，斷裂面大部分呈現平整現象，斷裂處距離堤面道路約1.4公尺高，厚約2.3公尺，共長487公尺，另有消波室第三道隔艙牆厚80公分破損20處，堤面道路破裂1,003平方公尺，護墩斷落242個，預估修復經費約一千九百萬元。

三、修復方式

除將破損之RC隔艙、護墩、堤面道路依原設計修復外，為避免將來再度受損，因此擬加強胸牆部分設計，將胸牆厚度加寬50公分，以RC構造由底部+3.5M澆灌至頂部+10.5M，並增加二道剪力樺之設計，另於隔艙牆與胸牆銜接處以#8高拉力鋼筋錨錠，使構造物連成一體，以防隔艙牆再遭破壞。（估計修復費需一千九百萬元）（修復斷面詳如圖5-13）。

另外，本次颱風所致胸牆之破損，雖已修復完成，但由於造成本破損之原因，並未很清楚掌握，因此今後應加強監測作業，而經歷此次颱風，究竟堤體基礎之損壞如何、沈箱堤是否有產生位移、沈箱是否有龜裂等，均應作進一步之調查，以確保新東堤之安全。

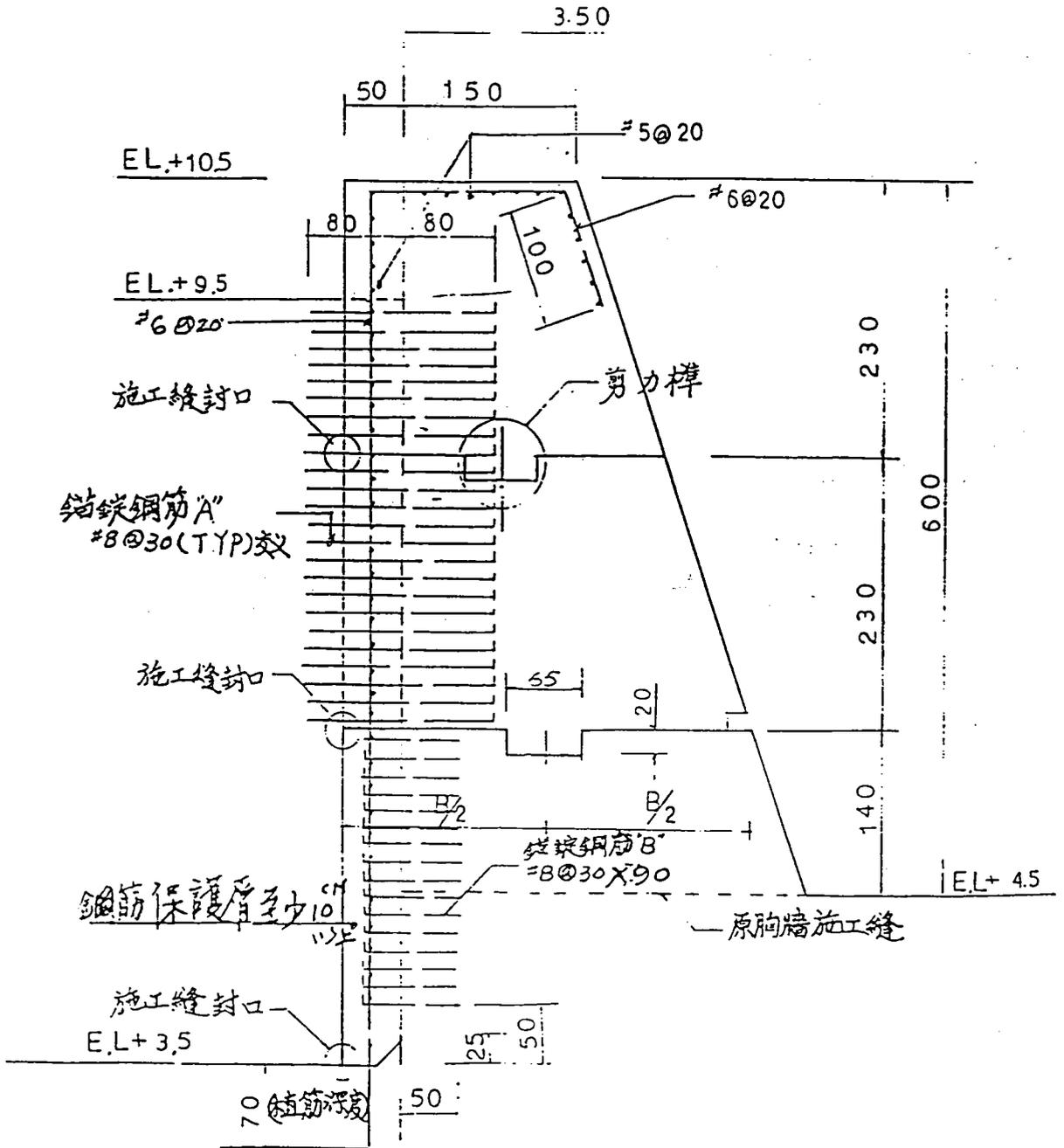
四、舊東堤改善規劃

如前述，為一勞永逸解決舊東堤問題，最好將舊東堤拆除，並於舊東堤外側重新築堤，以下依據不同之堤線考量研擬三個方案，茲分別說明如下：

（一）方案一（詳如圖5-14）

配合小型船渠擴建為花蓮專用漁港計畫，利用圍築新生地之海堤前有一道潛堤，新建一道防波堤與此潛堤相連，長約1,940公尺，並拆除舊東防波堤至與潛堤交接處長1,130公尺，以及第四期東防波堤前段520公尺，如此可得一240公尺之缺口，將使波浪可由此缺口進入淺水緩坡區，消殺波能。因越過潛堤之波浪會在緩坡式海堤上消殺波能，故在潛堤及海堤間之波能不易進入港內，而由港內進入淺水緩坡區之波能則有可能進入潛堤及海堤之間的水域，因此港內之波浪有一宣洩波能之缺口。可使共振程度降低，但其效果必須經數值模擬及水工試驗確定之。

胸牆修建平面圖 1:50



B-B 斷面圖 1:50

圖5-13 修復加強斷面圖

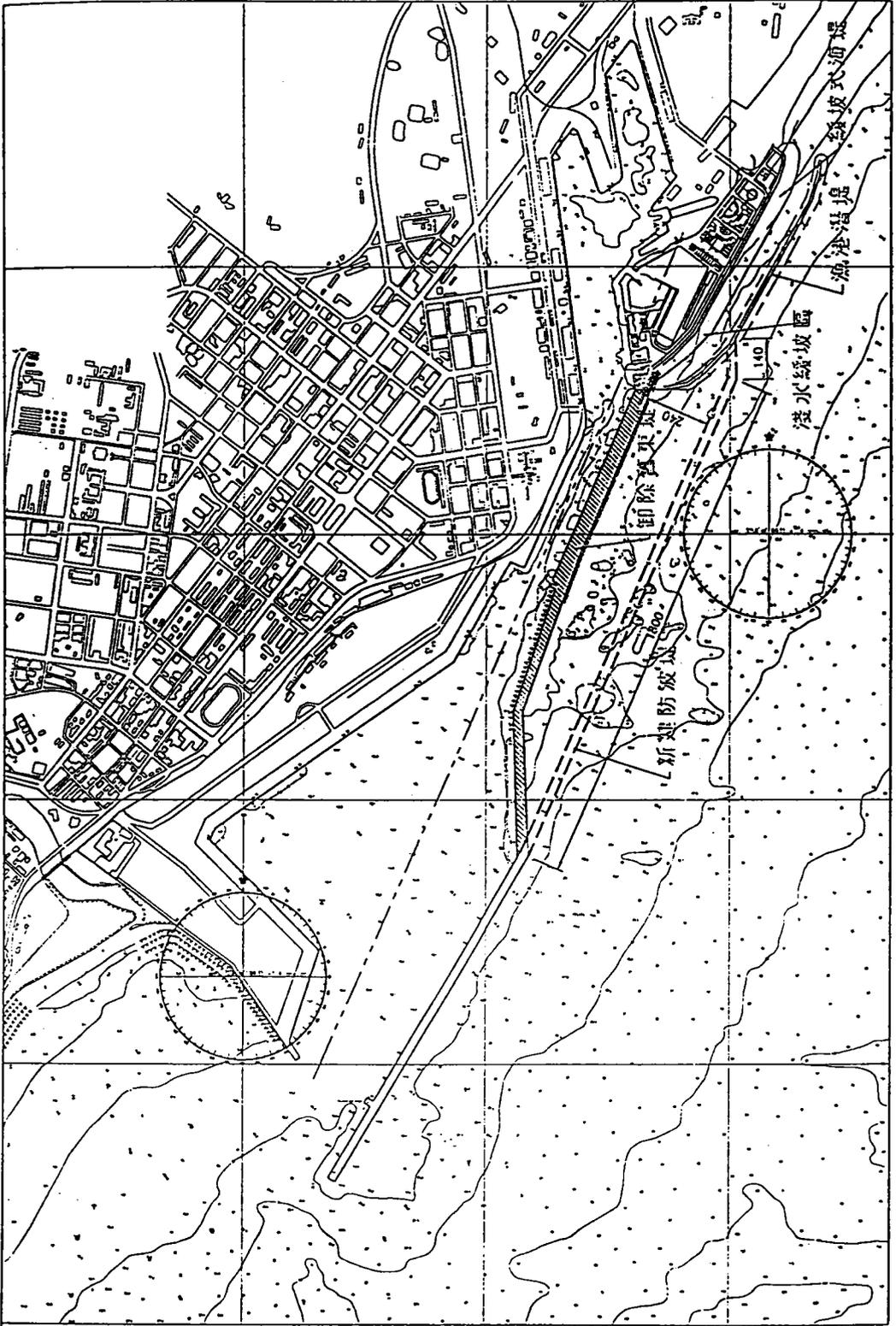


圖5-14 花蓮港東堤改善平面配置圖(方案一)

此方案防波堤所在位置水深大部份在10公尺以內，工程費較省。

另外新建防波堤與現有岸壁之間的距離為380公尺，今若考慮進出內港之貨輪為15,000DWT，而同時又有100噸以下漁船通過航道。所需航道寬度計算如下：

$$\begin{aligned}\text{航道寬} &= \text{船長} \\ &= 165.0 \text{公尺}\end{aligned}$$

因此可設航道寬度為200公尺。

現有岸壁至新建防波堤之間距為380公尺，扣除航道寬200公尺，尚餘180公尺。此部份水域可作為消波區。

(二)方案二 (詳如圖5-15)

如同方案一，舊東防波堤仍然拆除1,130公尺，但第四期東防波堤僅拆除200公尺，另320公尺暫時保留，供將來建碼頭之用。

如圖5-15所示，新建防波堤長2,040公尺，水深在20公尺附近部分長1,290公尺，再連接至漁港潛堤長750公尺，此堤港側可使用緩坡，以削減波能。

此方案使波浪有較大之空間擴散，對解決共振問題有幫助。

新建東防波堤距離現有內外港間之航道西側岸壁500~600公尺，因此若按方案一所定之200公尺航道寬，則尚有300~400公尺寬之水域可作為消波區之用。

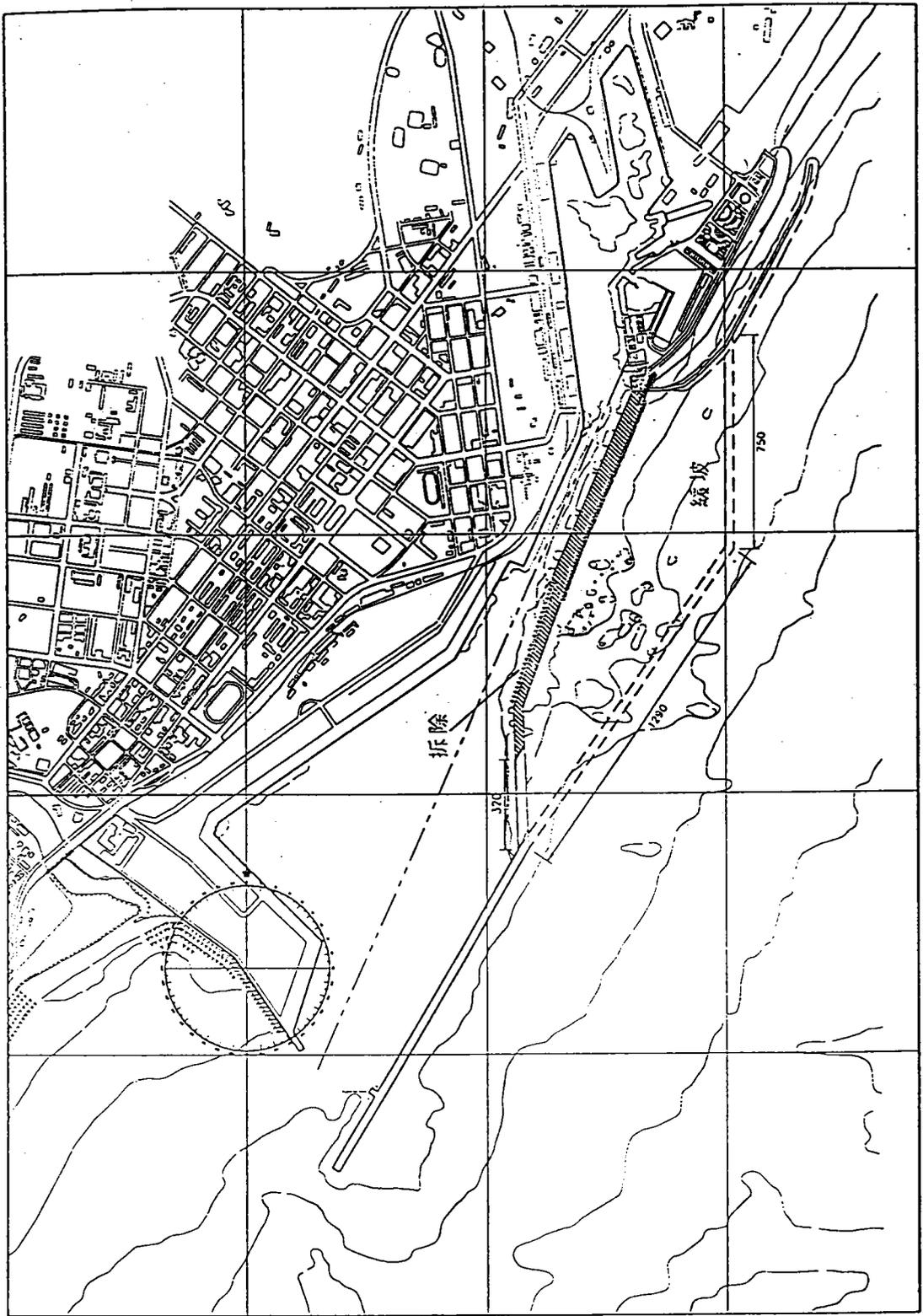


圖5-15 花蓮港東防波堤改善平面配置圖(方案二)

(三)方案三 (詳如圖5-16)

本方案是封閉現有港口，在舊東防波堤海側水深約30公尺處另闢新港口，此目的是完全打破現有狹長型之水域，使港內變成兩大泊渠。

第四期防波堤前段保留250公尺，故拆除部份為舊東防波堤1,130公尺，第四期東防波堤270公尺。新建防波堤分為南防波堤及北防波堤、南防波堤長430公尺，北防波堤1,710公尺。港口寬250公尺，迴船池直徑700公尺，港口至迴船池中心距離約800公尺。

本方案可解除花蓮港現有長條狹窄水域所造成長浪共振現象之主因，現有港口封閉，將使外港成為一最穩靜之區域，對花蓮港之發展將有很大助益。但所需之工期及工程費將相當可觀。

(四)綜合評估

以上三方案經初步評估，在考量工程費、建設難易度及花蓮港未來之發展等，初步認為以方案一較為適合，因此，擬以方案一作為舊東堤改建之建議方案，而此堤線佈置對港內長浪之影響如何，則有待作進一步評估。

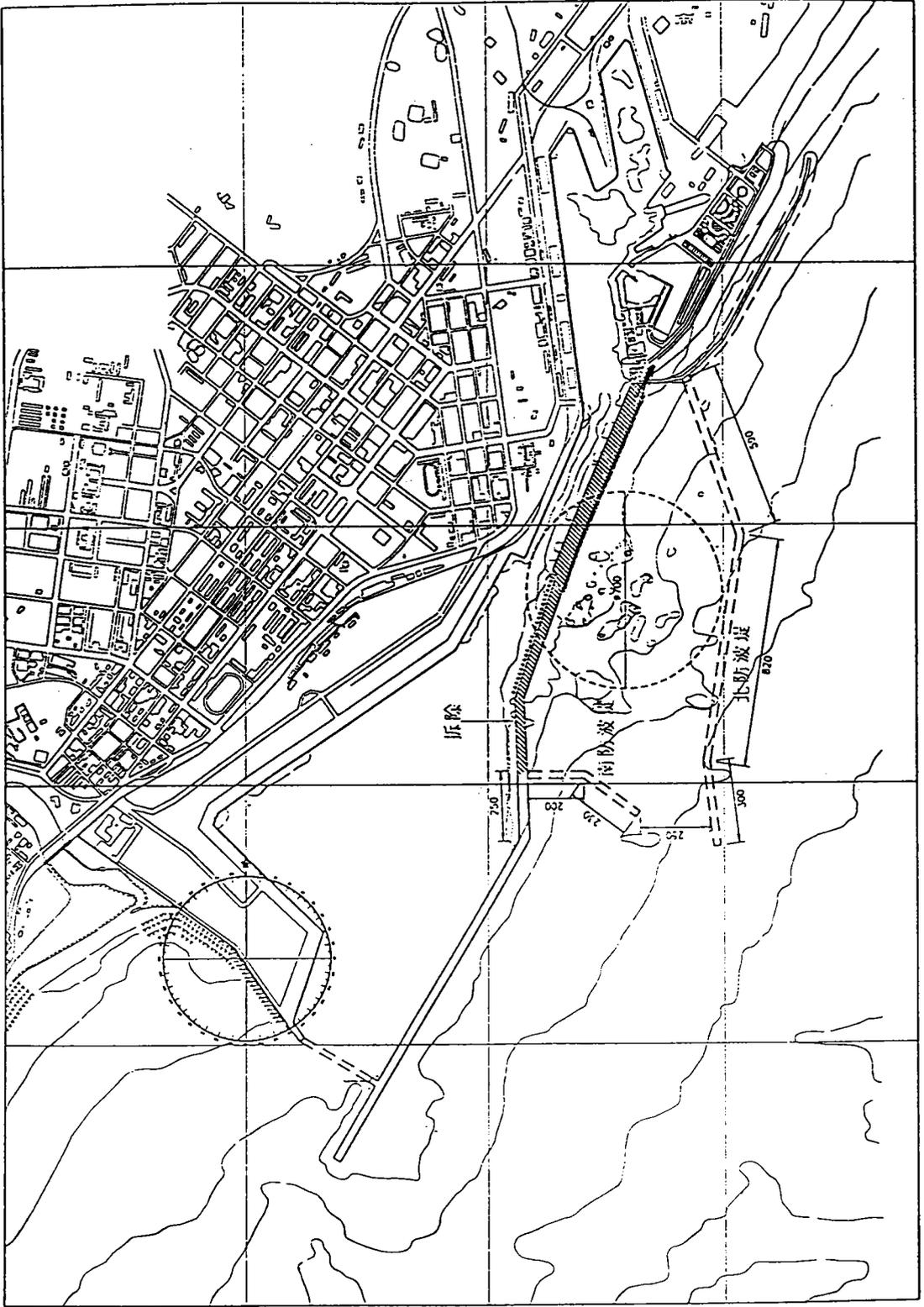


圖 5-16 花蓮港東防波堤改善配置圖 (方案三)