

台中港港口第二期擴建工程規劃

委託單位：台灣省政府交通處台中港務局

承辦單位：台灣省政府交通處港灣技術研究所

中華民國 八十八 年 五 月

「台中港港口第二期擴建工程規劃」

計劃總召集人：張金機 所長

計劃總主持人：簡仲璟 研究員兼組長

子計劃主持人：莊文傑 研究員（數值模擬計算）

邱永芳 研究員兼組長（水工模型試驗）

何良勝 研究員（水工模型試驗）

陳明宗 副研究員（操船模擬試驗）

蘇青和 研究員（工程初步設計）

黃清和 研究員（環境影響說明）

協同主持人：曾相茂 副研究員

曾哲茂 副研究員

江中權 助理研究員

江金德 助理研究員

張富東 助理研究員

蔡金吉 助理

參與人員：陳冠宇 廖慶堂

林受勳 徐如娟

陳毓清 楊怡芸

李江澤 何炳紹

協辦機構：宇泰工程顧問公司

台中港港口第二期擴建工程規劃

目 錄

摘 要

第一章 前 言

壹、計畫緣起	1-1
貳、計畫流程	1-4
參、報告書內容	1-5

第二章 環境現況分析

壹、氣象環境	2-1
一、風力	2-1
二、颱風	2-19
三、霧日	2-20
四、降水量及降水日數	2-20
五、溫度	2-22
六、相對濕度	2-22
七、氣壓	2-22
貳、海象	2-23
一、潮位	2-23
二、波浪	2-24
三、海流	2-29
參、地形地質	2-31
一、地形	2-31
二、地質	2-31
三、地震	2-31
肆、港埠既有設施及未來發展計畫	2-33
一、港埠既有設施	2-33
二、未來發展計畫	2-33

第三章 港口第一期擴建工程成效檢討

壹、第一期擴建工程內容	3-1
一、原計畫內容	3-1
二、修正計畫緣由及內容	3-1
貳、進出港操船安全改善效果檢討	3-4
一、台中港船舶進出港航行現況	3-4
二、船舶進出港障礙	3-7
三、港口擴建後操船安全改善效果探討	3-10
四、船舶進港困難度問卷調查	3-19
參、領港登輪方式及安全性評估	3-22
一、領港登輪方式	3-22
二、領港登輪安全性探討	3-22
三、領港登輪困難度問卷調查	3-24
肆、港內水域靜穩度檢討	3-26
一、過去相關研究與試驗結果	3-26
二、各區水域靜穩度探討	3-29
伍、海岸地形變遷檢討	3-31
一、民國 65 年至民國 79 年	3-31
二、民國 79 年至民國 86 年	3-33
陸、港口擴建成效綜合檢討	3-34
一、港口第一期擴建計畫正負面影響	3-34
二、其他尚待改善課題	3-37

第四章 計畫需要性及時效性探討

壹、國際海運及港埠發展趨勢	4-1
一、貨櫃海運現況及發展趨勢	4-1
二、世界散貨運輸現況及發展趨勢	4-4
三、船舶大型化對港埠發展之影響	4-5
貳、一港口營運現況分析	4-7
一、最大進港船舶	4-7
二、船舶進港現況	4-8
三、現狀港口船舶交通容量評估	4-15
四、第一港口軟體改善後最大極限容量評估	4-18
五、現有一港口合理容量檢討	4-20

參、第二港口與第一港口二期擴建相關性檢討	4-23
一、進港船舶大型化需求	4-23
二、因應第一港口未來擁擠問題	4-25
三、計畫內容概述	4-30
四、計畫經濟性檢討	4-33
五、計畫需要性綜合檢討	4-36
第五章 船舶操航安全輔助措施改善成效檢討	
壹、領港登輪作業可能改善措施	5-1
一、減輕風力對領港登輪影響	5-1
二、減輕波浪對領港登輪影響	5-2
三、領港船性能及船員出海意願	5-4
四、領港出海作業意願	5-4
貳、拖船作業可能改善措施	5-7
一、拖船種類及特性	5-7
二、台中港現有拖船概況	5-10
三、護衛拖船性能需求	5-11
四、實施拖船外海護衛作業可行性	5-18
參、導助航可能改善措施	5-20
一、港口即時氣海象資訊傳遞系統	5-20
二、設置衛星定位系統	5-20
三、主動管理及警示船隻操航安全系統	5-20
四、增設夜間導航照明設施	5-21
肆、減風設施可能改善效果	5-21
一、台中港港口段航道設置減風設施可行性研究	5-21
二、台中港北側淤沙區第二期整治工程計畫	5-21
伍、小結	5-23
第六章 港口二期擴建替選方案研擬	
壹、計畫目標與策略	6-1
一、計畫目標	6-1
二、課題探討	6-2
三、規劃策略	6-3
貳、港埠設施規劃基準	6-4
一、自然條件規劃基準	6-4

二、規劃進港船舶諸元.....	6-4
三、航道及操船水域.....	6-5
四、導航及警示燈標設施.....	6-9
五、外廓堤防規劃設計基準.....	6-10
參、替選方案研擬原則.....	6-11
一、南外堤拆除原則.....	6-11
二、南內堤拆除原則.....	6-13
三、北外堤延建原則.....	6-15
肆、替選方案研擬與規劃.....	6-19
一、港口擴建尚待探討課題.....	6-19
二、替選方案研擬.....	6-19
三、各替選方案初步規劃.....	6-20

第七章 港口二期擴建替選方案評選

壹、各方案配合研究作業項目.....	7-1
一、波浪折繞射計算.....	7-1
二、海流數值計算.....	7-1
三、平面遮蔽水工模型試驗.....	7-2
四、快速(Fast-Time)操船試驗.....	7-2
五、真時(Real-Time)操船試驗.....	7-2
六、漂沙水工試驗.....	7-2
貳、各替選方案數值計算、操船模擬及模型試驗成果摘述.....	7-3
一、港口靜穩度數值模擬計算成果摘述.....	7-3
二、平面水工模型遮蔽試驗成果摘述.....	7-17
三、海流數值模擬計算成果摘述.....	7-30
四、快速(Fast-Time)操船模擬試驗成果摘述.....	7-38
五、真時(Real Time)操船模擬試驗成果摘述.....	7-47
六、平面水工模型漂沙試驗成果摘述.....	7-62
參、替選方案綜合比較與較佳替選方案擬定.....	7-67
一、北外堤延伸長度及方向.....	7-67
二、南外堤拆除長度.....	7-70
三、南內堤拆除長度.....	7-71
四、較佳方案擬定.....	7-73
五、港口擴建相關課題.....	7-73

第八章 港口二期擴建定案工程計畫

壹、港口主體設施擴建計畫	8-1
一、外廓設施定案擴建計畫	8-1
二、水域設施擴建計畫	8-10
三、導助航設施改善計畫	8-20
貳、拖船輔助作業改善計畫	8-21
一、拖船輔助作業需求	8-21
二、船舶進港及拖船輔助作業程序	8-25
三、未來新購拖船(兼領港船)性能建議	8-26
參、其他輔助設施	8-28
一、增設減風設施計畫	8-28
二、船舶交通管理系統建議	8-30

第九章 港口第二期擴建實施計畫

壹、主要工程項目	9-1
貳、施工計畫	9-1
一、主要工程數量概估	9-1
二、大宗工材料源及運輸構想	9-4
三、主要工程施工流程及構想	9-7
參、計畫工期	9-10
一、可工作天數	9-10
二、施工能量分析	9-11
三、施工量及施工機具分析	9-16
四、工程預定進度	9-17
肆、財務計畫	9-19
一、各工程項目經費預估	9-19
二、分年工程預算	9-26
三、資金籌措	9-26
伍、工程效益	9-26
一、可量化效益	9-26
二、不可量化間接效益	9-30
三、效益分析	9-31

附錄 歷次報告審查及技術諮詢意見

圖 目 錄

第一章 前言

圖 1-1-1 台中港港口擴建第一期工程原計畫佈置圖	1-2
----------------------------------	-----

第二章 環境現況分析

圖 2-1-1 台中港區風、波浪、海流測站位置示意圖	2-2
圖 2-1-2(a) 北堤堤根測站夏季風玫瑰圖	2-7
圖 2-1-2(b) 北堤堤根測站冬季風玫瑰圖	2-8
圖 2-1-2(c) 北堤堤根測站全年風玫瑰圖	2-9
圖 2-1-3(a) 北堤堤頭測站夏季風玫瑰圖	2-13
圖 2-1-3(b) 北堤堤頭測站冬季風玫瑰圖	2-14
圖 2-1-3(c) 北堤堤頭測站全年風玫瑰圖	2-15
圖 2-1-4 台中港區霧日數變化圖	2-21
圖 2-2-1 台中港夏季示性波高週期聯合分佈立體圖	2-25
圖 2-2-2 台中港冬季示性波高週期聯合分佈立體圖	2-26
圖 2-2-3 台中港全年示性波高週期聯合分佈立體圖	2-27
圖 2-4-1 台中港分區平面配置	2-38
圖 2-4-2 二港口及外港定案平面佈置圖	2-41
圖 2-4-3 台中港航道浚深拓寬工程計畫圖	2-43

第三章 港口第一期擴建工程成效檢討

圖 3-1-1 台中港現況圖	3-3
圖 3-2-1 台中港錨區位置圖	3-5
圖 3-2-2(a) 船舶進港路徑圖(一)	3-16
圖 3-2-2(b) 船舶進港路徑圖(二)	3-17
圖 3-2-2(c) 船舶進港路徑圖(三)	3-18

第四章 計畫需要性及時效性探討

圖 4-3-1 二港口平面佈置圖	4-31
------------------------	------

第五章 船舶操航安全輔助措施改善成效檢討

圖 5-2-1(a) SRP Stern drive 拖船示意圖	5-8
圖 5-2-1(b) V.S.P. tractor tug 拖船示意圖	5-8
圖 5-2-1(c) S.R.P. tractor tug 拖船示意圖	5-8
圖 5-2-2 計畫船舶不同風速所受風力	5-12
圖 5-2-3 配置一艘 35T 拖船時各型船舶在不同船速所需衝止 距離	5-14

圖 5-2-4	拖船出力方式示意圖.....	5-15
圖 5-2-5	拖船在不同航速時直、間接拖曳方式之拖曳力	5-15
圖 5-2-6	拖船配置艘數及拖曳力經驗公式圖	5-17
圖 5-4-1	減風設施配置圖.....	5-22
圖 5-4-2	台中港北側淤沙區整治第二期計畫平面配置圖	5-24

第六章 港口二期擴建替選方案研擬

圖 6-4-1	台中港一港口現狀佈置圖(零方案).....	6-21
圖 6-4-2	港口二期擴建替選方案一平面佈置圖	6-22
圖 6-4-3	港口二期擴建替選方案二平面佈置圖	6-26
圖 6-4-4	港口二期擴建替選方案三平面佈置圖	6-27
圖 6-4-5	港口二期擴建替選方案四平面佈置圖	6-30
圖 6-4-6	港口二期擴建替選方案五平面佈置圖	6-32
圖 6-4-7	港口二期擴建替選方案六平面佈置圖	6-35
圖 6-4-8	港口二期擴建替選方案七平面佈置圖	6-36
圖 6-4-9	港口二期擴建替選方案八平面佈置圖	6-39
圖 6-4-10	港口二期擴建替選方案九平面佈置圖	6-41

第七章 港口二期擴建替選方案評選

圖 7-2-1(a)	N 向波浪作用下現狀佈置 Kd 值分佈情形.....	7-5
圖 7-2-1(b)	N 向波浪作用下替選方案四 Kd 值分佈情形	7-6
圖 7-2-1(c)	N 向波浪作用下替選方案九 Kd 值分佈情形	7-7
圖 7-2-2	遮蔽試驗模型範圍及量測佈置圖	7-18
圖 7-2-3	遮蔽試驗模型區域位置劃分示意圖	7-21
圖 7-2-4	港池靜穩改善方案一佈置圖	7-26
圖 7-2-5	港池靜穩改善方案二佈置圖	7-27
圖 7-2-6	各水域改善佈置與定案佈置 kd 值比之比較圖	7-29
圖 7-2-7	台中港區海流數值計算大域範圍圖	7-32
圖 7-2-8	台中港區海流數值計算小域範圍圖	7-33
圖 7-2-9	海流數值計算觀察點位置圖.....	7-35
圖 7-2-10	各替選方案進港操航軌跡圖.....	7-41
圖 7-2-10	各替選方案進港操航軌跡圖(續).....	7-42
圖 7-2-11	各替選方案出港操航軌跡圖.....	7-44
圖 7-2-11	各替選方案出港操航軌跡圖(續).....	7-45
圖 7-2-12(a)	汽車輪(滿載)成功進港操演船跡圖	7-49
圖 7-2-12(b)	貨櫃輪(半載)成功進港操演船跡圖	7-49
圖 7-2-12(c)	貨櫃輪(滿載)成功進港操演船跡圖	7-50
圖 7-2-12(d)	油輪(空載)成功進港操演船跡圖	7-50

圖 7-2-12(e)	散貨輪(滿載)成功進港操演船跡圖	7-51
圖 7-2-13(a)	貨櫃輪(滿載)成功出港操演船跡圖	7-52
圖 7-2-13(b)	油輪輪(空載)成功出港操演船跡圖	7-52
圖 7-2-14(a)	船舶進港時發生接近北外堤情況之船跡圖	7-55
圖 7-2-14(b)	船舶進港時發生接近南外堤頭情況之船跡圖	7-55
圖 7-2-14(c)	船舶進港時發生接近南內堤頭情況之船跡圖	7-56
圖 7-2-14(d)	船舶進港時發生接近主航道北界情況之船跡圖	7-56
圖 7-2-14(e)	船舶進港時發生接近迴船池北界情況之船跡圖	7-57
圖 7-2-14(f)	船舶出港時發生接近北內堤頭情況之船跡圖	7-57
圖 7-2-14(g)	船舶出港時發生迴船池北界情況之船跡圖	7-58
圖 7-2-15(a)	南防波堤南側區域，主配置試驗第六年地形變化 比較	7-65
圖 7-2-15(b)	北防波堤北側區域，主配置試驗第六年地形變化 比較	7-66

第八章 港口二期擴建定案工程計畫

圖 8-1-1	台中港港口第二期擴建工程計畫圖	8-2
圖 8-1-2	北防波堤延伸段標準斷面圖	8-3
圖 8-1-3	南防波堤堤段平面及立面圖	8-5
圖 8-1-4	南防波堤拆除段主要斷面圖	8-6
圖 8-1-5	南內堤拆除後堤頭保護平面配置圖	8-7
圖 8-1-6	南內堤新建堤頭正面、斷面圖	8-8
圖 8-1-7	水域靜穩度改善工程潛堤斷面圖	8-9
圖 8-1-8	水域靜穩度改善工程(北防波堤航道側)斷面圖	8-11
圖 8-1-9	台中港港口航道及錨泊區規劃圖	8-12
圖 8-1-10	台中港港口航道水域浚挖範圍圖	8-17
圖 8-1-11	港外航道水域(含登輪區)浚挖平面圖	8-18
圖 8-1-12	港口主航道浚挖平面圖	8-19
圖 8-1-13	台中港導向燈標標示範圍圖	8-20
圖 8-2-1(a)	船艙拖纜作業圖	8-23
圖 8-2-1(b)	船艙拖纜作業圖	8-23
圖 8-3-1	台中港北側淤沙區整治第二期建議修正平面配置圖	8-29
圖 8-3-2	台中港 VTMS 系統配置圖	8-31

第九章 港口第二期擴建實施計畫

圖 9-2-1	台中港港口第二期擴建工程施工用地示意圖	9-8
---------	---------------------------	-----

表 目 錄

第二章 環境現況分析

表 2-1-1	台中港鄰近地區風速測站超值機率比較表	2-2
表 2-1-2(a)	台中港北堤堤根測站夏季風速風向分佈統計表	2-4
表 2-1-2(b)	台中港北堤堤根測站冬季風速風向分佈統計表	2-5
表 2-1-2(c)	台中港北堤堤根測站全年風速風向分佈統計表	2-6
表 2-1-3(a)	北堤堤頭站夏季風速風向分佈統計表	2-10
表 2-1-3(b)	北堤堤頭站冬季風速風向分佈統計表	2-11
表 2-1-3(c)	北堤堤頭站站全年風速風向分佈統計表	2-12
表 2-1-4	台中港地區風速測站超值機率比較表	2-16
表 2-1-5	北堤堤根測站不同風速及延時統計表	2-18
表 2-1-6	北堤堤頭測站不同風速及延時統計表	2-18
表 2-1-7	侵襲台中港鄰近地區颱風強度及路徑分佈	2-20
表 2-1-8	梧棲地區降水量及降水日數統計表	2-22
表 2-2-1	台中港潮位統計資料(60.3~85.3)	2-23
表 2-2-2	台中港各種迴歸年最高潮位	2-24
表 2-2-3	台中港夏季示性波高週期分佈統計表	2-25
表 2-2-4	台中港冬季示性波高週期分佈統計表	2-26
表 2-2-5	台中港全年示性波高週期分佈統計表	2-27
表 2-2-6	ST.2 及 ST.4 測站波高超值機率比較表	2-28
表 2-2-7	台中海各種復現期距波高極端值	2-29
表 2-2-8	台中海域流速分佈統計表	2-30
表 2-4-1(a)	台中港現有碼頭及後線用地使用情形	2-34
表 2-4-1(b)	台中港現有碼頭及後線用地使用情形	2-35
表 2-4-2	台中港整體發展之碼頭配置	2-40

第三章 港口第一期擴建工程成效檢討

表 3-4-1	試驗波浪條件	3-26
表 3-4-2	檢核試驗港內波浪狀況	3-27
表 3-4-3	港口擴建試驗波浪條件	3-27

第四章 計畫需要性及時效性探討

表 4-2-1	民國 75~87 年進港船舶艘數統計表	4-9
表 4-2-2	民國 75~87 年進港船舶噸數統計表	4-11
表 4-2-3	台中港民國 75 ~87 年裝卸量統計表	4-10
表 4-2-4	民國 84~86 年台中港進港船舶等待時間統計表	4-14

表 4-3-1	台中港計畫目標年船舶平均裝卸量	4-26
表 4-3-2	台中港各類貨船進港船數推估	4-28

第五章 船舶操航安全輔助措施改善成效檢討

表 5-2-1	台中港現有拖船性能一覽表	5-10
---------	--------------------	------

第六章 港口二期擴建替選方案研擬

表 6-2-1	大宗散貨輪參考尺寸	6-4
表 6-2-2	貨櫃輪參考尺寸	6-5
表 6-2-3	雙向航道寬度	6-6
表 6-2-4	單向航道寬度	6-6
表 6-2-5	各種大型船舶航道水深	6-7
表 6-2-6	各類型船舶容許作業波高	6-9
表 6-4-1	第一港口二期擴建工程替選方案一覽表	6-19
表 6-4-2	替選方案一工程費用概估	6-24
表 6-4-3	替選方案二工程費用概估	6-24
表 6-4-4	替選方案三工程費用概估	6-29
表 6-4-5	替選方案四工程費用概估	6-29
表 6-4-6	替選方案五工程費用概估	6-33
表 6-4-7	替選方案六工程費用概估	6-33
表 6-4-8	替選方案七工程費用概估	6-38
表 6-4-9	替選方案八工程費用概估	6-38
表 6-4-10	替選方案九工程費用概估	6-42

第七章 港口二期擴建替選方案評選

表 7-1-1	各替選方案配合作業研究項目一覽表	7-1
表 7-2-1(a)	各替選方案 N 向波浪作用靜穩度比較表	7-8
表 7-2-1(b)	各替選方案 WNW 向波浪作用靜穩度比較表	7-10
表 7-2-1(c)	各替選方案 W 向波浪作用靜穩度比較表	7-10
表 7-2-1(d)	各替選方案 WSW 向波浪作用靜穩度比較表	7-12
表 7-2-1(e)	各替選方案 SW 向波浪作用靜穩度比較表	7-12
表 7-2-2	各替選方案港內各水域波高出現機率比較表	7-14
表 7-2-3	北防波堤不同延建規模遮蔽範圍比較	7-15
表 7-2-4	平面遮蔽水工模型試驗試驗條件	7-20
表 7-2-5	南防波堤拆除對漁港水域(漁港內航道)靜穩影響	7-22
表 7-2-6	南內堤拆除對商港水域(8A 碼頭)靜穩影響	7-22
表 7-2-7	北防波堤延建對港外遮蔽區水域(登輪區)靜穩影響	7-22
表 7-2-8	各方案名次比較表	7-25

表 7-2-10	快速操船模擬船舶資料.....	7-39
表 7-2-11	進港操航之舵角及推進器轉速	7-40
表 7-2-12	進港操航之船跡位置統計結果	7-40
表 7-2-13	出港操航之舵角及推進器轉速	7-46
表 7-2-14	出港操航之船跡位置統計結果	7-46
表 7-2-15	真時操船模擬船型資料.....	7-47
表 7-2-16	Real-Time 操船模擬試驗條件.....	7-53
表 7-2-17	操船困難及危險狀況表.....	7-54
表 7-2-18	台中港颱風波浪推算之最大波高	7-63

第八章 港口二期擴建定案工程計畫

表 8-2-1	4000TEU 貨櫃船風速 30 節所需拖船拖力計算表	8-24
---------	-----------------------------------	------

第九章 港口第二期擴建實施計畫

表 9-3-1	台中港陸上施工各月可工作天數概估	9-12
表 9-3-2	台中港海上施工各月可工作天數概估	9-13
表 9-3-3	台中港港口第二期擴建工程計畫進度表	9-18
表 9-4-1	一港口第二期擴建工程費用估列	9-20
表 9-4-2	北防波堤延建每公尺工程費概估	9-21
表 9-4-3	南防波堤拆除每公尺工程費概估	9-22
表 9-4-4	南內堤沉箱段拆除每公尺工程費概估	9-23
表 9-4-5	南內堤拋石段拆除每公尺工程費概估	9-24
表 9-4-6	南內堤堤頭重建工程費概估.....	9-25
表 9-4-7	台中港港口第二期擴建工程費用概算表	9-27
表 9-5-1	台中港整體規劃及未來發展計畫預測之貨櫃運量及 碼頭需求	9-29
表 9-5-2	益本比分析表.....	9-33
表 9-5-2	益本比分析表(續).....	9-34
表 9-5-3	報酬率分析表.....	9-35
表 9-5-3	報酬率分析表(續).....	9-36

摘 要

台中港原建港綱要開發計畫之最大進港船型為 5 萬載重噸之貨輪，港口佈置即依此目標設計。然而，隨著世界海運環境的變遷，船舶大型化已是國際趨勢。因此，有意至台中港投資之航商及業者，均要求台中港能及早進行第二港口闢建計畫或進一步改善第一港口，以進泊第四代大型貨櫃船及超巴拿馬極限型散貨輪，港務局雖有闢建第二港口之構想，但因該計畫規模龐大，影響因素極多且需配合過港隧道計畫併案進行，執行時程恐緩不濟急。因此，擬先執行第一港口第二期擴建工程，期能在最短時間內讓 3,000~4,000TEU 級貨櫃輪及 125,000DWT 級散貨輪能由第一港口安全進泊台中港，以更進一步提升本港計畫船型，營造本港良好國際形象及營運發展環境。因此委託本所辦理「台中港口第二期擴建工程規劃」作業。

台中港港口一期擴建工程中，將北防波堤延長 850m，使北防波堤堤頭橫流減弱，並且在防波堤南側形成較廣闊之浪流穩靜遮蔽區，因此船舶行至登輪區之可能性較高，已有效解決冬季惡劣天候時，領港需遠赴基隆港或高雄港登輪帶船的問題，對台中港的營運有相當大助益。目前進泊台中港之 6 萬 DWT 級散貨輪及 3,000TEU 級貨櫃船進出已十分順暢，對船舶進出港操航安全已達成階段性目標。

由台中港船舶進出港統計分析顯示民國 75 年台中港進港船數僅 1,402 艘，至民國 87 年已達 5,640 艘，十餘年間成長近四倍。其中大於 40,000 總噸之船舶，由 75 年之 4 艘，快速成長至民國 86 年之 48 艘及 87 年之 40 艘，充份顯示進港船數快速成長，進港船型大型化的趨勢也十分明顯。依「台中港整體規劃及未來發展計畫」，估計在民國 110 年進港船舶數將達到 8,033 艘。船舶平均在港時間如以 42 小時估算，民國 105 年雍塞指標將達 20.2%，未來港口如不作任何改善計畫，屆時(民國 105 年)將出現港口擁擠情況，使船舶等待時間增加，影響港埠營運。雖然港口擁擠的原因，並非單純是港口操航環境條件不良所引起，不過依「台中港港口段航道設置減風設施

可行性研究」指出對於本計畫進港船型而言，其操航安全仍有相當顧慮，此可能造成船舶等待時間增加，而發生港口擁擠的情況，使航商及業者的投資意願降低。此問題或可由闢建第二港口因應，但經初步規劃評估發現二港口施工期長，工程費用龐大，因此在時效性及經濟性考量下，近期內應先對一港口進行擴建，即可因應台中港未來二十年發展需求，相對延緩二港口闢建之迫切性，降低政府投資風險。

本計畫應綜合船舶操航安全以及港內水域靜穩需求，擬定兩者可兼顧之折衷方案，同時考量工程的時效性、經濟性及風險性進行縝密的擴建工程規劃，使其達成本計畫之預定目標。因為受限於一港口是既有的設施，所以可研擬的擴建方案不外乎北防波堤的延建及南外堤及南內堤的拆除。據此本計畫研擬多個替選方案（不同的北防波堤延建長度方向與不同的南外堤、南內堤拆除長度組合）透過數值模擬計算、水工模型試驗及操船模擬試驗，探討因應計畫進港船舶操航安全需求，北防波堤較適延建長度、方向與南外堤、南內堤拆除長度；同時符合商、漁港水域靜穩需求下，南外堤、南內堤合適的拆除長度，依據計算與試驗的結果，進行審慎的評估與修正，以研選定案佈置。

綜合各方面的評估與討論以北防波堤沿原堤線延長 480m、南外堤拆除四座沉箱 93m 及南內堤拆除 50m 為定案佈置。主要工程項目包括(1)北防波堤延伸工程(2)南外堤拆除堤頭保護工程(3)南內堤拆除及堤頭保護工程(4)水域靜穩度改善工程及(5)其他配合工程。工程費總計新台幣 15 億 1 仟萬元，施工期三年（不含設計與發包作業）。

本計畫執行後，除遭遇極強烈季風、強流外，4,000TEU 級貨櫃船及 12.5 萬 DWT 散貨輪進泊台中港已無困難，故可提昇航商及業者投資貨櫃轉運中心的意願與信心，預計至民國 110 年時可達到 261 萬 TEU 之貨櫃運量目標。未來台電及桂裕公司每年將自台中港進口燃煤合計約 2,000 萬公噸，根據初步評估如最大進港船型能提高至 12.5 萬噸，則每噸之海運費較採巴拿馬極限輪平均約節省美金 3.4

元，以每年海岬型散貨輪運輸 1,500 萬噸之運量估計，每年將可節省海運成本新台幣 15 億元以上。此外由於本計畫投資經費有限，單以延緩二港口興建時程一年，所節省投資利息即高達新台幣 22 億元以上(二港口投資工程經費初估約 300 億元)，故本計畫除解決目前台中港所遭遇的航商、業者迫切需求外，也延緩二港口的闢建時程，有效減輕政府財政負擔。以台中港目前的營運收益條件，在本計畫實施以後之 40 年營運期間內，可為台中港務局帶來之效益淨現值約新台幣 14.1 億元，益本比 1.57，內生報酬率 9.7%，已大於計畫採用之折現率 7.5%。

綜合本計畫之研究規劃過程與重要課題的探討分析，可獲得以下幾點結論與建議。

結論：

1. 台中港第一港口第一期擴建計畫延建北防波堤 850 公尺以後，港口強烈橫流及領港登輪問題已獲明顯改善。目前 3,000TEU 級貨櫃輪，以及巴拿馬極限型以下散貨輪進港已無困難。
2. 台中港東北季風期，風力較為強勁，且風向與主航道方向約略垂直，對船舶進港操航影響較為顯著。為提高計畫進港船型至 4,000TEU 貨櫃輪，以及海岬型散貨輪，港口設施仍需進一步改善。
3. 第一港口第二期擴建計畫與第二港口計畫效益相近，但後者所需投資費用高昂，且非短時間所能完成。如先執行一港口二期擴建，相對可延緩二港口之需要性。
4. 船舶操航安全輔助改善措施計有改善領港登輪作業、拖船協助進出港、改善導助航設施、設置減風設施等，其中僅利用拖船協助進出港較有可能縮減港口擴建規模。
5. 本港船舶以 060 船艙向進港，船舶以 U 形航跡迴轉進入內港航道。主要操航困難將發生於南外堤、南內堤堤頭兩處，迫切需要作適當改善，方可滿足計畫船舶進港需求。

- 6.港口二期擴建可能措施計有延建北防波堤，拆除部份南外堤、南內堤，拓寬浚深航道水域。本案經領港及學者專家共同研擬各可能替選方案，並利用數值模擬計算、操船試驗、遮蔽及漂沙水工試驗等研究，以北外堤沿WNW向延長480公尺，南外堤拆除四座沉箱(93公尺)，南內堤拆除50公尺，航道浚深CD.-16公尺為較佳替選方案。
- 7.本計畫主要負面影響為航道拓寬後，影響港內水域靜穩度；以及北外堤延長，影響海岸地形穩定。前者可加強航道北側岸壁消波設施，消減侵入波能。後者經漂沙試驗檢討，港區南側海岸將呈侵蝕現象，建議將來配合南、北填方區及二港口計畫，以擬定海岸防護設施。
- 8.第一港口第二期擴建計畫主要內容為北防波堤延建工程、南外堤拆除工程、南內堤拆除工程、水域靜穩度改善工程、及其他零星工程五項，所需投資工程費計需新台幣15.1億元，工期約三年。另航道浚深拓寬工程將併於「台中港航道浚深拓寬工程計畫」中辦理。
- 9.本計畫完成後，在四十年營運期間，可量化效益之淨現值約新台幣14.1億元，益本比1.57，內生報酬率9.7%。不可量化效益將可提升本港經營環境，促進本港發展等，效益將十分顯著。

建議：

- 1.依 Real-Time 操船模擬試驗結果，計畫船舶僅在領港引導下，雖可安全進泊本港。但為更確保船舶進出港安全，建議在風浪惡劣時，仍應派遣高性能拖船出海帶纜，協助船舶進入港口。
- 2.北防波堤延建後，堤體結構突出海岸甚遠，對海岸地形影響範圍將更加擴大。建議將來應持續辦理海岸地形監測工作，並檢討擴大監測範圍，以瞭解海床侵淤動態。
- 3.台中港北側淤沙區整治，將可有效降低主航道風力。建議將來仍應繼續研究在港口北側設置擋風牆之可行性，以更徹底改善港口環境。

第一集 前言

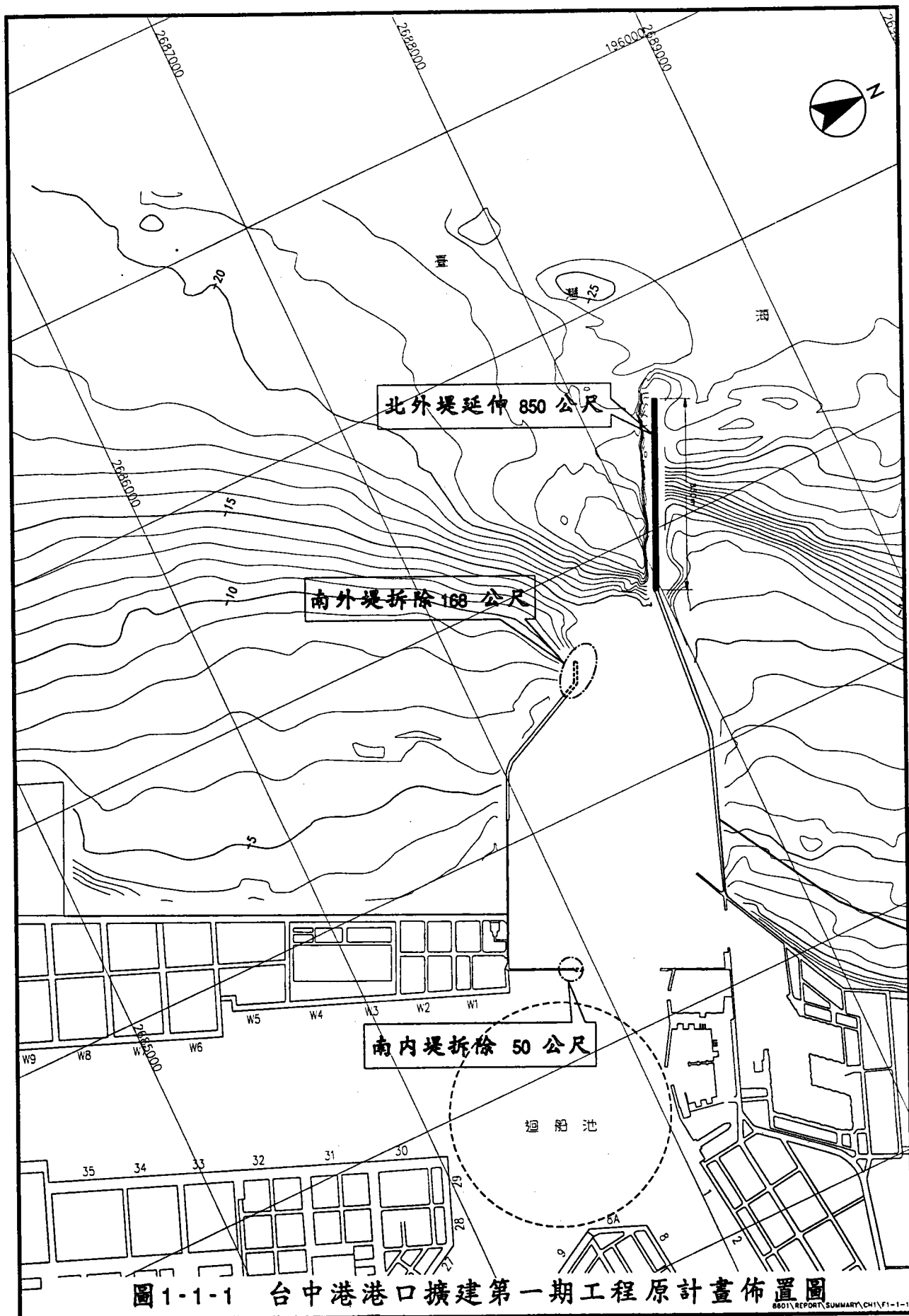
第一章 前言

壹、計畫緣起

台中港原建港綱要開發計畫中，計畫最大進港船型為5萬載重噸船舶，港口即依此目標設計。隨著世界海運環境的變遷，船舶大型化已是國際趨勢。因此台中港務局為提高大型貨櫃船進港安全性，以及因應台電公司台中火力電廠計畫以125,000DWT巨型煤輪進口燃煤需求，乃進行港口第一期擴建工程，計畫延長北防波堤850公尺、拆除南防波堤七座沉箱(170公尺)以及拆除南內堤50公尺(如圖1-1-1所示)。該計畫執行後因台電公司暫無法以125,000 DWT級煤輪輸運燃煤，而且拆除南防波堤對漁港水域靜穩度影響無法取得漁民共識。因此台中港務局乃修正原計畫將南內、外防波堤拆除工程暫緩實施。該修正計畫書經陳報交通處審議同意辦理〔八四交秘字第一六〇五一號函〕，而北防波堤延長850公尺仍依原計畫於84年完成。

根據台中港務局委託本所辦理「港口擴建後海氣象調查研究」的結果，顯示北防波堤堤頭的海流流況及登輪區的波浪遮蔽情況，因北防波堤延長850公尺而獲得明顯改善，而使中大型貨櫃船以及巴拿馬極限型散貨輪在強風巨浪時，進泊台中港的操航安全性也得到相對的提昇。此外依據訪查台中港領港實際帶船經驗，亦可證實港口第一期擴建工程計畫確已收到明顯成效，除去以往領港必須遠赴高雄港登輪的惡名。

台中港港區幅員廣闊，聯外交通又極便捷，再加上近年來港務局積極推動民營化成效良好，而且港口第一期擴建計畫已明顯改善船舶進出港口操航安全，大幅提升台中港營運條件，因此航商及業者紛紛到台中港投資營運，或表達強烈意願至台中港設廠投資。根據近三年來台中港貨櫃量裝卸量可以發現，從民國84年約44餘萬TEU，85年則跳升至69餘萬TEU，而87年則再次跳升為88餘萬TEU。充份顯示台中港已受到航商的注意與青睞，並實際以貨櫃運量顯著成長的成績表現

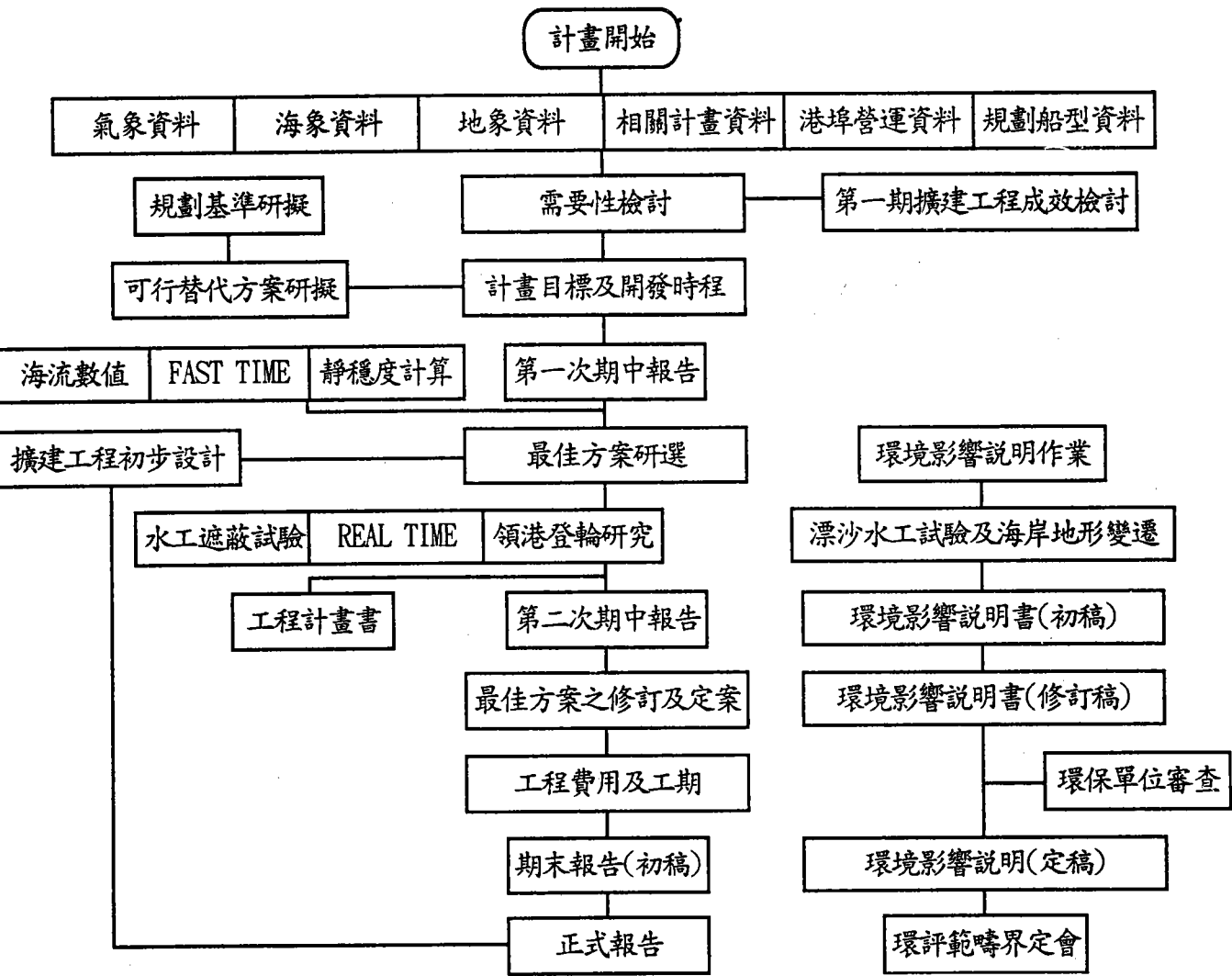


，來支持台中港提昇競爭力的各項計畫與工作。同時也驗證在有計畫的供給下將可創造需求，應是港埠發展規劃的正確方向與策略。

過去數年來貨櫃船大型化趨勢相當明顯，各大航商新造船隻超過巴拿馬極限型的比例不斷增加。因此有意至台中港投資之航商及業者，為因應未來航運需求，均盼望能及早進行第二港口開建計畫或進一步改善第一港口，以安全進泊第三或第四代大型貨櫃船、超巴拿馬極限型散貨輪及受風面較大之汽車運輸船。台中港務局雖有開建第二港口以容納海岬型散貨輪及5,000~6,000TEU級貨櫃輪之構想。但因該計畫規模龐大，影響因素極多，且需配合過港隧道計畫併案進行，執行時程恐緩不濟急。因此台中港務局先規劃執行第一港口第二期擴建工程，希望能在最短時間內讓3,000~4,000TEU級貨櫃輪及125,000DWT級散貨輪能由第一港口安全進泊台中港。如此除能吸引航商至台中港設立大型貨櫃儲轉中心外，更能有效降低工業泊渠使用業者之大型散貨海運成本，提升台中港之競爭力及帶動中部地區的產業發展。本計畫實施在短期內可以再提升台中港之整體形象，提供良好營運環境，對未來港埠發展有極大助益。

台中港務局基於本所曾完成台中港多項調查、試驗等研究工作，並於近期內先後完成與本計畫息息相關之「台中港整體規劃與未來發展計畫」、「台中港港口擴建後海氣象調查研究」及「台中港港口段航道設置減風設施可行性研究」等研究計畫，對本計畫之背景有深入之瞭解，因此委託本所辦理「台中港港口第二期擴建工程規劃」計畫。

貳、計畫流程



參、報告書內容

本計畫報告書共分本文一冊及關於工程規劃相關課題之研究附錄一至五冊。本文部份共分九章，各章內容概要如下：

■第一章：前言

主要說明本計畫之緣起、目的及作業流程。

■第二章：環境現況分析

主要蒐集台中港之氣象、海象、地象及港埠設施營運等資料，並予以整理分析以供後續工程規劃之參考。

■第三章：港口第一期擴建工程成效檢討

主要檢討進出港操船安全、領港登輪方式與安全性、港內水域靜穩度及海岸地形變遷等。

■第四章：計畫需要性及時效性探討

主要參考國際海運及港埠發展趨勢，並依據台中港未來發展計畫及營運現況，探討港口二期擴建工程之需要性及時效性。

■第五章：船舶操航安全輔助措施改善成效檢討

主要檢討領港登輪、拖船作業、導助航系統及減風設施可能改善之成效。

■第六章：港口二期擴建替選方案研擬

主要說明規劃工作所遵循之計畫目標、策略及基準，確立替選方案的研擬原則與應考量因素，研定九種替選方案。

■第七章：港口二期擴建替選方案評選

主要依據數值模擬計算、水工模型試驗及操船模擬試驗等研究成果，評估各替選方案之優劣以研擬港口擴建定案佈置。

■第八章：港口二期擴建定案工程規劃

主要說明港口擴建主體工程及相關輔助設施計畫。

■第九章：港口二期擴建實施計畫

主要說明工程項目、施工計畫、計畫工期、財務計畫及工程效益等。

與港口擴建工程規劃相關課題之研究成果冊共五冊，分別如下：

■附冊一：數值模擬計算報告書

■附冊二：水工模型試驗報告書

■附冊三：操船模擬試驗報告書

■附冊四：工程初步設計報告書

■附冊五：環境影響說明報告書

第二章 環境現況分析

第二章 環境現況分析

台中港務局、港灣技術研究所和中央氣象局過去曾分別在港區附近進行氣、海象之觀測，相關環境背景資料相當完整。本計畫謹蒐集各項資料，經整理分析分述如下：

壹、氣象環境

一、風力

(一)各測站風力特性比較

對於風力的觀測，台中港自民國 60 年起先後設有四個測站，位置如圖 2-1-1，分別位於北防波堤堤根處(即現在漁港東側)之 A 站、海港大樓頂端 B 站、北防風林側港研所觀測站之觀測塔頂 C 站、及設於北防波堤堤頭處 D 站。北防波堤堤根處之測站已於民國 70 年 12 月撤除外，其餘三個測站均正常持續觀測中。本案為探討比較海域風力特性，另蒐集中油公司於新竹 CBK 海域鑽油平台所進行風力觀測資料，與本港各測站進行比較分析。

經整理各測站風力大於或等於 5m/s、10m/s、15m/s、20m/s 之超值機率詳表 2-1-1 所示。由表中可知，各測站儀器設置高度不同，另受到鄰近地形地物阻擋，風力差異極大。其中以北堤堤頭風力最大，顯見本港海域風力較內陸或台灣北部海域為大。

本港北堤堤頭四週均為海域，雖未受到鄰近地形地物影響，但風速計安裝在燈塔上，強風受防波堤阻擋改變氣流流場，使局部風速變大。北堤堤根測站緊鄰海岸邊，觀測期間上風側並未受到防風林之遮擋，最能呈現台中港未建港前海岸風力特性。本計畫中將選擇上述二測站所獲得觀測資料作分析統計，並選擇北堤堤根測站風速統計結果作為評估船舶進出港口及港埠作業依據。

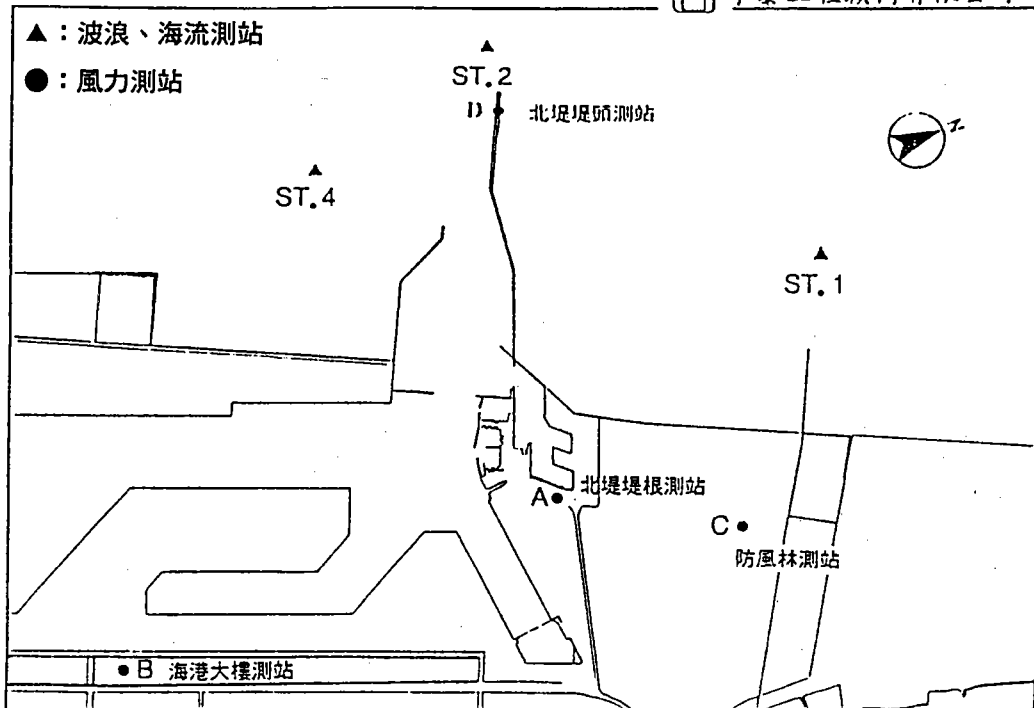


圖 2-1-1 台中港區風、波浪、海流測站位置示意圖

表2-1-1 台中港鄰近地區風速測站超值機率比較表

單位：%

測站別		梧棲	防風林	北堤堤根	北堤堤頭	CBK
夏季	$U \geq 5\text{m/s}$	29.4	35.0	52.5	42.8	46.2
	$U \geq 10\text{m/s}$	3.9	7.7	13.9	17.9	10.9
	$U \geq 15\text{m/s}$	0.4	1.2	3.7	6.0	0.7
	$U \geq 20\text{m/s}$	0.1	0.4	0.9	0.8	0.1
冬季	$U \geq 5\text{m/s}$	64.0	67.5	77.5	77.2	74.4
	$U \geq 10\text{m/s}$	20.3	33.2	49.4	52.3	46.5
	$U \geq 15\text{m/s}$	1.5	6.7	23.0	24.9	12.5
	$U \geq 20\text{m/s}$	0.1	0.4	5.3	6.2	1.7
全年	$U \geq 5\text{m/s}$	46.5	52.6	65.2	64.4	59.5
	$U \geq 10\text{m/s}$	12.0	21.8	32.0	38.9	28.0
	$U \geq 15\text{m/s}$	0.9	4.6	13.5	17.4	6.3
	$U \geq 20\text{m/s}$	0.1	0.8	3.13	4.1	0.8

(二)風速風向分佈

本計畫主要目的為提高大型船舶進出港安全，依前節比較以北堤堤頭及堤根測站最能代表港口風力特性，茲將該二測站風力觀測資料做進一步分析整理，繪製風玫瑰圖及風速風向分佈統計表。資料分析結果概述如下：

1.北堤堤根測站

本測站觀測期間自民國 60 年元月至 69 年 12 月。經統計歷年觀測成果，夏季(4~9 月)風向以 NNE 向(佔 17.9%)及 S 向(佔 16.5%)為主，平均風速為 5.8m/sec。冬季(10 月~3 月)風向以 NNE 向(佔 53.3%)及 NE 向(佔 20.6%)為主，平均風速為 10 m/sec。全年平均風速為 8 m/sec。記錄中曾測得最大季風風速為 36.7m/sec。表 2-1-2(a)至表 2-1-2(c)為本測站夏季、冬季及全年風速風向分佈統計表。風玫瑰圖如圖 2-1-2(a)至圖 2-1-2(c)所示。

2.北堤堤頭測站

本測站觀測期間自民國 85 年 9 月迄今。夏季風向以 NNE 向(20.3%)、NE 向(16.7%)發生率較多，平均風速 5.5m/sec。冬季風向以 NNE 向(43.6%)、NE 向(33.5%)為主，平均風速為 10.5m/sec。全年平均風速為 8.6m/sec。表 2-1-3(a)至表 2-1-3(c)為本測站夏季、冬季及全年風速風向分佈統計表。風玫瑰圖如圖 2-1-3(a)至圖 2-1-3(c)所示。

(三)風力分佈對港埠營運影響

本港港口方向為朝 WNW 向，因此偏西方向風浪對港池靜穩影響最大，而偏北方向之風及浪則對船舶進出港口最具威脅。為探討風速及風向對港池靜穩及操船安全影響，將風速分為「偏北」、「偏西」、「偏南」、及「其他」四個象限，整理比較北堤堤根及堤頭測站之風力風向分佈如表 2-1-4 所示。

表2-1-2(a) 台中港北堤堤根測站夏季風速風向分佈統計表

風速 (M/SEC)	風向																小計
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	
< 1.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	1.67
1.0 ~ 1.9	0.6	0.5	0.4	0.5	0.4	0.9	0.7	0.9	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.5	0.6	7.77
2.0 ~ 2.9	0.9	0.8	0.5	0.5	0.4	0.9	1.1	1.6	0.8	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.8	11.35
3.0 ~ 3.9	1.1	1	0.4	0.3	0.1	0.4	1.3	2.3	1.1	0.7	0.5	0.6	0.5	0.7	0.9	1	12.77
4.0 ~ 4.9	1.3	1	0.2	0.1	0.1	0.2	1	2.3	1	0.6	0.5	0.7	0.5	0.7	1	1.1	12.18
5.0 ~ 5.9	1.3	1	0.1	0	0	0.1	0.9	2.5	1.1	0.6	0.7	0.7	0.3	0.5	0.7	1.2	11.64
6.0 ~ 6.9	1.5	0.7	0	0	0	0.1	0.5	2.1	0.9	0.7	0.7	0.5	0.2	0.2	0.4	1.1	9.53
7.0 ~ 7.9	1.5	0.6	0	0	0	0	0.4	1.9	0.7	0.7	0.4	0.3	0	0	0.2	0.9	7.62
8.0 ~ 8.9	1.4	0.4	0	0	0	0	0.3	1.2	0.5	0.6	0.4	0.1	0	0	0.1	0.6	5.84
9.0 ~ 9.9	1.2	0.4	0	0	0	0	0.2	0.6	0.4	0.5	0.1	0	0	0	0.1	0.5	3.99
10.0 ~ 10.9	1.3	0.3	0	0	0	0	0.1	0.4	0.4	0.5	0.1	0	0	0	0	0.4	3.46
11.0 ~ 11.9	1.1	0.2	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.3	0	0	0	0	0	0.3	2.41
12.0 ~ 12.9	0.9	0.2	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.2	1.76
13.0 ~ 13.9	0.9	0.2	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.2	1.52
14.0 ~ 14.9	0.7	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	1.09
15.0 ~ 15.9	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.98
16.0 ~ 16.9	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.7
17.0 ~ 17.9	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.43
18.0 ~ 18.9	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.42
19.0 ~ 19.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.23
20.0 ~ 20.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.26
21.0 ~ 21.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2
22.0 ~ 22.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.11
23.0 ~ 23.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07
24.0 ~ 24.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08
25.0 ~ 25.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04
26.0 ~ 26.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
27.0 ~ 27.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
28.0 ~ 28.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
29.0 ~ 29.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0 ~ 30.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
31.0 ~ 31.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
32.0 ~ 32.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.0 ~ 33.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
34.0 ~ 34.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
35.0 ~ 35.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
36.0 ~ 36.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
37.0 ~ 37.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38.0 ~ 38.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39.0 ~ 39.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>= 40.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	17.9	7.9	1.6	1.5	1.1	2.8	6.7	16.5	8.1	6.3	4.1	3.8	2.3	3.3	4.7	9.6	

靜風機率：1.8

最大風速：41.3

平均風速：5.8

表2-1-2(b) 台中港北堤堤根測站冬季風速風向分佈統計表

風速 (M/SEC)	風向																小計
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	
< 1.0	0.2	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.87
1.0 ~ 1.9	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.2	0.4	3.42
2.0 ~ 2.9	1	0.9	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6	5.38
3.0 ~ 3.9	1.2	1.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.7	5.64
4.0 ~ 4.9	1.8	1.7	0.3	0.1	0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.9	6.4
5.0 ~ 5.9	2.1	2	0.2	0	0	0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	1	6.53
6.0 ~ 6.9	2.5	1.6	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0.1	0.9	5.85
7.0 ~ 7.9	2.7	1.3	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0.9	5.5
8.0 ~ 8.9	2.9	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.8	5.38
9.0 ~ 9.9	2.8	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	4.83
10.0 ~ 10.9	3.4	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	5.56
11.0 ~ 11.9	3.4	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	5.37
12.0 ~ 12.9	3.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	5.37
13.0 ~ 13.9	3.6	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	5.24
14.0 ~ 14.9	3.5	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	4.8
15.0 ~ 15.9	3.8	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	5.18
16.0 ~ 16.9	3.3	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	4.51
17.0 ~ 17.9	2.5	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	3.31
18.0 ~ 18.9	2.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	2.88
19.0 ~ 19.9	1.5	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.88
20.0 ~ 20.9	1.4	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.8
21.0 ~ 21.9	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.31
22.0 ~ 22.9	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.71
23.0 ~ 23.9	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.52
24.0 ~ 24.9	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.26
25.0 ~ 25.9	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.24
26.0 ~ 26.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14
27.0 ~ 27.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07
28.0 ~ 28.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06
29.0 ~ 29.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04
30.0 ~ 30.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05
31.0 ~ 31.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
32.0 ~ 32.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
33.0 ~ 33.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
34.0 ~ 34.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35.0 ~ 35.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36.0 ~ 36.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
37.0 ~ 37.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38.0 ~ 38.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39.0 ~ 39.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>= 40.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	53.3	21	1.7	0.8	0.6	0.9	1.2	1.6	1.1	0.8	0.6	0.6	0.5	1	2.2	12	

靜風機率 0.8

最大風速 36.7

平均風速 10

表2-1-2 (c) 台中港北堤堤根測站全年風速風向分佈統計表

風速 (M/SEC)	風向																小計
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	
< 1.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	1.26
1.0 ~ 1.9	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.6	0.5	0.5	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	5.55
2.0 ~ 2.9	0.9	0.9	0.4	0.4	0.3	0.5	0.7	1	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	8.31
3.0 ~ 3.9	1.2	1.1	0.4	0.2	0.1	0.3	0.7	1.2	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.8	9.13
4.0 ~ 4.9	1.5	1.4	0.2	0.1	0	0.1	0.5	1.3	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3	0.5	0.7	1	9.24
5.0 ~ 5.9	1.7	1.5	0.1	0	0	0.1	0.5	1.3	0.6	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3	0.5	1.1	9.03
6.0 ~ 6.9	2	1.2	0.1	0	0	0	0.3	1.1	0.5	0.4	0.4	0.3	0.1	0.1	0.3	1	7.65
7.0 ~ 7.9	2.1	1	0	0	0	0	0.2	1	0.4	0.4	0.2	0.2	0	0	0.1	0.9	6.54
8.0 ~ 8.9	2.2	0.9	0	0	0	0	0.2	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0	0	0.1	0.7	5.6
9.0 ~ 9.9	2	0.8	0	0	0	0	0.1	0.3	0.2	0.3	0.1	0	0	0	0	0.6	4.42
10.0 ~ 10.9	2.4	0.8	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0.6	4.53
11.0 ~ 11.9	2.3	0.7	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.5	3.92
12.0 ~ 12.9	2.2	0.6	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.5	3.6
13.0 ~ 13.9	2.3	0.6	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.4	3.42
14.0 ~ 14.9	2.1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	2.98
15.0 ~ 15.9	2.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	3.12
16.0 ~ 16.9	1.9	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	2.64
17.0 ~ 17.9	1.4	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.9
18.0 ~ 18.9	1.3	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.67
19.0 ~ 19.9	0.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.07
20.0 ~ 20.9	0.8	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.04
21.0 ~ 21.9	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.77
22.0 ~ 22.9	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.41
23.0 ~ 23.9	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
24.0 ~ 24.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18
25.0 ~ 25.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14
26.0 ~ 26.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09
27.0 ~ 27.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04
28.0 ~ 28.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04
29.0 ~ 29.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
30.0 ~ 30.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
31.0 ~ 31.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
32.0 ~ 32.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
33.0 ~ 33.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
34.0 ~ 34.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35.0 ~ 35.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36.0 ~ 36.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
37.0 ~ 37.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38.0 ~ 38.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39.0 ~ 39.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>= 40.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	35.9	14	1.7	1.2	0.8	1.8	3.9	8.9	4.5	3.5	2.3	2.2	1.4	2.1	3.4	11	

靜風機率：1.3

最大風速：41.3

平均風速：8

SUMMER (1971-1980)

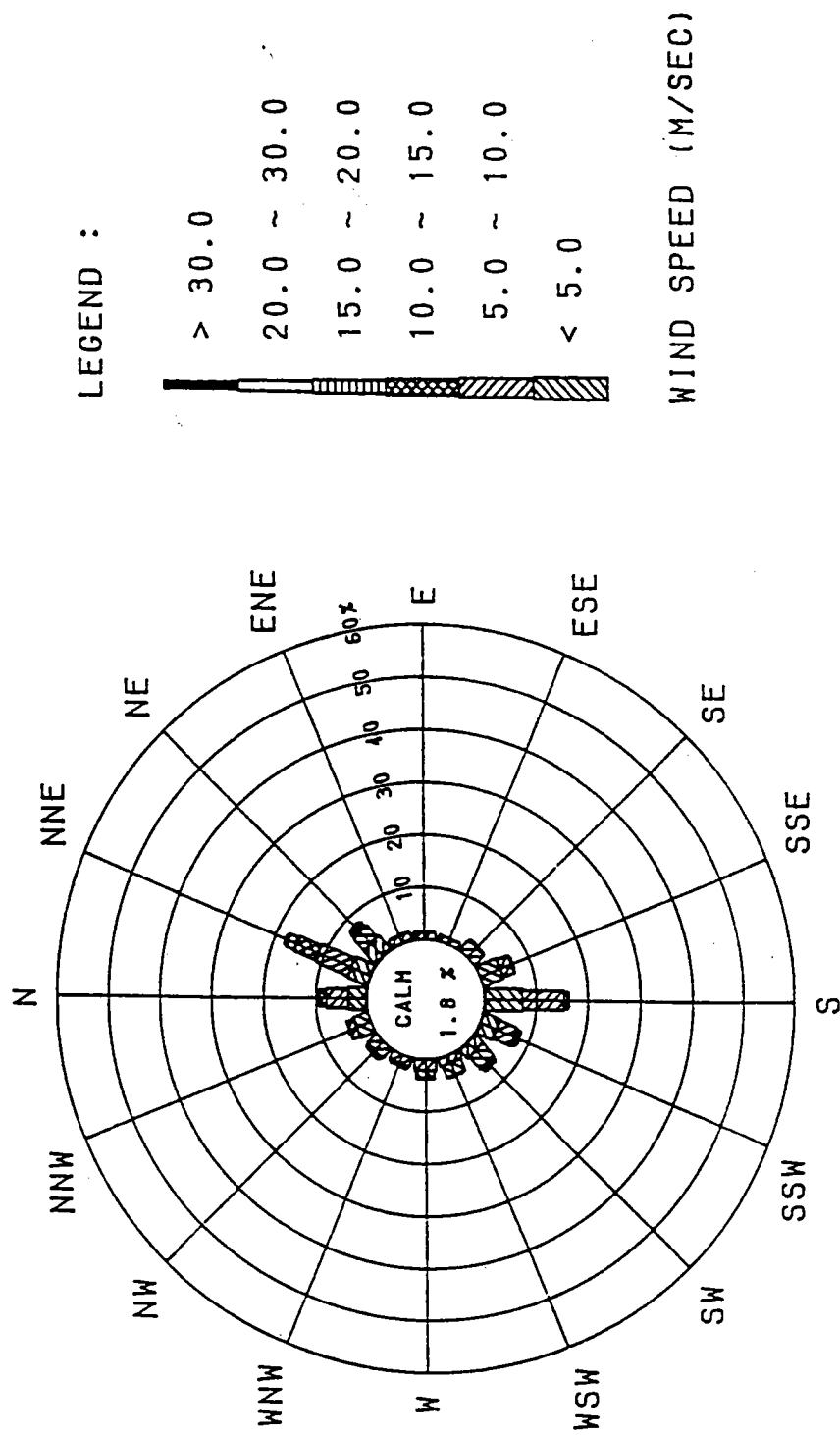


圖 2-1-2(a) 北堤堤根測站夏季風玫瑰圖

WINTER (1971-1980)

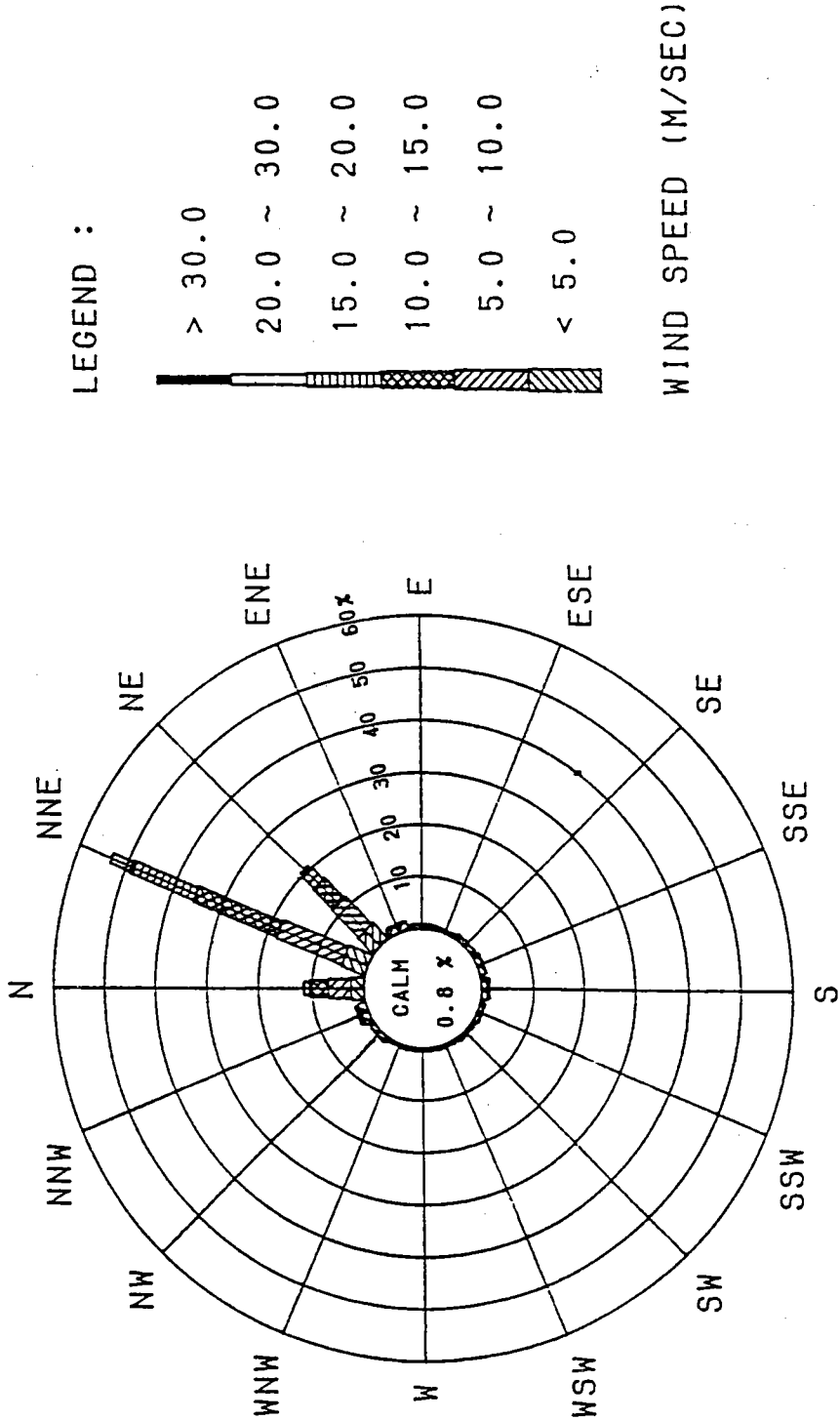


圖 2-1-2(b) 北堤堤根測站冬季風玫瑰圖

ALL YEAR (1971.1-1980.12)

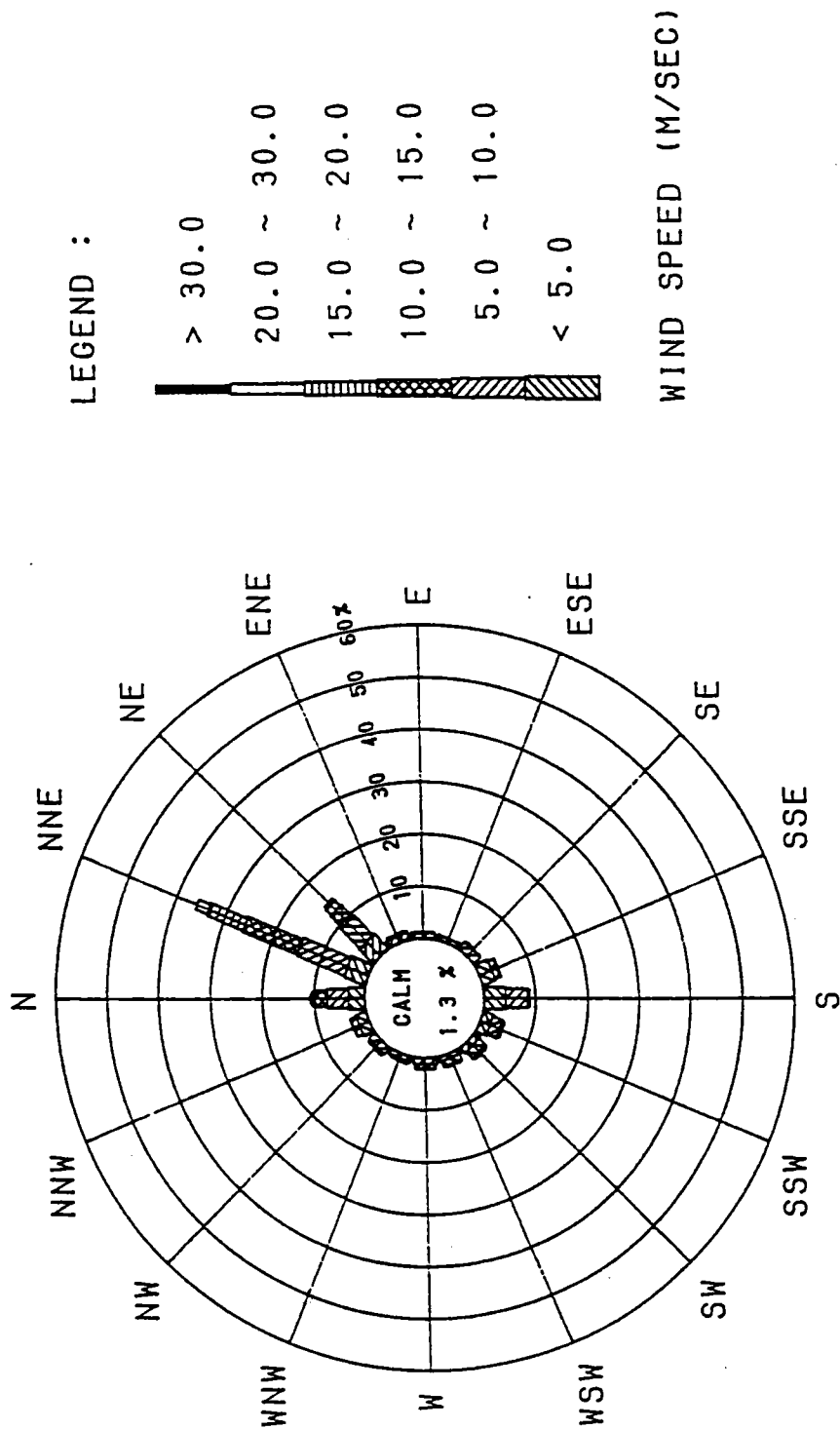


圖 2-1-2(c) 北堤堤根測站全年風玫瑰圖

表2-1-3(a) 北堤堤頭站夏季風速風向分佈統計表

風速 (M/SEC)	風向																小計
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	
< 1.0	0.5	0.7	0.8	0.5	0.2	0.4	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.4	6.01
1.0 ~ 1.9	1.4	1.4	0.7	0.5	0.2	0.4	0.7	2	1.4	0.6	0.2	0	0	0.2	0.9	1.4	11.91
2.0 ~ 2.9	1.7	2	0.5	0.1	0.2	0.2	0.6	2.3	1.7	0.9	0.3	0.1	0.1	0.1	0.6	1.7	13.06
3.0 ~ 3.9	1.8	1.8	0.3	0.1	0	0.1	0.5	1.1	1.1	1.4	0.4	0.1	0	0.2	0.4	0.8	9.99
4.0 ~ 4.9	1.5	1	0.1	0	0	0	0.5	1.7	0.8	0.9	0.3	0	0	0.1	0.3	1.3	8.54
5.0 ~ 5.9	1.2	0.6	0	0	0	0.1	0.4	1.4	0.3	0.4	0.2	0	0	0	0.2	1.2	6.11
6.0 ~ 6.9	1.2	0.9	0	0	0	0	0.3	2	0.5	0.1	0	0	0	0	0.2	0.8	5.98
7.0 ~ 7.9	1	0.9	0	0	0	0	0.3	1.2	0.4	0.3	0	0	0	0	0.2	0.6	4.86
8.0 ~ 8.9	0.9	1.3	0	0	0	0	0.3	0.8	0.7	0.2	0	0	0	0	0.1	0.7	4.96
9.0 ~ 9.9	0.6	0.9	0	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0.6	3.04
10.0 ~ 10.9	1	0.7	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0.4	2.76
11.0 ~ 11.9	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0.5	2.35
12.0 ~ 12.9	1.1	1.2	0	0	0	0	0	0	0.5	0.2	0	0	0	0	0	0.3	3.32
13.0 ~ 13.9	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.2	1.97
14.0 ~ 14.9	0.8	0.5	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.2	1.53
15.0 ~ 15.9	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.28
16.0 ~ 16.9	1.1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.81
17.0 ~ 17.9	0.4	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.72
18.0 ~ 18.9	0.5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.61
19.0 ~ 19.9	0.5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.72
20.0 ~ 20.9	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.33
21.0 ~ 21.9	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.28
22.0 ~ 22.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08
23.0 ~ 23.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
24.0 ~ 24.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05
25.0 ~ 25.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.0 ~ 26.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.0 ~ 27.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.0 ~ 28.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.0 ~ 29.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0 ~ 30.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31.0 ~ 31.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32.0 ~ 32.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.0 ~ 33.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
34.0 ~ 34.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35.0 ~ 35.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
36.0 ~ 36.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37.0 ~ 37.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38.0 ~ 38.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39.0 ~ 39.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>= 40.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	20.3	16.7	2.6	1.2	0.6	1.2	4.3	13	8.6	6.2	1.7	0.2	0.3	0.9	2.9	11	

靜風機率： 7.7

最大風速： 35.3

平均風速： 5.5

表2-1-3(b) 北堤堤頭站冬季風速風向分佈統計表

風速 (M/SEC)	風向																小計
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	
< 1.0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.76
1.0 ~ 1.9	0.3	0.6	0.8	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0.1	0.3	0.1	3.86
2.0 ~ 2.9	0.3	0.9	1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.6	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0.3	0.2	4.75
3.0 ~ 3.9	0.9	1	0.4	0.1	0	0	0.1	0.4	0.3	0.1	0.1	0	0	0.1	0.2	0.5	4.12
4.0 ~ 4.9	1.2	1.9	0.3	0	0	0	0.1	0.4	0.5	0.1	0.1	0	0	0	0.4	0.7	5.81
5.0 ~ 5.9	1.4	1.2	0.1	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0.7	3.8
6.0 ~ 6.9	1.7	1.4	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0.6	4.18
7.0 ~ 7.9	1.8	1.8	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.5	4.41
8.0 ~ 8.9	3.1	3	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.8	7.4
9.0 ~ 9.9	2.7	1.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.4	5.08
10.0 ~ 10.9	2.4	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	4.17
11.0 ~ 11.9	3	2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	5.58
12.0 ~ 12.9	4.6	2.4	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.3	7.49
13.0 ~ 13.9	3.5	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	5.46
14.0 ~ 14.9	2.9	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	4.76
15.0 ~ 15.9	2.6	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	4.58
16.0 ~ 16.9	3.2	2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	5.84
17.0 ~ 17.9	2.2	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	3.53
18.0 ~ 18.9	1.4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	2.57
19.0 ~ 19.9	1.1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.16
20.0 ~ 20.9	1	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.83
21.0 ~ 21.9	1	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8
22.0 ~ 22.9	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.93
23.0 ~ 23.9	0.3	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.56
24.0 ~ 24.9	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.33
25.0 ~ 25.9	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.27
26.0 ~ 26.9	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15
27.0 ~ 27.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09
28.0 ~ 28.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
29.0 ~ 29.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05
30.0 ~ 30.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31.0 ~ 31.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32.0 ~ 32.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.0 ~ 33.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
34.0 ~ 34.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35.0 ~ 35.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36.0 ~ 36.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
37.0 ~ 37.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
38.0 ~ 38.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39.0 ~ 39.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>= 40.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0
小計	43.6	33.5	3	0.9	0.4	0.6	1	1.8	1.7	1.1	0.5	0.1	0.1	0.3	1.5	6.5	

靜風機率： 3.5

最大風速： 68.8

平均風速： 10.5

表2-1-3(c) 北堤堤頭站全年風速風向分佈統計表

風速 (M/SEC)	風向																小計
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	
< 1.0	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.2	2.62
1.0 ~ 1.9	0.7	0.9	0.7	0.5	0.2	0.3	0.4	0.9	0.6	0.3	0.1	0	0	0.2	0.5	0.6	6.8
2.0 ~ 2.9	0.8	1.3	0.8	0.3	0.1	0.2	0.4	1.2	0.8	0.4	0.2	0	0	0.1	0.4	0.8	7.89
3.0 ~ 3.9	1.2	1.3	0.3	0.1	0	0	0.3	0.7	0.6	0.6	0.2	0	0	0.1	0.3	0.6	6.41
4.0 ~ 4.9	1.3	1.5	0.2	0	0	0	0.3	0.9	0.6	0.4	0.2	0	0	0.1	0.4	1	6.87
5.0 ~ 5.9	1.3	0.9	0.1	0	0	0	0.2	0.6	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0.2	1	4.8
6.0 ~ 6.9	1.5	1.2	0.1	0	0	0	0.1	0.8	0.3	0.1	0	0	0	0	0.2	0.8	5.02
7.0 ~ 7.9	1.5	1.4	0	0	0	0	0.1	0.5	0.2	0.2	0	0	0	0	0.1	0.6	4.69
8.0 ~ 8.9	2.3	2.3	0	0	0	0	0.2	0.3	0.3	0.1	0	0	0	0	0	1	6.64
9.0 ~ 9.9	1.9	1.4	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0.5	4.37
10.0 ~ 10.9	1.8	1.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.5	3.69
11.0 ~ 11.9	2.1	1.6	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.5	4.41
12.0 ~ 12.9	3.2	1.9	0	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0.4	5.89
13.0 ~ 13.9	2.5	1.3	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.2	4.06
14.0 ~ 14.9	2	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	3.45
15.0 ~ 15.9	1.9	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	3.26
16.0 ~ 16.9	2.4	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	4.27
17.0 ~ 17.9	1.5	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	2.41
18.0 ~ 18.9	1.1	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.79
19.0 ~ 19.9	0.9	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.57
20.0 ~ 20.9	0.7	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.25
21.0 ~ 21.9	0.7	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.22
22.0 ~ 22.9	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.59
23.0 ~ 23.9	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35
24.0 ~ 24.9	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.22
25.0 ~ 25.9	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17
26.0 ~ 26.9	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09
27.0 ~ 27.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05
28.0 ~ 28.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
29.0 ~ 29.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
30.0 ~ 30.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31.0 ~ 31.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32.0 ~ 32.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.0 ~ 33.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
34.0 ~ 34.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35.0 ~ 35.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
36.0 ~ 36.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
37.0 ~ 37.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
38.0 ~ 38.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39.0 ~ 39.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>= 40.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0
小計	34.1	26.2	2.8	1.1	0.5	0.8	2.3	6.1	4.4	3.1	0.9	0.1	0.2	0.6	2.2	9.5	

靜風機率： 5

最大風速： 68.8

平均風速： 8.6

SUMER (1996-1998)

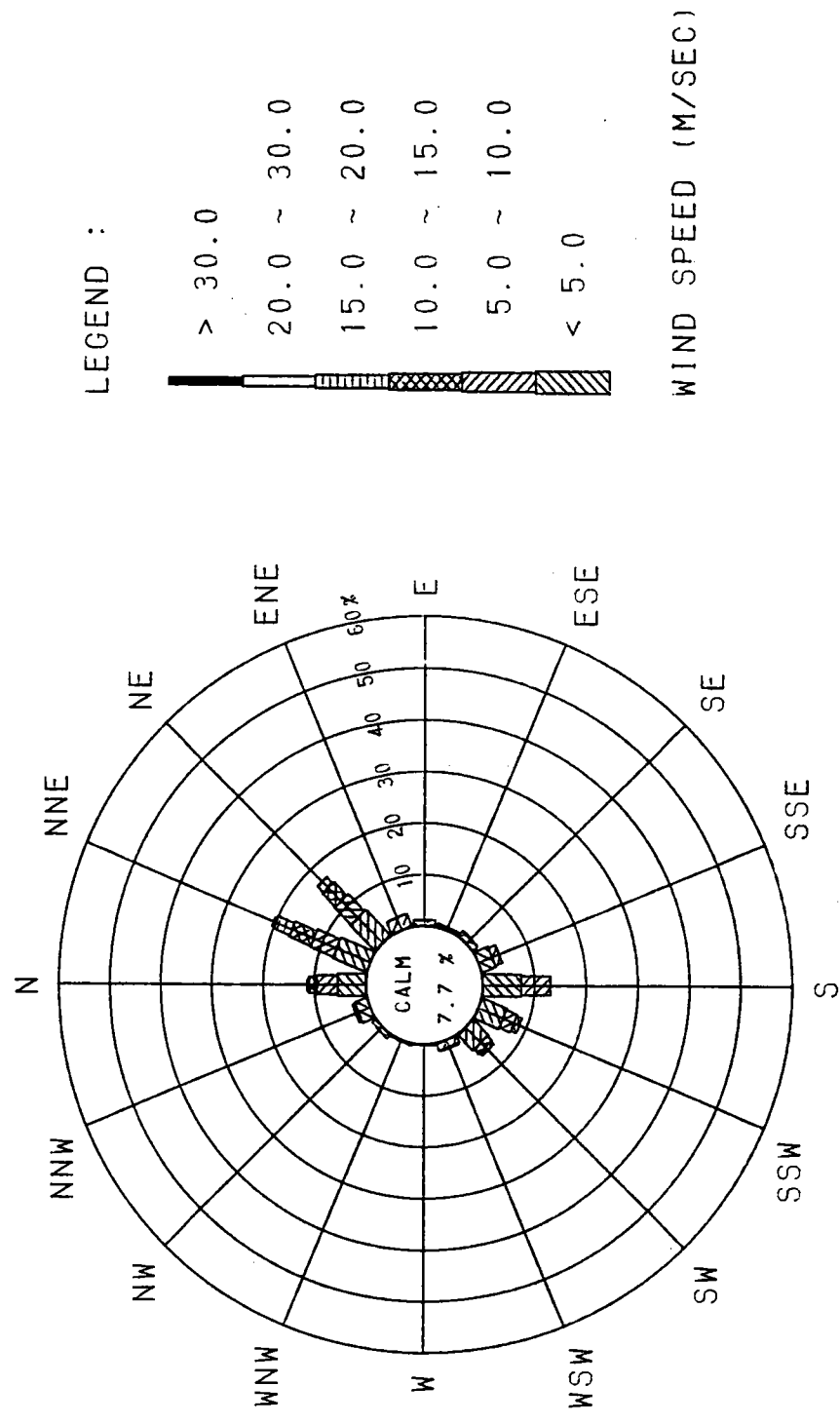
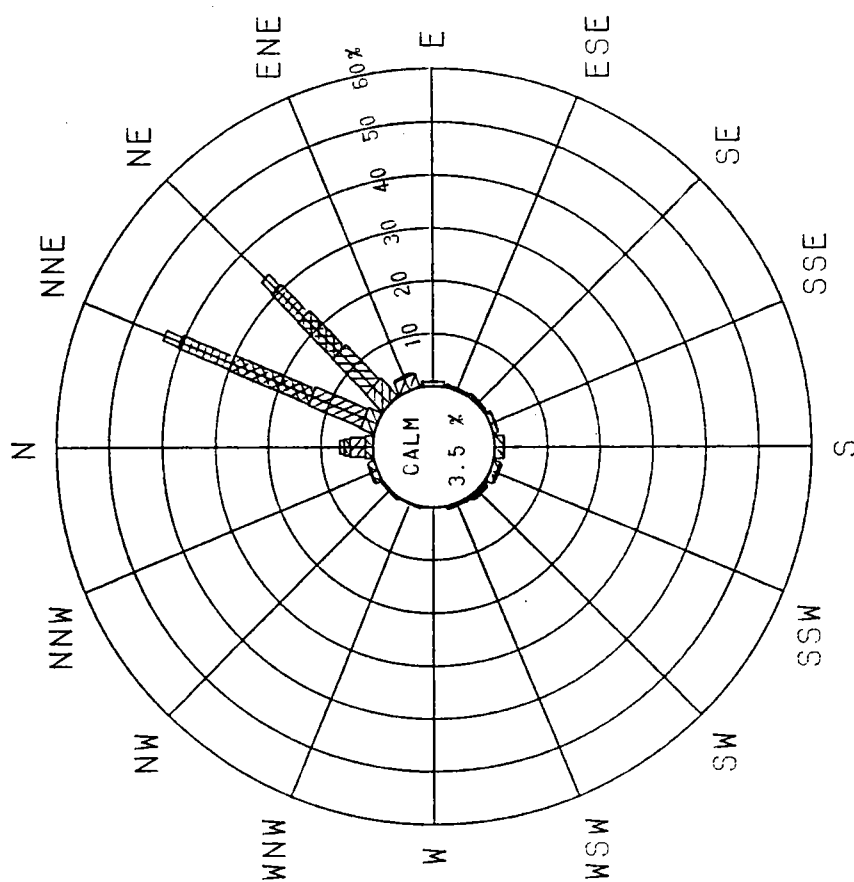
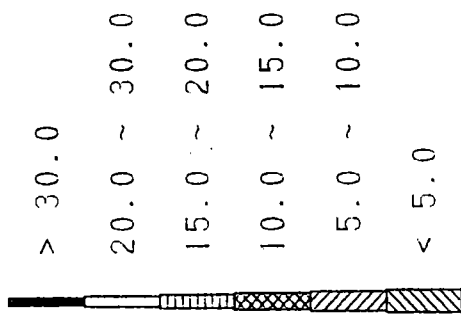


圖 2-1-3(a) 北堤堤頭測站夏季風玫瑰圖

WINTER (1996-1998)



LEGEND :



WIND SPEED (M/SEC)

圖 2-1-3(b) 北堤堤頭測站冬季風玫瑰圖

ALL YEAR (1996-1998)

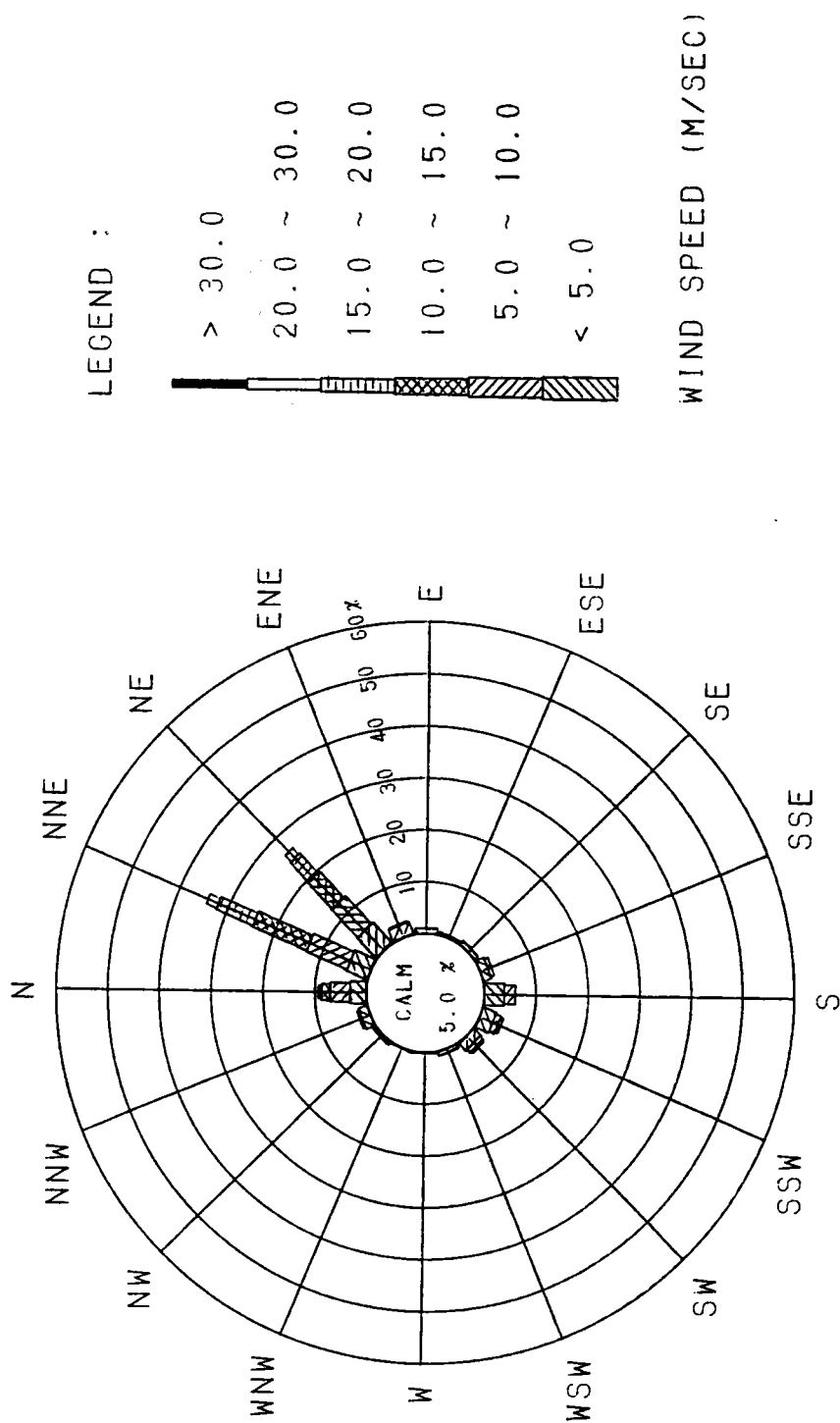


圖 2-1-3(c) 北堤堤頭測站全年風玫瑰圖

表2-1-4 台中港地區風速測站超值機率比較表

單位：%

測站別		北堤堤根測站			北堤堤頭測站		
		冬季	夏季	全年	冬季	夏季	全年
偏北風向	$U \geq 5\text{m/s}$	74.0	26.2	50.8	74.6	29.7	58.1
	$U \geq 10\text{m/s}$	48.6	9.7	29.7	51.5	15.6	38.0
	$U \geq 15\text{m/s}$	22.5	2.6	12.9	24.4	5.7	17.5
	$U \geq 20\text{m/s}$	4.9	0.4	2.7	6.0	0.6	4.1
偏西風向	$U \geq 5\text{m/s}$	0.7	8.6	4.9	0.6	2.4	1.3
	$U \geq 10\text{m/s}$	0.0	1.1	0.5	0.1	0.9	0.4
	$U \geq 15\text{m/s}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	$U \geq 20\text{m/s}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
偏南風向	$U \geq 5\text{m/s}$	0.9	16.5	8.6	0.6	10.6	4.6
	$U \geq 10\text{m/s}$	0.0	2.1	0.9	0.0	1.3	0.5
	$U \geq 15\text{m/s}$	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	$U \geq 20\text{m/s}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
其它風向	$U \geq 5\text{m/s}$	0.3	0.1	0.2	0.3	0.0	0.2
	$U \geq 10\text{m/s}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	$U \geq 15\text{m/s}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	$U \geq 20\text{m/s}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

註：1.偏北風向係為NNW，NE，N，NNW，NW向

2.偏西風向係為SW，WSW，W，WNW向

3.偏南風向係為SSW，SE，SSE，S向

4.其它風向係為ENE，E，ESE向

由表 2-1-4 可知，本港 15m/s 以上強風主要發生在冬季，其中又以 NNE~NW 偏北風向佔 22.5% 最高。北防波堤延伸將對此方向風浪而言，可使港池獲得更有效遮蔽。但此風向與港口主航道約略垂直，故風力對進港操船之影響十分顯著。

偏西方向波浪對本港靜穩度影響最顯著，根據長期風力調查統計結果顯示，兩個測站偏西方向風速超過 10m/s 以上之機率，冬季分別為 1.1% 及 0.9%，全年則約為 0.5%。因此，可以推斷此風向所產生之波浪極小，對本港靜穩度之影響不致太大。

(四)吹風延時發生機率分析

本計畫為瞭解台中港全年不同風速吹風延時發生機率，作為操船模擬評估港口可能營運與進港船隻等待時間之依據。分析台中港北堤堤根及堤頭測站風速記錄，將風速超過 5m/s、10m/s、15m/s、20m/s，其連續吹風延時為 2hr、4hr、6hr、8hr、10hr 之發生機率，統計如表 2-1-5 及表 2-1-6 所示。

由表可知，本港風速超過 15m/s 主要發生於每年冬季，10 月至翌年 3 月之東北季風期，北堤堤根測站持續 2.0 小時之機率約佔 5% 之時間，北堤堤頭測站持續之機率約佔 19.45%。

風速超過 20m/s，可能影響大型船舶進出港之風速，只發生在夏季颱風侵襲時、或冬季強烈鋒面過境時。北堤堤根測站全年持續 2.0 小時風速大於 20m/s 之機率僅有 0.22%，而北堤堤頭測站約有 2.1% 之機率。

表2-1-5 北堤堤根測站不同風速及延時統計表

風速	延時	夏季(%)	冬季(%)	全年(%)
超過5m/s	>2.0hr	14.24	48.65	31.44
	>4.0hr	12.54	47.39	29.97
	>6.0hr	11.41	46.25	28.83
	>8.0hr	10.05	44.78	27.42
	>10.0hr	8.47	42.63	25.55
超過10m/s	>2.0hr	3.49	23.11	13.30
	>4.0hr	3.17	21.92	12.55
	>6.0hr	2.77	20.68	11.73
	>8.0hr	2.33	18.98	10.65
	>10.0hr	1.98	17.40	9.69
超過15m/s	>2.0hr	0.88	5.17	3.02
	>4.0hr	0.79	4.55	2.67
	>6.0hr	0.69	3.92	2.31
	>8.0hr	0.59	3.45	2.02
	>10.0hr	0.57	2.90	1.73
超過20m/s	>2.0hr	0.08	0.37	0.22
	>4.0hr	0.04	0.29	0.17
	>6.0hr	0.04	0.23	0.14
	>8.0hr	0.03	0.19	0.11
	>10.0hr	0.00	0.19	0.09

表2-1-6 北堤堤頭測站不同風速及延時統計表

風速	延時	夏季(%)	冬季(%)	全年(%)
超過5m/s	>2.0hr	39.81	74.29	61.07
	>4.0hr	34.96	70.32	56.77
	>6.0hr	31.54	67.22	53.54
	>8.0hr	28.91	64.53	50.88
	>10.0hr	26.81	62.24	48.66
超過10m/s	>2.0hr	14.68	47.52	34.93
	>4.0hr	11.77	42.34	30.63
	>6.0hr	10.00	38.25	27.42
	>8.0hr	8.72	34.76	24.78
	>10.0hr	7.59	31.84	22.54
超過15m/s	>2.0hr	4.23	19.45	13.61
	>4.0hr	2.93	14.33	9.93
	>6.0hr	2.43	11.28	7.85
	>8.0hr	2.08	9.17	6.39
	>10.0hr	1.89	7.70	5.39
超過20m/s	>2.0hr	0.19	3.28	2.09
	>4.0hr	0.02	1.43	0.89
	>6.0hr	0.00	0.76	0.47
	>8.0hr	0.00	0.51	0.32
	>10.0hr	0.00	0.37	0.23

二、颱風

臺灣地區地處太平洋之西側，為太平洋地區颱風路徑之要衝，根據中央氣象局颱風年報資料(1897~1997)統計，101年間侵台颱風共計370次，平均每年侵台次數為3.66次。颱風侵台時間最早在四月下旬，最晚在十一月下旬，每年12月至翌年3月間尚無侵台紀錄。

由中央氣象局發佈颱風警報及侵台概況可知，每年約有7個颱風侵擾臺灣及附近海域，且以中度颱風(風速32.7~50.9m/秒)為多。侵襲臺灣之颱風以八月份佔115次最多，佔總數之31.1%，七、九月份各佔24.6%及22.4%次之。

臺中港位於臺灣西海岸中部，對於本港較具威脅之颱風路徑為通過臺灣中部向西或西北進行之第二類路徑，通過臺灣南部或南方近海面向西或西北進行之第三類路徑，以及沿臺灣西岸或台灣海峽北上之第五類路徑。過去101年間所發生第二、三及五路徑總計187次之多，平均每年發生1.85次，佔直接侵台颱風次數之50.5%。

就風力而言，第二路徑雖可能直接通過本港鄰近地區，但颱風結構受到中央山脈破壞後，其風力將明顯衰減；而第五路徑雖不致直接侵襲本港，但因其沿海峽北上，風場不受破壞，對本港威脅最大。就波浪而言，第一路徑颱風中心接近台灣海峽北部時，可能產生較大之北向颱風波浪；第二及第五路徑則產生較大西南向颱風波浪。本計畫經整理1981~1990年間颱風資料，在十年間颱風中心曾通過距台中港100公里、200公里範圍內之第一、二及第五路徑，颱風強度及發生次數如表2-1-7所示。由表2-1-7可知威脅台中港颱風以第二路徑發生次數最多，強度亦最具規模。

表 2-1-7 侵襲台中港鄰近地區颱風強度及路徑分佈
單位：次數

路徑	半徑 100 公里			半徑 200 公里		
	輕度	中度	強烈	輕度	中度	強烈
第一路徑	1	3	0	2	4	0
第二路徑	1	2	2	1	2	2
第五路徑	0	1	0	0	1	0

三、霧日

根據中央氣象局之氣候資料年報，統計台中港區梧棲氣象觀測站自民國66～85年20年間能見度小於1公里之月平均及月最多霧日數之變化曲線關係如圖2-1-4所示。由圖中顯示每月平均霧日3月份1.9日最多，2月份1.65日次之。單一年間每月霧日數2月份9日最多，3月份8日次之。按年統計，平均每年發生之霧日數為6.8日，一年間發生最多霧日數為15日，最少則為零。由上述統計結果可知台中港霧日大都發生在二、三月間，但夜晚及晨間的霧上午十點後，即逐漸消失，對航行船隻影響不大。

四、降水量及降水日數

統計中央氣象局梧棲觀測站自民國66～85年，20年間之降水量記錄詳表2-1-8所示。梧棲地區年平均降水量為1,269.8mm，月平均降水量則在4.1～229.3mm之間，月平均降水量以5、6月較多，10月較少。表2-1-8顯示梧棲地區春、夏雨季水量較多，約佔全年總降水量之80%。梧棲地區年平均降水日數約94.1日，每年以3月份降水日數最多，平均約11.9日，10月最少約為2.0日，初春至夏末期間平均每月降雨日數較高，皆超過10日以上。

月 年		單位：日												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
66	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	6	
68	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	
69	2	2	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	13	
70	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
71	0	2	4	2	1	0	0	0	0	0	2	2	13	
72	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
73	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
74	0	0	8	0	0	0	0	0	0	2	0	1	11	
75	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	
76	0	1	2	2	0	0	0	0	0	1	1	4	11	
77	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
78	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	5	
79	2	9	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	15	
80	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	
81	1	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	2	8	
82	0	4	2	0	0	0	0	0	1	0	3	0	10	
83	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	3	
84	0	2	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	7	
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
小計		11	33	38	6	4	2	1	3	1	9	9	19	136
月最多霧日		2	9	8	2	2	1	1	1	1	3	3	5	
月平均霧日		0.55	1.65	1.90	0.30	0.20	0.10	0.05	0.15	0.05	0.45	0.45	0.95	6.80

資料來源：中央氣象局梧棲測站

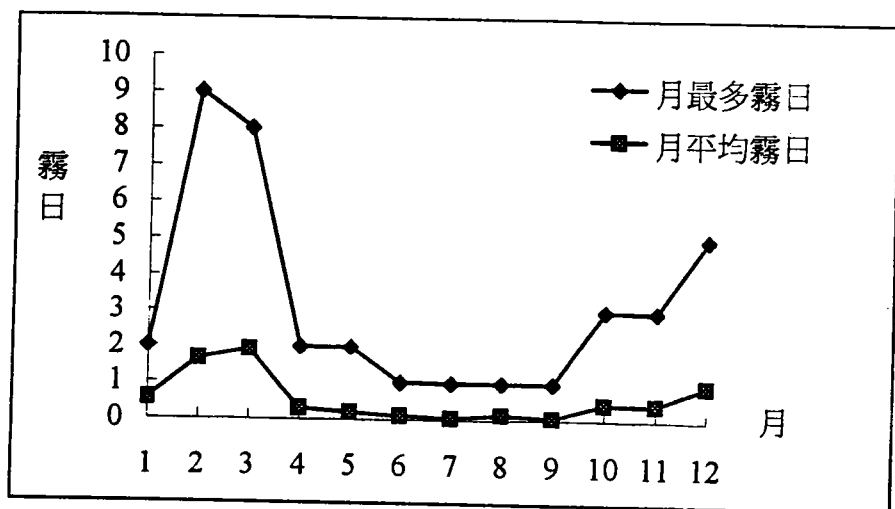


圖 2-1-4 台中港區霧日數變化圖

表2-1-8 梧棲地區降水量及降水日數統計表

冬 季	月 份	10	11	12	01	02	03	小 計
	平均降雨量(mm)	4.1	16.9	16.5	26.0	72.9	106.6	243.0
	≥1mm平均降雨日數	0.7	1.5	1.8	3.3	6.2	7.5	21.0
	≥10mm平均降雨日數	0	0.4	0.4	0.5	2.2	3.0	6.5
夏 季	月 份	04	05	06	07	08	09	小 計
	平均降雨量(mm)	132.0	229.3	216.9	155.5	219.1	74.0	1026.8
	≥1mm平均降雨日數	7.0	6.5	7.0	5.2	6.0	3.5	35.2
	≥10mm平均降雨日數	3.0	4.1	3.8	2.8	3.1	1.8	18.6

五、溫度

台中港民國66~85年20年間溫度變化情形，以7月份之氣溫最高，其月平均溫度為29.0℃。歷年最高月平均溫度為32.4℃，發生於7月，最低月平均溫度為13.0℃，發生於1月。按年統計之年平均氣溫為22.7℃，最高絕對氣溫為36.5℃，發生於79年8月26日，而最低絕對氣溫則發生於67年1月22日，當時溫度為2.4℃。

六、相對濕度

台中港民國66~85年間之年平均相對濕度為78.3%，月平均相對濕度在75%~81%之間。月最高濕度為89%，發生於2月，而月最低濕度為59%，發生於11月。

七、氣壓

統計分析民國66~85年中央氣象局氣候氣壓資料，顯示梧棲地區月平均氣壓值在1002.2~1016.8毫巴之間，其中以8月份氣壓最低、1月份氣壓最高。整體而言，颱風季節期間(7月至9月)之大氣壓力最低，冬季期間則較高。

貳、海象

一、潮位

台灣海峽之潮汐受太平洋潮流影響，漲潮時係自南北兩端流入海峽，約在台中附近會合，退潮時則以相反方向自海峽兩端流出。台中港附近海域為典型之半日潮，每日有兩次高潮以及兩次低潮。根據民國60年3月起至民國85年3月台中港所測得之資料統計結果如表2-2-1所示。

表2-2-1 台中港潮位統計資料(60.3~85.3)

單位：公尺

分析時間	H.H.W.L.	M.H.W.L.	M.W.L.	M.L.W.L.	L.L.W.L.
60.3~64.12	5.86	4.59	2.72	0.9	-0.05
65.1~69.12	5.77	4.53	2.64	0.79	-0.41
70.1~74.12	5.5	4.44	2.62	0.81	-0.49
75.1~79.12	5.65	4.54	2.71	0.85	-0.55
80.1~85.3	5.47	4.21	2.5	0.76	-0.46
60.3~69.12	5.86	4.56	2.68	0.84	-0.41
70.1~79.12	5.65	4.49	2.67	0.83	-0.55
60.3~85.3	5.86	4.45	2.63	0.82	-0.55

由以上統計資料，各項潮位基準統計分析結果如下：

■最高高潮位	H.H.W.L.	= 5.86m(60.9.23.)
■大潮平均高潮位	H.W.O.S.T.	= 4.93m
■平均高潮位	M.H.W.L.	= 4.45m
■平均潮位	M.W.L.	= 2.63m
■平均低潮位	M.L.W.L.	= 0.82m
■大潮平均低潮位	L.W.O.S.T.	= 0.09m
■最低低潮位	L.L.W.L.	= -0.55m(77.1.21.)
■平均潮差	Tidal Range	= 3.63m

在決定港灣構造物高度及設計水位時，須推估各種不同迴

歸年期高水位。將每年出現最高潮位依大小順序排列，用Log-Pearson Type III法分析最高潮位發生頻率，結果如表2-2-2。50年迴歸期發生之最高高潮位為5.864m，而在民國60年9月23日所發生的最高高潮位5.86m約相當於50年迴歸期之高潮位。

表2-2-2 台中港各種迴歸年最高潮位

迴歸年	水位(m)
2	5.435
5	5.593
10	5.685
25	5.791
50	5.864
100	5.933
200	6.000

二、波浪

(一)波浪觀測成果

台中港波浪觀測起於民國 60 年 7 月，採超音波波高計，置於北堤外海低潮位下-19m 處。統計 1971.7~1979.9 年的示性波高及週期，分別求得夏季、冬季及全年示性波高週期之分佈統計，如表 2-2-3 至表 2-2-5 以及圖 2-2-1 至圖 2-2-3 所示。

夏季波浪波高大於 2.5m 之累積概率為 1.5%，而波高大於 3.0m 之累積概率減少為 0.7%，此即表示夏季受颱風直接侵襲，台中港海域約 66 小時波高在 2.5m 以上；約有 30 小時波高達 3.0m 以上。夏季波高小於 1.0m 約佔 80%，即夏季六個月中約有五個月海面波高小於 1.0m。

冬季波高大於 2.5m 之累積概率為 10.7%，而波高大於 3.0m 之累積概率減為 3%。可以解釋為冬季期間季節風侵襲時，約有近 20 天時間波高超過 2.5m；而在強烈季節風作用下，則約有 5 天至 6 天時間波高超過 3.0m。冬季波高約有

表9-4-5 南內堤拋石段拆除每公尺工程費概估

單位：新台幣元

項次	項目	單位	數量	單價	複價	備註
壹、	工程費					
1.	堤面混凝土拆除	M ³	9.5	1,124	10,673	
2.	"A"塊石移除	M ³	28.0	945	26,460	
3.	"C"塊石移除	M ³	78.8	945	74,466	
4.	6T鼎型塊移除	塊	12.1	1,575	19,058	
5.	"a"卵石移除	M ³	197.0	683	134,453	
6.	零星工料及其他	式	1	32,511	32,511	
	小計				297,620	
貳、	廠商利潤(含測量、管理					
	、勞安、保險等)	12%			35,714	
	合計				333,334	
參、	加值營業稅	5%			16,666	
肆、	總計				350,000	

註：表列工程費已考慮施工期間物價調整因素

表 2-2-4 台中港冬季示性波高週期分佈統計表

波高 (M)	週期 (SEC)															小計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0 ~ .5	0	0	0	1	3	3.4	0.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	8.5
.5 ~ 1.0	0	0	0.1	1	4.6	8.2	1.7	0.3	0	0	0	0	0	0	0	16
1.0 ~ 1.5	0	0	0	0	2.2	13	8	0.5	0	0	0	0	0	0	0	24
1.5 ~ 2.0	0	0	0	0	0.3	9	13	1.9	0.1	0	0	0	0	0	0	25
2.0 ~ 2.5	0	0	0	0	0.1	1.4	10	4.5	0.2	0	0	0	0	0	0	17
2.5 ~ 3.0	0	0	0	0	0	0.2	2.3	4.3	0.7	0.1	0	0	0	0	0	7.7
3.0 ~ 3.5	0	0	0	0	0	0.1	0.2	1.3	0.8	0.1	0	0	0	0	0	2.5
3.5 ~ 4.0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0.5
4.0 ~ 4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.5 ~ 5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0 ~ 5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.5 ~ 6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.0 ~ 6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.5 ~ 7.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	0	0	0.1	2	10	35	37	13	2.2	0.4	0	0	0	0	0	

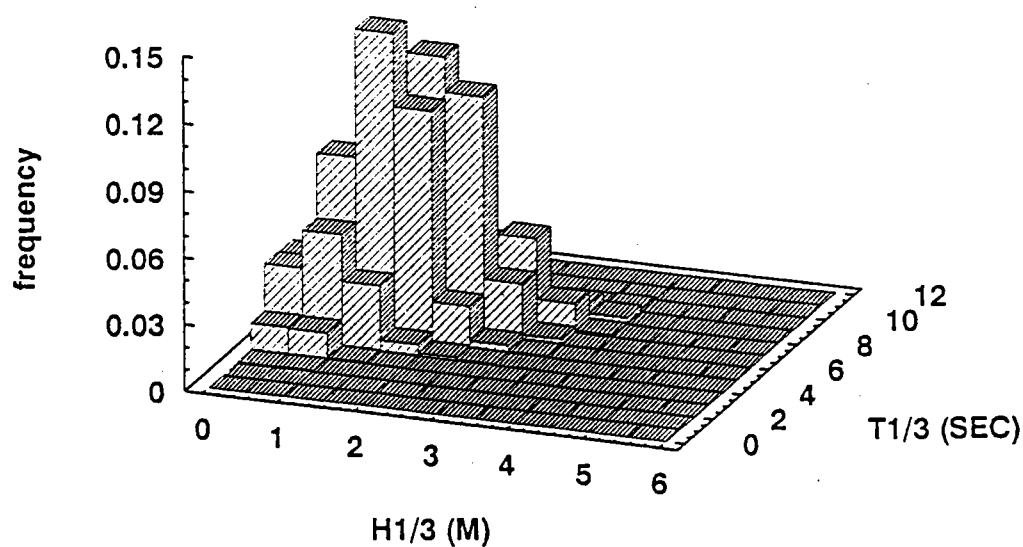


圖 2-2-2 台中港冬季示性波高週期聯合分佈立體圖

表 2-2-5 台中港全年示性波高週期分佈統計表

波高 (M)	週期(SEC)															小計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0 ~ .5	0	0	0.1	3.9	8.6	8.4	3.4	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	25.3
.5 ~ 1.0	0	0	0	2.1	8.7	11.3	3.1	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	26.2
1.0 ~ 1.5	0	0	0	0	1.9	9.5	5.9	0.5	0.1	0	0	0	0	0	0	18
1.5 ~ 2.0	0	0	0	0	0.2	5.4	7.9	1.3	0.1	0	0	0	0	0	0	15
2.0 ~ 2.5	0	0	0	0	0.1	0.8	5.7	2.5	0.2	0	0	0	0	0	0	9.3
2.5 ~ 3.0	0	0	0	0	0	0.1	1.2	2.4	0.4	0	0	0	0	0	0	4.3
3.0 ~ 3.5	0	0	0	0	0	0	0.1	0.7	0.5	0.1	0	0	0	0	0	1.5
3.5 ~ 4.0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0.3
4.0 ~ 4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
4.5 ~ 5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0 ~ 5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.5 ~ 6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.0 ~ 6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.5 ~ 7.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	0	0	0.1	6.1	19.5	35.5	27.4	9.1	1.8	0.3	0.1	0	0	0	0	

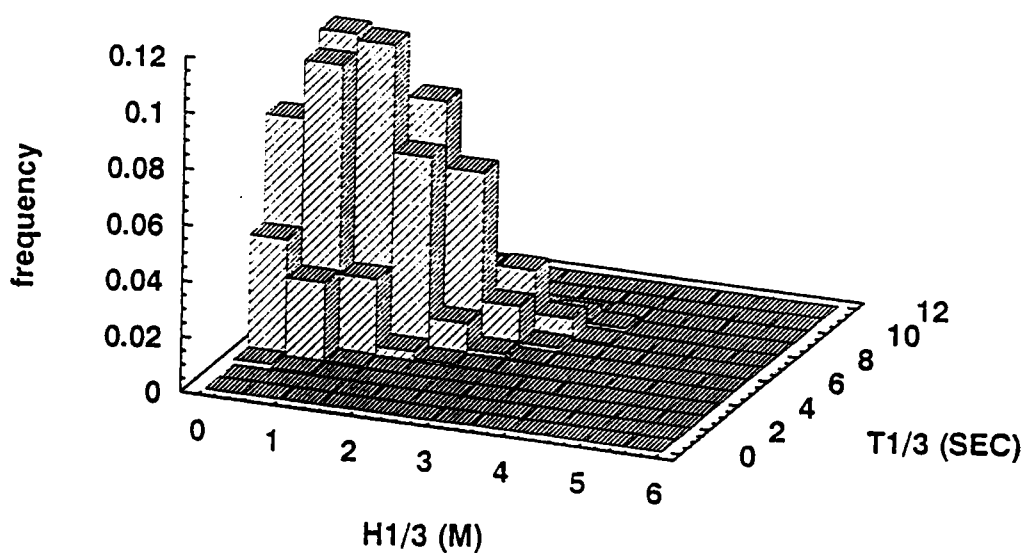


圖 2-2-3 台中港全年示性波高週期聯合分佈立體圖

一半集中在 1.0m 至 2.0m；波高小於 1.0m 之概率為 24.5%，亦即冬季仍約有一個半月時間波高在 1.0m 以下。

為探討北防波堤延長 850m 以後，防波堤所形成遮蔽區之遮蔽效果，本所於民國 83 年 9 月於北防沙堤西北西方約 800m 水深-13m 處(ST.1 站)、北防波堤堤頭前方約 200m 水深-25m 處(ST.2 站)、及南防波堤以南(ST.4 站)分別設置波浪觀測站，測站位置詳圖 2-1-1。

依上述波浪測站觀測統計結果如表 2-2-6，在冬季期間自民國 83 年 10 月至 84 年 12 月，ST.2 測站之波浪略大。波高大於 2.0m 所佔機率由 ST.2 之約 53.5%，降低至 ST.4 之 3.3%。波高小於 1.5m 所佔機率，ST.2 為 27.5%，ST.4 則提高為 81.2%。ST.1 之波高分佈機率則介於 ST.2 與 ST.4 之間。

比較 ST.2 及 ST.4 測站夏季之波高超值機率，測站 ST.4 在波高大於 1.0m 之超值機率仍略小於 ST.2 測站，此因夏季仍有相當比例之北向波浪，北防波堤仍具有遮蔽效果。但比較波高大於 1.5m 之超值機率，則 ST.4 將大於 ST.2 測站。

表 2-2-6 ST.2 及 ST.4 測站波高超值機率比較表

單位：%

測站別	ST.2 測站			ST.4 測站		
	冬季	夏季	全年	冬季	夏季	全年
$H_{1/3} \geq 0.5m$	98.3	48.7	96.2	87.5	39.7	78.0
$H_{1/3} \geq 1.0m$	86.9	8.9	83.5	55.3	4.0	44.7
$H_{1/3} \geq 1.5m$	72.5	0.1	69.4	18.8	0.9	14.9
$H_{1/3} \geq 2.0m$	53.5	0.0	51.3	3.3	0.1	2.7
$H_{1/3} \geq 2.5m$	27.0	0.0	25.9	0.7	0.0	0.6
$H_{1/3} \geq 3.5m$	4.8	0.0	4.7	0.0	0.0	0.1
$H_{1/3} \geq 4.0m$	0.6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0

(二)波高極端值分析

極端值統計分析可依資料多寡及分佈特性採用 Gumbel, Weibull 或 Normal 等分佈加以計算。資料篩選方法及資料個數常造成極端值統計結果差異。本計畫根據過去研究結果採用 Gumbel 方法求不同復現期距極端值波高。資料篩選方法是採用全體資料最大值法,其中選取資料個數的決定,是以機率紙上最高相關係數值者為依據。台中港各復現期距示性波高極端值如表 2-2-7。以復現期距 50 年來檢視台中港示性波高極端值發現,與過去曾發生之最大示性波高值相近(78 年 9 月最大示性波高 6.3m),此顯示以復現期距 50 年的示性波高極端值作為設計波高是合適的。

表2-2-7 台中港各種復現期距波高極端值

復現期距	5年	10年	20年	25年	50年	100年
波高(m)	5.19	5.58	5.95	6.07	6.43	6.79

三、海流

港研所近年(1994.9~1996.2年)曾在台中港外設三個觀測站,如圖2-1-1之ST.1、ST.2及ST.4。為較深入了解本區之流況變化,分析所有蒐集資料,並與北堤延伸興建前比較。茲將北防波堤延伸興建前後的流況特性說明如後:

(一)北防波堤延伸前

台中港冬季因受強烈東北季風影響,沿岸因受風吹流、波浪、潮汐、地形及水深等因素交互作用,外海流速達 2~3 節。北防波堤未延伸前,港口北堤附近因沿岸流流場受北堤束縮作用,堤頭附近流速高達 4~5 節,流向幾與航道垂直,對船隻進港影響極大。

夏季時,臺中港海域除颱風侵襲期間外風力微弱,流況主要受黑潮支流及潮流所控制,近海流向約朝 NE 或 NNE,港口流向受防波堤影響大部份時刻朝向 N 或 NNE 向

流動。每天最大流速介於 40~60cm/s 間，於高潮位時流速最小，最低潮位轉潮 1~2 小時間流速最大。

(二)北防波堤延伸後

北堤延伸後，北防沙堤測站(ST.1)、北防波堤堤頭測站(ST.2)及南防波堤登輪區測站(ST.4)流速分佈詳表 2-2-8 所示，茲將流況特性說明如下：

- 1.北防沙堤測站海流成份主要為風驅流及沿岸流，主要流向為西南向，流速隨風速增強而增大，最大流速可達 85.9cm/s。
- 2.北堤堤頭外測站海流成份主要為恒流及強制裂流。當鋒面來襲時，風速增強，強制裂流成份明顯，流向為西南西向；鋒面離境時，風速減弱，恒流成份較明顯，流向偏北北西向。冬季強烈季風吹襲時，最大流速可達 116.3cm/s。
- 3.南防波堤測站設置於水深-11m 處，海流成份主要為潮流及恒流，受北堤堤頭所產生環流影響，流向隨漲退潮及風速改變，流向分佈較廣，大致在北北西向與北北東向之間。流速很少超過一節，最大流速 57.8cm/s。

表2-2-8 台中海域流速分佈統計表

測站 流速分佈	ST.1(%)	ST.2(%)	ST.4(%)
0~10 cm/s	35.8	13.5	43.7
10~20 cm/s	26.2	16.7	36.1
20~30 cm/s	17.5	15.3	15.5
30~40 cm/s	11.3	15.7	3.3
40~50 cm/s	5.9	15.1	1
50~60 cm/s	1.7	10.7	0.4
60~70 cm/s	1.3	7	0
70~80 cm/s	0.2	3	0
80~90 cm/s	0.1	1.7	0
90~100 cm/s	0	1	0
100~110 cm/s	0	0.2	0
110~120 cm/s	0	0.1	0
最大流速	85.9cm/s	116.3cm/s	57.8cm/s
平均流速	18.7cm/s	34.8cm/s	13.3cm/s

參、地形地質

一、地形

本計畫區為平坦之濱海沖積平原，屬幼年期海岸平原，地勢平緩，沿岸平原屬全新世現代沖積層，其來源為鄰近地區各河川所帶下之沙石，以及海岸漂沙之淤積所造成。

根據台中港民國八十六年之水深測量資料顯示，港外地形在-5M~-20M水深間之平均坡度約為1/50~1/105之間；-5M等深線以內之平均坡度約為1/117~1/170之間；-20m等深線距海堤約1.3~2.1km。

二、地質

台中港位於台灣中部大甲溪及大肚溪出海口間之海岸，港區表層土壤來源主要係由河川自上游攜帶之泥沙，並受到潮汐、海浪及風之作用形成巨厚之現代沖積層。此種沖積層主要係由無凝聚性之沉泥質砂土所組成，偶夾薄層之砂土質沉泥及黏土。在地表沖積層之下，依序為上新世及更新世未固結之鵝嵴山層，上新世之卓蘭層及錦水頁岩層等。

本計畫區內土壤由於受到河川、海洋及風力之影響，在土壤沉積過程中所受之環境影響因素較為複雜，全區土層分佈零亂，並無明顯之垂直分層，為典型之海岸沖積層特性。

三、地震

台中港位於台灣西部地震帶上，依據台灣震度區分圖，本計畫區屬稍強震度區域，地震發生十分頻繁。計畫區附近曾於1935年4月21日發生地震規模為7.1級之大地震，並於本港址附近造成屯子腳斷層及彰化斷層，其中屯子腳斷層位於本港址東北側清水附近沿北偏東約60°向東北延伸至台鐵泰山火車站附

近；而彰化斷層則位於本港址以東約6公里處，呈北偏東約300°走向。

由於本計畫區地處地震帶，同時又受斷層活動影響，故地震力對本計畫區內基礎構築具有相當大之影響作用。此外，本計畫區內土壤以無凝聚性之砂土為主，於地震來臨時之土壤液化潛能，根據港研所過去對土壤液化潛能之評估研究，在預期地震規模為6.8及地面最大加速度 $A_{max}=0.15g$ 之條件下，部份區域在地表面下12m內有液化之可能，亦有少部份區域可能在地表面下21m處發生液化。為防杜結構物在地震時不致因液化而造成破壞，因此在設計時必須選擇適當之基礎形式及種類，以避免地震來臨時發生破壞。

肆、港埠既有設施及未來發展計畫

一、港埠既有設施

台中港現有碼頭及後線營運設施概要如表2-4-1所示。現有碼頭共37座(含台電二座卸煤專用碼頭)，碼頭長度總計8,710m(不含貯水池起水碼頭)。水深自-9m至-14m不等。包括貨櫃碼頭6座、穀類碼頭2座、台電煤炭碼頭2座、廢鐵碼頭1座、石化品碼頭4座、油品代用碼頭1座、其他非危險性液貨碼頭1座、水泥碼頭3座、大宗散貨碼頭2座、一般散雜貨碼頭15座，除#23碼頭暫供海關緝私艦及港務局拖船停靠外，實際營運碼頭僅36座。另#34~#35貨櫃碼頭已完工即將加入營運。

二、未來發展計畫

(一)「台中港整體規劃及未來發展計畫」

台中港原建港綱要計畫包括商港、工業港及漁港三部份，分二個階段執行。第一階段興建計畫共分三期辦理。民國65年10月31日完成第一期工程後，隨即展開營運，並繼續推動第二、三期工程。

近年台中港運量成長快速，港務局為掌握未來發展有利契機，重新研提「台中港整體規劃及未來發展計畫」，以充分有效運用港埠資源，擬定具有前瞻性之發展藍圖，作為未來推動各項計畫之依據。本計畫已於民國86年陳奉行政院台86交23683號函核定，茲將主要内容摘述如下：

1. 台中港定位及發展目標

(1) 功能定位

- 臺灣中部環島航運主要據點。
- 臺灣中部大宗散貨進口港。
- 臺灣中部貨櫃貨源進出口港。
- 臺灣中部兩岸船運進出口港。

表2-4-1(a) 台中港現有碼頭及後線用地使用情形

碼頭區	碼頭 (#)	長度 (m)	水深 (m)	碼頭用途	承租公司	位 置	面 積 (m ²)	碼頭及後線土地使用情形			備 註
								卸	儲	設	
北	1	250	(13)	大宗散貨	遠東	東碼頭面1、2線	35,457	(1)岸肩設置高速吸穀機400TPH 2台，800TPH 1台。			
	2	250	-13	油類		碼頭面1、2線	32,735	(2)一線建有七千五百噸平倉乙座，二線興建六萬噸及三萬噸穀倉各乙座 (1)原規劃作為穀類碼頭，目前暫供中油油品輪優先靠泊，以管道輸送防風林油庫。			
碼	3	250	-11	大宗散貨 (穀類)	遠東	東碼頭面1、2線	36,019	(1)中油公司在二線建有卸油加壓中繼站一處。 (2)二線興建六萬噸穀倉乙座。			非危險品液體貨物裝卸及儲存。
	4	200	-11	管道	南榮	3線	21,885	液體儲槽34座計11,590噸。(內含後配槽9座計148噸)			
區	4A	185	-9	水	台灣糖業	3線	7,934	液體儲槽 8座54,000噸。			
					南榮	2、3線	14,038	液體儲槽29座27,100噸。			
貯水池		202	-2.5	木	味丹企業	2、3線	12,466	液體儲槽 4座28,000噸。			
		203	-2.5		眾信	3線	11,490	液體儲槽13座26,700噸。			
起水		150	-2.5		台灣糖業	3線	6,612	液體儲槽 4座20,000噸。			
		220	-11	雜貨	中港	1、2線	11,555	一線10,000噸水泥儲槽乙座、二線6,000噸水泥儲槽2座，合計22,000噸。			
北	5	200	-11	雜貨	中港	1、2線	82,446	一線10,000噸水泥儲槽2座，增建九千噸水泥儲槽乙座。			北側護岸180公尺。
	6	200	-11	雜貨	中港	1、2線		二線10,000噸水泥儲槽2座，增建九千噸水泥儲槽乙座。			東側護岸180公尺。
突	7	200	-11	雜貨	中港	1、2線		三線10,000噸水泥儲槽2座，增建九千噸水泥儲槽乙座。			南側護岸40+25公尺。
	8	200	-11	雜貨	中港	1、2線		四線10,000噸水泥儲槽2座，增建九千噸水泥儲槽乙座。			台灣航線散雜貨裝卸。
堤	9	260	-13	貨櫃	中國	1、2、3線	214,014	碼頭後線露天堆置場面積8,478平方公尺。 (1)岸肩設置貨櫃起重機三部，碼頭岸肩裝卸由棧吊處承作。 後線裝卸機具均由中櫃自備。			
	10	320	-13	貨櫃	中國	1、2、3線		(2)三座碼頭後線43,630平方公尺計有貨櫃堆置場(CY)203,909平方公尺、保養場貨櫃集散棧(CFS)1棟7,480平方公尺、辦公室1,480平方公尺、變電站.....等。 1,145平方公尺(以上為中櫃承租項目)及場內道路及變電站.....等。			
中	11	320	-13	貨櫃	中國	1、2、3線		11號碼頭後線貨櫃集散棧(CFS)一棟7,480平方公尺已由中櫃公司承租(85.11.30止)。			
	12	200	-11	雜貨	德隆倉儲	1、2線	84,340	(1)12、13、15號碼頭二線通棧4棟計可儲貨58,000噸 (2)14號碼頭一線及12、15號碼頭二線連鎖露天堆置場38,072。 (3)13B空地德隆增租(自84.7.1起至87.12.31止)。			13號碼頭二線臨中橫十路部份為德隆公司機具場。
碼	13	200	-11	雜貨	德隆倉儲	1、2線		(1)12、13、15號碼頭二線通棧4棟計可儲貨58,000噸 (2)14號碼頭一線及12、15號碼頭二線連鎖露天堆置場38,072。 (3)13B空地德隆增租(自84.7.1起至87.12.31止)。			
	14	180	-10	雜貨	福斯	3線	50,085.8	14、15號碼頭三線由福斯倉儲公司承租汽車集運場38,558平方公尺、16號碼頭三線建有保稅倉庫整棟供汽車儲轉之用。			福斯所租土地為： 14號三線：16,831.3平方公尺。 15號三線：16,405.5平方公尺。 16號三線：16,849.0平方公尺。
頭	15	180	-10	雜貨	福斯	3線		14、15號碼頭三線由福斯倉儲公司承租汽車集運場38,558平方公尺、16號碼頭三線建有保稅倉庫整棟供汽車儲轉之用。			
					福斯	3線		14、15號碼頭三線由福斯倉儲公司承租汽車集運場38,558平方公尺、16號碼頭三線建有保稅倉庫整棟供汽車儲轉之用。			
區					福斯	3線		14、15號碼頭三線由福斯倉儲公司承租汽車集運場38,558平方公尺、16號碼頭三線建有保稅倉庫整棟供汽車儲轉之用。			
					福斯	3線		14、15號碼頭三線由福斯倉儲公司承租汽車集運場38,558平方公尺、16號碼頭三線建有保稅倉庫整棟供汽車儲轉之用。			

表2-4-1(b) 台中港現有碼頭及後線土地使用情形

碼頭區	碼頭 (#)	長度 (m)	水深 (m)	碼頭用途	承租公司	位	面 (m ²)	碼頭及後線土地使用情况			備註
								卸	儲	施 與 設	
中	22	180	-11		建華	1線	500				84年9月營運。
	23	180	-10	其他	主 力	1線					1.海關租70公尺碼頭停靠私艦，其餘供本局港勤船停靠。 2.一線為建華航運承租碼頭金門貨物及大力士公司承租停放吊車、挖手...等重型裝卸車輛。 3.二線為棧岸處辦公室及機具所
					棧岸處	2線					
	24	180	-10	雜貨	棧岸處	1、2線				(1)24、25、26號碼頭一線通棧3棟計可儲貨34,900噸。 (2)25、26號碼頭二線連棧露天堆置場11,100平方公尺。 25A-2、26A通棧出租予宏吉公司(至85.5.31止)	
	25	200	-11	雜貨							
突	26	200	-11	雜貨		2線				24號碼頭二線空地(已有鋪面7,000平方公尺未出租)	
	27	200	-11	水泥	嘉新泥	1線	6,703			15,000噸水泥儲槽3座計45,000噸及設機械式卸料(每小時400噸)乙台。	
					亞泥	2線	2,212			11,000噸水泥儲槽乙座，由船上壓(每小時250噸)以上。	
	28	145	-11	水泥	台 宇	1線	6,974			15,000噸水泥儲槽4座計60,000噸及設氣送式卸料機(每小時400噸)乙台	
					東 環	2線	7,854			15,000噸水泥儲槽4座計60,000噸及設氣送式卸料機(每小時400噸)乙台	
堤						中 3、4線	7,085.6			三、四線左側設17,000噸水泥儲槽2座、18,000噸乙座計52,000噸及氣送式卸料機(每小時400噸)乙台。	
	29	250	-14	大宗散貨							供廢鐵、煤炭...等大宗散裝貨物，以船邊提貨方式裝卸。
	30	320	-14	大宗散貨							84年9月營運。
	31	300	-14	貨 櫃	萬 海		約16公頃				
	32	300	-14	貨 櫃	榮 立	榮 1、2、3線	146,871			碼頭面由立榮公司裝設橋式起重機二部。 後線貨櫃場含CFS一棟31115平方公尺。	
西	33	250	-14	貨 櫃	榮 立	榮 1、2、3線	115,000			碼頭面由立榮公司裝設橋式起重機二部。	1.西一號二線北側153,000平方公尺為本局信託台。
	西1	250	-13	管 道 (化學品)	道 德 宏 忍	昇 1、2線 忍 1線	15,042 20,995			一線化學品儲槽15座計18,000噸二線6座計9,000噸共27,000噸 化學品儲槽12座計18,000噸。	2.經營液體石化品儲槽及裝卸。
					長 春	2線	10,000			化學品儲槽 7座計11,500噸。	
	西2	250	-14	管 道 (化學品)	道 永聖貿易 和 勝	1線 2線	16,100 17,003			化學品儲槽 6座計25,500噸。 化學品儲槽24座計31,400噸。	
	西3	250	-14	(化學品)	匯 中	2線	29,003			化學品儲槽25座計46,790噸。	
碼頭區	西4	250	-14	(化學品)		1、2、3線	182,908			化學品儲槽8座計11,150噸。	
	99	250	-12	廢 炭	鐵 公					10,000噸以上船舶強制靠泊	
	101	340	-18	煤	炭 台	電 碼頭面1、2線	61,086.6			(1)岸肩設置高效率卸煤機五台。 (2)後線架設一條密閉式輪煤帶(每小時4000噸)將煤炭輸送至分力專業區之裝煤廠。 (3)其他附屬設施。	台電公司租用二座碼頭及聯絡橋一線(920x57.5)、102號二線部份(83.1x86)及聯絡橋南側底端(40x26)合61086.6m ² ，81.9.7開始靠泊煤輪。
	102	340	-18	煤							
	合計	37座	9,265								

- 海運轉運中心輔助港，區域性加工再出口及物流之後勤網路中心。

(2)發展目標

- 應付臺灣環島貨物之船運需求。
- 滿足臺灣中部大宗散貨進口需求，並支援北部基隆港能量之不足。
- 提供臺灣中部區域貨櫃化貨源就近進出口之通道。
- 準備因應兩岸進出口貨運直接通航之契機。
- 發揮遼闊港區優勢，吸引高附加價值之產業、轉運基地、或貨物流通業進駐。
- 落實行政改革、港埠民營化、營運管理資訊化。

2.港埠設施需求

(1)計畫最大進港船型

第一港口以巴拿馬極限輪及大型貨櫃船能進港靠泊為目標，第二港口以 125,000DWT 級船舶為目標，。

(2)各類貨物裝卸量預測

單位：萬 RT

貨 種	90年	95年	100年	105年	110年
1.貨櫃貨 (萬TEU)	4367 (121)	5630 (156)	6892 (192)	8141 (226)	9389 (261)
2.穀類	512	579	645	688	731
3.水泥	666	827	987	1086	1184
4.油品	514	574	633	678	723
5.化學品	306	372	438	488	537
6.其它液散貨	67	77	87	90	92
7.台電煤炭	1300	1300	1300	1300	1300
8.民間煤炭	360	380	400	420	440
9.廢鐵	49	64	79	95	110
10.一般散雜貨	699	775	851	939	1027
11.民間專用碼頭運量	633	1039	1039	1039	1039
合 計	9473	11615	13351	14962	16572

(3)各類碼頭需求

單位：座

碼頭種類	90年	95年	100年	105年	110年
1.貨櫃	5	7	8	9	10
2.穀類	3	3	3	3	3
3.水泥	5	6	6	7	7
4.油品	2	3	3	3	3
5.化學品	6	6	6	7	7
6.其它液散貨	1	2	2	2	2
7.台電煤炭	3	3	3	3	3
8.民間煤炭*	4	2	2	2	2
9.廢鐵	1	1	1	1	1
10.一般散雜貨	16	17	19	21	23
11.客運	1	1	1	1	1
12.桂裕公司	3	3	3	3	3
合 計	50	54	57	62	65

[備註]民國90年民間煤炭碼頭需求數係以船邊提貨作業方式估算，95～110年則以岸上專業卸儲運設施作業估算碼頭需求。

3.港區配置及土地分區使用

台中港港區配置及土地分區使用如圖 2-4-1。

(1)水域設施

第一港口堤防設施暫不變動，主航道寬 300m，水深 CD.-15m。第二港口暫以朝 WNW 向規劃，主航道寬 400m，水深 CD.-18.5m。港內南北向主航道寬 400m，水深 CD.-14～-15m。

北迴船池維持直徑 1,000m，水深 CD.-14m，南迴船池直徑 1,100m，水深 CD.-18m。

港內水域規劃北泊渠、中泊渠、南一泊渠、南二泊渠、及工業泊渠，泊渠相鄰岸壁配合實際營運需求規劃各類型碼頭。

(2)營運碼頭

整體營運碼頭共配置 88 席，總長度 21,096m，如表

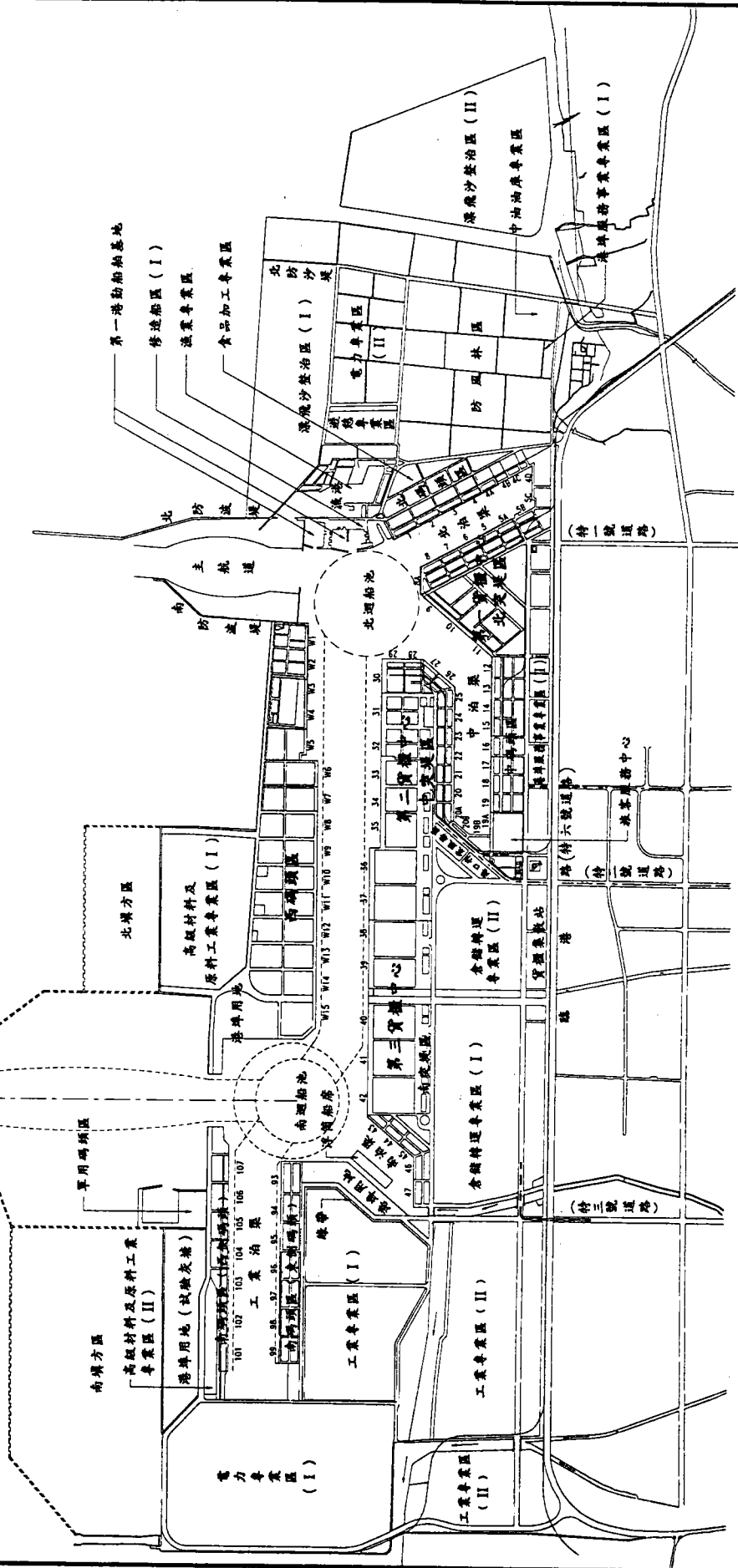


圖 2-4-1 台中港分區平面配置

2-4-2 所示。

(3)專業區

台中港第二階段之發展共規劃出 16 個專業區，如圖 2-4-1 所示。各專業區內之配置，將由開發單位視使用需要及營運方式進行詳細之規劃。

(二)「台中港港池泊渠浚渫及圍堤造地規劃」

台中港過去水域浚挖所產生之土方大多回填港內，產生寬廣港埠及專業區發展用地。然現有內港區可供回填之空間有限，港務局乃辦理「台中港港池泊渠浚渫及圍堤造地規劃」工作，以擬定各填方區之開發方案。

由於各填方區之設置均與港埠整體發展息息相關，該計畫中曾就未來二港口及外港可能之發展進行初步規劃，並建議整體發展佈置詳圖 2-4-2。本計畫所擬二港口、外港及各填方區計畫尚未奉核定，所規劃內容僅供相關計畫配合參考。茲就該規劃成果摘述如下：

1.二港口配置構想

二港口以 15 萬 DWT 級海岬型散貨輪及第五代貨櫃輪設計。航道寬度規劃為 440m，航道水深建議浚挖至 CD.-18~-19m。船舶進港船艏向朝 90°，略為頂風頂流接近港口後，再轉折 110° 船艏向進港。

2.外港區配置構想

台中港如遠程運量持續成長，現有港區仍不敷需求，屆時再考慮籌建外港以因應之。依目前海運市場需求研判，外港區開發可能存在極大變數，現階段所擬佈置僅可視為一初步構想。

依圖 2-4-2 所擬佈置，未來二港口完成後，與一港口北外防波堤間為一半封閉水域，未來僅需再興建部份外廓防波堤即可構成外港區水域。

表2-4-2 台中港整體發展之碼頭配置

碼頭種類	碼頭水深	碼頭數	碼頭總長度	碼頭位置
1. 貨櫃	-13~-15m	15	4,840m	9,10,11,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42
2. 穀類	-13m	3	750m	1,2,3
3. 水泥	-9~-12m	8	1,605m	4A,27,28,43,44,45,46,47
4. 石化品	-14m	15	3,700m	W1~W15
5. 台電煤炭	-14~-18m	3	970m	101,102,103
6. 民間煤炭	-14m	4	1,080m	104,105,106,107
7. 一般散雜貨 (含其它液散)	-8~-14m	30	5,640m	4,4B,4C,4D,5C,5B,5A,5,6,7,8,8A,12,13,14,15,16,17,18,19,20A,20,21,22,23,24,25,26,29,30
8. 廢鐵	-12.5m	1	250m	99
9. 工業專業區()碼頭	-14~-18m	3	810m	96,97,98
10. 其它專用碼頭	-14~-15m	3	840m	93,94,95
11. 客運	-9m	2	414m	19A,19B
12. 公務碼頭	-9m	1	197m	20B
合 計		88	21,096m	



圖2-4-2 二港口及外港定案平面佈置圖

3.填方區佈置

本港為因應未來收容土方需求，在南海堤西側規劃南填方區(I)、南填方區(II)、北填方區(II)、北填方區(III)及(IV)，將可因應未來數十年航道、港渠水域及碼頭浚挖所產生土方。

(三)「台中港航道浚深拓寬工程計畫」

1.計畫緣起

台中港在民國 84 年完成港口擴建後，操航環境顯著改善，已可安全進泊巴拿馬極限型船舶。近年航商業者基於商機及節省海運成本考量下，紛紛表示希望一港口能儘快進一步改善，以供進泊更大型船舶。

為提昇本港整體操航環境之安全、便利，降低航航業者投資與營運成本，港務局爰提出「台中港航道浚深拓寬工程計畫」，期能對現有航道、迴船池、及泊渠全面浚深拓寬，並配合抽沙完成南填方區(I)新生地填築工作，以提供完善之營運環境。

本計畫實施後，將提供 4,000TEU 級貨櫃輪及 12.5 萬 DWT 級散貨輪在本港靠泊所需操航環境，以創造本港整體良好形象，加速本港發展及增裕營運收益。

2.主要工程內容

本計畫主要為配合港口第二期擴建工程進泊大型船需要，將航道進行浚深拓寬，以提供大型船在港內操航所需水域空間。本計畫工程位置及規模詳圖 2-4-3，浚深範圍從港口登輪區至工業泊渠，均浚深至 CD.-16m，本計畫總浚挖數量約 3,060 萬 m^3 ，浚挖土方均棄填至南填方區(I)。

區	域	別	現	況	浚挖規模	浚挖量	回填區
A	港外航道 (含登輪區)		寬 550~1150m, 水深 7~20m		CD -16m	223 萬 m ³	南壩方區 (I)
B	港口段主航道		長 1700m, 寬 300m, 水深 13~14.5m		350~600m 寬, CD -16m	64 萬 m ³	
C	北迴船池		直徑 1000m, 水深 13~14m		1000m 直徑, CD -16m	180 萬 m ³	
D	港內南北向主航道		長 3600m, 寬 200m, 水深 13~14m		400m 寬, CD -16m	934 萬 m ³	
E	避船水城		長度 620m, 寬各 100m, 水深 14~15.5m		各 100m 寬, CD -16m	19 萬 m ³	
F	南迴船池拓寬浚深		直徑 800m, 水深 13~14m,		1100m 直徑, CD -16m	1011 萬 m ³	
G	南泊渠航道		淺灘地, 高程 +0~+4m		300m 寬, CD -12m	334 萬 m ³	
H	工業泊渠航道		寬 200m, 水深 13~14m		400m 寬, CD -16m	295 萬 m ³	
			合	計		3080 萬 m ³	

註: 港口段主航道另有 280 萬 m³ 由漂飛沙整治區第二期填區負責收容, 該工程不屬本計畫範圍

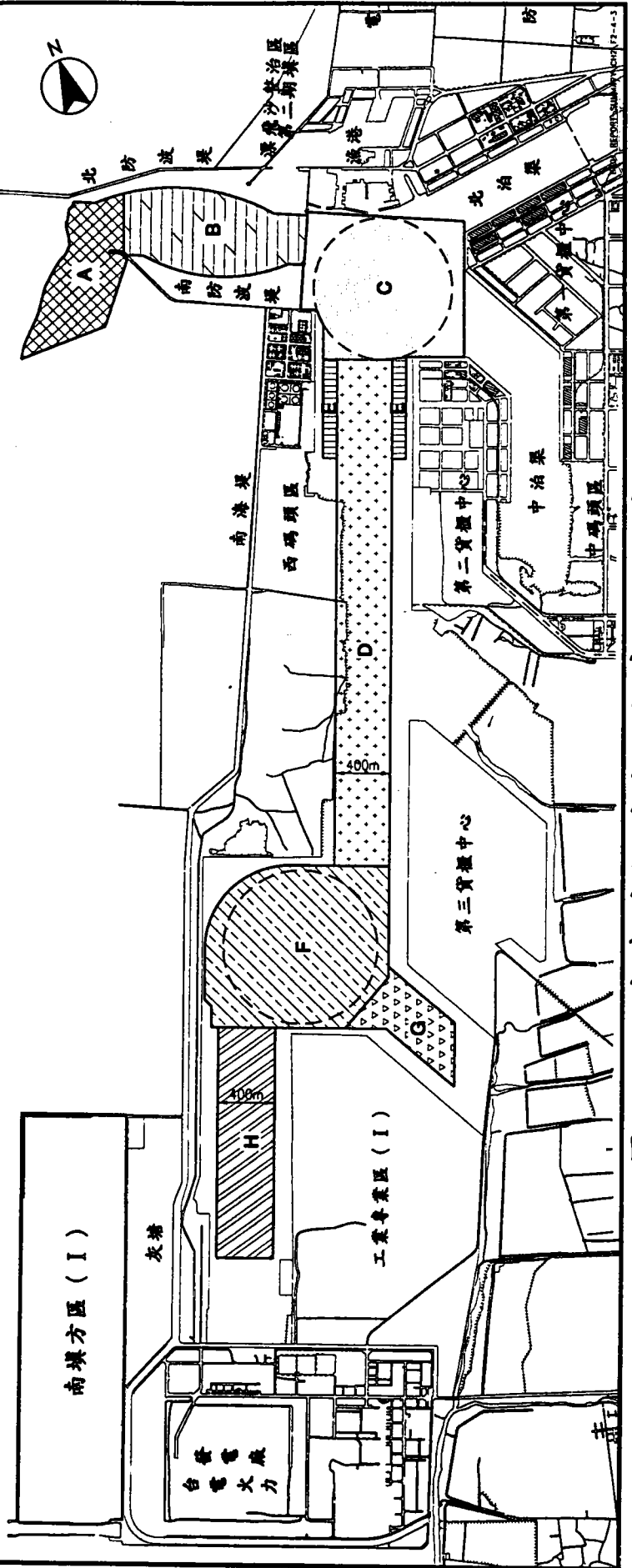


圖 2-4-3 台中港航道浚深拓寬工程計畫圖

第三章 港口第一期擴建工程 成效檢討

第三章 港口第一期擴建工程 成效檢討

台中港原建港綱要開發計畫中，計畫最大進港船型為5萬載重噸之貨輪，初期港口段航道設施亦依據此目標設計。但自民國67年開港至北防波堤延伸之前，冬季強風、強流與波浪影響下，除南、北外防波堤至南、北內防波堤間主航道船舶進出港困難外；領港在強風、巨浪侵襲時，亦無法在登輪區安全登輪，必須遠赴高雄港或基隆港登輪，而遭致非議。

港務局在實施港口第一期擴建工程之後，北外防波堤已延長850m，使領港登輪問題獲得改善，巴拿馬極限輪也得以安全進出台中港。但南內、外防波堤之狹口對更大型船舶之操船安全威脅仍然存在。因此，在進行後續港口擴建計畫之前，宜針對港口擴建第一期工程成效加以探討，冀求後續擴建計畫得以與先期工程相互配合，並以擬定最適之擴建方案。

壹、第一期擴建工程內容

一、原計畫內容

台中港為解決冬季季節風期間，領港人員出港登輪領航困難問題，以及因應船舶大型化，滿足大型散裝船舶直接進泊工業港區碼頭裝卸大宗進口原料及燃料，大型貨櫃輪能隨時安全進港需求，於民國77年經行政院核定實施「台中港港口擴建計畫」。

原計畫主要工程項目為延長北防波堤850m、南防波堤及南內堤分別拆除168m及50m，主航道浚深至-16m。擴建計畫主要目的為配合台電公司原計畫進泊12.5萬噸級煤輪及大型貨櫃船，同時解決引水人員出港領航登輪問題。

二、修正計畫緣由及內容

在「台中港港口擴建計畫」執行期間，台電公司因考量進泊12.5萬噸級船舶尚須浚挖航道至CD.-16m深、400m寬，連同填築浚沙之圍

堤，所需工程經費高達一百億元以上。因此，台電公司乃暫緩進泊12.5萬噸級散貨輪之計畫。

台中港務局完成北防波堤延長850m，已發揮原預期提高船舶進出港安全功能，而北防波堤所形成遮蔽區，亦使引水人可在較靜穩之遮蔽水域登輪，澈底解決過去到外埠接船之現象，並達成改善引水人員登輪問題。台電公司考量進泊12.5萬噸煤輪需浚深港口航道及港內主航道，投資金額龐大，因此改變原計畫暫採6萬噸煤輪進港。此外，南外防波堤拆除雖不致於影響漁港水域靜穩度，但未獲得漁民共識前，拆除可能帶來抗爭。因此，台中港務局乃研提修正計畫，建議原計畫拆遷南防波堤七座沉箱(約168m)及南內堤拆遷50m暫不予執行。北外防波堤則繼續延長至850m，修正後之港口擴建配置詳圖3-1-1。

該修正計畫經台灣省政府交通處審議，由於北防波堤延長850m，大型船舶(巴拿馬極限輪)操航進出港順利，引水人在東北季風下，已不必赴外埠接船，效果顯著，已達到港口擴建目的。因此民國84年4月同意依修正計畫實施港口擴建〔八四交秘字第一六〇五一號函〕。該計畫並於民國84年6月完成。

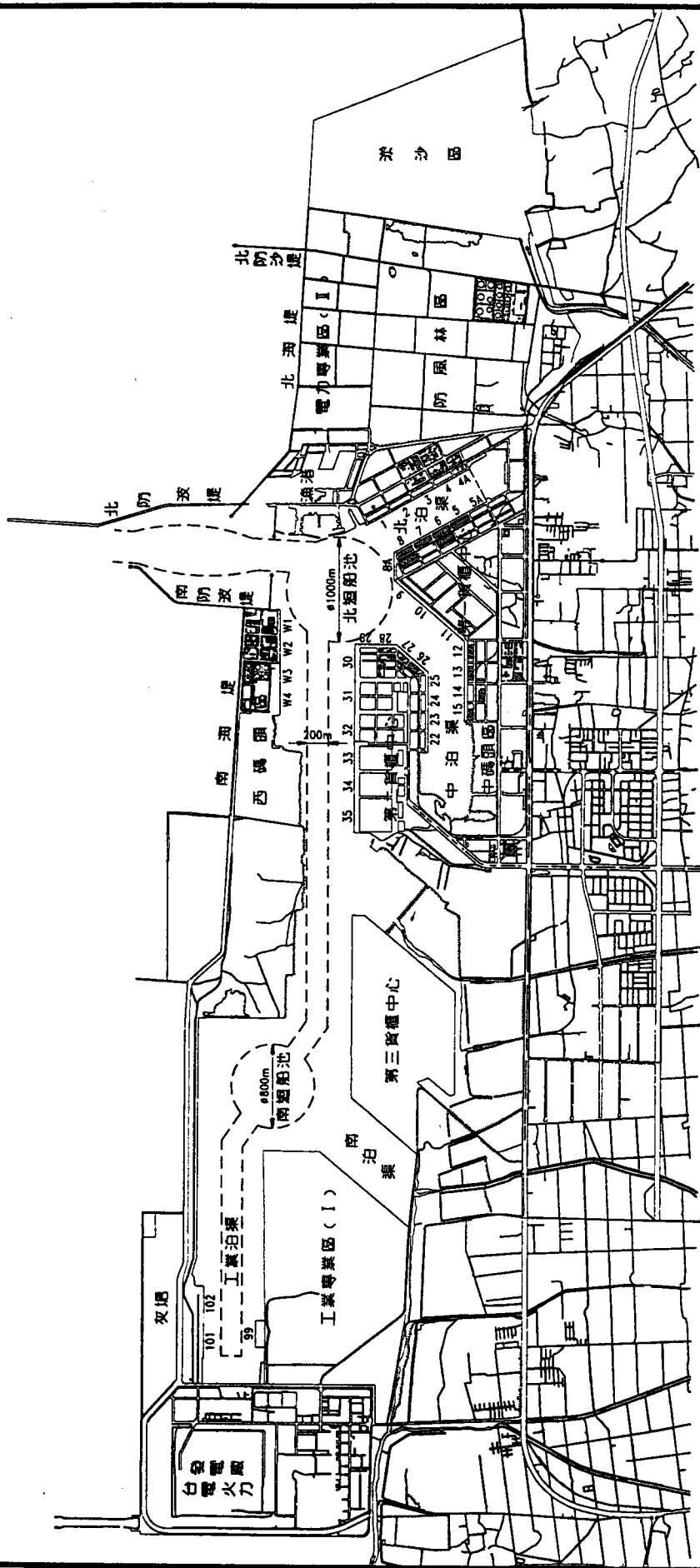


圖 3-1-1 台中港現況圖

貳、進出港操船安全改善效果檢討

一、台中港船舶進出港航行現況

(一) 港口配置

台中港港口位於北緯 24°17'，東經 120°30'，港口為西北向，主要設施配置如圖 3-1-1。圖中北迴船池直徑 1,000m，外廓設施配置主要為南、北外防波堤，及南、北之內防波堤各乙座。

主航道水深多介於-13m~-15m 之間，水深-13m 以上之主航道寬約 300m，航道長度約達 1,600m。主航道兩端較窄，南、北外防波堤之間的航道有效寬度約為 300m，水深約-14m；南、北內防波堤間水深達-14m 之航道寬度約為 270m。航道中心線的方向為 W25° N (E25° S)。

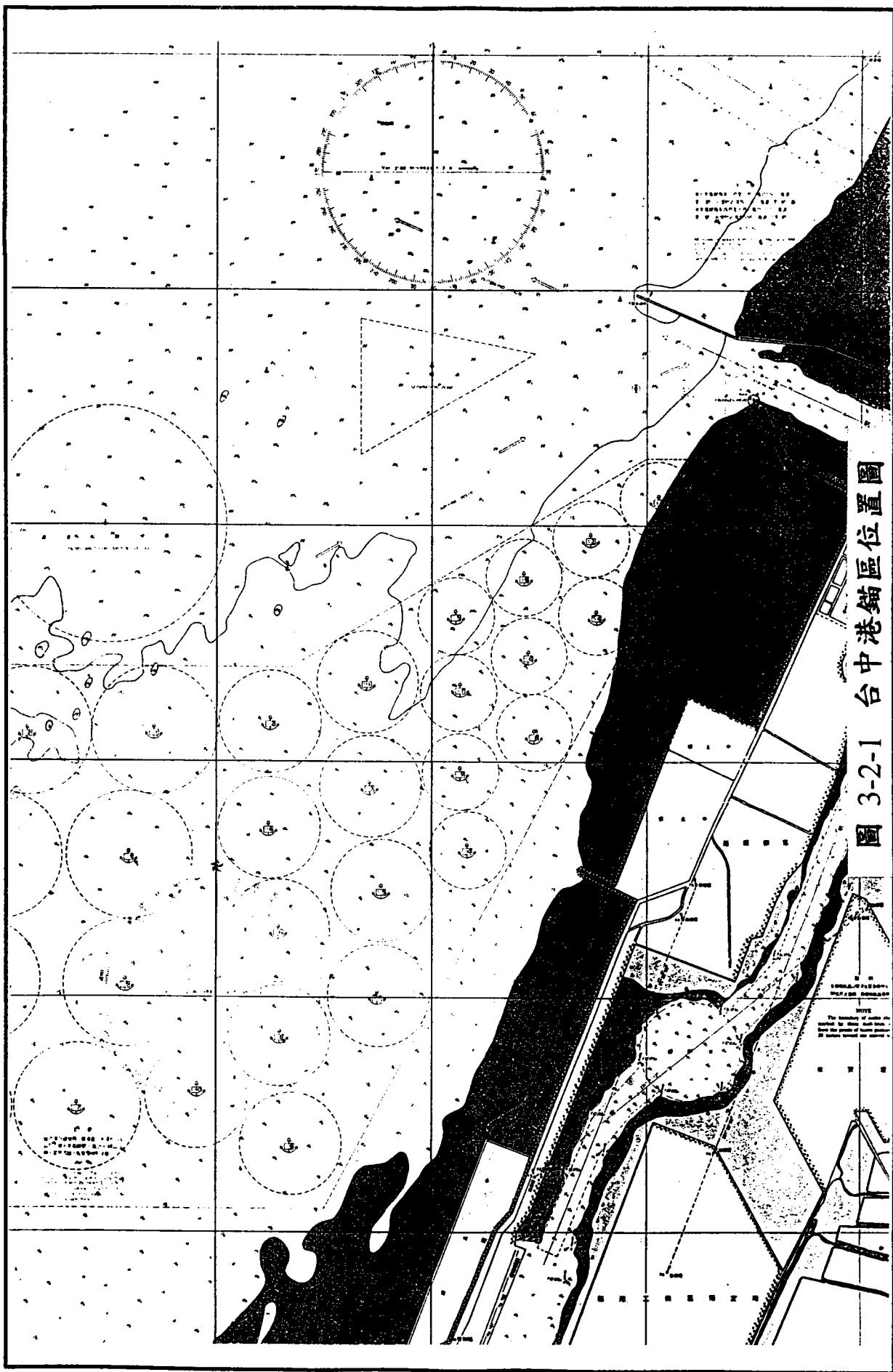
(二) 錨地與分道航行管制

台中港外錨地位於南外防波堤西南方 1~3 哩處。小型船隻船長不足 120m，吃水 7m 以下可選擇南外防波堤燈塔西南方距離 1.0~1.5 哩處，水深約-8m~-15m 為錨地，該處冬季受北外防波堤之遮蔽，海面較為平穩。中型船隻船長 120~190m，吃水-11m 以下，可選擇南外防波堤燈塔西南方 2~3 哩處，水深-15m~-20m 處錨泊。大型船隻船長 190m 以上，或吃水 11m 以上，可錨泊於南外防波堤燈塔西南方 3~4 哩處，水深-20m~-30m，各錨區位置如圖 3-2-1 所示。

為增進船舶進出港安全，台中港港口規劃分道航行制，船隻必須航行於指定的航行航道內，以確保航行安全。出港船舶航行於分隔區的北側航道，航向 294 度出港；進港船舶航行於分隔區之南側航道，航向 60 度進港。

上述錨泊區以北，及防波堤主航道口以西之水域，為禁止錨

圖 3-2-1 台中港錨區位置圖



泊區，該水域為進出港分道航行區，為使進出港船有充份的運轉水域，到港船隻非經港務電台之許可，不得在此錨泊或停留，以保持航道暢通，確保船舶安全。

(三) 台中港船舶之進港

依據台中港務局民國 83 年編印之「台中港進出港指南」列載，台中港東北季風期間為每年十月至翌年三月，強烈東北季風，風向北北東，風速 30~50 節，北外防波堤附近約 200m 範圍內有一股強流流向 SSW，速度 2~4 節。當進港船舶之船身 1/4 進入北外防波堤而船身 3/4 尚在堤外時，船尾受此強流之推壓，使船艏急劇偏向北側，加上強風的風壓作用於船艏駕駛台等構造物上，使船艏朝向上風的趨勢。水流加上風力作用使操船更形困難，若不能及時用快車及大舵角予以校正，便有碰撞北外防波堤的危險。進港船應特別注意，並應與北外防波堤保持安全的距離。同時南外防波堤附近有一股向北的回流流速約 0.5 節至 1.5 節亦應留意，進港船必須由西南方駛近港口。

東北季風期間進港船舶駛抵南外防波堤一哩處，以船艏向 60 度對準南北兩外防波堤燈塔之中間，保持船速六節以上，為抵抗風壓必要時也可加速至十節左右。無論在何種情況不可停車，並保持良好之舵效，備便領港梯於右舷下風處，領港船即駛向進港船舶，在距離南外防波堤燈塔 0.5 哩處登輪。船舶在迎接引水人時必須減速，以利領港船接近。接著該船在該引水人的協助下，船艏向由 60 度轉至 115 度，當可順利進入航道中央與港內。在港內船速必須減至五節以下，以便繫帶拖船，並經拖船的協助靠泊碼頭。

西南季風期間每年四月至九月，風向 SW 至 SSW，風速 15~30 節，北外防波堤附近流速 0.5~2.0 節，流向 NNE，進出港船隻應特別注意，不可太過接近。進港船應將領港梯備便於左舷下風處，登輪地點在南外防波堤燈塔西南西方一至一點五哩處。

(四) 台中港船舶之出港

依據「台中港進出港指南」列載，台中港出港船舶在引水人及拖船的協助下離開碼頭後，先解除拖船繫纜，並以慢速前進。引水人將船帶至主航道內防波堤附近，經船長充分瞭解當時之風向、水流及進出港船隻動態，使船長有把握快車出港後，引水人即快速離船。船長於領港船駛離大船後盡快加車，航向 294 度，並加上適當的風壓差，駛經主航道後離開台中港。

二、船舶進出港障礙

一般船舶進出港之難易程度，除受港口航道現況與船舶船型、操控性、噸位之限制外，尚與海氣象自然因素及人為因素等息息相關，茲將影響船舶進出港之主要障礙概列如下：

(一) 風

根據風力統計資料，台中港海域在東北季風期間，風向大多為 NNE 向，而港口內主航道方向約為 WNW，航道與主風向約略垂直。冬季季風期間，風速大於 18m/sec(已達輕度颱風強度)佔全冬季 10.1%。於此期間台中港進港船舶通過南外防波堤頭及南內防波堤堤頭間之主航道時，若船長操控反應不夠機警，船速不足或舵效不佳，將有可能使進港船舶偏離預定航道，以致擱淺或碰觸南北內外防波堤之虞。為避免橫風作用不利操船，目前台中港之進港船舶皆採 60°(船艏與正北向夾角)之航向進港。

台中港北外防波堤延長 850m 後，6 萬載重噸散裝船在風速小於 20m/sec 情況下，依領港及船長經驗表示皆能安全進港。惟本計畫所規劃進港大型船舶長度超過 230m，因此當氣象條件不佳時，仍要求全天候允許安全操航，則尚需相關配合措施，以進一步改善操船環境。

(二) 波浪

台中港進港船舶接近港口且在防波堤等結構物有效遮蔽區以外時，波浪的作用常導致船舶橫搖(Rolling)與橫移(Sway)運動，此兩種船舶運動將造成領港船接近不易，造成登輪困難。同時，對船舶操控之穩定性亦構成威脅。

北外防波堤延伸 850m 後，由於延伸之防波堤已可提供相當範圍的波浪遮蔽區，在海氣象條件容許條件下，引水人員在防波堤所形成遮蔽區內登輪已不成問題。但為因應船舶大型化之發展，對大型船舶而言，現有防波堤及後續擴建計畫延建之防波堤所形成之遮蔽區範圍是否足夠，與領港登輪是否尚有障礙等因素，仍有待後續研究確認。

(三) 海流

台中港在北外防波堤延伸 850m 前，原北外防波堤頭附近因防波堤向海側伸展阻礙既有流場之結果，港口附近存有甚強之橫流。在強盛季風期間，港口南側亦伴隨反時鐘方向旋轉環流。強流、強風與波浪共同作用結果，致使早期進泊大型船舶甚為不容易，引水人登輪亦十分困難。尤其當進港船隻船艏進入防波堤遮蔽區內，而船艉仍受浪、流作用，使船隻受到極大扭力作用，船艏常有左偏現象，造成進港船舶無法在航道上保持預定航向，造成擱淺或碰觸航道北側之北防波堤堤頭的潛在危機。

北外防波堤延伸 850m 後，登輪區遮蔽效果增加，北防波堤堤頭附近橫流流向偏西、流速減小，而港口南側環流尺度增大，強度減弱。但強盛季風期因風趨流、潮流及沿岸流作用，北防波堤堤頭橫流及港口南側之反時鐘環流仍然影響計畫進港大型船舶操航安全。此外，由於台中港潮差較大，在港口寬度未拓寬，因漲落潮期間大量水體進出，造成之港口流速相對增加。依現有內港口寬度及深度估算，港口流速約可達一節(約 51.5cm/sec)以上，再加上漲退潮流向反向。尤其在退潮時港口向外之海流，其主流

在通過內堤口，受防波堤影響產生複雜之環流，對於大型船舶之進出港操航勢必產生相當程度之影響。倘若此時速度不足，將無法發揮舵效，進港船舶亦有碰觸現有工作船渠外堤之顧忌。

因此，台中港區之海流不僅對大型船舶進入外港口階段造成影響，其在船舶進入主航道及通過內堤口，以至停船待轉階段亦須注意其效應。

(四) 漁船干擾

台中港建港規劃時，將梧棲漁港遷設於北內防波堤北側，俾使漁船進出與商船共用主航道部份減至最短，以避免漁船於港內航道航行時，干擾大船進港而發生海事意外事件。北外防波堤延長 850m 後，雖可有效增加冬季季風波浪之遮蔽效果及改變港口流況，但同時亦增加漁船及商船共用航道之長度。近幾年來，進出港商船艘次顯著增加，商漁船在主航道易發生互相干擾現象。

(五) 港口段航道之限制

1. 主航道寬度

台中港進港航道寬度雖規劃為 300m，但受到港勤船渠突出海堤之影響，實際進港主航道最窄處寬度僅約 270m(水深大於 13m)。依一般規範標準，應已可滿足原計畫船舶所需單向航道之寬度需求。但台中港進港航道因垂直恆風方向，加上流況變化之影響，船舶操航較為困難，航道寬度不宜依據一般標準，而當優先考量操船之安全性，在港內水域靜穩度允許之情況下，應盡可能加寬航道。

2. 主航道長度

台中港北外防波堤延長前，港口段航道長度已達 1,600m，已可滿足進港大型船舶所需航道長度。但船舶進港因受海流及橫風作用與舵效之考量，大型船舶操航於航道上不僅無法減速且常

需加速進港，以致進入迴船池後，距離 8A 碼頭已不足 1,000m 造成停船安全距離不足。此時必須調整航向，使船舶停止於南北主航道或北、中泊渠。

3. 主航道水深

第三代貨櫃輪所需之港外航道及港口段航道水深約為 -16m 及 -15m，與 6 萬載重噸級散貨輪相同。因此，如欲使未來進船之大型船舶能安全進港，台中港採行 60° 之進港航線水深應維持在 -16m 以上。

目前主航道水深多介於 -13m ~ -15m 之間，若欲全天候進泊大型船舶，港口段航道至少應再浚深至低潮位下水深 -15m。但就 12.5 萬噸大型煤輪需求之水深 -18.7m 而言，則航道水深尚需進一步疏浚。

三、港口擴建後操船安全改善效果探討

(一) 原「台中港港口擴建計畫」操船模擬成果摘述

港務局為推動第一港口第一期擴建計畫，委託顧問公司辦理「台中港港口擴建計畫」中，曾進行 Real-time 操船模擬試驗，茲將該試驗成果摘述如下：

1. 第三代貨櫃輪如以 40° 航向進港時船向不易控制，左舷有碰觸北防波堤之機率極大。且即使進入主航道後因船速過慢，船體及風面積大造成船舶於航道內蛇行，有碰觸北內堤之虞。故仍以行駛 90° 航向較為安全。
2. 12.5 萬噸散貨輪如行駛 90° 航向，需以較高航速進港。當船舶進入主航道後需即刻減速，易使船隻偏移航道，仍以 40° 航向為宜。但 40° 航向船舶進入港口時需大幅度迴轉。領港較難判斷轉向時間，需輔以技術熟練之拖船協助及完備導航設施方有可行。

3.船隻進港主要靠頭尾兩艘拖船協助調整船向。但船舷兩側拖船仍需繫纜以便緊急狀況及時提供協助。

4.未來口擴建完成後，尚應加強下列改善措施，船舶方可能於風速 20m/sec 安全進出。

■ 受惡劣海況下操航及指揮拖船之訓練。

■ 應加強領港與拖船間聯繫訓練，使拖船能發揮最大功能。

■ 加強港務局拖船船長及水手操作訓練，使拖船於惡劣天候下亦能作業發揮功能。

■ 海況惡劣時，應選擇優秀之領港帶船進港。

■ 在船隻進港及靠泊碼頭時應藉由港口管制中心，隨時提供資訊給領港及船長，以協助船隻安全進港。

■ 改善導航設施，以利船舶進港時判定船位。

(二)「台中港港口段航道設置減風設施可行性研究」操船模擬試驗成果摘述

台中港在完成第一期擴建計畫後，港務局另積極推動有關操航安全之配合改善計畫。於 86 年 6 月委託本所完成「台中港港口段航道設置減風設施可行性研究」。該研究中除就減風設施之工程技術進行探討之外，另一研究重點為檢討北防波堤延伸後，是否能滿足大型船舶進出安全操航之需求，以及港口航道是否有必要再進行其他改善措施。故在該計畫中另委託國立台灣海洋大學操船模擬室進行真時(Real Time)操船模擬。茲將該模擬成果摘述如下：

1.操船模擬成果

由各項操船條件與不同案例模擬成果，獲致下列結論：

■ 4,000TEU 以上之大型貨櫃船因受水流及風之影響甚大，縱使運用熟練的操船技術，高速加大舵效，在台中港狹窄的主航

道內航行，其安全性依然是一大難題。操船模擬中，該類船型的平均船速明顯大於其他船型，主因即在操船困難，必須採用高速所發揮之舵效來控制船位，否則可能偏離航道碰撞防波堤。惟台中港內迴轉空間有限，船舶高速通過內防波堤後必須立即減速至 5.0 節以下，此類大型船舶可能因減速不及而碰撞 8A 碼頭。而縱使能減速成功，在低速情況下必須依賴拖船協助，才能穩住船位。

- 3,000TEU 貨櫃船及載重噸 6 萬噸級之巴拿馬極限型散裝船在風向 NE 或 NNE、風速 20m/sec、強流之條件下，從南外防波堤外約 2.4 浬處，以 12 節之起始速度，引水人員必須運用熟練且精湛操船技術航行，才能安全地直接將船舶帶進台中港。
- 船舶以高速進港，由正西方以 90° 為起始航向，或由西南方以 60° 為起始航向，兩者在操船上之差異主要表現在外海部份，船舶駛入主航道後，兩者就趨於一致，在安全上沒有顯著之差異性。
- 如以 90° 起始航向高速進港，船位易受水流推移偏向右側，對於船舶到達主航道口之船艏向不易控制，尤其對貨櫃船之操船不利。依據航跡分析，在主航道口之前 300m 處平均偏移量 101.3m，要在短距離內修正此偏移量實非易事。此外，船舶以此航向進港時，為能穩住船位在基準線附近，船艏向必須加上風壓差。而在外海部份操船所用之平均最大風壓差為 18° ，平均最小船艏向為 83° 。這種航行方式對操船者之心理產生很大的壓力，因為風力與水流對船舶的作用並非定值，不斷在改變。當船艏向為 83° 度時，船艏是對著北外防波堤，且船位與北外防波堤的距離很近，一旦風力與水流作用減弱，來不及反應時，船位就會往左偏移，將有碰撞北外防波堤之潛在危機。
- 以 60° 起始航向高速進港，水流作用對船位之推移量較小，雖然也有約 18° 的風壓差，但因距離航道口還有半浬以上，危機不大。此種方式進港之缺點，在主航道口轉向時，角度的改變較大，船艏向需要向右轉 55° 。每艘船舶之迴轉特性不盡相

同，轉向時間太快，將有碰撞南外防波堤之潛在危機；如果轉向延遲，又有碰撞北外防波堤之潛在危機。因此，引水人在帶領船舶進港時，必須瞭解該船之迴轉特性，運用優異的操船技術，在適當時機轉向進入主航道，才能安全進港。通常引水人利用南外防波堤之端點作為轉向之參考點，轉向時對該點保持適當而安全之固定距離，當可安全進入主航道。

- 出港時可以加快船速，而船速愈快舵效愈佳，船位易於控制，安全上應無太大的問題。

綜合以上之評估，大型船舶進入台中港之安全性雖然還可接受，但是台中港特殊的海氣象條件是大型船舶進港的危險因素。因此，如何使安全性提高，降低意外發生之機率，應為港務當局思考之問題。而由操船模擬分析可知，領港登輪、南、北外防波堤之間的主航道口以及南、北內防波堤則是進港船舶操船之瓶頸。

2. 改善操船條件建議

在強風大浪與強流下要維持船位在基準線上，必須不斷用大舵角修正船艏向。但是舵效的建立受多種因素影響，舵效的顯現並非用舵後立即可知，常要延遲一段時間，等到舵效顯現不足或太大時再改變舵角。操船模擬結果顯示，大型船舶進港均希望能從港口主航道口中央轉進主航道。結果通過主航道的船位雖在基準線附近，卻因舵效的慣性，使後續的船位偏向左側。舵效太大或操船技術不熟練時，可能引起船舶碰撞北外防波堤或北內防波堤之意外。因此，為能加大主航道內基準線與北防波堤間之航行空間建議如下：

(1) 基準線與北防波堤間之水深應浚深

主航道內水深在-13m 以上之寬度約為 300m，但現況基準線以北之航道寬度尚不及 150m。由操船模擬結果顯示有很多航跡超過此範圍。因此，基準線以北至北外防波堤之間的水域必須加以浚深。

(2) 南外防波堤之堤頭應去除部份長度

進港大型船舶因舵效慣性使船位偏於主航道基準線左側，除需浚深現行基準線以北至北外防波堤之間的水域外，還必須設法使現況航道基準線南移，以加大操航之安全水域空間。由於操船模擬中，進港船舶均以主航道口之中點為轉入點，拆除部份南外防波堤堤頭將可使主航道口加寬，有助於主航道之基準線南移，增加操航安全。所有航跡通過主航道口時平均離南外防波堤堤頭之距離為 215m，標準差為 66.82m。

(3) 去除部份南內防波堤堤頭

拆除部份南內防波堤堤頭除有助於基準線南移，增加基準線與北內防波堤之距離外，尚可減低內堤口潮流流速，增加操航安全。依據所有航跡通過內防波堤時，距離南內防波堤端點為 160m，標準差為 56.93m。

(4) 拖船必須在主航道內備便

大型船舶在低速航行時，不但舵效不易建立，迴轉空間之需求也大。為彌補此類船舶運轉之限制，拖船在主航道內的協助可降低船位偏移之危險機率。

3. 進出港安全性綜合探討

操船模擬結果顯示 3,000TEU 貨櫃船失敗比率為 5.26%，4,000TEU 貨櫃船失敗比率為 30.0%，散裝船失敗比率則為 7.89%。可知 4,000TEU 貨櫃船失敗之比率偏高。

綜合失敗案例，可歸納其主要原因為：

- 船舶在主航道內航行之船速太快，並且延遲右轉時效，佔失敗次數之 25%。
- 風速太強，對大型貨櫃船之航行造成不利影響，佔失敗次數之 37.5%。
- 操船者對於本船特性及水流狀況不熟悉，佔失敗次數之 25%。

■ 人為判斷錯誤，佔失敗次數之 12.5%。

改善操航技術與操航條件，將可降低操船之失敗率。在軟體方面，必須加強領港人員之訓練；在硬體方面，則可藉由擴建計畫改變部份外廓堤段配置，使船舶具有較大之操航空間，提昇其操船隻安全性。此部份於本計畫後續操船模擬作進一步分析與探討。

(三) 操船實況現場調查

操船模擬雖能模擬船舶進出港狀況，但操船模擬機並無法完全將人為因素，包含心理、訓練、應變等須配合現況而隨時修正調整之因素納入。因此，其結果與實際情形將有部份差距。

本計畫雖然於後續工作中將進行操船模擬，但為求模擬結果能與現況更為相符，乃至現場實際記錄船舶進港操船路徑，分別如圖 3-2-2(a)～圖 3-2-2(c)所示。其中第一、二艘船舶分別為船長約 180m 之石化與貨櫃輪，第三艘則為長 225m，寬 32.2m 之巴拿馬極限型煤輪。

初步觀測成果受到儀器限制，僅記錄船舶自外航道至迴船池間之船跡，且觀測時天候狀況良好，並無法瞭解於惡劣天候時船舶進港所面臨之真正問題及影響程度。惟由三次觀測成果可明顯看出船舶均偏向南防波堤與南內堤堤頭進港，故南內、外防波堤部份堤段之拆除對於船舶進港確可產生助益。

目前陽明海運公司每週已有乙艘美西航線之貨櫃班輪，由高雄港駛抵台中港，而下一個目的港為韓國釜山港。依台中港船舶動態資料顯示 87 年 12 月 21 日富明輪、87 年 12 月 28 日意明輪及 88 年元月 4 日吉明輪皆已順利進港靠泊。此三艘貨櫃輪為同一型式，船長 270 公尺、船寬 32.2 公尺裝載貨櫃量約 3,200 TEU 屬巴拿馬極限輪。經訪查台中港領港表示這三艘貨櫃輪的進港，除因船長首次進泊台中港，對於進港航線的看法與領港不同外，在

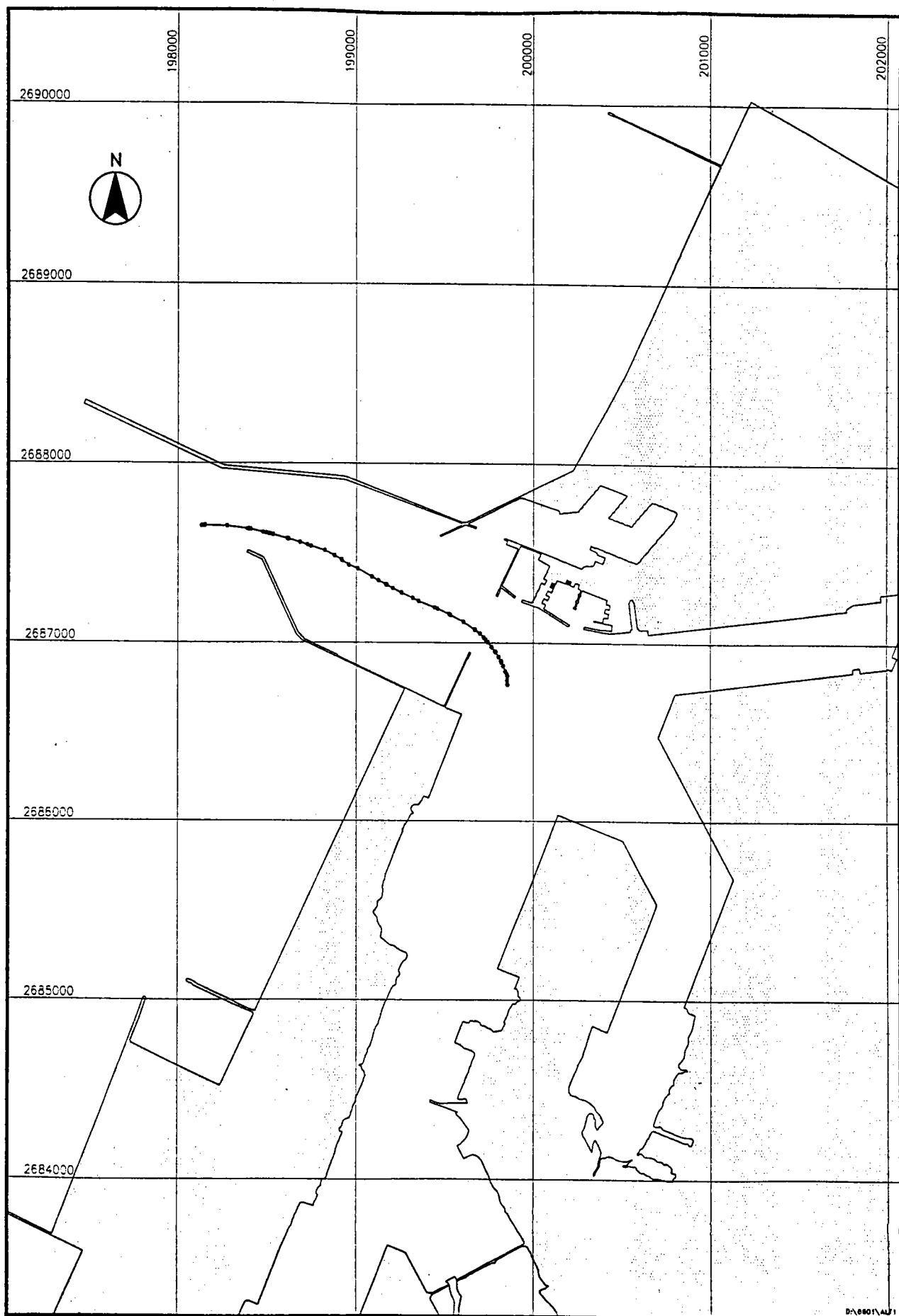


圖 3-2-2(a) 船舶進港路徑圖(一)

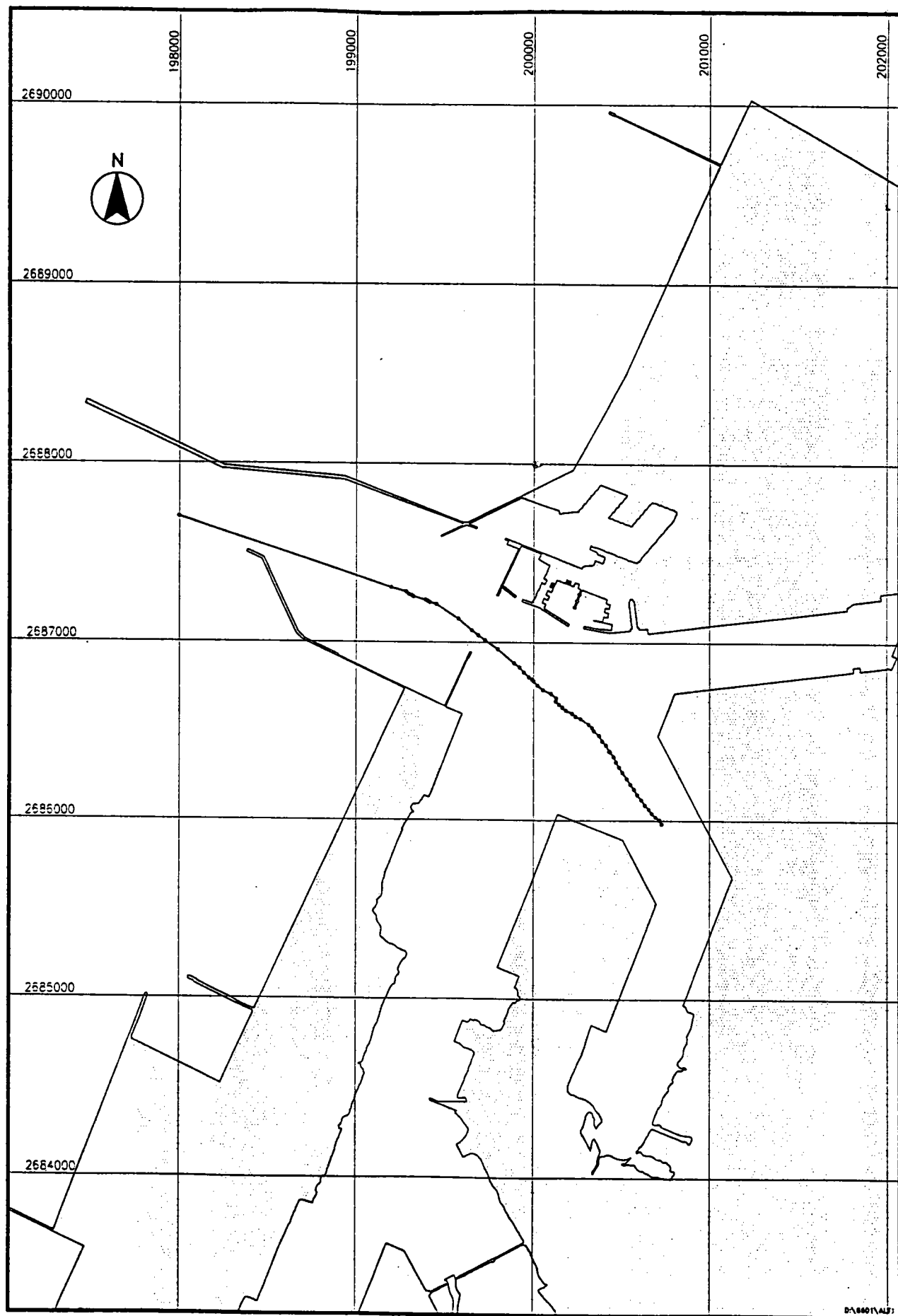


圖 3-2-2(b) 船舶進港路徑圖(二)

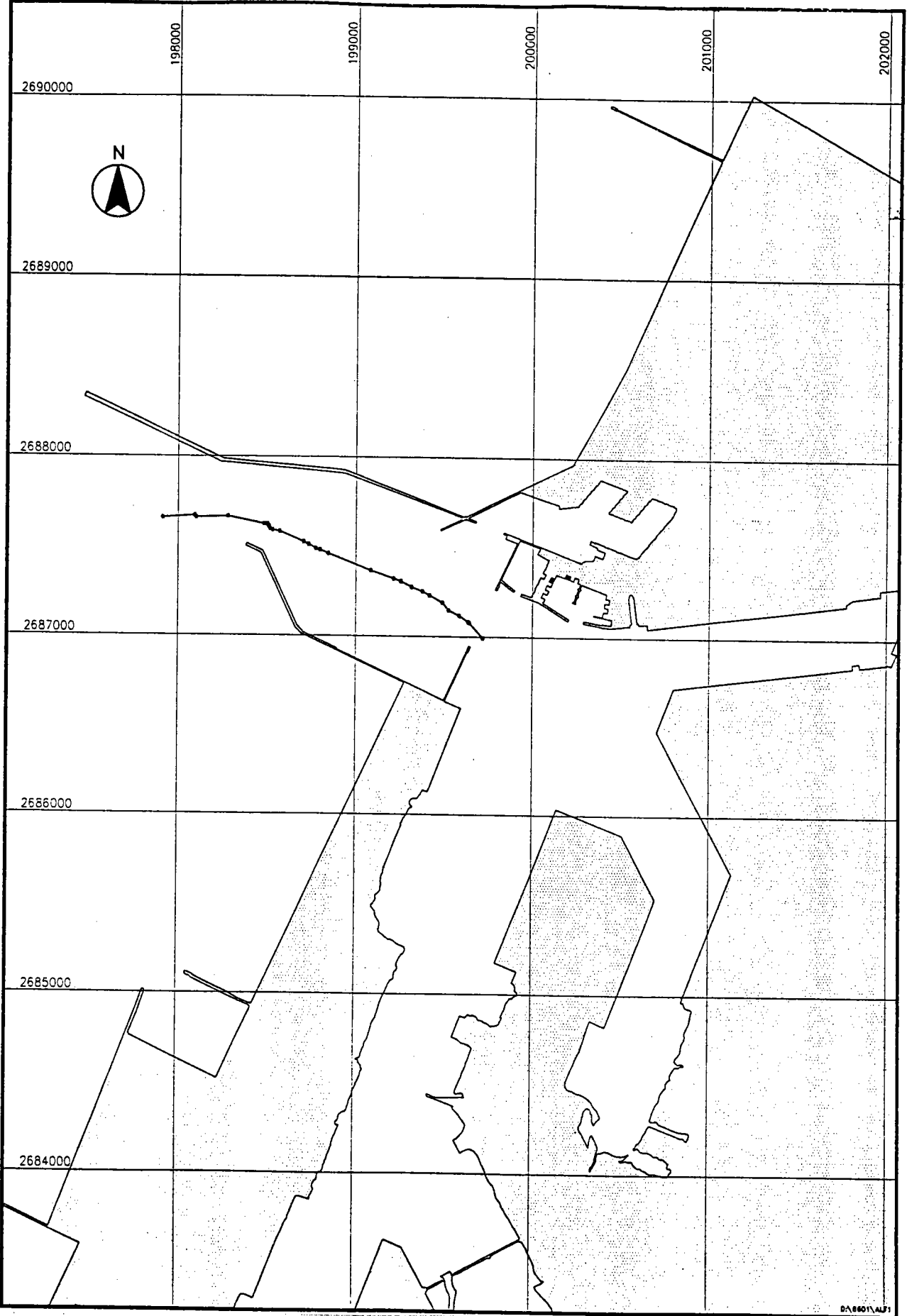


圖 3-2-2(c) 船舶進港路徑圖(三)

豐富經驗與小心謹慎的配合下，操航安全性應可接受。由此初步證明港口一期擴建確實發揮成效，並已達成計畫之預期目標。

上述三艘貨櫃輪的進港時間大約都在凌晨或清晨，而該時刻是台中港區一日當中風速較小的時刻〔三艘所遭遇之風速皆小於18公尺/秒〕。此外，對照台中港潮汐資料顯示這三艘貨櫃輪都是在低潮位之漲潮時段進港，而該時段也正是港區潮流較小的時刻。換言之，是在冬季海氣象環境條件較佳的時刻進港。因此若由較保守的觀點來看，以港口現況佈置而言，對於更大型的船舶〔3,000~4,000TEU〕，在較惡劣的海氣象條件下，其操航安全性仍有待進一步評估。但由上述三艘貨櫃輪成功進泊的經驗發現若航商能將船舶到港時間預作安排〔凌晨進港、清晨出港〕，以避開海氣象條件較惡劣的時段，也是一個克服惡劣天候的方法。

四、船舶進港困難度問卷調查

船舶進港受各項主、客觀因素影響，船長、領港、領港艇作業人員及港埠行政人員等常有意見相左之情形發生。如何確定真正問題以謀求妥善因應之道甚為困難。惟領港為帶船進港之主控人員，因此本計畫乃針對台中港具有長期領港經驗者進行相關之問卷調查工作，以瞭解目前領港對於船舶進港之實際狀況。

茲將與船舶進港操航相關之項目統計摘述如下，()內數字為回答該項目所佔之比例。

1. 目前影響船舶進出港之主要因素：

- 自然條件(3/3)
- 港口航道限制(3/3)
- 漁船干擾(3/3)
- 領港艇性能(0/3)
- 拖船配合度(2/3)

■ 船長經驗及配合度(2/3)

- 以重要性區分，領港一致認為自然條件為影響船舶進港之最主要因素，其次為港口航道限制，至於領港艇性能方面，除風浪確已超過作業限制條件外目前尚能符合需求。

2.船舶進港路線調整原因

■ 天候條件(風力、風向、能見度..等)(3/3)

■ 海象條件(波浪、海流、潮汐..等)(2/3)

■ 船舶類型(種類、大小、噸級..等)(3/3)

■ 錨泊地點(1/3)

■ 船長不依建議路線駛近港口(1/3)

■ 操航技術(1/3)

- 操航路線之調整以天候條件及船舶類型影響較大，惟主要影響因素受個人操船經驗與技術之差別而有所不同，一般而言，船舶類型應為影響船舶進港路線之主要原因。

3.進港路線之調整一般仍維持「台中港進出港指南」之建議路線，如有調整時，大型船舶朝偏向外海側航線進港，小型船舶則採取偏向港側路線。主要原因乃小船較易操控，在進入外堤口時有較小之迴旋半徑，儘量在遮蔽區內登輪，增加領港登輪之安全性。

4.船舶進港過程中，自起錨至領港登輪時一般速度維持在 8~10 節，自領港登輪至通過外堤頭段速度同樣維持在 8~10 節，所需時間平均約需 10 分鐘。至於在外航道段則保持速度在 5~7 節，通過內堤頭時則為 5 節左右。

5.如欲進一步改善目前船舶進港之安全性，依據實際經驗，應可採取下列何項措施：

■ 延伸北防波堤(3/3)

■ 拆除部份南防波堤(3/3)

- 拆除部份南內堤(3/3)
- 港口航道水域浚挖(3/3)
- 拖船在遮蔽區協助帶纜(2/3)
- 設置擋風牆(2/3)

6. 影響船舶進港因素頗多，改善港灣設施對於船舶進港之安全性與領港帶領巨型船舶之信心均有助益，至於改善工程所能獲致之效益，本計畫將於後續研究再加以評估。

根據問卷調查結果，台中港由於第一期擴建工程之完成，目前已可滿足原先設計之60,000噸級、200m以下船隻進出港之安全性。未來如擬提昇船隻的噸位及長度，除了藉由更改部份外廓堤設施，以提高進港之安全性。另由於大型船隻進出港口速度緩慢、佔用港口時間頗長，易受如漁船等小型船隻干擾，因此除了提供足夠遮蔽區外，增設導、助航設施及減輕大小船隻之相互干擾等均屬不可忽視之問題。

參、領港登輪方式及安全性評估

一、領港登輪方式

目前台中港領港登輪之方式及注意事項如下所列：

- 台中港經核定為強制引水區
- 船舶進出港及移泊需雇用引水人時，事先由代理公司逕向台中港引水人辦事處辦理申請。冬季在南防波堤燈塔西南西方約0.5浬處登輪，夏季在南防波堤燈塔西南西方約1浬處登輪。因夜間或遇風浪惡劣等特殊情況，致引水人無法出海登輪時，船舶可與信號台聯絡後再確定如何進港。
- 船舶出港時，引水人領船至主航道，穩定出港航向後離船。船長如需引水人引領船至港口外應在未開航前提出要求，但引水人因夜間或遇風浪惡劣等特殊情況得拒絕之。
- 當引水人登船與離船時，船舶應遵守規定裝設領港梯於下風側。
- 重載小型船舶遇海面風浪甚大時，因其乾舷甚少，引水艇無法靠攏，此時應將領港梯裝置於船樓處以策安全。

二、領港登輪安全性探討

國內外專家一致認為領港登輪安全性與下列因素息息相關：

- 海況條件影響船舶及領港艇之運動及航行能力。
- 船長經驗及技巧是否可於船下風側製造一穩定水域供領港登輪。
- 進港船舶之操航特性與領港艇之設備、航行能力及強度。
- 領港及領港艇水手在惡劣天候作業經驗、技術及出海意願。

在上述各項影響領港登輪因素中，船長之技術及進港船舶操航特性非港務局所能控制。故以下分別就領港登輪海況條件限制、領港艇性能及艇員出海意願與領港於台中外海登輪意願等進行檢討。

(一) 台中港冬季惡劣天候對領港登輪之影響

1. 風力

氣象局在颱風中心最大風速大於 7 級風(風速 17.2m/sec)時即發佈輕度颱風警報。輕度颱風侵襲時港埠作業將受影響，故一般港灣不能作業風速或不能進港條件，大多訂在風速 18m/sec 左右。

風力對領港登輪之影響，主要在攀登繩梯途中受風力吹襲產生之擺動，其受風力大小視船舷高度及船體與風向角度而定。有關領港登輪可承受最大之風力因人而異，目前尚無明確之標準。

台中港冬季強烈鋒面過境時，風速集中於 15~20m/sec 之間。如以風速達 18m/sec 時領港無法登輪，則冬季因風速超過限制無法登輪之機率約為 10.1%，每年約 440 小時；如風速限制提高至 20m/sec，則無法登輪機率降為 5.3%，每年約 230 小時。但對計畫進港大型船舶，以目前作業方式領港在風速 20m/sec 時登輪，仍具危險性。故單以風力條件而言，計畫進港之大型船舶領港登輪條件，建議以 18m/sec 為限，而中、小型船舶則可酌予提高至 20m/sec。

2. 波浪

海上波浪造成領港艇與船舶間相對運動，對領港登輪安全影響極大。波高對領港登輪之限制如前所述隨船長製造遮蔽水域之技巧及領港個人膽識及勇氣有極大差異。依據荷蘭 PRC 公司參考國外領港登輪作業經驗，認為在船舶下風側遮蔽水域之示性波高大於 1.25m 時領港登輪將十分困難；示性波高大於 1.5m 以上時領港幾乎無法登輪。但考慮海上波浪瞬息萬變，為保守計，將領港登輪位置之波高限制訂為 1.0m。此點於民國 76.10.22 台中港領港登輪及拖船作業問題研討會中經熱烈討論，咸認為上述登輪條件應屬合理。

因此，如船長操航技術良好，可充份利用船體在下風側產生遮蔽區，以船長約 140m 之萬噸級輪船為例，下風側遮蔽區之波

高係數約為上風側之 0.4~0.5；而船長增為 260m 之十萬噸級煤輪，遮蔽區之波高係數約 0.3~0.4。依前述登輪區示性波高 1.0m 限制，換算外海示性波高達 2.5~3.3m。因此，只要船長能利用船體遮蔽風浪，領港艇能配合則領港登輪應不致發生太大問題。

(二) 領港艇性能及艇員出海意願檢討

台中港領港艇業務已於民國 83 年 2 月開放民營，由互力船舶公司經營。現有領港艇共三艘，分別為互明號、互華號及互祥號，總噸位均為 29.57T，平均吃水 1.103m，速率 15.18 節，皆適合港外作業，並能耐八級之風浪。互力公司表示，領港艇將全力配合領港作業，艇員出海意願極高，惟限於領港艇原設計適航性能，海上風浪大於八級時，領港艇與相關作業人員安全仍有顧忌。

(三) 領港於台中外海登輪意願

依目前領港作業規定，領港於夜間或遇風浪惡劣等特殊狀況時可拒絕出港。但何謂“風浪惡劣”？各港均未有明文規定，全憑領港個人經驗並視當時風浪狀況而定。

領港無法出港原因有三：其一為海況惡劣確實不宜出港作業；二為進港大型船舶基於船舶自身進港安全考量，不願或無法進港；三為領港艇性能限制或艇員缺乏出海意願。由於台中港未建立完整海氣象資訊即時回報系統，因而冬季船隻進港時間不易掌握，船期亦會因此延誤。依領港及船長意願顯示，倘若台中港現有港灣軟硬體設施能再作進一步改善，則只要領港人員能順利登輪，引領船舶安全進出港之限制條件應可大部份消除。

三、領港登輪困難度問卷調查

為瞭解目前領港登輪問題，在問卷調查作業中針對下列問題洽詢領港意見，以作為研擬擴建方案及操航計畫之參考，茲概述如下：

1. 目前領港登輪時較常遭遇之困難有：

- 到港船隻配合(3/3)

- 風浪條件(3/3)
- 外港遮蔽區無法滿足巨輪需求(2/3)
- 定位及通信條件不良(1/3)
- 安全裝備不足(1/3)

領港登輪除風浪等自然條件外，以船長操船配合度及對港口熟悉度影響較為顯著。藉由港口擴建，除可滿足巨輪遮蔽區要求外，亦可增加領港登輪之安全性，提昇船長信心，增加配合度。

2. 登輪地點調整因素

- 天候條件，包括風力、風向、能見度...等(3/3)
- 海象條件，包括波浪、海流、潮汐...等(3/3)
- 船舶類型，包括種類、大小、噸級...等(3/3)
- 進港航路(1/3)

調整登輪地點主要視自然條件與船舶類型而定，一般而言，冬季時受東北季風影響，領港選擇在遮蔽區內，較接近外堤口處登輪，其與外堤口距離以不超過3公里為原則。至於夏季時，因外海風浪較小，領港可選擇於較遠處登輪，以擁有較多時間掌握船舶狀況及調整進港航路與速度。

3. 考量登輪安全限度問題，外海風力限制條件約為18.0m/sec；登輪區波高約在1~2m之間。登輪區波高超過2m，領港艇不易靠近進港船舶，對領港之安全構成甚大之威脅。登輪時由於進港船舶需以一定速度前進以維持舵效，但如速度過快，領港艇亦無法靠近讓領港順利登輪，依據領港實際經驗，進港船舶速度約為6~10節。

肆、港內水域靜穩度檢討

港口擴建雖可以提供大型船舶較為寬闊與安全之操船空間，但將影響港內水域靜穩度，故在進行南內、外堤拆除工作前，應先對港內泊渠及漁港等水域靜穩度加以探討，以研擬較適當之外廓堤佈置。

一、過去相關研究與試驗結果

台中港港內水域缺乏現場波高觀測資料，為瞭解建港後各堤段對於港區靜穩度之影響，僅就過去各計畫中針對港內水域靜穩度所進行之各項試驗結果加以比較。謹就各相關計畫試驗成果摘述如後：

(一) 台中港第一期工程遮蔽試驗

台中港第一期工程於民國 65 年完成，在規劃時各替選方案利用水工模型遮蔽試驗測得港內各主要水域靜穩度。試驗條件如表 3-4-1。

表 3-4-1 試驗波浪條件

波向	波高 (m)	週期 (秒)
NNW	5.8	9.9
NW	5.4	9.9
WNW	5.0	9.8
W	4.7	9.3
WSW	4.6	8.7

主要區域分為外港航道 (A 區)、迴船池 (B 區)、工作船渠旁 (C 區) 及北突堤前 (D 區) 四區，試驗結果如表 3-4-2。試驗結果顯示 NW 及 WNW 兩方向正對港口波浪侵襲時，港內靜穩度較不理想外，其餘方向波浪入侵時港內靜穩度良好。

表3-4-2 檢核試驗港內波浪狀況

波浪條件			主要區域波浪狀況(m)			
波向	波高(m)	週期(秒)	A	B	C	D
NNW	5.8	9.9	>1.1	0.6~0.8	0.6~0.7	<0.6
NW	5.4	9.9	>3.0	1.1~2.7	1.5~2.0	1.2~1.5
WNW	5.0	9.8	>2.5	1.5~2.0	1.0~1.2	1.0
W	4.7	9.3	>2.0	0.9~1.0	0.6~0.9	0.6~1.0
WSW	4.6	8.7	>1.4	0.5	<0.5	<0.5

(二)「台中港港口擴建計畫評估」遮蔽試驗

台中港第一期擴建工程於民國 79 年開始進行，規劃作業時為瞭解未來北防波堤延伸後，領港登輪區波浪遮蔽效果及港內水域靜穩度之影響，乃進行水工模型遮蔽試驗。茲將北防波堤延長 850m 各種方案試驗概述如后。

試驗波高週期條件組合如表 3-4-3，偏北試驗波向選擇 N、NNW、NW 三個方向，領港登輪區為波高量測重點；偏南波向則選擇 SW、WSW、W 三個波向，波高量測著重於港口、航道、迴船池等水域。試驗結果分區概述如下。

表 3-4-3 港口擴建試驗波浪條件

波高 $H_{1/3}(m)$	2.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.5	6.5
週期 $T_p(sec)$	7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	14.0	14.0

1. 延伸之北防波堤南側

各配置對偏西南向波浪而言均缺乏遮蔽效果，延伸之北防波堤南側因波浪反射作用產生部份重複波現象，以致水面紛紜。其中偏西南三個波向試驗中以 WSW 向波浪造成波高係數可達 1.4 左右；其次為 W 向波高係數約為 1.0~1.2 之間。而 SW 向波浪反射之現象較小，波高係數約介於 0.95~1.1。波高係數與各佈置並無明顯關係，但入射波浪週期越長，波高係數亦略微增加。

2. 原北堤堤頭南側水域

受 W 及 WSW 向波浪作用，波高係數約 0.95~1.2 之間，SW 向波浪則減為 0.7~0.9 之間。

3. 南防波堤堤頭北側水域

受各不同波向作用，以 W 向波浪對此區靜穩影響最大，再次為 WSW 向，SW 向波浪最小。

4. 主航道

W 向波浪因正對港口，部份波浪能量沿著延伸之北防波堤導入港內，影響港內水域靜穩。其影響程度隨防波堤延建長度而增加，波高係數約 0.4~0.6 之間，航道中線北側波浪約為中線南側之 1.5~2.0 倍。延伸之北防波堤導浪現象隨波向偏南而遞減，WSW 向波浪入射主航道波高係數約 0.4~0.45，SW 向波高係數約 0.3~0.4。

5. 內堤堤口

受北防波堤導入波浪影響，波高係數隨北防波堤延伸而增加，W 向波高係數約 0.15~0.45，WSW 向約 0.2~0.3，SW 向 0.15~0.3。

6. 迴船池

各佈置於西南側波浪作用下，水域波高係數均在 0.2 左右。

7. 漁港港口

受北防波堤導波影響，波浪順著北防波堤港側傳播至漁港港口西側突堤，造成本區水面較為紊亂。波高係數與防波堤導浪之程度成正比，W 向波浪時漁港口波高係數可達 0.3~0.55，WSW 向波浪 0.2~0.4，SW 向波浪亦在 0.25~0.4 之間。

8. 漁港水域

各佈置方案在 W~SW 向波浪作用下，漁港水域波高係數值約在 0.1~0.25 之間。

二、各區水域靜穩度探討

綜合模型試驗結果，選取進港航道、迴船池、北突堤前及漁港港口四區，分別就北防波堤不同配置水域靜穩狀況敘述如下：

(一)進港航道區

台中港第一期工程水工模型試驗，北防波堤未延伸狀況下試驗結果，於波向 NNW~WSW、波高 4.6~5.8m、週期 8.7~9.9 秒狀況下，進港航道區域波高均在 1.1~3.0m 間，此乃因北防波堤設計上並未考慮消波，而導致波浪反射作用所致。

台中港港口擴建計畫中，針對北防波堤延伸 850m 後所進行之試驗結果，於波向 W~SW、波高 3~4m、週期 8~10 秒狀況下，進港航道區域波高約在 0.6~2.2m，顯示北防波堤延伸堤斷面採消波設計，降低波浪反射程度，提高船舶進出港之操航安全性。

比較上述研究成果，雖然所選用試驗波浪條件不同，但於進港航道區內之波高值可達 2~3m。因原有北防波堤未具消波作用，反射波對於操船作業形成困擾，故未來港口第二期擴建計畫，北防波堤延伸段應採取消波堤段設計，以提高操航之安全性。

(二)迴船池區

台中港原北防波堤未延伸狀況下，如港內堤段未採消波作用，迴船池水域波高約在 0.5~2.5m 之間，部份狀況無法滿足操船作業要求。但如部份防波堤與碼頭採消波設計，該水域之波高將可降至 1.5m 以下。因此港內部份防波堤與碼頭採消波設計實為必要之措施。

台中港港口擴建計畫中，北防波堤延伸 850m 後，迴船池水域波高約為 0.2~0.8m，顯示北防波堤延伸後迴船池靜穩度可滿足操船作業之要求。

比較上述研究成果，雖然試驗波浪條件不同，但北防波堤延

伸後迴船池內之波高值應可維持在 1.0m 以下，可達到操船作業之要求。

(三) 北突堤前區

北防波堤未延伸狀況下，北突堤前區域中波高約在 0.5~1.5m 之間，部份狀況無法滿足碼頭作業要求。但部份碼頭改採消波設計後，則該區域之波高將可降至 0.8m 以下，因此港內採消波設計實為必要之措施。

台中港港口擴建計畫中，由於試驗範圍未達突堤前區域，因此無法與前述成果相互比較，惟參考迴船池水域波高已低於 0.8m，而北突堤為棧橋式碼頭具有消減波能之功效，因此本區域之波高值應較迴船池區域更低，故可滿足碼頭作業之要求。

(四) 漁港港口區

台中港北防波堤未延伸狀況下，如港內堤段未採消波設計，在 5.8m 外海波浪作用下，漁港港口前波高可達 1.5m 左右，對於漁船進出漁港將可能造成困擾。而港內部份碼頭採消波設計後，雖然可降低商港區內之波高值，但因漁港港口位於內堤口外側，因此港口前水域靜穩影響不顯著。

而港口擴建計畫，北防波堤延伸後，漁港港口之波高將介於 1.0~2.0m 之間，較未延伸前為大。此乃因原先未延伸之北防波堤港側未具消波功能，港口防波堤擴建後產生導浪作用，導致漁港港口前緣之波高增大，對於漁船進出同樣造成不良之影響。但在北防波堤港側拋置消波設施後，漁港港口前波高已降低至 1.5m 以下。

(五) 小結

水工模型試驗結果顯示，對於水域靜穩度之影響主要可歸納為北防波堤延伸與港內消波措施兩項。第一期擴建計畫內容中拆

除之南外防波堤與南內堤，因受後續各項考量因素而未進行，因此並無法於先前所進行之各項水工模型試驗加以比較。此將留待本計畫後續之水域靜穩度數值模擬計算與遮蔽試驗再加以分析。僅就北防波堤延伸對於港區水域靜穩影響列舉如后：

- 北防波堤延伸後，對於北至西北向入射波浪發揮良好之遮蔽效果，在冬季季風期領港登輪區水域更穩靜，且進港航道、迴船池及北突堤前水域之靜穩度更符合操航及作業標準。
- 對於西至南向波浪而言，北防波堤延伸使侵入之波能受到北防波堤港側直立岸壁反射及導浪作用，而對航道區、漁港港口處水域之靜穩造成不良的影響。但在北防波堤港側佈置消波設施，可減低反射及導浪作用，改善漁港港口靜穩。

伍、海岸地形變遷檢討

台中港位於大甲溪與大肚溪之間，受到建港築堤、河川輸沙及海氣象變化等條件，影響海岸地形變遷之因素頗為複雜，如擬依一般理論或數學模式探討海岸變遷之機制十分不易。

台中港建港完成後，每年均進行水深地形測量工作。因此，可從建港後之海岸水深測量圖，分析得知港口防波堤興建對於海岸地形影響程度。由民國65年以後之歷年水深測量資料，針對台中港一期擴建前後之海岸侵淤情形加以分析如后：

一、民國 65 年至民國 79 年

民國65年至民國79年間台中港一期工程已完工並開始營運，施測範圍涵蓋大甲溪河口至大肚溪河口間，探討此十餘年間海岸地形變化情形，將有助於瞭解建港對於海岸產生之影響。

此期間之地形變化顯示：北防波堤以北普遍呈淤積狀態，在近岸及較深水處，其淤積量較小，而介於水深-10m至-15m間之狹長部份淤積厚度最大。此淤積帶繞過台中港北防波堤，於南防波堤南側也形成

一狹長之淤積帶，其長度超過2公里。此淤積帶之淤積厚度往南逐漸變小。南防波堤南側5公里以南呈侵淤互現情況。南防波堤南側之近岸與較深處因為沙源之南移量大於北側來之補充量，普遍呈侵蝕狀態。根據數值模擬之結果顯示，在東北季風盛行之漲潮南向水流，在南防波堤南側呈逆時針之環流，使漂沙淤積於南防波堤南側形成狹長淤積帶。最南端之大肚溪河口北側，雖然漂沙優勢方向向南，但由於大肚溪河川輸沙，受潮流的作用而由南向北搬移，因此河口附近受到河川輸沙之影響而有淤積現象。各區侵淤情形概述如下：

大甲溪河口至北防沙堤，涵蓋範圍包括大甲溪河口全部，主要淤積區域介於大甲溪河口南側至北防沙堤北側間，至於河口北岸則有部份侵蝕現象。全區整體而言係呈淤積海岸，平均每年淤積量為71萬 m^3 。

北防沙堤至北防波堤，本區為漂沙飛沙整治區，全區均呈現淤積現象，且外海水域(-10~-20m)較近岸水域(-10m水深以內)明顯，主要係因北防波堤攔阻由北向南之漂沙，且由北邊繞過北防沙堤堤頭漂沙淤積在外海水域所致。雖然港務局於期間內共浚沙607萬 m^3 ，但仍淤積1691萬 m^3 ，合計本區累計淤積量約為2298萬 m^3 ，平均每年淤積量為164萬 m^3 。

北防波堤至北填方區(不含南北防波堤間之航道水域)，整體而言，近岸水域(-10m水深以內)呈現侵蝕，外海水域則呈現淤積，平均每年淤積量約34.2萬 m^3 。北填方區，在近岸水域(-10m水深以內)呈現侵蝕，外海水域則呈現淤積，平均每年僅淤積約7.3萬 m^3 。

北填方區至南填方區，除在海岸線處有部份淤積情形外，其他區域均呈現侵蝕現象，且越往南側侵蝕越為嚴重，平均每年侵蝕量約36萬 m^3 。

南填方區，呈現嚴重侵蝕現象，平均每年侵蝕量約為163萬 m^3 。南填方區南側至大肚溪河口，呈現侵蝕狀況，平均每年侵蝕量為59萬 m^3 。

二、民國 79 年至 86 年

民國65至79年間北防波堤至北填方區之侵淤情形可以發現，北防波堤無法完全攔阻漂沙繞過堤頭，民國79年著手進行延伸北防波堤，於民國83年完工。針對完工後海岸侵淤情形做分析探討，以更進一步瞭解建港對於海岸地形之影響。民國79年至86年期間內侵蝕淤積之分佈趨勢大致與民國65年至79年期間相同。因為北堤延伸850m後增加了擋沙功能，北防波堤北側淤沙量有明顯的增加。至於在接近大肚溪口附近則普遍呈侵蝕狀態。茲將各區侵淤變化情形概述如后。

大甲溪河口至北防沙堤，依海岸線之變化研判，北防沙堤已幾乎不具有攔沙效果，因此全區侵淤情形相當平均。整體而言係呈淤積海岸特性，平均每年淤積量為152萬 m^3 。

北防沙堤至北防波堤，本區為漂沙飛沙整治區，主要淤積區在於北防波堤北側，由於北防波之堤延伸，攔阻了大部分海岸漂沙而淤積於此。平均每年淤積量為224萬 m^3 。

北防波堤至北填方區(不含南北防波堤間之航道水域)，全區均呈現淤積現象，惟淤積作用不若前區明顯，平均每年淤積量約68萬 m^3 。北填方區，全區均呈現淤積現象，且遠岸區域淤積較近岸區域明顯，平均每年淤積量約30萬 m^3 。

北填方區至南填方區，呈現淤積現象，且以近岸區淤積較為明顯，平均每年淤積量為34萬 m^3 。南填方區，靠近大肚溪河口北側部份受南向漂沙及河口輸沙作用而呈現侵淤互現情形，平均每年侵蝕量為29萬 m^3 。南填方區南側至大肚溪河口，受河口輸沙影響，全區仍然呈現侵淤互現情形，平均每年侵蝕量為18萬 m^3 。

綜合上述海岸實測地形資料侵淤情形分析結果顯示，臺中港海岸地形變遷除受自然因素影響外，人為建港及浚沙作業亦改變海岸平衡。雖然部份資料存有測量誤差，但藉由長期測量成果，仍可大致推論臺中港海域範圍內海岸變遷特性。

陸、港口擴建成效綜合檢討

第一港口第一期擴建計畫，延長北防堤850m以後，對台中港船舶操航安全及港埠營運發展均有明顯之助益。綜合整理目前所達到之成效，及後續尚待改進課題，說明如下：

一、港口第一期擴建計畫正負面影響

(一) 正面影響

1. 船舶操航安全改善

港口第一期擴建原計畫最主要目的為確保大型船舶進出港安全。根據台中港務局委託荷蘭 MARIN 顧問公司辦理「台中港港口擴建計畫評估研究」操船模擬結果，雖確認為第三代貨櫃輪(3000TEU)及 12.5 萬 DWT 散貨輪在擴建港口後操船安全無虞。惟該試驗中 12.5DWT 散貨輪計畫船型安全進港之條件必須有 3,600HP 及 2,400HP 拖船各兩艘出港完成帶纜後，在拖船護衛下進港；第三代貨櫃輪則由領港帶領進入迴船池減緩船速後，再利用上述四艘拖船協助靠泊碼頭。

港口一期擴建依修正計畫完成後，港務局曾委託本所辦理「台中港港口段航道設置減風設施可行性研究」案中，由海洋大學進行操船模擬試驗。該試驗主要目的為確認船舶最佳進港航向，探討延長北防波堤 850m，未拆除南內、外防波堤，且航道未浚深拓寬之條件下，原規劃計畫進港船舶，甚至 4,000TEU 大型貨櫃船是否可能安全進泊。

操船模擬結果顯示，進港船舶採 60°航線將較原規劃 90°航線更為穩定。但試驗船舶進入主航航道後，由於受到強烈橫風作用，航向操控十分困難，船舶通過內堤堤口之失敗機率仍高。其中 3,000TEU 貨櫃船失敗率為 5.26%，4,000TEU 貨櫃船失敗率為 30.0%，散裝船失敗率則為 7.89%。其危險程度較原規劃時荷蘭

MARIN 所進行之操船試驗結果高出甚多。

經檢討該操船試驗之失敗率甚高之原因，除航道未依原規劃予以拓寬之外。另在進行該試驗時，拖船並無法如預期發揮作用。故在後續操船試驗中暫不考慮拖船之協助，以探討計畫船舶在領港帶領下是否可能安全進港。試驗結果顯示無拖船協助下，計畫進港船型在強風作用下無法安全進港，因此拖船對船舶進港安全擔負極重要之角色。

台中港在完成港口一期擴建，北防波堤延長 850m 後，已將原港口前強烈橫流導引至外海，並且改變流向，擴大環流尺度。目前經常靠泊本港之 6 萬 DWT 級散貨輪，以及 2,000TEU 級近洋航線之貨櫃集貨船進出本港已十分順暢，領港及船長均無操航困難之反應。再加上最近陽明海運 3,000TEU 貨櫃班輪的成功進泊，顯見港口一期擴建計畫完成後，對船舶進出港操航安全已達成階段目標。至於台中港務局擬再提高進港船型，則仍需進一步研究相關配合措施。

2. 領港登輪困難改善成效

台中港北防波堤延長 850m 後，冬季東北季風盛吹時在防波堤南側形成一浪流遮蔽區，大幅降低波浪與流速。依「台中港進出港指南」，建議冬季時，船舶應駛至南防波堤燈塔西南西方約 0.5 浬處接引領港登輪。大型船舶船長如不熟悉港口環境，恐不敢將船舶駛至近岸水域登輪地點。因此，領港仍需冒風浪威脅駛出遮蔽區登輪。

但進出本港極大比例之中、小型船舶而言，港口鄰近操航水域十分寬裕，船舶航至登輪點之可能性較高，領港登輪安全可獲得極大保障。故實際上本港在完成港口一期擴建後，已解決極大部份領港登輪問題，領港已無需前往他港登輪，對本港營運已有極大助益。

3. 增加防波堤北側淤沙區容沙量

台中港主要漂沙優勢方向為由北向南漂移，沿岸漂沙受到防波堤阻隔，淤積於上游側，故港務局將港口北測海岸規劃為淤沙區或漂飛沙整治區。當漂沙將海岸淤淺後，漂沙受到近岸流推移，部份漂沙仍將越過防波堤堤頭淤積港口航道水域。將來仍有需要再延長防波堤以攔阻漂沙，或於航道水域實施維護浚挖。

本計畫防波堤延長後，將可擴大淤沙區之容沙能量，如依 Bijker 平衡海岸線之理論推算，北防波堤延長 850m 以後，平衡海岸線向外推移之範圍約 207 公頃，將可增加收容土方量，或可填築新生地，擴大港埠發展之範圍。

(二) 負面影響

1. 對港內水域靜穩度影響

北防波堤延長 850m 以後，對發生機率最高之 NNE~NW 向波浪，將具有極佳之遮蔽效果。但北防波堤為向 WNW 向延長，對影響港池穩靜最嚴重之 WNW 向波浪而言，由於港口一期擴建工程，並未拆除南內、外堤。侵入港內之波浪能量亦無增加，不致改變港內水域靜穩度。

當 W~SW 向波浪作用於延伸段防波堤時，波浪經直立沉箱反射作用後，由港口導進港內。部份波能仍可能影響迴船池鄰近水域靜穩度。雖原計畫已將延長段北防波堤港側設計為消波構造，經水工模型試驗及現場觀察結果，防波堤延長尚不致造成船隻在港內作業，但在強烈西南向風浪作用下，主航道水域波浪較為紊亂，漁船等小型船隻行經該水域，將有較顛頗之感覺。

2. 對海岸地形穩定影響

依本港歷年海岸地形監測成果，在未進行港口擴建前，每年約 235 萬 m^3 漂沙淤積於防波堤以北至大甲溪口間海岸，港口南側至大肚溪口則呈現侵蝕現象，主要侵蝕範圍在水深 0m~-10m

間近岸水域，但仍有部份沿岸漂沙越過防波堤堤頭，淤積於水深-15m~-20m 間海床。整體而言，港口南側至大肚溪口平均年侵蝕量約 216.5 萬 m^3 ，約與上游側之淤積量相當。

在北防波堤延長 850m 後，防波堤北側淤沙量明顯增加，比較民國 79 年~86 年測量成果，平均每年淤積量為 376 萬 m^3 ，顯見防波堤延長將更徹底攔阻沿岸漂沙南移。港口南側海岸應呈現更明顯之侵蝕現象，惟比較民國 79 年~86 年測量結果，反呈現淤積現象，平均年淤積量約為 143 萬 m^3 ，主要淤積範圍為防波堤下游側所形成之迴流區域。淤積原因可能是強烈東北季風在港口下游所形成流速較小之環流，而將懸浮漂沙沉積於此海域，此尚待長期追蹤調查。

二、其他尚待改善課題

台中港第一港口第一期工程完成後，雖可滿足目前進泊台中港船舶進出港操航安全要求，達成近期營運目標。但為適應未來船舶大型化，減少進港船舶等待時間等因素，則以下課題仍有待改善。

(一) 課題一：配合大型船進泊需求，需再進行港口擴建工程

港口第一期擴建工程完成後，已確認 2,000TEU 級貨櫃輪及 6.0 萬 DWT 級散貨輪可安全進港，現階段可滿足進出本港各型船隻之操航安全需求。未來為提高進港船型，擴大發展潛力，根據過去操船模擬研究成果顯示，利用拖船等輔助措施，仍無法達成大型船舶進港安全需求。因此，研究辦理港口擴建，延長防波堤拓寬港口，可能是解決此一課題可行方法。

(二) 課題二：積極研究拖船出海實施助航之可行性

台中港一港口為一既有設施，航道拓寬後將影響港口鄰近既有碼頭、岸壁等設施之使用與安全，現有防波堤並無法完全配合

操船需求而任意拆除。為提高台中港進港船型，在無拖船協助下，藉由領港及船舶操航動力進港，所需航道寬度較寬。而航道加寬將導致侵入波能過大，影響船舶繫泊作業及碼頭安全，使擴建計畫無法執行。在此情況下唯有積極研究利用拖船出海實施助航之可行性。

(三) 課題三：改善港口導助航設施，降低船舶進出港危險

台中港進出港船舶數量持續增加後，港口附近海面活動船隻頻繁。當海況環境惡劣時，領港需專注船舶操船，如再受鄰近船隻干擾，將易發生碰船危險。故將來仍應持續改善導助航設備，以提高船舶進出港安全。

(四) 課題四：進行航道設置減風設施之研究

台中港船舶進出港最主要癥節為強勁東北季風與主航道方向垂直，造成船舶進港航向操控困難。為改善此困難，最根本之計為應設法降低風力對進出港船舶之影響。因為防波堤北側目前仍為海域，設置減風設施十分困難，未來配合漁港西北側飛沙整治、填高新生地栽植防風林或設置擋風牆設施，以解決船隻進港操航之困難。

第四章 計畫需要性及時效性探討

第四章 計畫需要性及時效性探討

本計畫目的為提高一港口及航道計畫進港船型。惟依「台中港整體規劃及未來發展計畫」規劃，若第二港口在近期開闢，則對本計畫一港口二期擴建之需要性將有關鍵性影響。因此，第一港口二期擴建與第二港口開發計畫之相互關係，須作進一步探討。

本章擬先探討目前國際海運及港埠發展趨勢，以及一港口船舶進出港營運現況，最後再檢討第一港口二期擴建與第二港口開發計畫內容，以確立本計畫需要性及時效性。

壹、國際海運及港埠發展趨勢

一、貨櫃海運現況及發展趨勢

(一) 貨櫃海運現況發展趨勢

1997 年以來，世界經濟成長平穩，大多數國家及地區經濟均呈現良好穩定發展，國際貿易更加頻繁，增加三大主要幹線貨櫃貨運量，提升區域間貨櫃運輸。

近年船東為節省海運成本，大量訂造大型貨櫃船，這些船舶將集中在 1997、1998 兩年下水服務，因而使全球貨櫃運力大幅增長。貨櫃海運經數十年發展，已漸形成下列趨勢：

1. 貨櫃港口吞吐量大幅成長

依英國遠洋航運顧問公司(OSC)統計，全世界港口吞吐量由 1980 年之 3,640 萬 TEU 增加至 1996 年之 15,760 萬 TEU，成長率達 333%，每年成長率亦在 20% 以上。其中尤以東南亞地區成長最快，港口吞吐量成長率高達 663%。

2. 運能供大於求，導致競爭加劇

截至 1996 年底為止，全世界貨櫃運輸船舶約 2,600 艘，1997

～1998 年又有 510 艘隔倉式貨櫃船及 204 艘可裝載貨櫃之多用途船投入營運，從而使全球貨櫃運能提高 35%。貨櫃運能大幅成長，船公司間競爭加劇。

3. 船舶日趨大型化

貨櫃船大型化為近年國際貨櫃運輸市場主要特徵，至 1997 年初單船載櫃量在 2,500TEU 以上船舶有 437 艘，佔全球載櫃量之 49.5%。貨櫃船倉位增加超過船舶艘數和船舶載重噸位之增長速度。

根據英國克拉克森研究中心統計，截至 1996 年底，全球共有 58 艘超巴拿馬型貨櫃船投入營運，總倉位 27 萬 TEU，佔全球載櫃量 8% 左右。無論從超大型船舶訂造數量或載櫃能力，均呈前所未有之成長趨勢。此外，根據 1998 年全球六大貨櫃航商聯盟靠泊亞太區內主要港埠靠泊次數資料顯示，4,000TEU 以上貨櫃船約佔 58%，3,000TEU 以上高達 79.4%。主航線母船大型化趨勢相當明顯。

4. 船公司被迫走上聯營、兼併之路

貨櫃船舶大型化，航商為提高對貨主服務水準，降低成本負擔以因應激烈競爭環境，貨櫃航商藉由策略聯盟或併購與合作方式降低成本，減少風險。目前全球六大策略聯盟組織(含長榮/立榮)總運能約二百萬 TEU，佔全球總運能約三分之一，其中以快桅與海陸組織聯盟高達 44 萬 TEU。為了適應競爭激烈的航運市場，全球各大航運公司紛紛進行聯營，其目的在透過規模經濟來降低營運成本，實行資源共享，以提高市場競爭力。

(二) 貨櫃船大型化發展趨勢

1. 巴拿馬型貨櫃船

早期巴拿馬型貨櫃船載櫃量約 2,000～3,000TEU，可歸類為

第三代貨櫃輪。近年改進增加載櫃能力達到 3,000~4,400TEU 之貨櫃輪可歸類為第四代貨櫃輪。

巴拿馬型貨櫃船成了東西向主要航線的主力船舶，此類船舶湧現，使世界貨櫃船隊規模在 1984 年~1994 年十年間增長了一倍。另外，格柵式貨櫃船大型化趨勢正持續發展。在未來船舶訂造合同中，3,000TEU 以上的船舶佔主導地位。

2. 超巴拿馬型貨櫃船

超過巴拿馬運河限制(長 294m、寬 32.2m，吃水 12.5m)的貨櫃船統稱為“超巴拿馬型船”。從船舶製造角度，巴拿馬運河參數對船舶尺度作了人為的限制。擺脫 32.2m 寬度束縛之後，船舶設計才能使船獲得更合乎自然且更科學的長度比。因此，超過巴拿馬運河寬度的設計可以帶來許多好處。例如提高船舶穩定性，減少對貨物定位的限制，以及減少必須攜帶的壓艙水重量等。艙內和甲板上貨櫃配載靈活性的提高，有助於降低裝卸費用並縮短裝卸時間，減少壓艙水所佔比重則可提高運輸之載重量，實載係數亦可得到顯著的提高。

自 1995 年起，超巴拿馬型貨櫃船之訂單即呈快速成長之趨勢。截至 1996 年 6 月底止，全世界共有 36 艘超巴拿馬型船(即第五代貨櫃船)，而訂造中的第五代船則共計 46 艘，其中除早期建造的 16 艘船裝載量為 4500TEU 以下外，其餘第五代船的裝載量都在 4700TEU 以上。

3. 超級超巴拿馬貨櫃船

長度超過 1,000ft(305m)、寬度超過 140ft(42.8m)、載櫃能力達到或超過 6,000TEU、橫向可安放 17 列貨櫃的船舶可定義為超級超巴拿馬型船。

與 4,000TEU 的巴拿馬型船相比較，一艘 6,000TEU 現代化超巴拿馬型船每年單位艙位的航次成本約低 21%。但由於超級超

巴拿馬型貨櫃船限制了船公司經營靈活性，並且只有在櫃位利用率最大化時才能真正獲得成本節省。因此，超級超巴拿馬型貨櫃船櫃位利用率若無法相對提高，則在成本方面優勢將變劣勢。

二、世界散貨運輸現況及發展趨勢

(一) 散裝航運船市場特性

原油及五大散貨(鐵礦石、煤炭、穀物、鋁礬土/氧化鋁、磷礦石)的海運市場之中，原油運輸船舶多屬國際各大石油公司所擁有，並行駛固定航線，市場秩序較為穩定。其他乾散貨航運市場則屬於完全競爭市場，沒有特定船公司或租方或其他政府組織可左右或掌控散裝航運之市場走勢，市場行情漲跌基本上受船噸供需平衡狀況而定。因此，散裝航運市場大略符合市場興衰循環，對天候條件、港口狀況及政治因素有高度敏感性及不確定風險性。目前散裝航運市場基本上可分為巴拿馬極限型船、海岬型船及輕便型船三部份，各主要市場狀況如下：

1. 巴拿馬極限型船市場

全球巴拿馬型船總艘數約 900 多艘，總載噸位約 60 百萬公噸，分別隸屬無數船東，船噸供應仍非常分散。因此，無任何船東或國家對本型船擁有主控市場之力量。

2. 海岬型船市場

全球海岬型船總艘數約 450 多艘，總載噸位約 66 百萬公噸。本市場主要進出口區域較為明顯，貨載流向較有規律，市場需求船噸有影響力的租船方，多屬大型一貫作業煉鋼廠及發電廠。大型原料進口商為穩定進口貨載或基於其他考量，均將貨載與其國內當地船東簽定長期貨載合約，以保證貨載給船東，因此船東風險將相對降低，船東有較高意願投資建造海岬型貨輪。

3. 輕便型船市場

輕便型船(Handysize)載重約 4 萬噸左右，此類船舶受巴拿馬

極限型船市場影響極大，主要適用於近程少量之鋼材或糧食等貨品之運輸。

(二) 散貨船舶發展趨勢

1. 油輪

300,000DWT 以上之油輪自 1993 年上半年後已無訂單，顯示油輪之大型化已止於此型船舶。

2. 乾散裝船

大於 40,000DWT 之乾散裝輪船隊於 1963 年至 1986 年期間由 1,700 萬 DWT 增加到 19,500 萬 DWT，主要乃因深水散裝海運量需求之成長，如鐵、煤等類原料運輸，使用大型之乾散裝船可大幅減少成本支出。

根據近年來新造船舶訂單，10 萬 DWT 以上之乾散裝船每年皆有 20 艘以上下水，且有朝向 15 萬 DWT 以上之 Cape size 型發展之趨勢。而如統計所有新造乾散貨船資料，5 萬 DWT 及以上之乾散貨輪佔全部新增船隊之 80% 左右，此亦證明全球乾散裝船隊繼續朝較經濟型之大散裝輪發展中。

三、船舶大型化對港埠發展之影響

船舶朝大型化方向進一步發展所遇到障礙包括：港口水深限制、陸上集疏運基礎設施的限制、起重機吊臂長度不夠、以及港口裝卸效率低落等。此外，船舶大型化對港埠發展影響，主要有下列數點：

(一) 港埠設施面臨新挑戰

船舶大型化和船公司世界聯盟趨勢，對港口經營者產生了重大影響。由於船舶更大、更寬，所以對港口水深和碼頭裝卸設施也有了更高的要求。同時由於需要在港口增加投資，貨櫃船公司組成了少數幾家大型聯盟，並大量投入第五代貨櫃船，此趨勢使彎靠港口數目須更加合理化。因此，船公司對碼頭作業效率、速

度和可靠性的期望，都對港埠經營管理單位產生了新的要求。

港口碼頭不僅須為新一代幹線貨櫃船的裝卸作業提供適應的能力、可靠性和各種資源，更需要提供區域內的集疏運功能。雖然港口間激烈競爭，為船公司提供了更多選擇機會，而船公司本身競爭力的高低須取決於海陸界面上可獲得服務質量，所以船公司不得不十分審慎地選擇其航線上港口組合方案。

為適應班輪航運業的變化，在世界港口產業興起了一場大規模投資的高潮，一方面建設新的大型泊位，另一方面在老泊位上配備超巴拿馬型橋式機。硬體方面的船岸裝卸系統和後方支持功能，軟體方面的先進的碼頭規劃系統和碼頭整體組織同步發展，亦可收相得益彰之效。

(二) 航商積極介入碼頭建造與經營

世界各主要航運公司配合船舶大型化趨勢，對主幹航線靠泊碼頭作業效率及服務要求日益嚴苛，已無法忍受公營碼頭因政府效能低落，或碼頭工人怠工所造成之延滯。故近年來主要航商紛紛在世界主要航線投資設置碼頭及櫃場設施，直接參與碼頭建造與營運。此發展趨勢相對地促進港埠經營之民營化。

(三) 貨櫃海運中心之形成

區域海運中心是未來國際海運航線結構之重要發展趨勢，能居有利之經濟地理位置者，只要經營得當，必能提供最高運輸量及最低廉路徑成本，成為區域內轉運服務中心。而轉運中心除需具有先天地理優勢以外，仍需配合提供良好且足夠設施，以及高效率的港埠服務作業，方能吸引國際主航線的青睞。

此外，由於貨物運輸貨櫃化是以標準化的方式裝載貨物。因具備易於裝卸、流通等經濟效益，再加上貨物趨向高價值、高密度之特性，使得海運貨櫃化已成為無可避免的趨勢。

貳、一港口營運現況分析

一、最大進港船舶

(一)原規劃計畫進港船舶

台中港建港規劃工作最早始於民國 58 年，政府委託日本技術調查團進行規劃調查並提出規劃報告。當時最大規劃進港船型以 5 萬 DWT 級為設計基準。原規劃港口航道朝西北西，約略垂直海岸。南、北防波堤間淨寬 350m，有效航道寬度約 300m，水深 CD.-13m。

(二)第一期擴建計畫進港船舶

原規劃第一港口以 5 萬 DWT 級船舶為設計基準，無法因應大型船舶進出港之需求。台中港務局乃於民國 74 年 4 月配合台中火力電廠計畫需使用大型散貨輪進口燃煤之需求，提出「台中港進泊十五萬噸級船舶可行性研究報告」，並進一步於民國 77 年委託顧問公司完成「台中港港口擴建計畫評估研究」。

第一港口一期擴建計畫原計畫進港船舶為 12.5 萬 DWT 級海岬型散貨輪，以及第三代貨櫃輪(3000TEU，約 4 萬載重噸)。該研究建議將北防波堤沿原航道方向繼續延建 850m，南防波堤拆除 168m，南內堤拆除 50m，以使航道有效寬度為 350m，航道水深 CD.-16m。

該計畫於民國 79 年奉核定後實施，計畫執行期間，因台電公司鑒於內港主航道全面浚深至 CD.-16m，所浚挖土方必須興建海堤收容，投資成本昂貴。因此，改為先使用 6 萬 DWT 巴拿馬極限輪載運燃煤，致使原擬擴大港口以供 12.5 萬噸級散貨輪進泊之需求不再具急迫性。也因此，欠缺繼續執行港口拓寬工程(即拆除部份南防波堤及南內堤)之動機。同時，航道拓寬將造成入侵波

浪增大，雖然北堤港側增設消波設施，可以維持漁港區水域靜穩度，但要取得漁民無條件配合仍不容易，為避免此無謂困擾，港務局原擬拆除之 168m 南防波堤及 50m 南內堤乃暫緩實施。故一港口一期擴建計畫僅辦理北防波堤延長 850m 工程，航道寬度仍維持原來之 300m，航道則先浚深至 CD.-14m。

(三) 一期擴建後實際最大進港船舶

一港口擴建計畫於民國 84 年完成後，已有效改善原有港口之船舶進出港困難及領港登輪困難等問題。目前巴拿馬極限輪以下之中小型船舶進出港口安全性已大幅提高，港口擴建計畫確已收到明顯效果。

依據台中港之船舶動態資料統計，民國 84 年至 86 年各類進港最大船舶，貨櫃輪船長為 230.82m，最大噸數為 37,042 總噸；穀類輪船長為 254.2m，最大噸數為 42,128 總噸；煤輪船長為 259m，最大噸數為 46,565 總噸；汽車船船長為 210m，最大噸數為 56,164 總噸；其他類船(包括油輪、散、雜貨輪...等)最大船長則為 254.15m，最大噸數則為 44,891 總噸。

二、船舶進港現況

(一) 船舶艘次、噸級與裝卸量統計

1. 進港船隻艘數

依據台中港統計要覽之統計資料，台中港自民國 75 年至民國 87 年各類船舶進港艘數如表 4-2-1 所示，民國 75 年台中港進港船數僅 1,402 艘，至民國 87 年已達到 5,640 艘，在十餘年間進港艘數達到四倍之快速成長。

在各貨種進港船舶數量成長方面以貨櫃輪及散裝輪最為明顯，貨櫃輪自民國 75 年之 216 艘，至民國 87 年達 2,401 艘，約成長十倍；散裝輪方面自民國 75 年之 112 艘，至民國 87 年達

表4-2-1 民國75~87年進港船舶艘數統計表

單位：艘

年別	貨櫃輪	穀類輪	油輪	木材輪	散裝輪	雜貨輪	其他	總計
75	216	54	388	106	112	489	37	1402
76	274	72	415	114	156	498	35	1564
77	426	74	319	115	158	608	33	1733
78	453	100	364	129	189	620	61	1916
79	488	105	477	106	228	645	49	2098
80	649	115	641	133	343	685	54	2620
81	877	118	677	169	545	745	137	3268
82	905	113	678	118	784	762	178	3538
83	1014	92	740	88	879	724	243	3780
84	1418	95	661	78	764	707	365	4088
85	1835	94	729	80	755	653	575	4721
86	2166	133	757	120	742	752	699	5369
87	2401	104	755	93	860	755	672	5640

資料來源：台中港統計要覽，台中港務局

860 艘，亦有近八倍之成長。

2. 進出港船隻噸級分佈

依台中港統計要覽，台中港自民國 75 年至民國 87 年進港船舶之噸級如表 4-2-2 所示。大於 40,000 總噸之船舶，由民國 75 年之 4 艘，快速成長至民國 86 年之 48 艘、87 年之 40 艘。

3. 船舶裝卸量

台中港自民國 75 年至 87 年船舶之裝卸量統計如表 4-2-3 所示。由表中可知，歷年來台中港進港船數及裝卸總量均持續成長，而船舶平均裝卸量亦呈現成長趨勢，此與前述進港船隻噸級統計結果相較，本港進港船型大型化之趨勢十分明顯。

表 4-2-3 台中港民國 75~87 年裝卸量統計表

年別	進港艘次 (艘)	裝貨量 (計費噸)	卸貨量 (計費噸)	裝卸量合計 (計費噸)	平均裝卸量 (計費噸/艘)
75	1,402	1,067,279	8,405,041	9,472,320	6,756
76	1,564	1,465,436	10,446,585	11,912,021	7,616
77	1,733	2,361,024	12,562,064	14,923,088	8,611
78	1,916	2,653,746	14,328,052	16,981,798	8,863
79	2,098	3,260,196	18,000,976	21,261,172	10,134
80	2,620	4,974,049	22,572,724	27,546,773	10,514
81	3,268	6,094,966	28,577,155	34,672,121	10,610
82	3,538	6,570,958	33,369,268	39,940,226	11,289
83	3,780	7,554,171	37,472,263	45,026,434	11,912
84	4,088	8,886,383	40,283,829	49,170,212	12,030
85	4,721	13,173,290	47,263,140	60,436,430	12,802
86	5,369	16,406,888	53,376,593	69,783,481	12,997
87	5,640	16,893,983	53,909,004	70,802,987	12,553

表4-2-2 民國75~87年進港船舶噸數統計表

單位：艘

年別	未滿 1000噸	1000~ 4999噸	5000~ 9999噸	10000~ 19999噸	20000~ 39999噸	40000~ 59999噸	大於 60000噸	平均 總噸/艘
75	71	752	181	226	168	4		8298
76	68	774	211	276	220	14	1	9272
77	49	714	311	363	285	11		10561
78	41	777	383	365	333	17		10923
79	56	803	373	504	341	21		11277
80	77	1030	489	602	401	21		10963
81	108	1278	558	798	501	25		10812
82	140	1189	664	918	603	24		11295
83	158	1112	802	1032	642	34		11701
84	95	1275	772	1195	708	43		12116
85	152	1284	847	1596	796	46		12500
86	99	1323	1115	1912	872	48		12851
87	127	1420	1182	2032	839	40		12402

資料來源：台中港統計要覽，台中港務局

(二) 船舶進出港口現況

1. 船舶進港所需時間

本計畫經整理民國 84~86 年間共計 13,800 艘船舶進出港與在港停泊時間之動態資料，以期瞭解台中港港口第一期擴建完工營運後，船舶進出港所須耗費之作業時間。

一般船舶抵達台中港後，需在錨泊區等待進港。等待原因可歸納為無碼頭可供靠泊、天候不佳、夜航限制...等等。而本港船舶動態資料中，船舶自領港登輪後至繫靠碼頭期間，於通過南、北外防波堤間與通過信號台均有回報時間。統計上述資料可得船舶進港行經各段水域所需時間，茲將統計結果分述如下。

(1) 領港登輪—外防波堤口

自領港登輪至外防波堤口所需時間平均 5.51 分鐘。如以船舶大小區分，船舶噸位越大，因領港考量操航安全，帶領大型船舶時多選擇離外防波堤口較遠處登輪，以便擁有充裕時間掌握進港船舶狀況，故所需時間越長。

(2) 外防波堤口—內防波堤口

船舶行經外防波堤口—內防波堤口航道所需時間約在 6~7 分鐘之間。以本段航道距離長約 1,700m，可知大部份船舶多以 6~8 節航速通過港口主航道。

(3) 迴船池—碼頭段

當船舶通過信號台後，即進入北迴船池區。然由於各碼頭與北迴船池間距離不等，除南碼頭區外，各區自迴船池至繫靠碼頭所需之航行時間約在 20~30 分鐘之內。南碼頭區各碼頭位於港區最內側，所需航行時間較其餘碼頭為多，平均約 70 分鐘。

2. 船舶繫靠時間

船舶繫靠碼頭作業時間主要與船舶種類有關，各類型船舶繫靠時間差異性極大，其中以穀類輪及煤輪等大宗散貨輪繫靠時間

最長，分別為 129.4 小時及 101.2 小時，一般散雜貨輪為 82.9 小時，油輪 25.8 小時，貨櫃輪 13.3 小時，而汽車船繫靠時間最短，僅 3.7 小時。

3. 船舶出港所需時間

船舶從碼頭解纜至離開台中港期間，於通過信號台與外防波堤口時均有回報時間，因此根據船舶動態資料，可統計得船舶在碼頭解纜至內防波堤口、內防波堤口至外防波堤口(外航道)區域航行所需時間，結果如下所述。

(1) 碼頭至內防波堤口

船舶自離開各碼頭區行駛至內防波堤口所需航行時間約在 13~14 分鐘之內。至於南碼頭區因距北迴船池約 6,300m，平均所需時間約 50 分鐘。

(2) 外航道段

出港船舶通過外航道段所需時間約在 5.5~6 分鐘之間，平均為 5.62 分鐘，各類型船舶間之差距不大。與船舶進港時通過外航道所需時間相比較，船型較小的船舶，其出港比進港時減少約 1 分鐘，而大型船舶，其出港比進港時間則減少約 1.5 分鐘。依此航行所需時間估計船舶出港航速約為 8 節。

4. 船舶在港時間

各類型船舶在港時間差異極大，主要差異原因在於繫靠時間長短之不同，其中以穀類輪及煤輪等大宗散貨輪在港時間最長，分別為 130.8 小時及 103.2 小時，一般散雜貨輪為 84.5 小時，油輪 28.0 小時，貨櫃輪 16.3 小時，至於汽車船在港時間則最短，僅約 7.2 小時。

(三) 進出港限制條件

台中港目前針對部份船舶基於操航安全仍實施夜航限制，夜航限制之對象及範圍如下：

- 1.夜航時間為日落後 2 小時至日出前之時段。
- 2.貨櫃船全天開放進出港，不受夜航限制。
- 3.靠泊工業泊渠碼頭船舶，長度在 190m 以下者得夜航進港。
- 4.載運化學品之船舶船長在 190m 以下且事先核准者。

(四) 船舶等待進港時間及原因探討

船舶抵達台中港後，各不同類型船舶受到夜航限制、外海風浪條件不佳、無碼頭可靠泊或其他因素影響時，必須在外海停泊等待進港。由於船舶等待時間之多寡對於港埠營運績效影響甚鉅。因此，有必要針對各項主要影響因素加以探討，並作為後續作業評估港口容量之依據。

綜合上述各項船舶等待因素，並依船舶種類統計分析民國 84~86 年船舶動態資料成果如表 4-2-4。

表 4-2-4 民國 84~86 年台中港進港船舶等待時間統計表

單位：小時/

船舶種類	夜航限制		等待碼頭		風速限制		其他因素		合 計
	時間	%	時間	%	時間	%	時間	%	
貨櫃船	0.000	0.00	3.191	37.26	0.114	1.33	5.258	61.41	8.562
石化油輪	0.319	2.97	5.415	50.32	0.059	0.55	4.967	46.16	10.760
穀類輪	0.644	1.03	36.738	58.66	0.628	1.00	24.620	39.31	62.630
煤輪	1.235	5.11	11.135	46.06	0.308	1.27	11.498	47.56	24.176
一般散雜貨輪	0.132	1.17	4.944	43.88	0.095	0.84	6.098	54.11	11.269
其他	0.107	1.12	2.248	23.58	3.710	38.9	3.469	36.39	9.534
合計	0.167	1.43	5.227	44.81	0.222	1.91	6.048	51.85	11.664

註：本表中平均等待時間就「所有進港船舶艘數」計算其平均值。

各船舶種類中，以穀類輪平均每艘等待時間 62.6 小時最長，其次為煤輪 24.2 小時。至於其餘類型船舶之等待進港時間則較為接近，約在 9~11 小時之間，與全部船舶平均等待時間每艘 11.7 小時差距不大。

如以各項影響船舶等待時間之因素分析，大部份係由於「等待碼頭」及「其他因素」所造成。以所有進港船舶艘數進行統計，平均值約 11.27 小時，約佔合計等待時間之 96.7%。

至於「夜航限制」與「風速限制」等自然因素，合計僅佔 3.3%，顯示台中港自港口第一期擴建工程完工後，港口操航環境已大幅改善，6 萬噸以下船舶抵港後，受風力限制影響極微。

三、現狀港口船舶交通容量評估

(一) 船舶進出港航行時間估算

檢討港口交通容量，應考慮氣象、海象、夜航管制、港勤船舶、船舶到港及靠泊碼頭情形等因素作綜合研判。目前台中港港口僅能單向航行，又有部份船舶受到夜航管制，故港口能量受到限制。

分析第一港口能量必須估算船舶進出港操航時間，根據台中港近年船舶動態資料，分析求得船舶進港從南外防波堤堤頭至離開北迴船池、或船舶出港從北迴船池至離開港口所需操航時間。

第一港口主航道長約 1,700m，目前商船進港時在第一港口主航道所花費時間平均約 11.87 分鐘(以船舶在備便區至通過信號台間之航行時間計算)，出港時在第一港口主航道所花費時間平均約 5.62 分鐘(以船舶在信號台至離開港口之航行時間計算)。

船舶動態資料中並未記載船隻通過迴船池水域之時間，經比較船舶進出港時在迴船池與靠離碼頭間之作業時間，推估船舶在北迴船池操作所花費時間平均約為 15 分鐘。

因此，船舶在一港口進出航行時間合計可以 47.49 分鐘(進港航行 11.87+15 分鐘，出港航行 5.62+15 分鐘)來估計。

(二) 船舶進出港限制條件

自第一港口完成第一期擴建工程後，氣海象對港口操航之影響已有顯著改善，台中港為增進第一港口使用效率，目前已配合港口第一期擴建後所發揮之提昇操航安全效益，對大部份船隻開放夜間航行。同時，亦對少部份無法夜間進出港之船隻，允許在日落後二小時內亦可申請進出港。茲就台中港目前進出港之限制條件說明如下：

1. 氣海象限制條件

依原第一期擴建計畫評估成果，風速在 20m/s、波高在 3m 以下，6 萬 DWT 船將可進出港。惟目前港口寬度並未依原計畫進行拓寬。另依領港問卷調查結果，顯示風速約在 18m/s、波高 2.5m 以下，船舶應可安全進港。故本計畫將以此條件作為目前船舶進出港之限制條件。

2. 夜航限制條件

台中港目前船舶進出港夜航限制條件為日落後二小時至日出前。

3. 單雙向航行限制

台中港目前航道規模如係在風浪平靜時，基本上可供船長 200m 以下之船舶雙向航行，但因港口處在強風及大潮時流速偏大，且受東北季風期間風速較大影響，波浪情況不佳，基於操航安全考量，現狀港口能量計算將以單航向限制進行評估。

4. 各類船舶優先航行順序

目前本港各類船舶依「先到先進」方式，並無分船型類別採差別待遇。現狀港口能量假設仍維持此原則作為估算之依據。

(三) 現有第一港口容量分析

依據台中港船舶進出港限制條件及參考氣海象資料，台中港目前幾乎已具有提供船舶全天候進出港之能力。因此，現有港口

容量，可直接由下列公式求出：

■ 港口容量 = 全天開放船舶進出之容量 - 因夜航限制無法進出之船數

1. 氣海象限制機率

根據北防波堤堤根測站之風速觀測資料顯示，台中港外海風速在夏季(4月~9月)超過 18m/s 之機率約 1.53%，每年約發生 67 小時。外海示性波高根據歷年海象測站資料，超過 2.5m 之機率僅 1.5%，每年約發生 66 小時。台中港夏季除遇颱風侵襲外，風速均偏小，可解釋為夏季除颱風侵襲期間，風浪超過標準造成船隻不能進港每年約 67 小時。此外，颱風警報發佈後，進港船舶所採行之因應措施造成船隻疏散延滯時間，採加倍計算。估計每年夏季颱風所造成港口無法服務時間(含風浪超過標準及船隻疏散延滯)約為 6 天。估計夏季不能進港時間比例約佔 3.3%。

冬季期間(10 月~翌年 3 月)外海風力超過 18m/s 之機率為 10.1%，外海示性波高超過 2.5m 之機率為 10.7%。考量風與浪具有一定之相關性，因氣海象影響而無法進出港之機率定為 11%。

2. 現有一港口採全天開放時之極限容量

根據前述統計之營運條件，計算目前一港口在全天開放狀況下之港口能量如下：（附註：每船一進一出以二艘次計）

■ 港口極限容量(採全天開放)

$$\begin{aligned} &= [(24 \times 60) \div 47.49] \times [1 - 7.15\%] \times 365 \times 2 \\ &= 20,553(\text{艘次/年}) \end{aligned}$$

3. 現有一港口在部份船舶實施航限制下之極限容量

目前台中港貨櫃船已完全不受限制，靠泊工業泊渠碼頭之台電煤輪因船長超過夜航規定，目前全部禁止夜航，至於其他船舶能否夜航進出港則視船長而定。

依據民國 86 年之營運資料顯示，台電煤輪(靠泊#101、#102 碼頭)佔 3.22%，其他船舶船長在 150 或 180 公尺以上之船數則約佔 10.95%。可估算得因夜航限制無法進出港船數約佔所有進出

港船舶數之 14.17%。依此可推估得現有第一港口在部份船隻受夜航限制情形下，全年可供進出港最大極限約 17,641 艘次，即：

■ 港口極限容量(部份船舶實施航限制)

$$=20,553 \times (1-0.1417) = 17,641 (\text{艘次/年})$$

(四) 第一港口現況船舶交通量飽和程度檢討

1. 第一港口目前港口航道空檔分佈

根據民國 86 年之船舶動態資料統計，每兩艘進(出)港船間航道空檔時間平均為 1.03 小時(即船隻在航道進出航行之平均間隔時間為 1.03 小時)，平均一港口航道每天約有 11.4 小時呈現空檔。其中航道在白天(6~18 時)時段，每兩艘進(出)港船間航道空檔時間平均為 0.9 小時，而在夜間每兩艘進(出)港船間航道空檔時間平均為 1.26 小時。

2. 漁船進出港時間及頻率

梧棲漁港計有漁船 191 艘(含漁筏)，全年內曾出現最多漁船數為 290 艘。經訪查當地漁民獲知，漁船進出港時間主要集中在早晨 3~5 時及傍晚 16~19 時，其餘時段僅有零星船隻進出。

3. 港口現況船舶交通量飽和程度

台中港在民國 86 年進出港船數為 10,737 艘，進港以早上 6~10 時為主，出港則有集中在下午及夜間之趨勢。民國 86 年時航道總使用時間為 4,150 小時，航道使用率僅 47.4%，航道空檔時間仍相當多，另漁船進出港之時間亦未與商船進出港尖峰時間重疊，故現階段第一港口交通仍相當通暢。

四、第一港口軟體改善後最大極限容量評估

台中港目前港口交通尚未達擁擠程度，惟未來當進出港船數逐漸增加時，航道仍可能會出現壅擠現象。此現象如可採用船舶航行管理或輔助航行設施等軟體改善措施，應可適度改善船舶進出港尖峰問題。故本節乃先就目前港口軟體設施可改善之程度進行評估，並據以估

算港口可能提昇之容量規模，以作為探討港口擴建需要性之依據。

(一)改善船舶進出港擁擠可能採行措施

1.措施一：建立船舶優先航行順序

台中港現有進出港作業採先到先進之方式，但考量各類型船舶之時間成本並不相同，為降低整體船舶之等待成本至最低程度，將來可考慮依各類船舶時間成本差異性，建立船舶優先航行順序。

各類型船舶之時間成本中，以貨櫃船最為昂貴，可考量列為第一優先進出港口；大宗散貨輪及危險品船進出港航行受到天候、夜航等限制條件較多，在冬季日間天候許可狀況下，可考慮列為第二優先進出港口；其他船舶則仍維持先到先進港之原則。預期此一措施可將本港船舶整體等待成本降至最低，並減輕港口壅擠所造成負面影響。

2.措施二：船隻批次進出港，縮短船舶航行間距

台中港目前實施單向航行，港口主航道及迴船池同一時間內僅容許一艘船舶航行運動。為發揮航道最大容量，可考慮採行批次航行方式，視碼頭調度及氣海象條件，在同一區段時間，僅容許船舶批次進港或出港，提升港口及航道之容量。

3.措施三：建立 VTMS 導助航軟體系統，縮短船舶航行間距及登輪作業時間

台中港設置船舶交通管理系統(VTMS)後，所有港域及海面船舶皆列入電腦管制。此措施有助於進港船舶事先瞭解港口環境，縮短進出港船舶時間間距。

4.措施四：海氣象良好時小型船舶實施雙向航行

本港進港船舶艘數統計，以民國 86 年為例，小於 5,000 總噸之小型船隻約佔進港船數之 26.5%；小於 10,000 總噸船隻數約佔進港船數之 47.3%。將來可考慮開放小型商船在港口及主航

道採雙向航行方式，以充份利用主航道水域。

5.措施五：放寬船舶進出港夜航限制

台中港目前對夜航之限制已十分寬鬆，未來如港口及主航道可設置完善之夜間導航及警示燈(標)，配合 VTMS 系統之設置，應可考量再逐步放寬船舶進出港之夜航限制。

6.措施六：設置漁船航行管制燈誌，減低漁船對商船航行干擾

為降低漁船對商船之干擾，將來可考慮於主航道設置漁船航行管制燈誌，當商船通過主航道時，限制漁船航行區域，減小對商船之干擾。

(二)第一港口軟體改善後極限容量

依據民國 86 年船舶動態資料所作之推估得知，平均每艘船進出港航行所需時間為 47.49 分鐘(即佔用航道時間)，其中船舶自登輪至外防波堤口間之作業時間平均佔 5.51 分鐘，假設可縮短為 5 分鐘，進出港航道如仍維持單向航行，則在全天候開放船舶進出港之情形下，極限容量將可提高為 20,776 艘次。

而在 5,000 總噸以下小型船隻開放雙向航行之情形下，可容許船舶進出港之極限量將可再提高，如假設小型船佔台中港所有船舶之比例仍維持與民國 86 年相同(26.5%)，則可容許船舶進出港之極限容量將可提高至 22,198 艘次。

五、現有一港口合理容量檢討

(一)船隻合理等待進出港時間檢討

本計畫旨在探討港口本身之容量，船舶因港口環境限制而產生之等待時間，基本上僅須考慮氣海象條件及夜航限制，而與碼頭、港埠作業等其他因子較無關聯。本計畫採用「壅塞指標」，以服務水準之觀念來界定合理等待時間。

根據 UNCTAD, "Port Development" 手冊對於 AWT/AST 之說明，規劃時考慮船舶之 AWT/AST 介於 10~50% 是可接受範圍，通常以不超過 30% 為準。根據美國 Public Works Consultants(PWC) 出版之 "Port Performance Index"，曾就船舶擁擠程度(Range of Ship Congestion)，分成不擁擠(Minor Congestion)、臨界擁擠(Marginal Congestion)、嚴重擁擠(Serious Congestion)等，並定義如下：

■不擁擠：AWT/AST 不超過 10 %。

■臨界擁擠：AWT/AST 介於 10%~20%。

■嚴重擁擠：AWT/AST 超過 20%。

基此，有關「壅塞指標」之界定，本計畫擬定義 AWT/AST=20 %時，船舶等待狀態已呈臨界擁擠，相對應的等待時間即為合理平均船舶等待進出港時間。

根據台中港民國 84~86 年之船舶動態資料中，對照碼頭營運及氣海象資料，可統計出在所有船舶等待時間中，因港口因素而使船舶等待之比率約佔所有等待因子之 50%，則依此可推算得台中港在實施夜航管制下，船舶等待狀態已呈臨界擁擠之「港口擁擠指標」為 10%。

台中港民國 86 年所有船舶之平均在港時間為 42 小時，如以臨界擁擠之「擁塞指標」換算，則台中港合理的平均船舶等待進出港時間應在 8.5 小時以內，其中因港口因素所衍生的平均船舶等待進出港時間，合理上限應為 4.2 小時。

(二) 第一港口合理容量推估

第一港口合理容量之決定與前述界定之船舶合理等待時間有關。為探討在各種進出港船數時，因港口限制而衍生船舶等待進出港時間，擬以電腦程式進行模擬，主要計算條件如下：

■考慮港口全天候開放航行之營運模式。

■不考慮碼頭營運、港埠作業...等因素所造成船舶等待問題。

■船舶靠泊碼頭時間以 40.5 小時計算。

■船舶在港內航行之時間(自迴船池至各碼頭間)以 40 分鐘計算。

■船舶進港航行時間(自領港登輪至離開北迴船池)以 26.87 分鐘計算。

■船舶出港航行時間(自北迴船池至離開港口)以 20.62 分鐘計算。

■船舶到港時間假設呈波生分配(Poisson Distribution)。

■氣海象限制條件外海波高超過 2.5m、十分鐘平均風速超過 18m/s 時停止進港。

■侵台颱風影響期間一律停止進出港。

依前節對平均船舶合理等待時間之界定，第一港口之合理等待時間應在 4.2 小時以下，經以程式模擬，估計第一港口在全天候開放船舶進出、採單航向航行下之合理容量應為 18,500 艘，約佔極限容量之 90% 左右。

參、第二港口與第一港口二期擴建相關性檢討

近年來台中港到港船隻數量隨著運量成長而大幅增加，港口可容納進出港艘次均有其極限，第二港口闢建之必要性將直接取決於第一港口未來能否滿足進出港船舶交通量及計畫進港船舶需求，與投資計畫之經濟性而定。

一、進港船舶大型化需求

(一)大型貨櫃輪進泊需求

依據「台中港整體規劃及未來發展計畫」之運量預測估計，台中港在民國 100 年貨櫃潛在運量將可能達 192 萬 TEU，民國 110 年將可能達到 261 萬 TEU 之規模。

為因應上述運量需求，公用碼頭貨櫃裝卸能量之績效目標以 500 TEU/m/year 計，租用貨櫃碼頭之績效目標則以 850TEU/m/year 計。台中港在民國 110 年計需要第一貨櫃中心(#9~#11 號碼頭)、第二貨櫃中心(#31~#35 號碼頭)、第三貨櫃中心(#36~#42 號碼頭)，合計 15 席，碼頭水深為 CD.-13~-15m。

依目前已在台中港投資設立貨櫃碼頭及櫃場之航商營運趨勢，為能充份利用既有機具設備，航商勢將會爭取貨櫃運至台中港進出口。但因台灣地區進出口貨櫃成長仍為有限，如台中港不能吸引航商投資設置主幹航線貨櫃轉運港，則貨櫃運量恐無法呈現如預測運量所預期成長。

台中港成為貨櫃轉運港之先決條件，必須可提供大型貨櫃輪安全迅速靠泊碼頭。目前台中港務局雖已著手辦理第一港口二期擴建工程之規劃工作，但一港口為既有設施，其最大極限僅能提供第四代貨櫃輪進泊。

以目前船舶大型化趨勢，如台中港擬具備發展為區域海運中心之潛力，提供第五代貨櫃輪隨時可安全進泊將為必要條件，屆

時將必須闢建第二港口才可以因應。

(二) 大宗散貨輪進泊需求

在台中港各專業區投資開發之公民事業單位，其進口大宗原料之方法僅能靠海運，且不具有替代性，故如能使用大型船舶運輸將可節省巨額海運成本。目前在台中港各專業區投資設廠之事業單位對於大型散貨輪之需求如下：

1. 台灣電力公司

台中火力發電廠未來每年自台中港進口之燃煤量高達 1,200 萬公噸。目前燃煤主要供應來源仍以澳洲及南非為主，以使用海岬型散貨輪較為經濟，但礙於台中港港口條件及水深限制，目前仍以巴拿馬極限輪載運為主。

採用海岬型散貨輪與巴拿馬極限輪之運費差距每公噸約 4.0～5.0 美元左右。依台電公司 5～8 號機供煤系統，針對可能煤炭供應組合之研究，每年海運成本差距將達 2,880 萬美元。

如海運成本之漲幅以 3.5%，折現率以 8% 估算，推估台電公司在 40 年之運轉期間，燃煤使用 12.5 萬 DWT 級散貨輪較目前使用 6.0 萬 DWT 巴拿馬極限輪海運成本之節省累計現值將達 5.6 億美元。故台電公司迫切期望港務局可配合拓寬港口航道設施，以提供大型散貨輪進泊，以節省巨額海運成本。

2. 桂裕一貫煉鋼廠

桂裕鋼鐵公司計畫在台中港投資設立年產 300 萬公噸之一貫作業大鋼廠。該公司計畫於民國 89 年完成建廠工程，初步估計每年進口量將達到 410 萬公噸左右。桂裕公司煤及鐵礦砂之供應來源尚未確定，但鐵礦砂主要供應來源仍以南美及澳洲為主，煤則以澳洲及南非為主要供應來源。衡量該供應地區與台灣間運距，仍以採用海岬型船舶載運較為經濟。故桂裕公司仍殷切期望港務局儘早完成二港口，以提供大型散貨輪進泊，節省海運成本。

3.海渡電力公司

海渡公司擬投資興建之#4B、#4C及#5B號碼頭，以供應電廠燃煤。惟北泊渠礙於水深及寬度限制，最大僅能靠泊巴拿馬極限型船，並無利用二港口之需求。

4.遠東倉儲公司

遠東倉儲公司主要經營穀類之進口及儲運業務，目前世界穀類之海運最大僅以使用巴拿馬極限型或次巴拿馬極限型船為主，該公司並無利用二港口之需求。

5.其他事業機構

台中港目前正計畫利用港區浚泥填築南填方區，該區由於緊臨二港口，未來將具有利用大型船舶海運之便利性，故應以發展需要大量原料之臨港基礎工業為原則。因此將來使用大型船舶載運所需原料，將為公民營事業機構評估設廠之重要決定因素。

二、因應第一港口未來擁擠問題

(一)未來船舶進出港交通量需求

1.進出港船舶艘次分佈

(1)船舶平均裝卸量

依台中港歷年營運實績，可概估得各計畫目標年貨櫃貨及非貨櫃貨之船舶平均裝卸量如表 4-3-1 所示。

目前台中港貨櫃海運以近洋航線集為主，航商所使用之船舶多為 2,000TEU 以下之中小型集貨船，每船次平均裝卸量約為 390TEU(民國 86 年)。未來台中港貨櫃裝卸量如能達到每年 9,389 萬收費噸(261 萬 TEU)之規模，其先決條件則必須有遠洋航線大型貨櫃輪彎靠。故台中港必須致力於一港口擴建或另闢二港口，以確保大型貨櫃船進港之安全，航商方有利用台中港開闢遠洋航線之可能。

此外，根據預測之船舶裝卸量結果顯示，未來貨櫃輪每船

表4-3-1 台中港計畫目標年船舶平均裝卸量

	民國 (年)	貨櫃船		非貨櫃船 RT/船
		TEU/船	RT/船	
實 際 值	73	130	4,683	6,630
	74	187	6,733	6,833
	75	163	5,860	6,920
	76	196	7,055	7,736
	77	227	8,154	8,760
	78	240	8,634	8,934
	79	263	9,453	10,340
	80	322	11,583	10,162
	81	317	11,397	10,321
	82	334	12,039	11,031
	83	356	12,811	11,582
	84	315	11,343	12,392
	85	379	13,631	12,274
	86	389	13,994	12,324
預 測 值	86	395	14,229	11,930
	90	465	16,744	12,729
	95	548	19,733	13,559
	100	627	22,570	14,265
	110	773	27,841	15,434

註：考量未來一港口擴建及二港口闢建後，台電及桂裕公司應會採用12.5萬噸級船舶運輸，該貨種運量參考台電運煤計畫，民國95年以後每船平均裝卸量另以80,000RT計。

次平均裝卸量將成長達 773TEU，此一水準已接近高雄港貨櫃輪平均裝卸量 738~969TEU/船(民國 85 年每船次平均裝卸量為 811TEU)之水準。

大宗散貨輪方面，可能大量使用 12.5 萬 DWT 級海岬型散貨輪以台電及桂裕公司為主，故本計畫係參考台電公司煤炭海運計畫進行估計，平均每船裝卸量為 80,000 收費噸。

(2) 進出港船舶艘次需求

依「台中港整體規劃及未來發展計畫」所預估之台中港未來計畫目標年之各類貨種運量，以及表 4-3-1 所估計之各類船舶平均每艘船裝卸量，初步估計可能抵港船舶之艘數如表 4-3-2。當民國 110 年台中港運量如達到 16,572 萬公噸時，進港船舶數將可達到 8,033 艘(假設一港口改善工程及二港口工程均未進行)。

(二) 第一港口可能出現擁擠時程

依前節探討得知，第一港口合理容量將足以容納每年 18,500 艘次船舶進出港。但依台中港民國 84~86 年統計船舶等待情形，平均每艘船舶等待 11.66 小時(詳表 4-2-4)，其中因「等待碼頭」及「其他因素」之等待時間合計 11.28 小時，佔所有等待因素之 96.7%；而因「夜航限制」及「風速限制」因素所導致船舶等待僅佔 3.3%左右。顯見評估港口擁擠不能忽略碼頭及其他因素所造成之等待現象。

因此碼頭調度、裝卸作業、後線倉儲運輸、引水之配合、船舶運轉狀態、航商與貨主之配合、港埠行政作業等因素多涉及人為與部份不確定因子，雖部份原因可藉改善裝卸作業或行政效率予以消除，但欲明確以數據量化實有困難。故本計畫將假設此等可能影響船舶進出之因素所增加之船舶平均等待時間，在未來台中港營運時仍比照民國 84~86 年之實績，以 6.05 小時計算。至於因碼頭壅擠，無法供船舶停靠，以及因港口因素限制所產生之

表4-3-2 台中港各類貨船進港船數推估

貨種\民國(年)	90	91	92	95	100	105	110
1.貨櫃貨	2609	2662	2713	2854	3054	3222	3373
2.穀類	403	407	413	428	453	463	474
3.水泥	524	541	559	610	692	730	768
4.油類	404	408	412	424	444	456	469
5.化學品	241	248	254	275	308	328	348
6.其他液散	53	54	55	57	61	61	60
7.台電煤炭	1022	1008	994	959	912	874	843
8.民間煤炭	283	283	282	281	281	283	286
9.廢鐵	39	41	43	48	56	64	72
10.一般散雜貨	550	554	558	572	597	631	666
11.桂裕	404	712	703	678	645	618	596
12.拜耳太平洋能源	95	93	92	89	85	81	78
合 計	6627	7011	7078	7275	7588	7811	8033

船舶等待現象則以電腦程式進行模擬。

模擬工作所引用之參數亦以台中港民國 86 年之營運統計成果為依據，基本計算條件如下：

- 假設未來第一港口全部開放船舶夜航。
- 碼頭興建進度依「台中港整體規劃及未來發展計畫」所訂定之興建計畫時程。
- 台中港各計畫目標年時之各類船舶進港船數參照表 4-3-2。
- 其他船舶進出港操航假設條件與前述第一港口合理容量推估節相同。

模擬結果顯示，以船舶平均在港時間為 42 小時估算，民國 100 年時進港船數為 7588 艘，平均等待時間 8.1 小時，擁擠指標約為 19.3%，尚在可接受之營運服務水準內；但在民國 105 年時進港船數為 7811 艘，平均等待時間為 8.5 小時，擁擠指標將達約 20.2%，服務水準則已呈現嚴重擁擠之程度。故未來港口如不作任何改善，明顯出現擁擠狀態之時程，應在民國 100～105 年之間。

(三) 紓解港口壅擠可能改善措施

台中港將來出現船舶擁擠現象之主要原因可分為受氣海象限制、等待碼頭、及其他因素三方面。為紓解此壅擠現象，可能改善措施如下：

1. 提高船舶進港天候條件限制
2. 闢建第二港口，提高船舶進出港交通容量
3. 增建碼頭，提高碼頭作業能量
4. 提高港埠服務績效

三、計畫內容概述

(一) 第二港口計畫內容概述

第二港口開發之目的，主要為疏解一港口船舶交通擁擠，提供大型船舶進泊，降低海運成本。在「台中港港池泊渠浚渫及圍堤造地規劃」案中，雖曾針對二港口作初步之規劃，惟實際計畫內容尚未陳奉行政院核定，故本報告中僅以初步所擬之開發構想作進一步探討。

1. 主要工程內容

二港口計畫主要工程為外廓防波堤及航道水域浚渫工程。水域浚挖所產生之土方，必須配合投資闢建北填方區(II)收容。二港口闢建在航道水域開通前，必須先完成過港隧道工程，以避免造成西碼頭區原有之聯外道路交通中斷。如填方區所需海堤工程不計入二港口計畫中，則本計畫主要可分為二港口主體工程及過港隧道工程兩部份，茲將其工程內容說明如下：

(1) 二港口主體工程

A. 外廓防波堤工程

二港口外廓防波堤工程主要包括北外防波堤、北支堤、南防波堤及內防波堤等堤段，各堤段佈置如圖 4-3-1 所示，全長約 4,155m，主要堤段堤址水深約位於 CD.-1.0m～-19m。

B. 航道浚挖工程

二港口航道水域約需浚挖 1,601 萬 m^3 土方。另南迴船池及工業港泊渠均需全面加深浚挖至 CD.-18.0m，將需浚挖 376 萬 m^3 土方。

C. 導航設施

二港口導航設施包括堤頭燈標、導疊標、VTMS 系統以及信號台等配合設施。

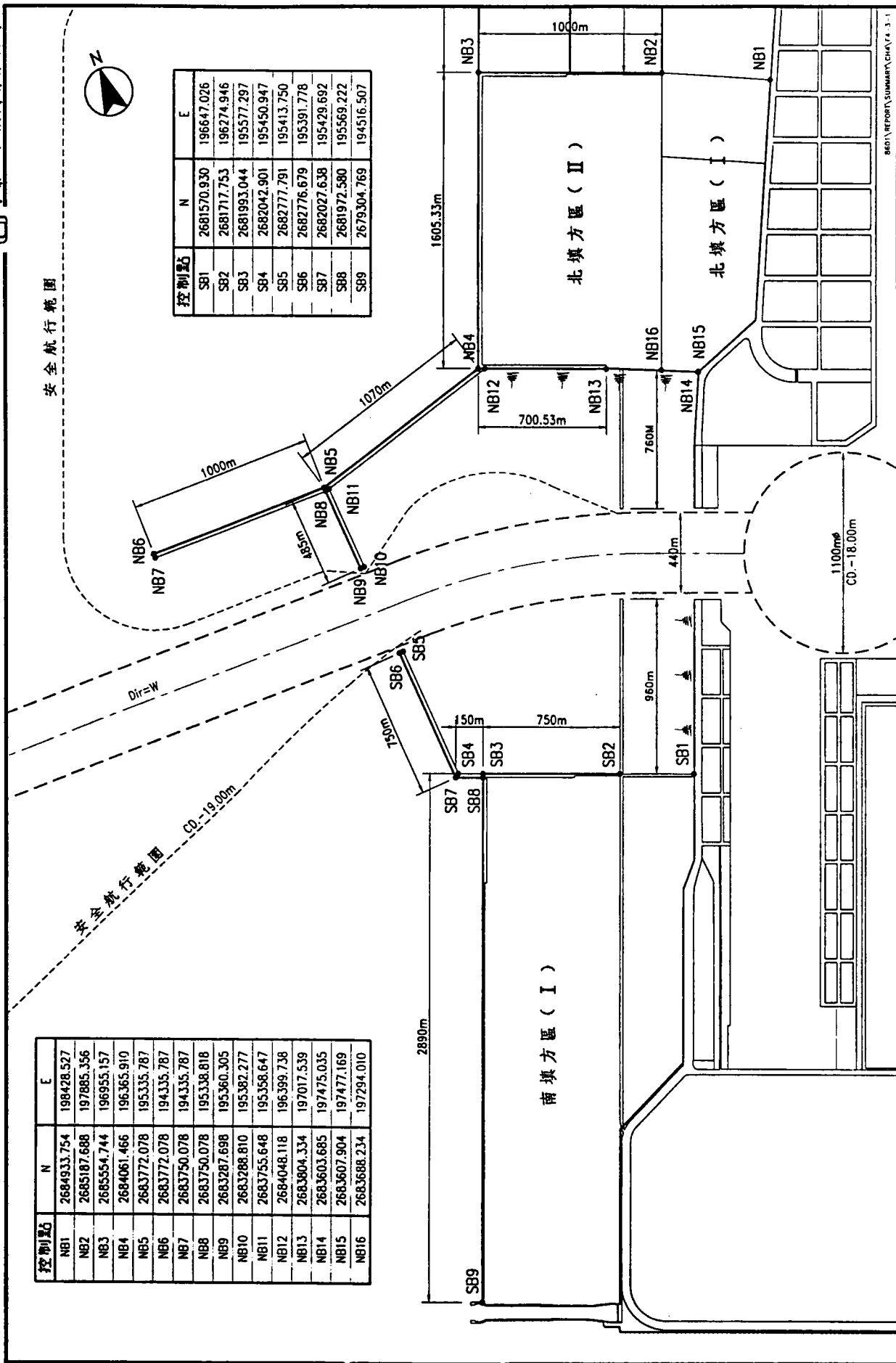


圖 4-3-1 二港口平面佈置圖

(2) 過港隧道工程

台中港務局已於民國 86 年委託顧問公司辦理「台中港西碼頭區對外聯絡設施」可行性研究，及基本設計等工作。目前研定之過港隧道配置計畫，係採穿越二港口航道之路線，隧道結構則採用沉埋管、明挖覆蓋及明挖引道共同構成。初步估計明挖引道段之長度為 500m，明挖覆蓋段之長度為 400m，沉埋管之長度則為 1,500m (125m/節×12 節)。

在構築過港隧道前，必須先拆除現有南海堤；為避免施工期間受波浪及潮流之影響，則必須先於平行現有南海堤約 400m 處構築臨時海堤 2,200m。此外，還須先完成沉埋管之乾塢施工基地。

2. 投資工程費用

(1) 二港口主體工程

依「台中港港池泊渠浚渫及圍堤造地規劃」案估計，二港口主體工程費用約需新台幣 93.0 億元(民國 87 年價位，不含施工期間利息)。主要項目如下：

■ 外廓防波堤工程	新台幣 60.7 億元
■ 水域浚挖工程	新台幣 19.8 億元
■ 導航設施工程	新台幣 0.4 億元
■ 其他(含間接工程成本)	新台幣 12.1 億元
合 計	新台幣 93.0 億元

(2) 過港隧道工程

依「台中港西碼頭區對外聯絡設施」計畫估計，過港隧道所需投資工程費用約需新台幣 92.4 億元(民國 87 年價位，不含施工期間利息)。主要工程項目如下：

■ 隧道結構體	新台幣 21.3 億元
■ 沉埋管製造基地	新台幣 2.2 億元
■ 沉埋管沉放與基礎	新台幣 17.8 億元
■ 陸地隧道明挖段	新台幣 2.3 億元
■ 臨時及假設工程	新台幣 1.2 億元

■ 海堤工程	新台幣 23.2 億元
■ 附屬設備工程	新台幣 13.0 億元
■ 管制中心及通風塔	新台幣 3.0 億元
■ 其他(間接工程成本)	新台幣 8.4 億元
合 計	新台幣 92.4 億元

3.計畫時程

二港口主體工程約需 6~7 年方可能完成，過港隧道所需工期約 4~5 年。且工程動工前必須完成南填方區(I)及北填方區(II)，以解決水域浚挖土方棄填問題。

依前節探討，一港口可能在民國 105 年出現擁擠現象。由於二港口計畫施工時間最少需 6 年，因此民國 100 年前必須開始推動主體工程，方可能在民國 105 年通航。

(二)第一港口二期擴建內容概述

依本計畫後續各章節之研究成果，第一港口進行二期擴建將可使進港船型提高至 12.5 萬噸散貨輪及 4,000TEU 級貨櫃輪。主要工程內容包括：北防波堤延長 480 公尺、南防波堤拆除 93 公尺、南內堤拆除 50 公尺、以及水域靜穩度改善工程與導助航設施等配合工程。總投資經費為新台幣 15.1 億元，預計在民國 88 年 7 月至民國 91 年 12 月間辦理(詳第八章所述)。

四、計畫經濟性檢討

(一)二港口關建效益檢討

1.可量化之效益估算

外廓及水域設施為港埠之基礎建設，將為港埠發展帶來極大效益，惟部份效益無法量化。故本計畫僅估計可量化之效益，以評估二港口計畫投資之經濟效益。

(1) 促進台中港貨櫃運量持續成長

未來台中港貨櫃碼頭將以開放民間投資為原則，主要收入可分為裝卸業務及後線儲轉業務兩部份。根據台中港目前出租#31~#33 號碼頭向業者所收取之碼頭裝卸業務管理費，平均每 TEU 貨櫃將可為台中港增加新台幣 278.9 元；碼頭後線儲轉業務管理費平均每 TEU 貨櫃將可為台中港增加新台幣 93.3 元；碼頭及後線場地每平方公尺土地租金為 80 元，土地改良報酬費每平方公尺之土地租金為 50.7 元。

(2) 節省海運成本

二港口闢建後，最大運輸船舶可提高到 15 萬 DWT 級，如以平均每噸貨物將可節省海運成本約 2.5 美元。估計每年可節省新台幣 15 億元海運成本。

(3) 節省船舶等待成本

二港口闢建後，根據電腦程式模擬顯示(計算條件與一港口模擬相同)，民國 105、110 年之船舶平均等候時間，將分別由僅有一港口時之 9.3、13.7 小時，降低至 1.5 小時左右。各類船舶之等待成本取平均值計，每艘船約可節省新台幣 15,700 元/小時。

2. 投資經濟效益評估

(1) 民國 105 年以後通航

二港口闢建後，如僅就港務局在貨櫃裝卸及後線儲轉業務所可能增加之直接收益進行分析，並假設於民國 105 年工程闢建完成(含過港隧道工程)，則在闢建完成後之 40 年營運期間內，益本比僅為 0.81，內生報酬率為 6.7%。

(2) 民國 110 年以後通航

二港口延至民國 110 年通航，則以前述相同條件，根據台中港整體規劃所預估運量，及二港口闢建後產生之可量化效益進行分析。闢建完成後 40 年營運期間內，益本比將達到 1.3，內生報酬率 8.6%，二港口將較具有投資之價值。

綜合前述效益之檢討，二港口無論在民國 105 年或 110 年通航，就港務局財務計畫而言仍不具投資價值。但如就整體產業環境進行考量。則將所有可量化之直接效益進行估算，則港務局、航商業者可獲致之可量化直接或間接效益，淨現值約為新台幣 266.6 億元，益本比達 4.4，內生報酬率 17.2%。惟在近期上述間接效益亦可借由投資規模較小之一港口二期擴建而達成。

(二) 第一港口第二期工程效益檢討

第一港口如進行第二期擴建工程，則 12.5 萬噸級散貨輪以及 4,000TEU 級貨櫃輪將可由一港口進出。由於船舶大型化後，將可降低進出港之船舶數量，同時一港口可能出現擁擠之時間亦將可延後。預期一港口在民國 110 年以前均不致出現嚴重擁擠情形。亦即在民國 110 年以前，只要進行一港口第二期擴建工程，即可同時達到紓解一港口壅塞以及提供大型船舶進出港之需求。

根據本計畫研究結果顯示，一港口進行二期擴建所需工程費用約 15.1 億元，遠低於二港口闢建工程(含過港隧道)所需費用(185.4 億元)。且一港口二期擴建除能解決船舶大型化，提升操航安全，減低港口擁塞等問題外，其所能帶動之經濟效益約略與二港口闢建相同。主要差異則在於大型船在港內航行時間將增加約 30~60 分鐘，以及港口遇緊急事件時，危機處理之風險將再增加。

由於上述二項工程之投資成本差異太大，如以年利率 8% 計算，每年利息之差額即達 13.6 億元，相當接近一港口二期擴建所需費用。因此就整體之經濟效益而言，一港口二期擴建後，所發揮之投資效益相對將高於第二港口工程，故二港口在民國 110 年以前並無關建需要。

五、計畫需要性綜合檢討

(一) 第二港口與第一港口擴建計畫相關性

綜合前述各節對第二港口闢建工程，與第一港口第二期擴建工程之分析結果，可以發現兩者之功能具有互相替代性，主要重疊部份可歸結如下：

- 第二港口如決定於民國 105 年以前闢建完成，則第一港口第二期擴建工程並無興建必要。蓋因兩項工程功能幾近重疊，且時程相距過短，將造成重複投資。
- 第一港口第二期擴建工程闢建後，將可舒緩台中港對二港口之需求，且可作為台中港運量發展檢測工具。屆時，將可依據一港口擴建成效決定是否闢建第二港口工程。
- 故第二港口工程與一港口擴建工程兩者之執行政序，應是先進行第一港口第二期擴建計畫，再依其實施成果決定第二港口最適闢建時程。如二港口先行闢建，則不需辦理第一港口二期擴建。

(二) 第二港口如期闢建可能性檢討

1. 第二港口闢建前待解決之問題

台中港腹地廣闊，交通便捷，發展潛力雄厚，近年來航商業者紛紛表示在港區設立營運基地之意願，但二港口闢建前，現有一港口僅能供 6 萬噸級以下船舶進出港。若能使用大型船進泊，將有利於降低運輸成本，提高產業競爭力，在經濟規模考量下，對各航商或事業單位而言，進泊大型船舶後將可為其創造相當大之經濟利益。因此，在二港口闢建前，如何在短期內改善港口操航環境，以滿足 6 萬噸級以上船舶進出港，將為台中港亟待解決之問題。

2. 第二港口闢建可能遭遇風險

二港口闢建工程因須先推動過港隧道及北填方區(II)工程，投資規模相當大。根據整體規劃所預測運量，評估港務局在

直接收益與投資經濟性仍嫌不足。且本計畫工期甚長，投資成本龐大，在施工前後及營運上將面臨下列風險：

- 在二港口闢建前，一港口如仍僅能進泊 6 萬噸級以下船型，將相對降低航商業者之投資意願，並影響其投資計畫。因此運量是否能按整體規劃預測之目標發展，將影響二港口闢建之經濟性，甚至有可能形成過度或過早投資現象。
- 在二港口闢建前若未能滿足航商業者進泊 4,000TEU 級貨櫃輪之需求，航商業者擬在台中港投資闢建第三貨櫃基地之商機是否會轉移至其他港口。俟二港口闢建後，該項需求是否會依舊存在。如航商業者不再投資台中港，則闢建二港口之需要性大幅降低。
- 二港口及相關工程施工期間長達十年以上，對台中港營運將造成長期影響。
- 二港口及相關工程規模龐大，對海岸環境可能造成重大衝擊，將來是否能順利通過環境影響評估審查作業，將影響二港口闢建時程。

3.第一港口擴建後對二港口計畫之影響

根據二港口闢建需要性之檢討，基於投資經濟性考量，二港口以民國 110 年通航為宜。而本計畫第一港口進行二期擴建後，同樣可滿足 12.5 萬噸級散貨輪及 4,000TEU 貨櫃輪進出港之需求，亦可延緩一港口出現擁擠之時間。因此，一港口二期擴建實施後，將可能再延緩闢建二港口之需求，二港口闢建之時程則應視未來海運發展狀況，再決定適當動工時機。

(三)第二港口需要性綜合評估

台中港二港口之闢建，因須配合興建過港隧道以及相關工程(含填方區之興建)，所需投入之經費相當龐大，且興建時程亦相當長。在經濟性考量上，雖預期可帶來相當程度之間接效益，但因計畫時程長久，再加上現階段尚無法充份掌握未來運量之發展，過早投資對港務局而言恐無法達成預期效益。故基於投資成本、風險性、以及經濟性之考量，第二港口並不適合在短、中期

內立即推動。經分析其投資經濟性，第二港口應可延緩至民國 110 年以後完成，除可減低投資風險外，也較具投資效益。

根據前述建議二港口通航時間距今二十餘年，但航商業者在近期迫切需要進泊大型船舶。因此，如能利用有限之投資經費，進行一港口第二期擴建計畫，滿足大型船舶進泊需求，同時舒緩一港口擁擠問題，將可獲得與闢建二港口相當之效益。

此外，由於一港口第二期擴建工程規模較小，可在較短期間內完成，相較於二港口工程將更具有時效性，且可以低投資成本而達到帶動運量成長，降低航商業者海運成本效益之雙重目標。就投資風險性而言，利用短期間內投資低成本基礎建設，來檢視台中港運量是否可如計畫成長，相對投資風險較低。同時，可再依未來 10~20 年間海運市場變化，擬定二港口闢建時程。

綜合前述之分析可知，就台中港之長遠發展而言，二港口仍有闢建之需要性。但在短、中期中，基於投資時效、經濟、及風險之考量，二港口應俟一港口擴建改善完成後，再視港區發展之情形，決定二港口最適闢建時機。

(四) 第一港口二期擴建需要性綜合評估

1. 滿足未來來港船舶及運量之需求

依據「台中港整體規劃及未來發展計畫」預測，台中港民國 100 年之裝卸量將達 13,351 萬噸，民國 110 年則將達 16,572 萬噸，超過目前現有碼頭總能量二倍以上。除需增設碼頭以滿足需求外，因進出港船舶數顯著增加，在港口操航環境未完全改善之前，船舶等候進港時間將逐漸加長。此外，在進港船舶大型化趨勢下，港口如不再作適當擴建，將無法因應來港船舶需求，勢必造成港口規模不足限制台中港未來營運發展。

2. 因應台中港貨櫃發展需求

台中港在民國 84~86 三年間，進出口貨櫃運量分別為 45、

69、84 萬 TEU，每年均呈二位數之快速成長。立榮海運承租之 #33 號碼頭即將加入營運，#34、#35 號貨櫃碼頭亦即將完成，可預期在短時間內，台中港貨櫃運量將超越 100 萬 TEU。

依據「台中港整體規劃及未來發展計畫」，台中港定位為中部貨櫃進出港、海運轉運中心輔助港、區域性加工再出口區、兩岸船運主要進出港。台中港在海運地理位置極具發展潛力，預估在民國 110 年貨櫃潛在運量將達 261 萬 TEU 之規模。如果台中港之港口、航道仍維持現狀，貨櫃發展將侷限於地區近洋航線集貨船彎靠港口，因缺乏轉運市場，貨櫃運量達到 100 萬 TEU 以後，已難再出現突破性成長。嚴重影響航商繼續投資第三貨櫃中心 #36～#42 號碼頭之意願。

台中港在既有運量基礎下，各航商基於擴大經濟規模，減低海運成本之考量，期望台中港提供大型貨櫃船進泊，以開闢遠洋航線。本計畫在完成港口第二期擴建後，將可滿足 4,000TEU 以下貨櫃船安全進港需求，可使台中港具備提供航商投資貨櫃轉運中心之條件，對未來貨櫃營運發展帶來極大助益。

3. 降低大宗散貨海運成本

工業專業區內投資設廠之台電公司及桂裕鋼鐵公司，每年需進口之大宗散貨運量合計已達 2,000 萬公噸以上。另計畫利用航道浚深拓寬所產生土方填築之南填方區(I)，目前已有多家民間業者表達投資大型臨港工業之意願。惟礙於港口寬度不足，以及航道水深限制，各投資設廠之公民營事業單位目前僅能以巴拿馬極限輪載運所需原料。

若將來港口第二期擴建完成後，依本計畫之研究，預計將可提供 12.5 萬 DWT 級散貨輪採限水呎或候潮方式進港，每公噸貨物海運費用可較採巴拿馬極限型散貨輪節省美金 2.5 元左右，每年將可節省海運成本在新台幣 15 億元以上，對國家整體經濟發展助益極大。同時，更可吸引民間業者利用台中港投資設廠，帶動中部地區經濟繁榮與發展。

4. 提昇冬季季風期船舶進出港安全

台中港位於台灣海峽中部，受颱風之影響較小，全年可營運日數較基、高二港為多。惟在冬季強烈東北季風過境時，短期間港口附近海域風力及海流十分強勁，對船舶進出港操航安全造成影響。

就一般散雜貨船而言，如遇天候惡劣情況，稍等候海況平靜時進港，並不致造成營運嚴重影響。但台中港如欲吸引航商業者開闢第三貨櫃基地，供遠洋定期航線之貨櫃班輪進泊，船舶進港作業之準點率將十分重要。

本計畫完成後，將改善船舶進出港操航之安全性，預期在十分鐘平均風速 20m/s 以下時，仍可提供大型貨櫃船安全進泊。可將船舶無法進港之時間降至最低，達到全天候均可供船舶進出港之目標。

第五章 船舶操航安全輔助措施 改善成效檢討

第五章 船舶操航安全輔助措施

改善成效檢討

影響船舶進出港操航安全之因素除港口、航道基本設施條件之外，領港經驗、拖船作業配合及導助航設施等皆有相互影響。由於港口擴建所需投資經費龐大，且對海岸地形穩定及港域水域靜穩可能產生負面影響。故本計畫應先評估各項船舶操航安全輔助措施可能成效，如各項改善措施仍無法達到計畫目標時，再研擬港口擴建計畫。茲將各項改善措施成效檢討如下：

壹、領港登輪作業可能改善措施

為確保船舶進出港安全，先決條件必須領港可安全登輪，以引領船舶進港。依台中港進出港指南，夏季時船舶應駛近南防波堤燈塔西南西方約1.0浬處接引領港登輪；冬季時，則要求船舶駛近南防波堤燈塔西南西方約0.5浬處接引領港。

在海況平靜時，一般中、小型船舶之船長將船舶駛至登輪區接引領港並無困難。但就大型船舶而言，愈接近港口防波堤或近岸淺水區潛伏危險性愈高，因此當海況惡劣時，進港船舶船長不敢貿然將船舶駛至登輪區，使得領港登輪仍存相當困難度。

領港登輪主要受到海域風、浪等條件影響，惟各領港及領港艇船員忍受能力不同，如何克服風、浪影響並鼓勵作業人員工作熱忱及勇氣，將為港務局後續努力之重點。茲將各可能改善措施檢討如下：

一、減輕風力對領港登輪影響

(一) 主要作業困難

風力對領港登輪之影響，主要在領港攀爬繩梯途中，

如受到強風吹襲產生擺動，可能導致領港落海。領港所能承受風力大小視船舷高度與風向角度而定。有關領港登輪可承受最大之風力因人而異，但通常風力到達 8 級，已接近所能忍受極限。

目前領港多依氣象局梧棲測站六級風力以下始出海作業，由於該測站位置較靠近內陸，海面實際風力較陸域為高。同時，進港船舶略為頂風行駛，受到船速與風速相對作用，領港攀爬繩梯時將遭遇 7~8 級以上強風，仍存有極大危險性。

(二) 可能改善措施

在開闊海域並無法藉助設置防波堤或擋風設施以消減風力。實務上唯有船長調整船舶航向，在船體下風側形成遮蔽區域接引領港。惟船舶行駛至登輪地點時，距港口僅約 0.5~1.0 哩，此時已無足夠迴旋空間讓船長調整船向，構成遮風區域接引領港登輪。

就大型船舶而言，領港在防波堤遮蔽區以外之備便區(離岸約 2.0 哩處)登輪，船舶方有較寬闊迴旋空間，以利船長調整船向擋風，便利領港登輪。但領港船擬駛至備便區登輪，必須先克服外海波浪顛簸之困難。

二、減輕波浪對領港登輪影響

(一) 主要作業困難

海面波浪起伏將造成領港船與大船間產生相對運動，如領港攀上爬梯後，領港船不能立刻移開，下一波波浪將可能發生領港船夾傷領港之事件。領港登輪所能承受波浪條件限制，將視船長製造遮蔽水域(making a lee)之技巧、以及領港船操縱性能，領港個人膽識而定。

依國外領港登輪作業經驗，在波高 1.0m 以下領港登輪應無問題。當浪高大於 1.5m 以上時，領港登輪將十分困難。如大船船長操航技術良好，可配合調整船艏向利用船體遮蔽波浪，通常外海 3~4m 浪高時，船體遮蔽區浪高將可能降低至 1m 左右。如船長配合度良好，惡劣天候時領港在外海登輪技術上仍有可能。

台中港完成北防波堤延長 850m 一期擴建工程，以後，在距離南防波堤西南西方約 0.5 哩以內海域，已可形成浪流靜穩之遮蔽水域，如進港船舶駛進遮蔽區，對領港登輪安全性助益極大。

惟大型船舶駛近港口危險性較高，除非船長熟悉港口海況特性，否則大多不敢冒然將船舶駛近登輪區。同時，在登輪位置之近岸水域，船長亦無可能調整船向製造船體遮蔽區。故一期港口擴建北外防波堤延伸，已改善了大部份中、小型船舶領港登輪困難。但對大型船舶而言，領港仍需冒惡劣風浪前往外海登輪作業。

(二)可能改善措施

為改善領港登輪困難，可能之改善措施有以下兩項：

1. 延長北防波堤

延長北外防波堤可擴大遮蔽區範圍，使登輪區的波浪遮蔽效果提昇，減輕波浪對領港登輪的影響，但防波堤投資工程費用昂貴，且防波堤突出海岸愈長，將愈影響海岸漂沙平衡。

2. 改善領港登輪交通工具

改善領港登輪交通工具之措施，除提供性能良好之領

港船以外，尚可考慮利用拖船或直升機載送領港，有關此配合措施改善成效評估另詳下節說明。

三、領港船性能及船員出海意願

(一) 主要作業困難

台中港過去領港船為港務局自營，船員與領港之配合度並不理想。領港船船員經常畏於外海風浪而不願出海。為此，港務局已於民國 83 年 2 月將領港船業務開放民營，船員出海意願低落問題，已獲得徹底改善。惟受限於領港船原始設計能力，海上風浪大於八級時，領港船與相關作業人員安全仍有顧忌。將來尚待改善之處，為如何加強領港船操控性能，以確保領港登輪安全。

(二) 可能採行改善措施

台中港如為提高計畫船舶進港天候限制條件，而開放拖船至外海協助大型船舶進港，則可考慮利用拖船載送領港。拖船噸級大，船舷高，航行穩定性較領港船為佳。目前台灣各工業專用港皆以拖船替代領港船，以降低波浪對領港登輪之影響。但由於拖船航行速度較為緩慢，並不適合取代國際商港之領港船業務。將來唯有大型船舶在風浪惡劣，需要拖船至外海協助進港時，方適合順便載送領港登輪。

將來進出港船舶數頻繁後，利用直升機載送領港亦可能為有效改善措施之一。此方式在國外已實施多年，除可縮短領港交通時間，同時也無需再冒波浪顛簸之危險。

四、領港出海作業意願

台中港現有領港共十三名，個個鬥志高昂，與航商之配合

度高。依目前領港作業規定，領港於夜間或遇風浪條件惡劣等特殊狀況時可拒絕出港，實務上僅能依據領港個人經驗及綜合海、氣象條件研判之。如排除個人因素，領港無法出港主要原因為風浪條件惡劣，為提高領港出海意願，最根本措施應為提高登輪作業安全及降低船舶操航安全疑慮。

(一) 提高領港登輪安全

為提高領港登輪的安全，港務局已作諸多努力並已獲良好成效。將來可能再進一步之措施如下：

1. 擴大港口前緣遮蔽區範圍

如延建北防波堤擴大遮蔽區範圍，附帶可提供更大型船舶駛進遮蔽區範圍，佔本港進出港船數極大比例之中、小型船舶，領港登輪問題將可獲得極大之改善。

2. 風浪惡劣時，實施拖船出海載送領港

將來如拖船出海協助大型船舶進港，利用拖船載送領港，將可解決外海接送領港困難。同時，在寬闊海域中，船長亦較可能配合製造船體遮蔽水域，協助領港登輪。

3. 建立即時海氣象資訊系統

台中港冬季海況瞬息萬變，未來如建立海氣象資料蒐集回報系統，即時提供領港充份海氣象資訊，將可降低風、浪對領港登輪及船舶操航安全之影響程度。

4. 建立完善引水管理體系

台灣地區為實施強制引水制度，領港獨立執行職務。如領港與航商配合不良，將嚴重影響港埠營運。由於領港工作需與大自然搏鬥，如何激勵領港服務熱忱，涉及整體引水制度建立，非本計畫探討內容。惟近年來交通部積極研究制度變革，預期未來將可獲得良好成效。

(二)降低船舶進港安全疑慮

1.提升拖船作業效率

在海況條件惡劣之港口，利用拖船協助船舶進港為有效之措施。台中港目前尚未實施拖船出港引船作業，故領港需獨自帶領大型船舶進港而未能獲得拖船適時之協助。故將來應積極研究拖船出港作業之可行性，以提昇船舶進港操航安全。

2.港口航道段設置減風設施

本港航道方向與強烈東北季風方向垂直，船舶進出港航行通過狹窄航道，受橫風作用操航十分困難。如在航道上風側設置減風設施，將可提高船舶操航安全性。

目前港務局計畫在內堤口北側進行「台中港漂飛沙第二期整治計畫」，擬以抽沙填地方式，先行整治 39.3 公頃新生地。將來可在該區加強栽植防風林，或設置擋風牆設施，將可達到降低風速之效果。

3.改善導助航設施

港務局為因應進出港船隻日益繁忙，目前已著手推動「台中港船舶交通管制系統」計畫，將所有船舶動態配合雷達及電腦管理，將可減少船舶海事事件發生，以提高船舶進出港安全。

貳、拖船作業可能改善措施

台中港冬季海況環境惡劣，如僅靠延長防波堤或拓寬港口航道，提昇船舶進出港安全，所需投資工程費用昂貴，港口航道寬度增加後，將影響港內水域靜穩度。未來如可藉由拖船之協助，應可減少港口擴建規模。

故本節中謹先說明拖船之種類及特性，以及適合外海作業拖船所需具備性能，而後再探討實施拖船外海帶纜作業之可行性，以及可能獲致之改善成效。

一、拖船種類及特性

拖船種類繁多，如依航行區域可分為遠洋拖船、沿岸用拖船、港內用拖船及河川用拖船四種；如以使用目的分類又可分為救難用拖船、曳航用拖船、操船用拖船等類。

目前廣為各國國際港埠所使用之拖船，如以作業型態區分，則可分為推頂式拖船(pusher tug)及拖拉式拖船(tractor tug)兩大類，茲將各型拖船性能及特性說明如下：

(一) 推頂式拖船(Pusher)

推頂式拖船主要應用於船舶進入港內以後，當船速降低至 4 節以下時，拖船施以推頂協助，以導正船舶航行方向。而後再帶上船纜，拖拉船舶靠離碼頭。

本拖船特點為推進器置於船艏，纜機置於船艙，拖鉤置於船中，以實施船艙推頂作業為主。在台灣各國國際商港拖船多採用此型。此型拖船作用力方向多以平行船縱向為主，為期發揮最大拖曳力，船舶推進器多設於船艏。但相對後退及側向作用力較差。

大部份推頂式拖船多以採用 Z-driver 較為普遍。圖 5-2-1(a)為此型拖船示意圖。

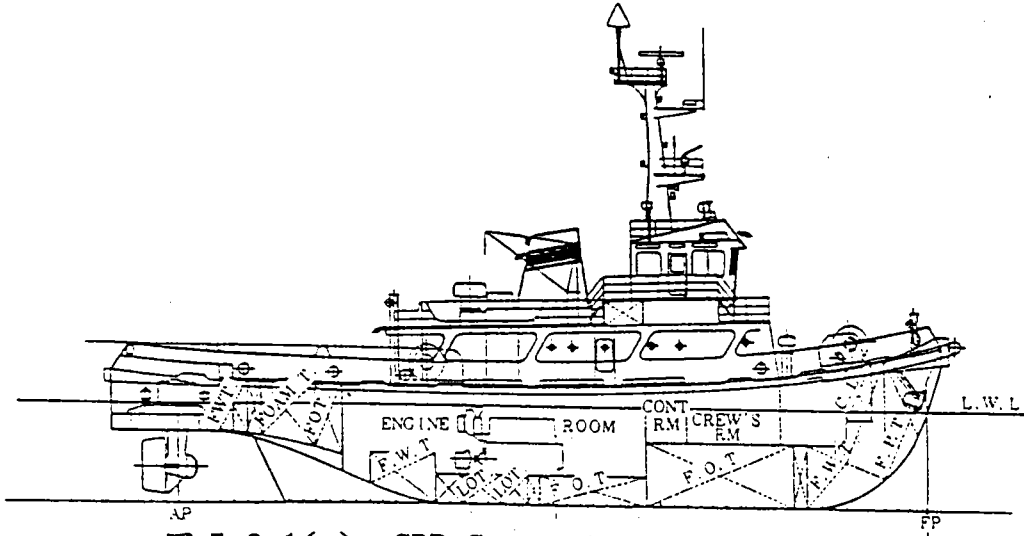


圖 5-2-1(a) SRP Stern drive 拖船示意圖

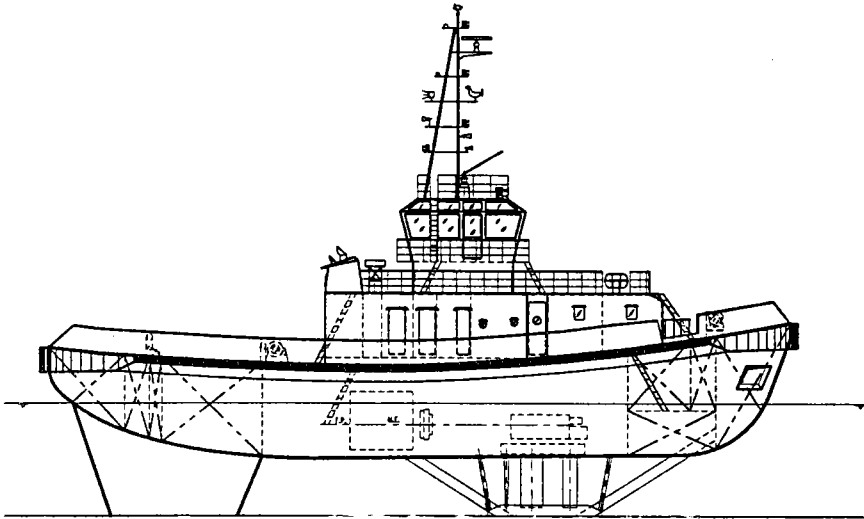


圖 5-2-1(b) V.S.P tractor tug 拖船示意圖

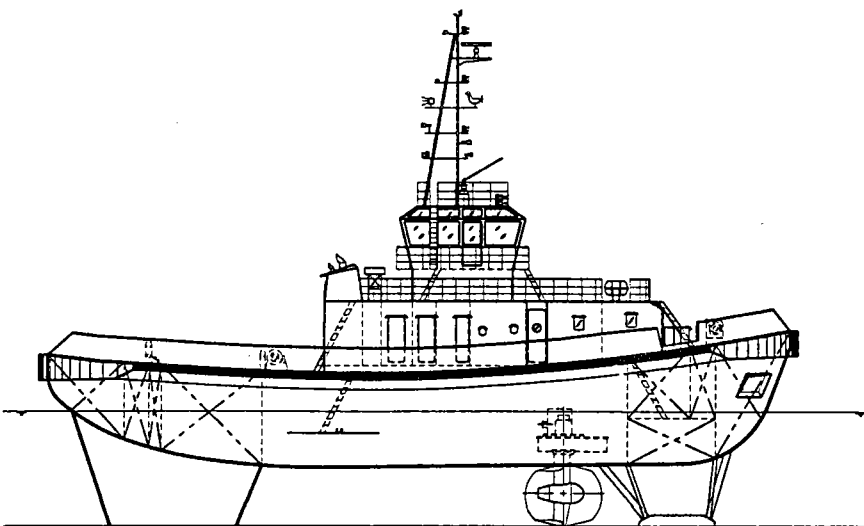


圖 5-2-1(c) S.R.P tractor tug 拖船示意圖

(二) 拖拉式拖船(Tractor)

拖拉式拖船最早為 1955 年由德國 Voith Schneider 所發展之拖船型式，此型拖船簡稱為 V.S.P. tractor tug，其特點為將推進器置於船肚下，靠船艏之三分之一位置，纜機與拖鉤置於船艉，以船艉拖拉作業。過去較普遍採用 V.S.P. 推進器，圖 5-2-1(b)為此型拖船構造示意圖。

至 1980 年始有船廠將 Z-driver 置於拖船船底，以替代 V.S.P. 拖船之功能，此型拖船簡稱為 S.R.P. tractor tug，圖 5-2-1(c)為此型拖船構造示意圖。

近年船舶大型化以後，大型船舶漸無法藉由自有動力進出狹窄港口或航道水域，而必須藉助拖船協助航行。協助大型船舶安全航行之拖船稱為護衛拖船(escort tug)。由於船舶在進港航行過程，航速至少在 6~8 節左右，甚至為抵抗強風強流，必須維持 10 節以上之航速。因此，原有推頂式拖船將無法發揮作用，而必須使用拖拉式拖船，以期進港船舶在高速航行時，仍可提供必要之拖船協助。

1989 年 Exxon Valdez 號油輪在美國阿拉斯加觸礁沉沒後，1990 年美國石油污染防制法(US Oil Pollution Act of 1990)強制要求油輪必須使用雙層船殼，以及在危險海域必須使用‘護衛拖船’，提供大船緊急舵效(steering)及煞車(braking)能力。

目前國內 V.S.P. tractor 使用實績已有中油公司於永安四艘，深澳兩艘；台塑麥寮四艘；海軍特種船四艘；另台泥和平港訂造三艘；以及台電公司在台中港購置兩艘 S.R.P. tractor，目前交由台航營運。

二、台中港現有拖船概況

台中港拖船業務為自營，台電公司購置之拖船則委託台航公司所經營，專供支援煤輪進出使用。本港現有拖船共十艘，其中3,200Hp拖船三艘，2,400Hp拖船五艘，1,600Hp拖船二艘。各艘拖船諸元及性能詳表5-2-1所示。

各型拖船中，Z-type拖船所使用360° 舵效推進器多置於船艏，屬推頂式拖船(pushers)之一種，僅適於港內推頂作業，以協助船舶靠離碼頭。表中所註明適合外海作業，主要指外海之適航性，並不適實施外海帶纜拖航任務。

中 411 號及中 412 號 Tractor-type 拖船，為將 Z-driver 置於船底，屬 S.R.P.拖船之一種。其性能除具有協助船舶靠離碼頭之外，在設計上仍可作為護衛拖船使用。惟目前尚未有航商或領港要求拖船出外海帶船作業之申請。

表 5-2-1 台中港現有拖船性能一覽表

船名	型式	登計尺寸(m)			吃水 (m)	主機馬力	拖力	備註
		長	寬	深				
中 409	Z-type	26.2	8.02	2.65	2.6	2×800HP	20T	
中 410	Z-type	26.0	8.02	2.61	2.57	2×800HP	20.4T	
中 404	Z-type	29.1	8.82	2.57	2.20	2×1200HP	34.0T	適外海作業
中 405	Z-type	28.2	8.82	2.82	2.70	2×1200HP	36.0T	適外海作業
中 406	Z-type	28.0	8.82	2.58	2.54	2×1200HP	33.0T	適外海作業
中 411	S.R.P.	32.6	11.0	4.20	5.30	2×1700HP	42.5T	適外海作業
中 412	S.R.P.	33.1	11.0	4.20	5.21	2×1700HP	40.5T	適外海作業
中 413	Z-type	25.7	9.40	4.40	3.40	2×1200HP	35.0T	適外海作業
中 414	Z-type	30.5	9.60	4.40	3.80	2×1700HP	40.0T	適外海作業
中 415	Z-type	30.5	9.60	4.40	3.80	2×1200HP	35.0T	適外海作業

三、護衛拖船性能需求

本計畫如擬實施拖船外海帶纜作業，以護衛拖船協助大船進港操航，將可減小港口擴建規模。本節茲以計畫進港之4,000TEU貨櫃輪及12.5萬DWT散貨輪為例，檢討實施拖船帶纜進港作業時，所需拖船性能及艘數：

(一) 計畫船舶受風力計算

船舶進出港航行主要受到風力及海流作用力量，實務上船速與橫流流速比必須大於4：1以上，以期船艏向與航向偏角不大於15°，船舶方可穩定航行。

台中港在北防波堤延長後，將使得船舶受到強烈橫流作用之影響已獲得良好改善。而風力對操船影響，則必須利用拖船協助，以抵抗此外力。船舶所受風力大小將依各型船之受風面積及風向而定。未來本港各型計畫船舶所可能受到之風力估計如下：

1. 第四代貨櫃輪

本計畫船舶如以4,000TEU級貨櫃輪為例，滿載時受風面積約6,800m²，主要受風力可依下式計算：

$$W_R = \rho / 2 \times V^2 \times A_w \times C_w$$

式中：W_R＝風阻力(kg)

$$\rho / 2 = 0.0625$$

V＝風速(m/s)

A_w＝受風截面積(m²)

C_w＝風力係數，取1.2

依上述公式計算，第四代貨櫃輪在不同風速時船舶所受風力如圖5-2-2中之右圖所示。由圖中得知當風速在15m/s時，船舶所受到之風力約115T；當風速在20m/s時，船舶所受到之風力將可能達到200T左右。

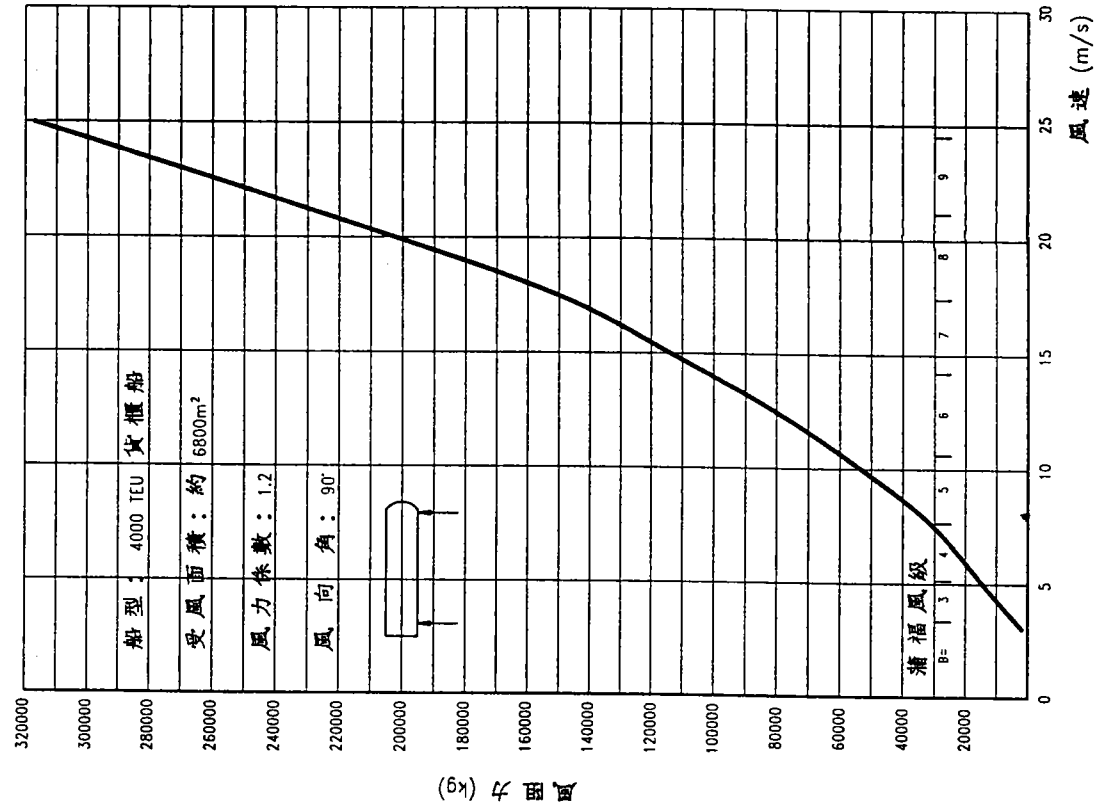
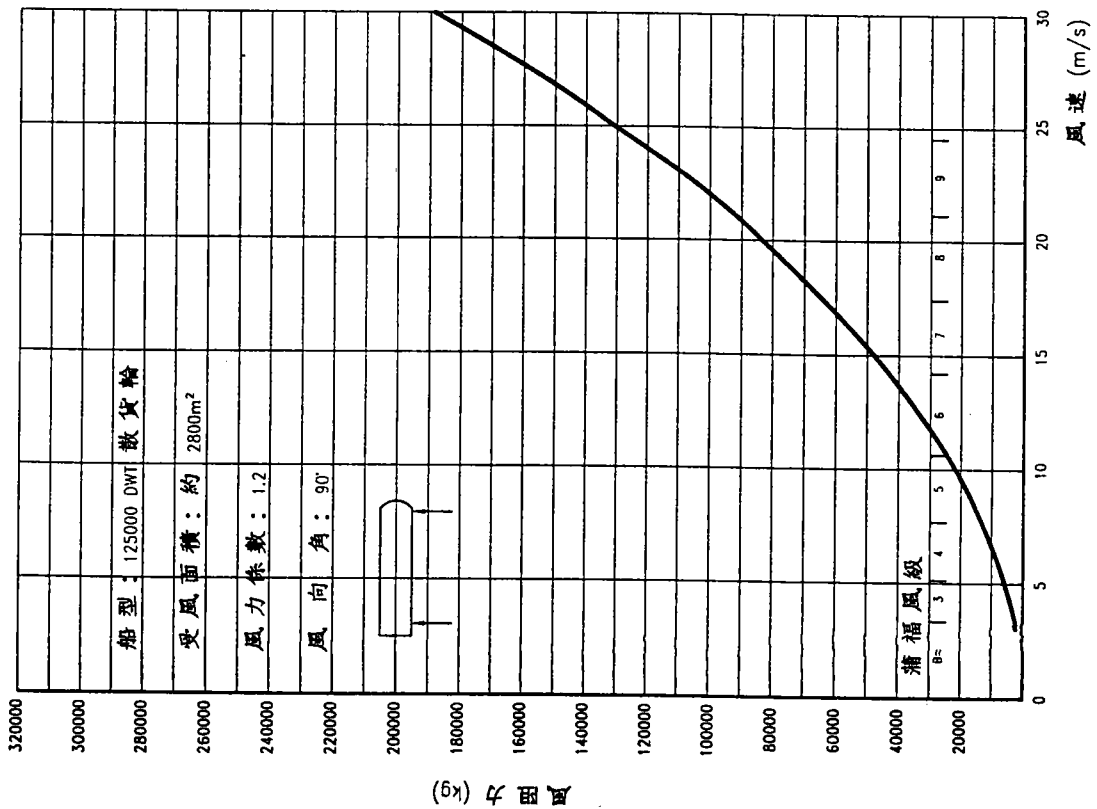


圖 5-2-2 計畫船舶不同風速所受風力

2.12.5 萬 DWT 級煤輪

本型船舶滿載時所受風面積約 $2,800 \text{ m}^2$ ，依上述公式計算，在不同風速時船舶所受風力如圖 5-2-2 中之左圖所示。本圖船舶風力係數同樣採 1.2 計算，當風速在 15m/s 時，船舶所受到之風力約 47.5T ；當風速在 20m/s 時，船舶所受到之風力約 82.5T 。

(二) 衝止距離計算

船舶所需衝止距離將視初始航速及船舶噸位而定。船舶噸位及初始航速愈大，所需衝止距離亦較長。

船舶如在船艏配置一艘 35T 拖曳力(bollard pull)拖船，各型船舶在不同船速所需衝止距離如圖 5-2-3。計畫船舶如以 8 節航速進港， $4,000\text{TEU}$ 級貨櫃船所需衝止距離將為 $1,600\text{m}$ ($5,300\text{ft}$)； 12.5 萬 DWT 級煤輪需 $2,590\text{m}$ ($8,500\text{ft}$)。

本港船舶在通過主航道時，仍將受到強烈橫風之影響，進港船舶必須維持適當航速通過內堤口，方可穩定航向。依領港操船經驗，通過內堤口航速必須維持在 5 節左右，縱使有拖船協助下，船舶仍無法停止於迴船池中間。此際，必須調整舵角，或在拖船協助下修正調整船向，使進港船舶直接進入內港主航道水域。

(三) 拖船數量及性能需求

1. 拖船作業方式

拖船出力方式基本上可分為直接拖曳(direct towing)與間接拖曳(indirect towing)兩種方式，其定義如圖 5-2-4 所示。茲將各種出力方式適用條件及環境說明如下：

(1) 直接拖曳

所謂直接拖曳即拖船為「平行」拖船艏艉軸向拖拉施力，以達到牽引大船之目的。此作業方式如航速大於 5 節，大船對拖船將造成逆向水流(negative flow)，而於

DISTANCE TO STOP VARIOUS VESSELS AT VARIOUS SPEEDS 35 TON BOLLARD PULL

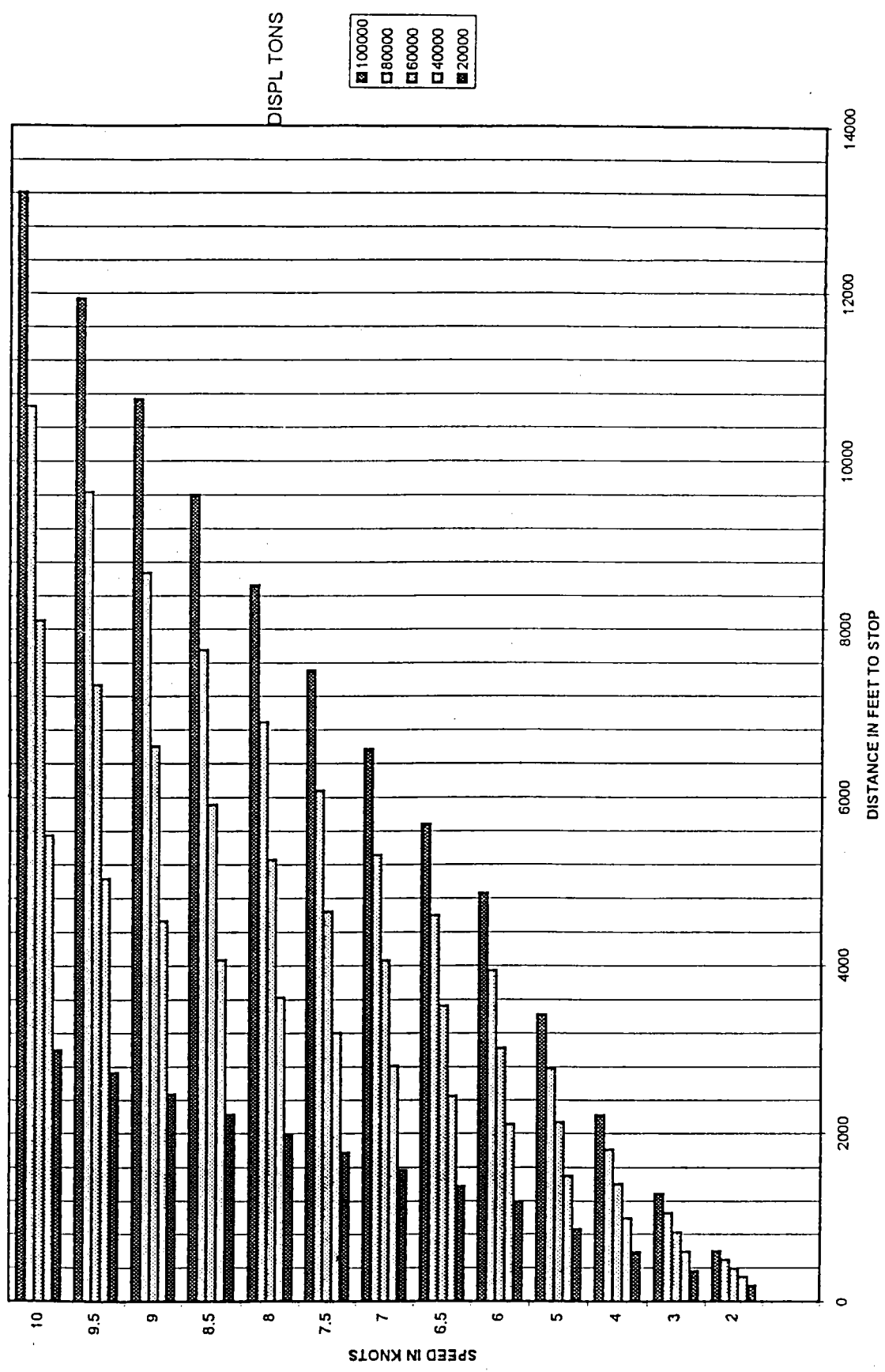


圖 5-2-3 配置一艘 35T 拖船時各型船舶在不同船速所需停止距離

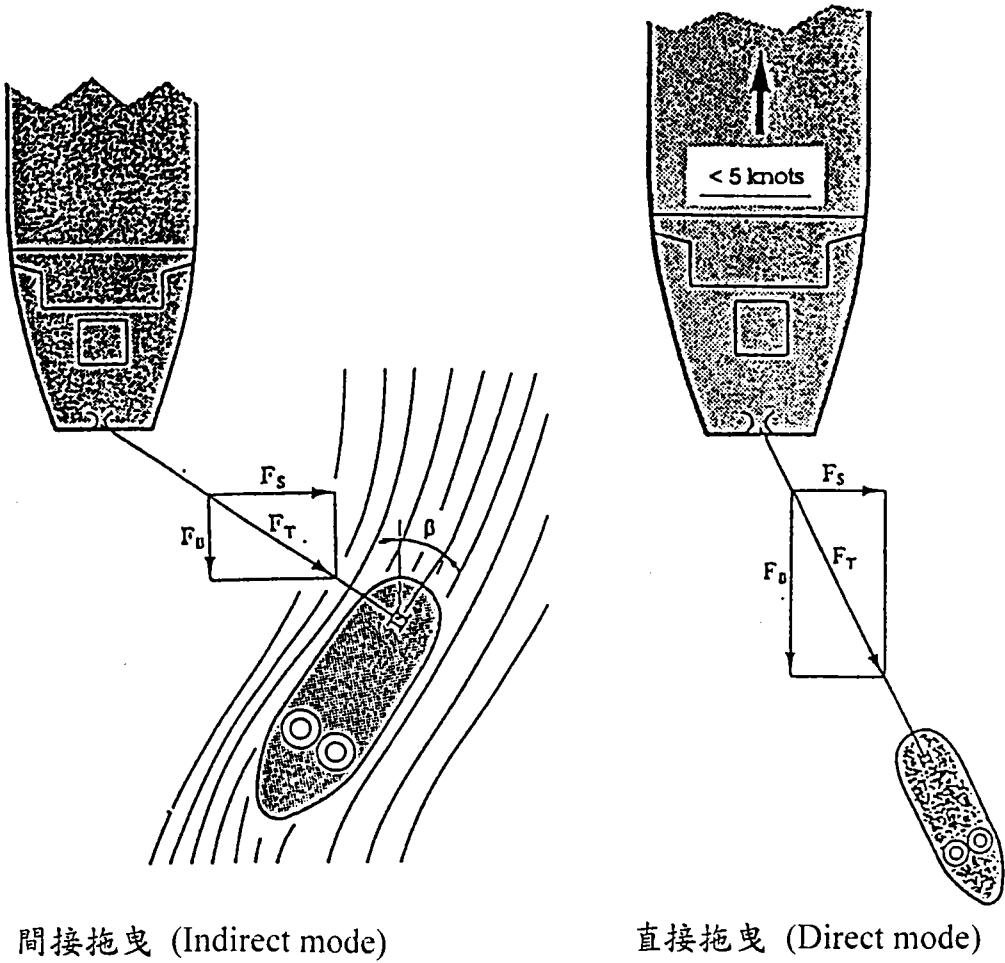


圖 5-2-4 拖船出力方式示意圖

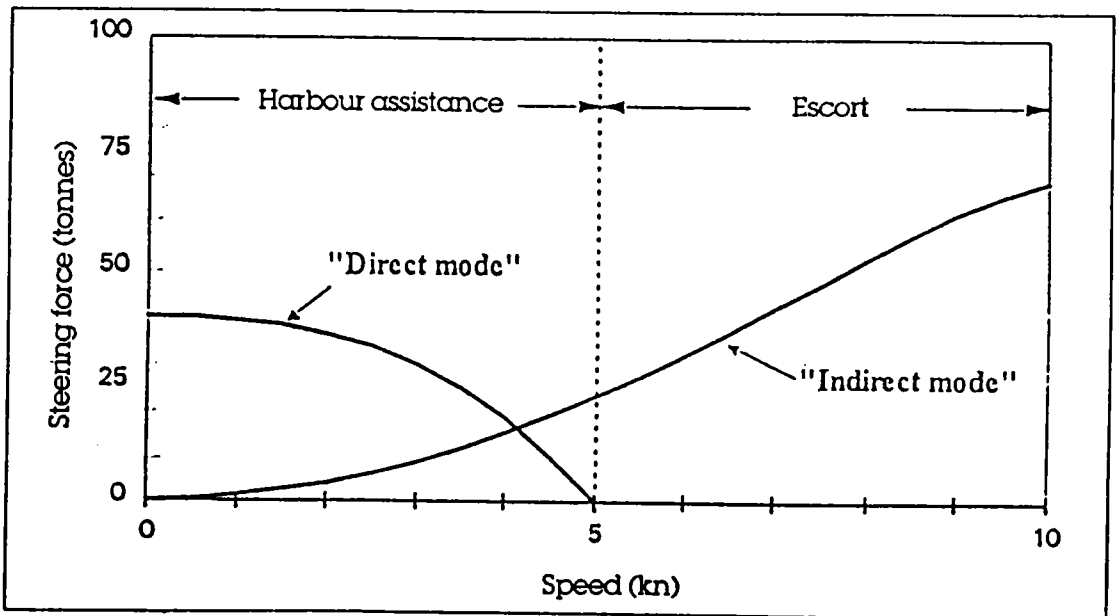


圖 5-2-5 拖船在不同航速時直、間接拖曳出式之拖曳力

艀部產生真空(Cavitation)情形，使得拖船之拖拉力相互抵消，甚至造成拖船失控狀態。

圖 5-2-4 示一艘 40T 拖力拖船在不同船速時，直接拖曳所可能產生之舵效，如船舶為靜止狀態，最大拖力約等於其拖曳力，故直接拖曳方式主要應用於船速 3 節以下，協助船舶靠離碼頭作業。

(2) 間接拖曳

間接拖曳為拖船施力方向為垂直拖船軸向施力，在此際拖船在大船側邊橫向前行，以避開大船尾部逆向水流。由於拖船船體為橫行狀態，相對產生強大流體阻力，類似在大船艀部拋放一減速障礙物，以產生強大拖拉曳力，此作用力稱為動態橫向力。

圖 5-2-5 示拖船在不同航速實施間接拖曳時所產生之拖曳力，航速愈快，相對所產生之拖曳力愈大。以 40T 拖力拖船為例，在航速 10 節時，將可產生近 70 ~ 90T 舵效之拖曳力。

2. 拖船數量需求

(1) 貨櫃船拖船需求

本計畫如期望在風力 20m/s 時，4,000TEU 貨櫃船在無動力狀態利用拖船協助進港，則拖船之總拖曳力必須達到 200T 以上，方可能抵抗強烈橫風之作用力。

惟貨櫃船船舶自有動力較大，實際拖船需求仍須領港依當地海況條件決定。而實務經驗，如為協助船隻進港，於船艀配置一艘 50T 拖曳力之拖船兩艘，以增加船舶舵效應已足夠。

(2) 散貨輪拖船需求

大型散貨輪拖船配置需求方面，圖 5-2-6 示拖船艘數及拖曳力研選之經驗公式圖，在船舶無動力狀態，為抵抗 20m/s 之風速，總拖曳力(total bollard pull)約需 140T。但為協助船舶進港航行，船艀可帶一艘拖拉式拖船，將有助於船舶穩定進港航向。

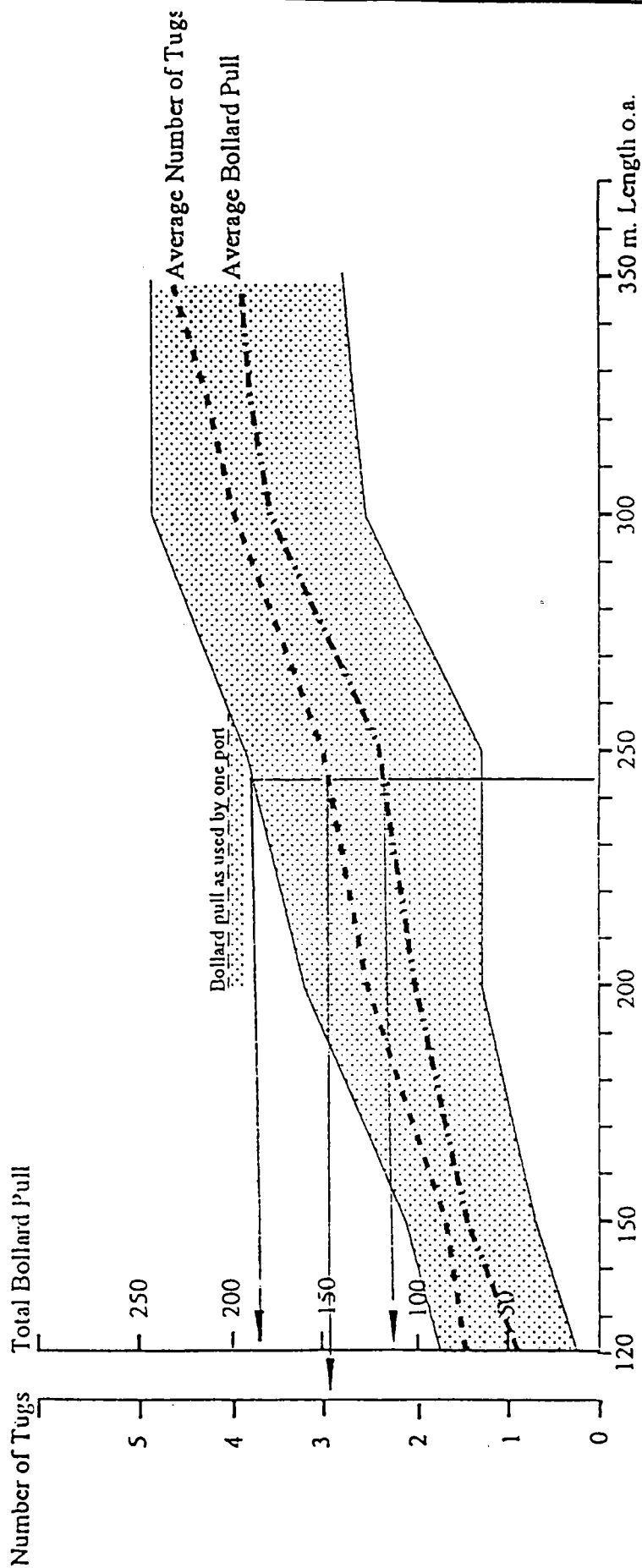


圖 5-2-6 拖船配置艘數及拖曳力經驗公式圖

3. 拖船性能需求

護衛拖船(escort tug)最主要功能為提供大船必要之舵效拖曳力(steering pull)，以及縮短船舶衝止距離。故作業時必須出港至外海完成帶纜後，再協助大船進港。依台中港海象條件，如使用護衛拖船至外海帶纜協助大船進港，必須具備以下條件：

- 拖船必須適合外海作業，同時在風速 20m/s 以下，海面波高在 3~4m，仍可實施拖帶纜作業。
- 必須採用拖拉拖船，在航速 5~10 節仍可實施拖拉作業，拖船必須選用 360° 旋轉直立式推進器(Voith Schneider)，或 360° 旋轉可變角度螺槳式推進器度(Azimuth, Z-driver or S.R.P)。
- 在惡劣天候必須將領港安全送上大船，故拖船必須兼具載送領港任務。
- 帶纜作業必須使用拖船專用拖纜，以確保船纜足夠強度。船纜單位重不宜過大，必須適合拖船船員操作。
- 船艙甲板不宜過低，以適應外海惡劣天候作業。

四、實施拖船外海護衛作業可行性

(一) 拖船公司投資高性能拖船意願

一般需要使用護衛拖船之港口，主要為以卸運大宗散貨之工業專用港。由於每日進出港船數有限，為降低港埠設施投資成本，多購置護衛拖船以彌補港口設施條件之不足。

由於工業專用港之運輸船舶、領港、拖船以及港埠設施為單一事業經營體所投資或聘雇，在經營管理與指揮調度方面可合為一體，各作業單位皆可密切合作，同心協助船舶進出港操航作業。

而國際商港主要服務對象為非特定航商或事業單位之公共事業經營體，每日往來船隻頻繁，抵港船舶種類繁多，故港口設施條件必須完善，故各國際商港拖船多僅以服務船

舶靠離碼頭為主，較少提供拖船至外海協助船舶進港。

台灣各國際商港，港務局、領港、領港船、拖船、船東分屬不同經營個體，如何整合各單位充份協調合作，將較工業專用港更為困難，並非港務局所能掌握。

惟本港如開放 12.5 萬 DWT 級煤輪進港，最大受益單位為需進口大量原料之台電與桂裕公司。故建議初期應要求可能使用大型船舶運輸之事業單位，必須配備護衛拖船出外海協助，方同意大型船舶進港。在本港投資各事業單位為節省海運成本，較有可能利用護衛拖船協助大型船舶進港。

(二) 拖船船員實施外海帶纜意願

將來如實施拖船出港作業，拖船船員之工作環境將較港內作業更為惡劣，如無法提供相對福利與報酬，將可能影響拖船船員冒風浪危險出港作業之意願。

在目前台中港拖船仍實施公營，改善拖船船員福利制度仍有許多行政作業困難。將來唯有在拖船業務民營化以後，方有可能實施拖船出港實施護衛航行作業。

(三) 航商接受拖船外海帶纜意願

拖船出港作業相對將增加拖船使用時間，航商或貨主將增加拖船費用之支出。就大宗散貨運輸輪而言，由於往來船次不多，且貨主多為在本港投資設廠之事業單位，為節省海運成本，接受之可行性較高。

就經營貨櫃運輸之航運公司而言，往來班輪十分頻繁，所增加拖船作業費用將成為航商考量選擇本港作為貨櫃轉運基地港之重要負面評估因素之一。故本港如擬爭取大型航商選擇利用本港興建貨櫃轉運中心，將來必須研究提供貨櫃航商適當優惠之可行性。

參、導助航可能改善措施

台中港目前正進行VTMS系統規劃設計工作，但系統本身主要集中在船舶動態監視系統(包括雷達及CCTV)，功能尚不足以提昇進港船操航安全。將來可能改善之措施及成效檢討如下。

一、港口即時氣海象資訊傳遞系統

即時氣海象資訊傳遞系統必須先設置完整之氣海象觀測網，透過連線網路匯至船舶交通管理系统之資料處理系統中，再以定時及臨時播放方式提供抵港及進港船隻最新之氣海象資訊，以期進港船舶掌握氣海象環境的變化。

二、設置衛星定位系統

大型船舶多已裝有衛星定位系統作為輔航設備，將來可配合地面通訊站(Reference Station)而取得高精度船位資料。船舶管制單位(信號台或VTMS控制塔台)亦可主動掌控進港船之位置及船向，並提供進港船或領港船必要之協助或警示。

未來如VTMS系統裝設雷達監控系統，亦可由控制台主動告知或警示中小型進港船相關訊息，雖其定位能力較DGPS系統低，其精度已足可協助中小型船隻提昇進港操航安全性。

三、主動管理及警示船隻操航安全系統

本項功能為船舶交通管理系统之基本功能，透過陸上領港、雷達系統、CCTV監視系統及(或)DGPS系統，港口管制單位將可隨時掌控外海及進港船舶動態，對於未按規定航線操航之船隻，管制單位可由監控系統獲知或預測其可能動向。於必要時即可透過通信管制系統通知及警示該船隻，協助船長或領港瞭解船隻所面臨之環境以便及早採取因應措施。

四、增設夜間導航照明設施

未來在全天候營運目標下，為利於所有船舶夜間進出港時，可清楚辨識船身及鄰近設施位置，以維船舶於港口航道及港內航道操航安全，台中港應於開放全部船舶夜航之前，於港口航道及港內航道兩側佈設足夠之照明及警示設施。

肆、減風設施可能改善效果

船舶在台中港進港操航所面臨之瓶頸，為強烈東北季風與主航道垂直，風力影響船舶進港航行安全。故港務局為改善冬季期間強盛風力對船舶操航影響，曾於民國86年進行「台中港港口段航道設置減風設施可行性研究」。以及為解決漁港飛沙危害問題，於民國86年提出「台中港北側淤沙區第二期整治工程計畫」。茲將該計畫實施後，對減低風之成效檢討如下：

一、台中港港口段航道設置減風設施可行性研究

該報告中曾研究，如在擋風牆後側250m處為達到減風係數0.6之目標，透風率30%之擋風牆高度需22.7m，透風率10%之擋風牆高度需38.5m。將來如在北防波堤外側及淺水船渠後側設置長1,585m擋風牆設施(詳圖5-4-1)，將可達到必要之減風效果，預估所需經費約新台幣13億元。如在北防波堤外側全面設置擋風牆，所需經費約需新台幣19.5億元。

依該研究分析，減風設施之設置在工程技術上並無困難，但投資工程費甚高，且結構基礎多係在水中構築，施工風險極大，現階段投資興建減風設施之可行性不高。建議應俟將來大型船舶往來本港頻繁後再考慮投資興建。

二、台中港北側淤沙區第二期整治工程計畫

本計畫主要目的為解決台中港北側淤沙區所產生飛沙，危害漁港及港口航道之問題。該計畫擬在漁港西北側構築臨時海

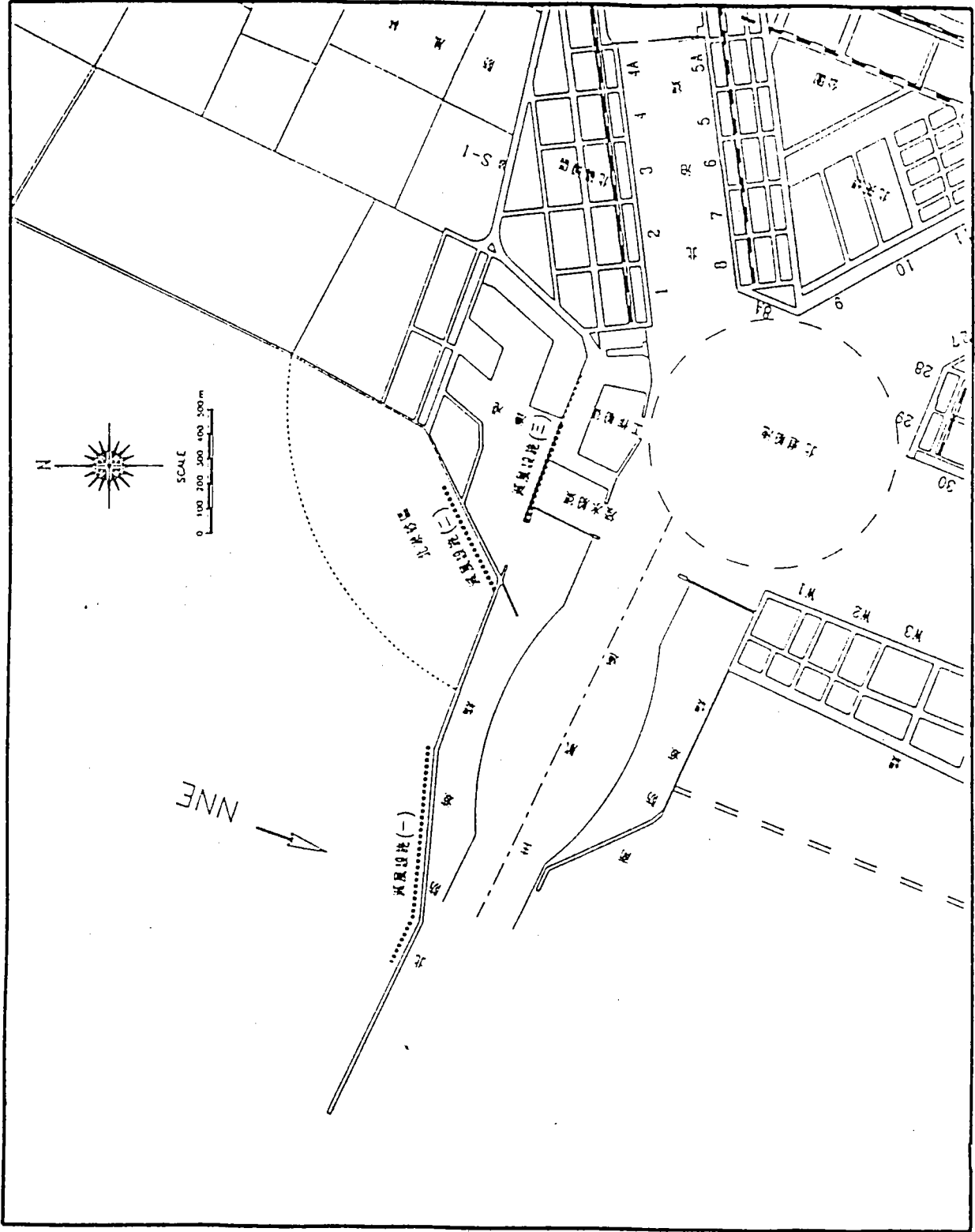


圖 5-4-1 減風設施配置圖

堤，以人工方式填築39.3公頃新生地(詳圖5-4-2)。本區土地填築完成後，地表將栽植防風林，並抑制飛沙之產生。

本防風林如可成長存活，防風林高度以10m計，樹梢頂端高程將達到CD.+17.0m。防風林所形成減風係數0.6之遮風範圍，約可達到北防波堤以南約200m以內，將具有相當程度減風功能。

本計畫完成後，如在陸域設置前項研究所建議高度之擋風牆，將更能達到減風效果。同時，原需要在海域進行打樁工程，將可在陸地施工，而降低投資工程費用。將來可在進港大型船舶數量增多時設置擋風牆，以提高船舶通過南北內堤口之操航安全。

伍、小結

綜合前述各種船舶操航安全輔助措施改善成效之檢討，唯有採行拖船出海帶纜協助大船進港較有可能縮小港口擴建規模。其他領港登輪安全之改善、減風設施及導助航系統之設置，僅能略為提高大型船舶進出港操航安全，並無法徹底解決本港所遭遇問題。

拖船出海護衛大船進港，理論上對船舶進出港安全可提供極大之助益。但在海況環境惡劣，拖船出海護衛作業仍面臨作業時發生斷纜之威脅，故在實施初期，僅適合在風力強勁，但海面波浪仍維持在2~3m以下，先行嘗試實施。待將來更能熟練操作技術，並熟悉海況特性時，再逐步提高作業風浪限制條件，以發揮拖船護衛之功效。故拖船出海協助作業時機，可考慮先自散貨輪先行使用，以縮短散貨輪等待天候進港時間。如實施成效良好，再行檢討拖船出海協助貨櫃輪之可行性。

由於拖船協助作業仍受到天候條件限制，將來僅能視為重要輔助措施之一。為徹底解決大型船舶操航安全問題，本港仍需要進行港口擴建工程之規劃，以期計畫船舶可在惡劣天候時安全進出港。

圖例：

填區範圍 (填至 CD. +7m)

浚挖範圍

新建海堤

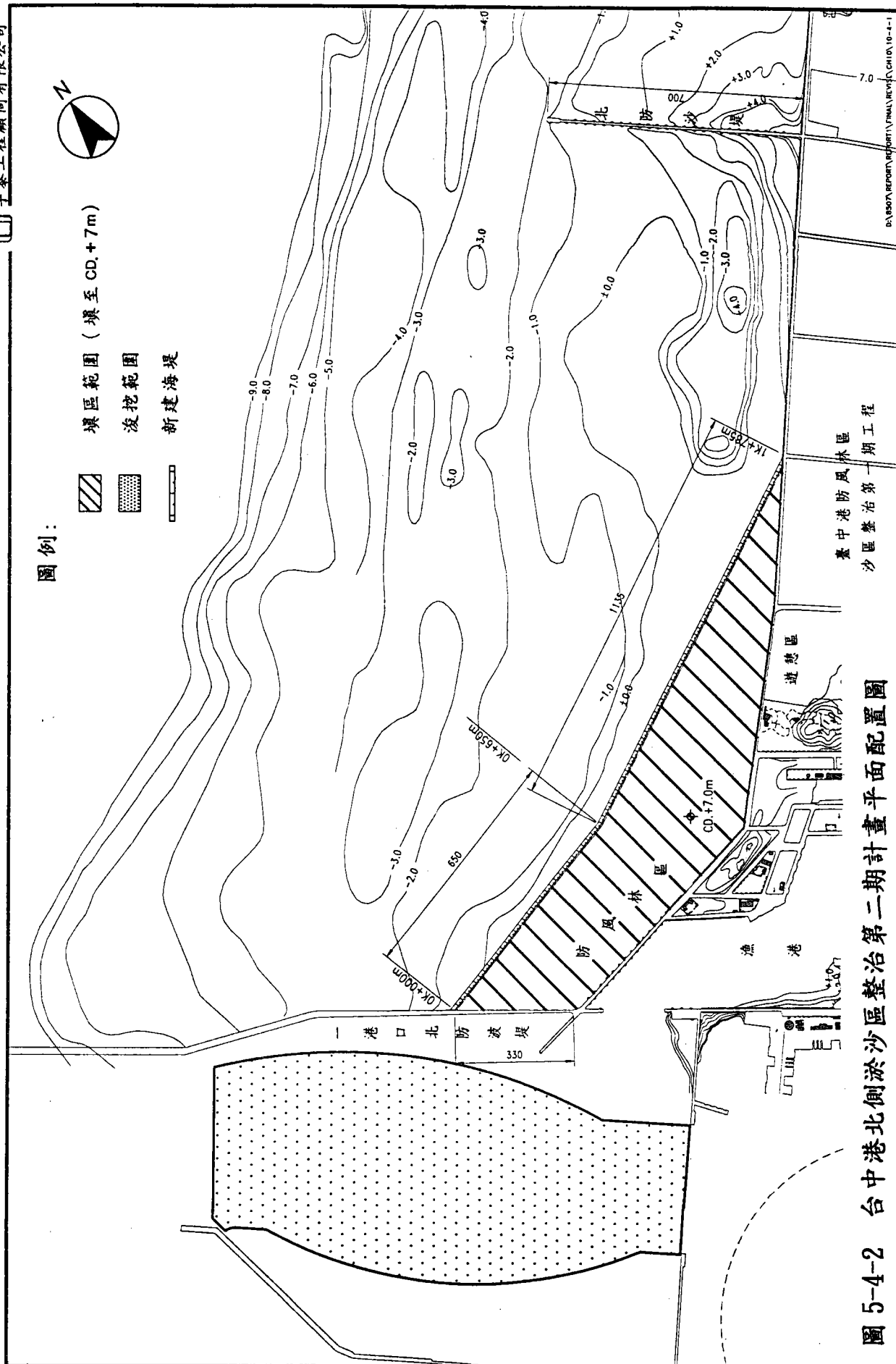


圖 5-4-2 台中港北側淤沙區整治第二期計畫平面配置圖

第六章 港口二期擴建替選方案研擬

第六章 港口二期擴建替選方案研擬

壹、計畫目標與策略

一、計畫目標

(一)提高一港口計畫進港船型

本計畫進行一港口二期擴建目標，將以提昇港口進泊船型為主，依本計畫第四章對一港口擴建需要性檢討，根據目前航商與業主需求及未來可能發展計畫，經考量世界海運發展趨勢，本計畫提高一港口進港船型目標將訂為：125,000DWT 級海岬型散貨輪採候潮或限水呎方式，及4,000TEU 級第四代貨櫃輪，可安全進泊台中港。

(二)提高進港操船安全度，吸引航商及業者投資意願

本計畫規劃將以提昇進港船型及操航安全為主要目標，以期 4,000TEU 級第四代貨櫃輪，及採候潮進港之125,000DWT 級海岬型散貨輪可以安全進泊台中港。計畫船型進出台中港操航安全大幅提昇後，減少航商及業者營運風險，降低大型船舶操航安全顧慮，將有利於提昇航商及業者投資台中港意願。

(三)降低業者海運成本，建立良好投資及營運環境

港口操航環境獲得改善後，船舶因港口環境限制而增加等待成本將可大幅減少，航商及業者可按其貨運需求及成本選擇經濟進泊船型。擴建成效再配合台中港原具有廣闊腹地資源及交通便捷等優勢條件，可建立港口良好投資及營運環境，對本港港埠發展將有極大助益。

(四)因應第二港口闢建前營運需要，維持港埠正常發展

第二港口興建需時甚長，在中短期內無法適時完成二港口闢建以滿足港埠發展需要。本計畫之實施，可作為第二港口闢建前之緩衝措施，藉由一港口二期擴建，吸收未來有意投資本港之航商及業者，維持港口營運成長。

二、課題探討

(一)港口擴建對漁港不利影響，限制計畫執行目標

本計畫如擴建方案因北防波堤延長所造成導浪現象及南防波堤堤頭拆除使港口寬度增大，將導致較大波能侵入主航道，影響漁港靜穩度。為期確保本計畫實施後，不致影響漁港船隻停泊困難，南防波堤之拆除、北防波堤延建及原北防波堤港側設置消波設施，能否達成計畫目標須進一步試驗評估。

(二)港口擴建對港池靜穩影響，減低船隻靠泊作業效益

台中港進港船隻在港口段主航道操航航向與強烈東北季風風向近乎垂直，為增加外港口與內港口寬度，降低進港船舶操航限制，必需拆除南內、外防波堤，但內外港口拓寬後必然增加港口侵入波能，使北迴船池鄰近水域靜穩度降低，影響迴船池船操船及鄰近碼頭船隻靠泊與作業效率。

(三)航商及業者投資意願，影響擴建規模

台中港在完成一港口第一期擴建工程後，部份航商及業者表達進泊大型船之需求性，此一現象並不意謂本計畫實施後即能保證大型船進港。航商與業者之意願，影響本計畫目標及擴建規模。因此，根據航商、業者意願，評估未來擴建規模，應為本計畫必需探討之重要課題。

三、規劃策略

(一)辦理數值計算及水工模型試驗瞭解港口擴建對漁港水域靜穩之影響

港口擴建對商、漁港水域靜穩度之影響，在研擬擴建替選方案時，除利用數值模式模擬外海入射波浪對漁港穩靜影響外，並利用水工模型試驗加以驗證。為減低北防波堤港側直立壁反射及導浪影響，研擬各種消波改善措施，使漁港水域穩靜符合碇泊需求。

(二)根據港區水域靜穩需求，研擬擴建佈置與改善措施

本計畫為達到提高進港船型及操航安全度目標，基本上係與港池靜穩要求相衝突。雖然拆除南內、外堤，拓寬港口航道有助於提高操航安全，但絕不可能大幅度拆除南內、外堤。本計畫於規劃時，除利用數值計算與模型試驗尋求北迴船池及鄰近碼頭靜穩最佳方案外，並改善北防波堤港側消波設施，使規劃方案能符合靠泊船隻所能容忍之靜穩極限，作為港口擴建方案。

(三)調查航商及業者之需求，評估投資可能發生之風險

為瞭解航商及業者投資或使用台中港之意願，最有效之方法為對航商及業者進行問卷調查及訪談工作。本計畫將從調查工作所獲致之訊息，整理出航商或業者使用大型船隻之意願或計畫，以及其實現之可能性，評估其與計畫目標間可能存在之投資風險。透過意願調查及風險分析，將可確實掌控計畫效益，減少不必要之投資風險。

貳、港埠設施規劃基準

一、自然條件規劃基準

本計畫規劃作業所引用氣海象條件，主要依據第二章自然環境現況分析結果，以做為各項工程與評估規劃之基準。

二、規劃進港船舶諸元

(一)大宗散貨輪規劃參考尺寸

台中港一港口為既有設施，由於港內航道水深限制，目前最大進港船舶仍以 6.6 萬 DWT 級巴拿馬極限輪為限。近年隨著中部地區產業發展，運量持續成長。因此採用大型船隻運輸，可大幅降低海運成本。

表 6-2-1 列出本計畫規劃作業所採用之各型大宗散貨輪尺寸，將來港口二期改善後計畫最大進港船型，以不超過 12.5 萬載重噸為原則。

表 6-2-1 大宗散貨輪參考尺寸

大 宗 散 貨 輪	船 型	載重噸 (DWT)	船 長 (m)	船 寬 (m)	吃水 (m)
固態散貨 (包括煤及 鐵礦砂)	巴拿馬 極限輪	66,000	235.0	32.2	12.6
		80,000	285.0	32.2	13.0
	海岬型	80,000	255.0	35.0	14.0
		100,000	260.0	40.0	15.5
		125,000	280.0	43.0	16.0
液態散貨 (包括原油 及石化品)	巴拿馬 極限輪	40,000	210.0	28.5	11.0
		50,000	230.0	32.2	11.8
		60,000	235.0	32.2	12.6
	海岬型	100,000	255.0	40.0	15.5

(二)貨櫃輪規劃參考尺寸

本計畫預期港口擴建後可進泊第四代(4,000TEU)大型貨櫃船，但亦不排除進泊 4,500TEU 超巴拿馬型貨櫃輪之可行性。將來可能進泊之貨櫃船如表 6-2-2 所示。

表 6-2-2 貨櫃輪參考尺寸

載運櫃數	船 長 (m)	船 寬 (m)	吃水 (m)	備 註
2,000TEU	250.0	32.2	12.0	
3,000TEU	270.0	32.2	12.6	
4,000TEU	290.0	32.2	12.6	巴拿馬極限輪
4,500TEU	290.0	40.0	12.7	超巴拿馬極限輪

三、航道及操船水域

(一)進出港航道

1.進出港航道寬度

港口航道寬度之決定可以下列三種方式來檢討所需之寬度，但仍應考慮港口自然環境特性，或特殊地形限制、拖船協助等因素酌予調整。

(1)雙向航道

- 最大進港船長之 1.0~1.5 倍。
- 最大進港船寬之 7~8 倍。
- 最大進港船寬之 3.6 倍加 90m。

根據上述三種原則雙向航道寬度整理如表 6-2-3。

表 6-2-3 雙向航道寬度

單位：公尺

最大進港船型	1.0倍 船 長	1.5倍 船 長	7.5倍 船 寬	3.6倍船 寬加90M	建議航 道寬度
66,000DWT散貨輪	235	352.5	241.5	205.9	350
100,000DWT散貨輪	260	390	300	234	390
125,000DWT散貨輪	280	420	322.5	244.8	420
3,000TEU貨櫃輪	270	405	241.5	205.9	400
4,000TEU貨櫃輪	290	435	241.5	205.9	430
4,500TEU貨櫃輪	290	435	300	234	430

(2)單向航道

- 至少大於最大進港船長之 0.5 倍。
- 至少大於最大進港船寬之 5 倍。
- 至少大於最大進港船寬之 1.8 倍加 90M。

根據上述三種原則單向航道寬度彙整如表 6-2-4。

表 6-2-4 單向航道寬度

單位：公尺

最大進港船型	1.0倍 船 長	0.5倍 船 長	5.0倍 船 寬	1.8倍船 寬加90m	建議航 道寬度
66,000DWT散貨輪	235	117.5	161	148	160
100,000DWT散貨輪	260	130	150	162	165
125,000DWT散貨輪	280	140	215	167.5	215
3,000TEU貨櫃輪	270	135	161	148	160
4,000TEU貨櫃輪	290	145	161	148	160
4,500TEU貨櫃輪	290	145	200	162	200

2. 航道深度

進港航道所需水深應考慮規劃最大船舶滿載吃水深及適當之餘裕水深。吃水餘裕包括船體載貨不平衡造成之偏差(Trim)、船體前進產生之伏航(Squat)、波浪造成船體之起伏、及船底(龍骨)與海床間之空隙等。表 6-2-5 表為針對不同最大進港船型建議採用之港口內航道之深度。

表 6-2-5 各種大型船舶航道水深

最大進港船型		載船 吃水	船艏尾 吃水差	船隻 伏航	波浪造 成起伏	砂質海 床餘裕	航道深 度小計	建議航 道深度
66,000DWT	散貨輪	12.6	0.5	0.1	0.5	0.5	14.2	14.5
100,000DWT	散貨輪	15.5	0.6	0.1	0.5	0.5	17.2	17.5
125,000DWT	散貨輪	16.0	0.6	0.1	0.5	0.5	17.7	18.0
3,000TEU	貨櫃輪	12.6	0.55	0.08	0.5	0.5	14.23	14.5
4,000TEU	貨櫃輪	12.6	0.55	0.08	0.5	0.5	14.23	14.5
4,500TEU	貨櫃輪	12.7	0.6	0.1	0.5	0.5	14.4	14.5

註：船隻於港外航道航行之船速定為 8 節，進港後即逐漸減速停於迴船池，故港內航道航行之船速平均約為 4 節。

為維持航道暢通，應考慮航道維護挖泥期間可能回淤厚度。通常在港外航道超挖 1.0 m，內港航道超挖 0.75m。另於浚挖數量計算時，由於水深測量之誤差，必要時應考慮 0.25~0.3m 測量誤差所造成超挖數量。

(二) 停船距離

根據台中港海象條件，估計船舶進港之航速約為 6~8 節，因此停船距離以不小於最大到港船舶船長 7 倍為原則；如果停船之航道不是直線時，停船距離必須視彎曲角度再適度加長。

(三)迴船池／操航水域

迴船池之大小視船長、船舶之機動性以及拖船之協助能力而定，依規範迴船池直徑可採二倍最大船長為準，但由於台中港東北季風較強，為增加操船之方便及安全，迴船池直徑將以不小於三倍最大船長為規劃原則。

(四)碼頭波浪限制條件

1.極端颱風波浪限制條件

大型船隻在颱風時均應離港避風，各類碼頭如颱風期仍需靠船，規劃時則應考慮碼頭前水域之波高必須小於1.5m，以避免波浪損壞碼頭結構及機械設施，或造成船舶斷纜碰撞受損。

2.平時作業風浪限制條件

當船舶靠岸繫纜後開始裝卸貨物時，如遭到過大之風力或波浪作用，必須立即停止裝卸作業。各類型船隻容許作業時之波高限制條件如表 6-2-6，通常港內碼頭前水域平時之波高條件應以 0.5m 為規劃目標。

(五)港區作業風力限制

1.進港操航作業

- 巴拿馬極限輪:風速 20m/sec
- 海岬型散貨輪:風速 18m/sec
- 3,000TEU 以下貨櫃輪:風速 20m/sec
- 3,000TEU 以上貨櫃輪:風速 18m/sec

2.出港操航、迴船及離靠岸

- 風速 20m/sec

表 6-2-6 各類型船舶容許作業波高

船 型	載 重 噸	順 浪	橫 浪
大宗乾散貨輪	>150,000 DWT	2.0M	1.5M
	100,000 DWT	1.5M	1.2M
	66,000 DWT	1.5M	1.2M
油輪	>150,000 DWT	2.0M	1.5M
	100,000 DWT	1.5M	1.2M
石化油品輪	50,000 DWT	1.5M	1.2M
	40,000 DWT	1.2M	1.0M
	30,000 DWT	1.2M	1.0M
散雜貨輪	50,000 DWT	1.0M	0.8M
	40,000 DWT	1.0M	0.8M
	30,000 DWT	0.8M	0.6M
貨櫃輪	5~6,000 TEU	1.0M	0.8M
	4~5,000 TEU	0.8M	0.6M
	3~4,000 TEU	0.7M	0.5M

四、導航及警示燈標設施

本計畫不論防波堤擴建延長或拆除，堤頭導航設施必需配合重新佈設，其原則說明如下：

- 擴建或拆除後之外廓防波堤堤頭均須設置燈塔。
- 如須改變航道中心線位置，則須配合於港內陸側適當位置設置(或移設)前後疊標，供船隻進港時調整航向。
- 必要時於主航道兩側適當地點設置浮燈標或照明設施，以標示航道或結構物位置。
- 拆除後之南內堤堤頭亦須設置(或移設)警示燈標(杆)。
- 為增進船舶自港外航道進入港口段航行安全性，將考量在適當位置增設港外航道指向導航燈標。

五、外廓堤防規劃設計基準

本計畫外廓防波堤將依據下列規範所規定(或建議)之計算公式、基準等相關事項進行規劃設計：

- 台灣省政府交通處「港灣構造物設計基準」
- 日本港灣設施設計基準同解說
- Shore Protection Manual (Coastal Engineering Research Center, USA)
- Recommendations of the Committee for Water Front Structure (EAU)

參、替選方案研擬原則

台中港一港口擴建計畫，應綜合計畫進港船舶操航安全、港內水域靜穩需求及工程經濟性等因素，以擬定各方面皆可兼顧之折衷方案。由於本港為既有設施，將來可能採行之措施不外乎拆除部份防波堤以拓寬航道，繼續延建北外防波堤以擴大港口前遮蔽水域範圍，以及浚深拓寬航道水域等工程。茲就本計畫各替選方案擬定之原則說明如下：

一、南防波堤拆除原則

(一)南防波堤拆除需要性

台中港目前進港船舶採 60°航向，以略為頂風狀態接近港口，當船舶接近港口前水域再修正航向朝 110°進入港口。由於船舶在進港前受外海風、浪、流影響較大，航向操控不易，將來為進泊更大型船舶，南防波堤迫切需要適度拆除，以擴大外堤口寬度。

依原「台中港港口擴建計畫評估」計畫中建議，為滿足 3,000TEU 級貨櫃輪及 12.5 萬 DWT 級散貨輪進泊，南防波堤至少需拆除七座沉箱，以將港口寬度拓寬至 350m。另「台中港港口段航道設置減風設施可行性研究」案中，委託海洋大學所進行之操船試驗，亦建議拆除部份南防波堤之必要性。

過去所進行研究建議南防波堤拆除長度，係基於有條件使用拖船之情況下所作建議。本計畫擬提高計畫進港船型，原則上仍有需要拆除部份南防波堤。但後續應更深入探討充份利用拖船輔助作業，是否可能縮減防波堤拆除規模。

(二)南防波堤可能拆除長度

南防波堤可能拆除長度係考慮配合船舶操航所需航道寬度，可能方案計有不予拆除、拆除 4 座沈箱、拆除 7 座沈箱等三種，茲說明各方案適宜性如下：

1.南防波堤不予拆除

本方案如不拆除南防波堤，航道寬度仍維持 300m，仍可滿足計畫船舶在海況平靜時單向航行需求。惟本港進港船舶在港口前需自 60° 航向轉至 110° 進入主航道，領港稍有不慎，船舶極易觸及南防波堤堤頭。依過去歷次操船試驗結論，皆強烈建議南防波堤應作適當拆除，方可能滿足計畫船舶在惡劣天候時操航安全需求。故於本計畫所擬替選方案，將不另考量南防波堤不拆除之佈置。

2.南防波堤拆除 4 座沈箱，約 93m

原規劃一港口南外防波堤堤頭突出之 4 座沉箱，長度約 93m，嚴重妨礙大型船舶在港口前轉向動作，故本計畫強烈建議應優先予以拆除。

惟本堤段僅拆除 4 座沈箱，航道有效淨寬仍維持現有之 300m。依過去一期擴建工程之研究成果，第三代 3,000TEU 貨櫃輪在風速 20m/s 以下，計畫進港船舶如欲安全通過外堤口，外堤口有效寬度即需要 350m。

本計畫如擬將計畫進港船舶提高至第四代貨櫃輪，南防波堤拆除 4 座沈箱雖仍無法滿足操航安全需求，但本計畫中如北外防波堤可配合延建適當長度，以期在港口前緣可形成較大遮蔽水域。同時，將來可利用拖船出海繫纜以協助船舶進港，南防波堤僅拆除 4 座沈箱，航道維持 300m

是否可滿足需求仍有待進一步探討。

在替選方案初步評選階段，僅利用用 Fast-Time 操船模擬試驗，此試驗並無法有效顯現不同航道寬度對操船安全之差異性。故於替選方案研擬時，暫不考量此拆除長度，但在後續 Real-Time 操船試驗中，外口最適寬度仍將進一步探討。

3. 南外堤拆除 7 座沉箱，約 170m

於港口一期擴建計畫中，原建議拆除南外堤堤頭 7 座沉箱，將航道拓寬為 350m，第三代貨櫃輪方有可能安全進港。但航道拓寬將使得西南向颱風及季風波浪直接侵入漁港港口影響漁港水域穩靜。雖然在北堤港側設施消波設施，可以改善港池穩靜，但需取得漁民共識方能執行。

本計畫將再探討維持原建議拆除外堤長度 170m，第四代貨櫃船進泊之可行性。同時，將再次進行平面遮蔽水工模型試驗，以驗證南外防波堤拆除後對港口水域靜穩之影響程度，並研擬改善措施。

二、南內堤拆除原則

(一) 南內堤拆除需要性

船舶進出一港口原存在有遭遇橫風、橫浪及橫流作用，造成航向操控困難問題，在北防波堤延長 850m 以後，雖已獲得有效改善。但船舶進入港口主航道以後，必須減速以使船舶停止於迴船池中，因為台中港逐年擴建，水域面積不斷增大，漲退潮時內港口流速隨港內水體增加而加大。且港口主航道方向與東北季風主風向垂直，當船舶速度減緩

時，船舶操航穩定性明顯受到風力影響。進港船舶為確保航向穩定需維持較快速度通過內堤口，當進入迴船池後與北突堤碼頭前緣距離已不到 1,000m，船舶衝止距離嚴重不足。為克服此種現象，減低船舶通過內堤口速度，拆除部份南內堤以拓寬內堤口寬度提升船舶進港安全為本計畫採用之重要改善措施之一。

依「台中港港口擴建計畫評估」之研究結果，南內堤拆除 50m，已可滿足 3,000TEU 級貨櫃輪及 12.5 萬 DWT 級散貨輪進泊需求。在「台中港港口段航道設置減風設施可行性研究」案，已知南內堤不拆除，3,000 及 4,000TEU 貨櫃船，在無拖船協助時，計畫船舶進港有極大潛在危險。

南內堤拆除對漁港區靜穩度並不會造成任何影響，但相對侵入商港區水域之波能增大，其對商港碼頭區水域靜穩度影響程度尚需辦理數值計算或水工試驗進行探討。

(二)南內堤可能拆除長度

依據南內堤之規模及參考以往相關研究成果，將來南內堤可能採用之改善措施計有拆除 50m、100m 及 150m 三個方案，茲分別說明如下：

1. 拆除 50m

原港口一期擴建計畫中建議將南內堤拆除 50m，此一方案為改善船舶進出口安全必要措施。依過去研究成果顯示，拆除後寬度對商港水域靜穩度影響，可利用北堤港側消波加以改善。

南內堤拆除 50m 後，內堤口將拓寬為 350m。將來內堤口寬度是否可能滿足第四代貨櫃輪或 12.5 萬 DWT 海岬

型散貨輪操航需求仍需作進一步檢討。

2. 拆除 100m

南內堤拆除 50m 如仍無法滿足計畫船舶操航安全需求，則需探討拆除 100m 之可行性。南內堤拆 100m 後除寬度增加後，將使得漲退潮通過內堤口流速相對減緩，可有效改善船舶進港安全性，但將相對造成侵入商港區之波能增加，故後續工作將深入檢討港內水域靜穩影響程度。

3. 拆除 150m

南內堤拆除愈長對船舶進出港操航安全之提升愈有利，但相對地，將使得入侵波浪對商港水域靜穩度之影響程度愈形嚴重。未來南內堤如拆除 100m 後仍無法滿足操航需求，本計畫將再探討南內堤拆除 150m 之可行性。

三、北防波堤延建原則

(一) 北防波堤延建需要性

台中港港口一期擴建計畫將北防波堤延長 850m 以後，已能有效遮擋東北季風波浪，將港口前緣強烈海流適度導離進港航行區域，船舶進港安全已獲得明顯有效之改善。同時，在北防波堤南側形成浪流穩靜之遮蔽區，可提供領港在此區域安全登輪，以及拖船繫纜作業需要。

本計畫擬再繼續延建北防波堤，最主要目的為擴大遮蔽區範圍，使得大型船舶在進港前有較廣闊穩靜水域以調整航向進港。同時，增大北防波堤下游遮蔽區靜穩水域，將更可確保領港登輪之安全性。

惟防波堤延長後，將更徹底攔阻沿岸漂沙輸送。依過去海岸地形變遷趨勢研判，延建北防波堤雖可擴大北淤沙區

容量。但防波堤北側淤沙量增加，可能使防波堤下游側造成沖刷，影響海堤穩定亦應加以評估。故港口防波堤之延建應權衡操船安全需求、港內水域靜穩、及海岸地形穩定等各項正負面影響因素，以決定適當防波堤延建方案。

(二)北防波堤可能延建長度

港口第一期擴建北防波堤已延建 850m，其遮蔽區範圍接近三倍計畫船長。將來本堤延長之長度可能有以下三種可能替選方案，茲分別說明如下：

1.延建 300m

本計畫北防波堤延建長度如以計畫進港船長為單元，北防波堤再延建 300m，則所形成遮蔽區範圍(自遮蔽區外圍至外堤口間)約為 4 倍計畫船長之規模。進港船舶如以 6～8 節航速進港，在遮蔽區範圍內僅約有 4.8～6.5 分鐘時間可修正穩定航向，港口前之操航緩衝空間仍十分有限。

2.延建 480m

北防波堤延建 480m，所形成遮蔽區範圍約為 4.5 倍計畫船長之規模。進港船舶如以 6～8 節航速進港，在遮蔽區範圍內，約有 5.6～7.4 分鐘時間可修正穩定航向。

3.延建 750m

北防波堤延建愈長，船隻進港安全性將更為提高，但投資經費將相對增加。因此，延建 750m 財務計畫是否可被接受，則有待評估。船舶以正常航速進港，則約有 6.6～8.8 分鐘時間可修正穩定航向。延長 750m 如為進港船舶操航安全實際需求，本計畫亦不排除採取此一方案。

(三)北防波堤可能延建方向

北防波堤延建方向牽涉港口外海航行水域規劃，以及遠程外港之發展輪廓。將來北防波堤可能延建方向有以下兩方案：

1.朝 WNW 向

原港口一期擴建工程之北防波堤沿現有堤線朝 WNW 向延長，約與主航道方向一致。將來二期擴建如朝相同方向，可維持較寬闊之操航水域，減低防波堤對領港及船長所造成之壓迫感。

2.朝 W 向

北防波堤延建如朝 W 向轉折，將使得現有進港航道具具有壓迫感，現有朝 WNW 向之出港航道及分道航行區亦需配合調整，並不利於近程船舶進出港之操航。

肆、替選方案研擬與規劃

一、港口擴建尚待探討課題

台中港口擴建計畫目的為提高計畫進港船型，其可能實施之措施不外乎延建北防波堤，以及拆除部份南內、外防波堤以拓寬航道兩項。惟此措施將附帶產生之負面影響，必須深入評估，以擬訂可行之方案。

經第參節初步篩選可能採行之措施後，有關港口二期擴建尚待澄清探討之重要課題如下：

- 因應操航安全需求，北防波堤延建較適長度及方向。
- 商、漁港水域靜穩需求，南內、外堤最大拆除長度。
- 因應操航安全需求，南內、外堤最小拆除長度。
- 商、漁港水域靜穩度及改善方案。

二、替選方案研擬

(一)可能方案組合

本計畫替選方案研擬主要目的，在於評估計畫進港船舶操航確實需要延建及拆除防波堤之配合措施，及檢討各項措施所產生負面影響之可接受程度。

綜合第壹節替選方案研擬原則，南防波堤可能拆除長度有 93m 及 170m 兩種；南內堤拆除長度則可能有 50m、100m、150m 三種；北外防波堤之延建長度可能有 300m、480m 及 750m 三種方案，而延建方向則有 WNW 及 W 向兩種。依上述各種港口擴建可能採行之措施，如以排列組合方式，一港口二期擴建工程將可能組合成 36 個以上之替選方案。

由於港口擴建方案之研究，必須經由海流數值計算、波浪折繞射數值計算、快速(Fast-Time)操船模擬試驗、真時(Real-Time)操船模擬試驗、平面遮蔽水工模型試驗、漂沙水工模型試驗等繁複評估工作，方可能予以量化以作客觀比較。由於上述各替選方案評估之工作量十分龐大，實際上並無法就所有可能方案均進行相同深度之研究，故必須輔以專家學者經驗研判，以及綜合討論方式篩除可能性較低之方案，以期在人力及物力可接受之範圍內，選定有限替選方案，探入探討目前尚待澄清之問題，並據以評選較佳擴建方案。

(二)替選方案研擬

為達到以上四項研究課題，本計畫建議一港口二期擴建工程較可能之替選方案如表 6-4-1 所示，後續將針對各替選方案進一步辦理各項評估研究工作。

表 6-4-1 第一港口二期擴建工程替選方案一覽表

替選方案	南防波堤 拆除長度	南內堤 拆除長度	北防波堤		備註
			延伸長度	延建方向	
零方案	0m	0m	0m	—	現狀佈置
方案一	170m	50m	480m	WNW 向	
方案二	170m	100m	480m	WNW 向	
方案三	170m	150m	480m	WNW 向	
方案四	170m	150m	480m	W 向	
方案五	170m	100m	750m	WNW 向 480m 轉 W 向 270m	
方案六	170m	50m	750m	WNW 向	
方案七	170m	50m	480m	W 向	
方案八	170m	50m	750m	WNW 向 480m 轉 W 向 270m	
方案九	93m	50m	480m	WNW 向	

三、各替選方案初步規劃

(一)零方案(現狀佈置)

本方案為現況佈置如圖 6-4-1，外堤口及內堤口航道寬度均為 300m，港口段主航道寬度為 300m，航道水深 CD.-13~-14.5m。依目前操航實績顯示，在強烈東北季風吹送下，已可容許 2,000TEU 貨櫃輪及巴拿馬極限型散貨輪安全進出。

現有北迴船池直徑為 1,000m，港內航道寬為 200m，設計水深均採 CD.-14m。本配置在港域規模並無法滿足計畫進港船舶操航需求，選擇本方案進行研究之目的，僅在作為評估各替選方案完成後，對本港所造成改變或影響之基本對照資料。

(二)替選方案一

1.計畫概要

本方案平面佈置如圖 6-4-2 所示，北防波堤擬沿現有堤線方向(WNW)朝外海延建 480m，南防波堤則拆除堤頭前段之七座沉箱約 170m，南內堤拆除 50m。

本方案外堤口及內堤口均拓寬為 350m。因此，受偏西南向波浪作用時，侵入港區之能量將可能大幅增加，漁港區及北突堤碼頭區水域靜穩度之影響程度，為後續評估研究之重點。而南內堤僅拆除 50m，是否可滿足船舶操航需求，北防波堤延長後所形成之導浪及南內堤拓寬對港內水域靜穩度之影響尚待進一步評估。

本方案對操航安全之影響方面，如對照原一期擴建計畫所進行之相關研究成果，原一期擴建計畫所建議佈置已



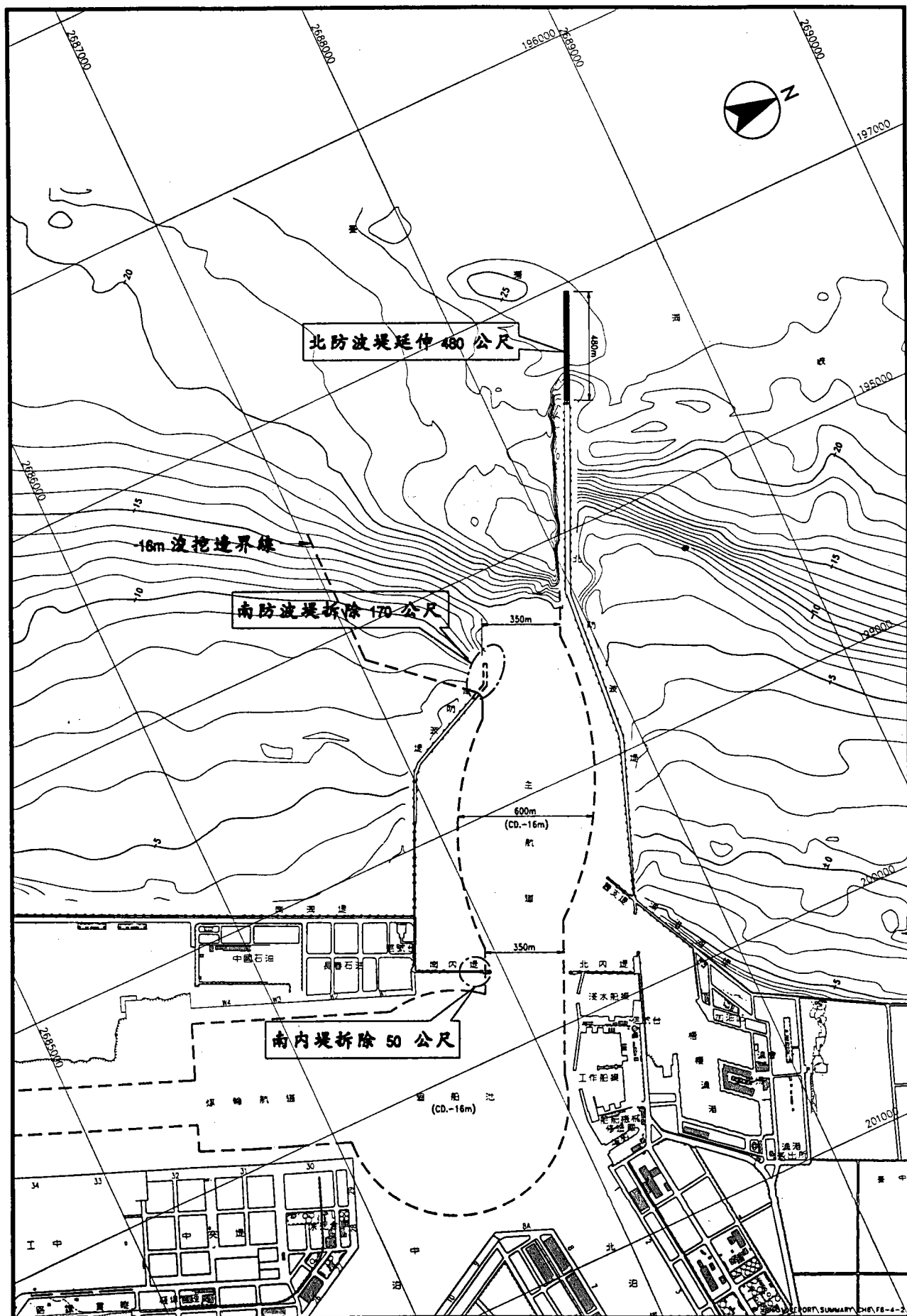


圖6-4-2 港口二期擴建替選方案一平面佈置圖

可滿足 3,000TEU 貨櫃船直接進港，以及 12.5 萬 DWT 級散貨輪在拖船帶纜夾抱協助下安全進港之需求。本方案將外堤口及內堤口拓寬後，是否滿足計畫船舶提高至 4,000TEU 貨櫃船安全進港之需求等問題，則須再進一步進行評估研究。

本方案在港口水域配置方面，為滿足計畫船型操航需要，航道及迴船池水深均採 CD.-16m，其中在外堤口外側水域考量船舶沿 60°航線進港受強風壓制而有偏向陸側之虞，故將錨泊區邊緣至南防波堤間水域均浚深至 CD.-16m，以增加大型船操航緩衝空間。

在迴船池與港內航道銜接段，擬將迴船池至 W4 碼頭間之港內航道(長 620m)擴大為 600m 寬(兩側各留 50m 船席水域)，水深均浚深至 CD.-16m，以作為大型船為克服強大風壓採較高速進港時，因應停船距離不足之應變空間。此一水域擴大後，約可增加二倍最大船長之停船距離，大型船進入迴船池時，可順勢朝港內航道轉向，以爭取所需空間。

2.投資工程費及工期

(1)投資工程費

本方案主要工程內容為北防波堤延建 480m、南防波堤拆除沉箱式合成堤約 170m、南內堤拆除沉箱式合成堤 36m 及拋石堤 14m 與堤頭重建等工程，所需投資工程費用概估約新台幣 14.1 億元，詳表 6-4-2 所示。

(2)工期

根據本方案工程規模，預估所需施工期約三年。

表6-4-2 替選方案一工程費用概估

單位：新台幣仟元

工程項目	單位	數量	單價	複價	備註
一、北防波堤延伸工程				1,148,000	含堤頭保護
1.CD.-20m~CD.-23m	m	130	2,100	273,000	
2.CD.-23m~CD.-25m	m	350	2,500	875,000	
二、南外堤拆除工程				141,100	含堤頭保護
1.沉箱堤段	m	170	830	141,100	
三、南內堤拆除工程				50,700	
1.沉箱堤段	m	36	550	19,800	
2.拋石堤段	m	14	350	4,900	
3.堤頭重建	式	1	26,000	26,000	
四、其他零星工程	式	1	70,200	70,200	
合 計				1,410,000	

註：1.本工程費估列僅含擴建工程主體項目，不含其他配合工程

2.工程費估列精度僅供方案評選使用

表6-4-3 替選方案二工程費用概估

單位：新台幣仟元

工程項目	單位	數量	單價	複價	備註
一、北防波堤延伸工程				1,148,000	含堤頭保護
1.CD.-20m~CD.-23m	m	130	2,100	273,000	
2.CD.-23m~CD.-25m	m	350	2,500	875,000	
二、南外堤拆除工程				141,100	含堤頭保護
1.沉箱堤段	m	170	830	141,100	
三、南內堤拆除工程				68,200	
1.沉箱堤段	m	36	550	19,800	
2.拋石堤段	m	64	350	22,400	
3.堤頭重建	式	1	26,000	26,000	
四、其他工程	式	1	72,700	72,700	
合 計				1,430,000	

註：1.本工程費估列僅含擴建工程主體項目，不含其他配合工程

2.工程費估列精度僅供方案評選使用

(三)替選方案二

1.計畫概要

本方案平面配置如圖 6-4-3。北防波堤延建佈置與南防波堤拆除長度與方案一相同，僅將南內堤拆除 100m，以探討南內堤拆除長度增加對進港船舶操航安全及商港區水域靜穩度影響程度。港口水域配置均與方案一相同。

本方案將外堤口拓寬為 350m，內堤口拓寬至 400m 後，再加上北防波堤延長後所形成之導浪作用，對西南向波浪而言，港區之波浪能量將可能大幅增加。因此漁港區及北突堤碼頭區水域靜穩度之影響程度將為後續評估研究之重點。

2.工程費及工期

(1)投資工程費

本方案主要工程內容為北防波堤延建 480m、南防波堤拆除沉箱式合成堤約 170m、南內堤拆除沉箱式合成堤 36m 及拋石堤 64m 與堤頭重建等工程，所需投資工程費用概估約新台幣 14.3 億元，詳表 6-4-3 所示。

(2)工期

根據本方案工程規模，預估所需施工期約三年。

(四)替選方案三

1.計畫概要

本方案平面配置如圖 6-4-4，北防波堤延建及南防波堤拆除與方案一相同，但南內堤則配合拆除 150m，以瞭解內堤口再加寬後對港內靜穩度影響。本方案港口水域之配置均與方案一相同。

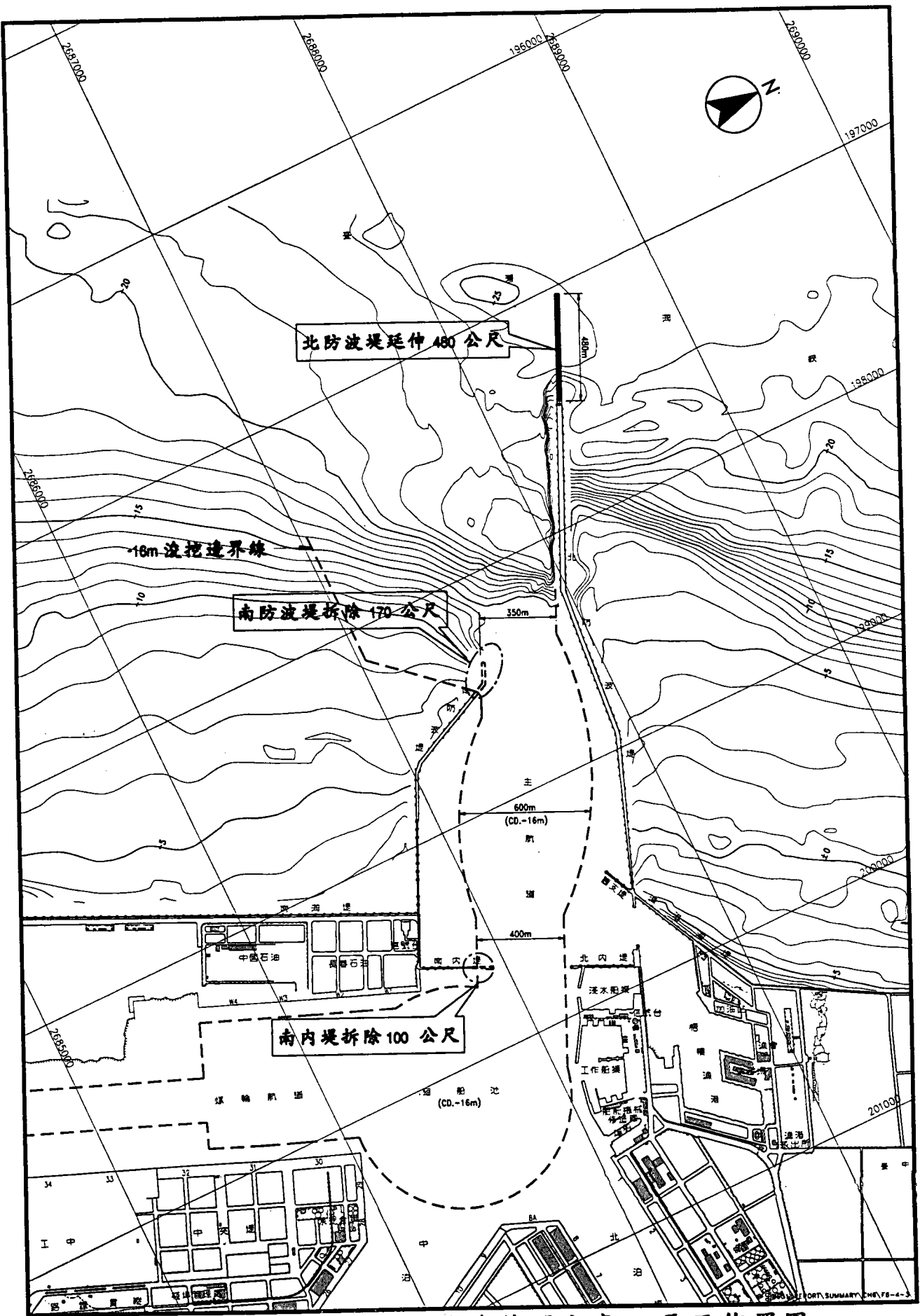


圖6-4-3 港口二期擴建替選方案二平面佈置圖

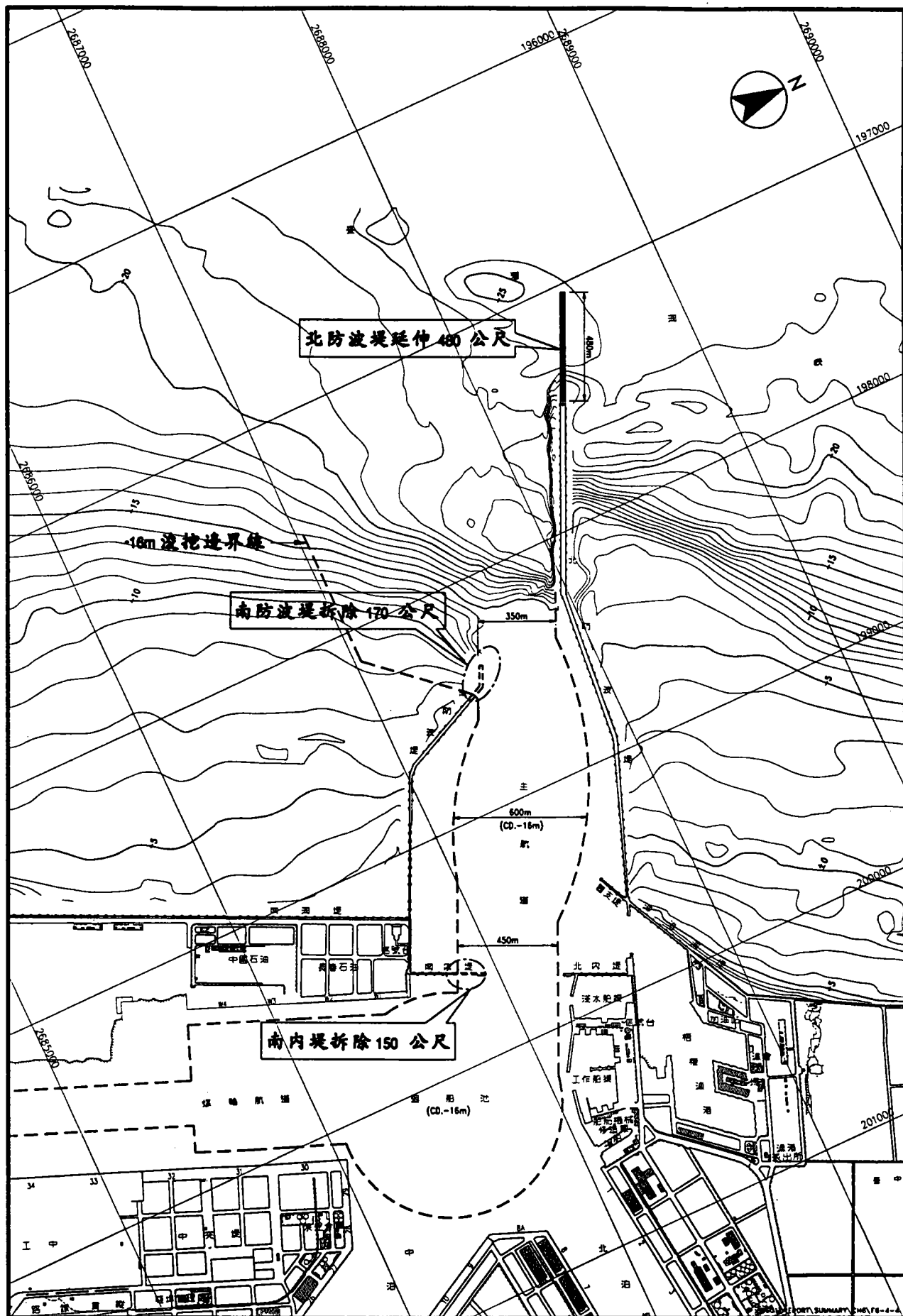


圖6-4-4 港口二期擴建替選方案三平面佈置圖

本方案將內堤口拓寬至 450m 後，再加上北防波堤延長後所形成之導浪作用，對港內水域靜穩度之影響程度將為後續評估須先行研究之重點。

2. 工程費及工期預估

(1) 投資工程費

本方案主要工程內容為北防波堤延建 480m、南防波堤拆除沉箱式合成堤約 170m、南內堤拆除沉箱式合成堤 36m 及拋石堤 114m 與堤頭重建等工程，所需投資工程費用概估約新台幣 14.5 億元，詳表 6-4-4 所示。

(2) 工期

根據本方案工程規模，預估所需施工期約三年。

(五) 替選方案四

1. 計畫概要

本方案平面配置如圖 6-4-5，北防波堤朝 W 向延建 480m，以符合未來可能闢建之外港計畫。至於南防波堤及南內堤之拆除規模均與方案三相同，各拆 170m 及 150m，以探討北防波堤不同佈置對船舶進港操航，以及對港內靜穩度之影響。本方案港口水域之配置均與方案一相同。

將來北防波堤轉朝 W 向延建後是否影響進港船操航？外堤口及內堤口拓寬後，對領港登輪及船舶進港操航之實質效益，是否能滿足計畫進港船舶提高至 4,000TEU 貨櫃船，安全進港之需求等問題，則是本方案在確定遮蔽影響程度後，須再進一步進行評估研究。

2. 工程費及工期預估

(1) 投資工程費

本方案主要工程內容為北防波堤延建 480m、南防

表6-4-4 替選方案三工程費用概估

單位：新台幣仟元

工程項目	單位	數量	單價	複價	備註
一、北防波堤延伸工程				1,148,000	含堤頭保護
1.CD.-20m~CD.-23m	m	130	2,100	273,000	
2.CD.-23m~CD.-25m	m	350	2,500	875,000	
二、南外堤拆除工程				141,100	含堤頭保護
1.沉箱堤段	m	170	830	141,100	
三、南內堤拆除工程				85,700	
1.沉箱堤段	m	36	550	19,800	
2.拋石堤段	m	114	350	39,900	
3.堤頭重建	式	1	26,000	26,000	
四、其他工程	式	1	75,200	75,200	
合		計		1,450,000	

註：1.本工程費估列僅含擴建工程主體項目，不含其他配合工程

2.工程費估列精度僅供方案評選使用

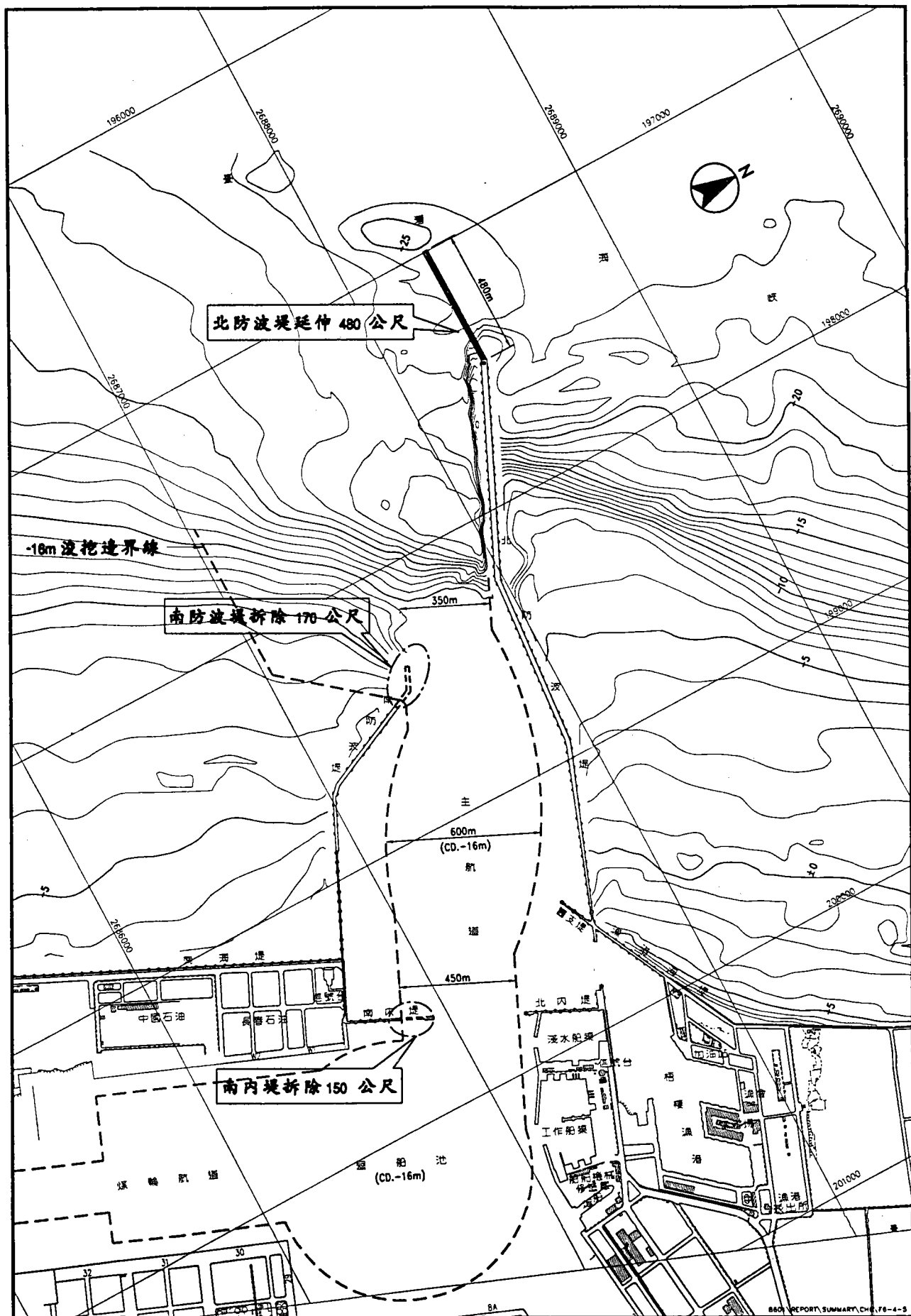
表6-4-5 替選方案四工程費用概估

單位：新台幣仟元

工程項目	單位	數量	單價	複價	備註
一、北防波堤延伸工程				1,156,000	含堤頭保護
1.CD.-20m~CD.-23m	m	110	2,100	231,000	
2.CD.-23m~CD.-25m	m	370	2,500	925,000	
二、南外堤拆除工程				141,100	含堤頭保護
1.沉箱堤段	m	170	830	141,100	
三、南內堤拆除工程				85,700	
1.沉箱堤段	m	36	550	19,800	
2.拋石堤段	m	114	350	39,900	
3.堤頭重建	式	1	26,000	26,000	
四、其他工程	式	1	77,200	77,200	
合		計		1,460,000	

註：1.本工程費估列僅含擴建工程主體項目，不含其他配合工程

2.工程費估列精度僅供方案評選使用



波堤拆除沉箱式合成堤約 170m、南內堤拆除沉箱式合成堤 36m 及拋石堤 114m 與堤頭重建等工程，所需投資工程費用概估約新台幣 14.6 億元，詳表 6-4-5 所示。

(2) 工期

根據本方案工程規模，預估所需施工期約三年。

(六) 替選方案五

1. 計畫概要

北防波堤如沿現有堤線方向繼續延建 750m，則北防波堤與未來二港口間水域將漸形開放，並不利外港區水域之自然形成。故本方案擬考慮將北防波堤先沿現有堤線方向(WNW)延建 480m 後，再轉朝西向延建 270m，總延建長度 750m。本方案南防波堤及南內堤拆除長度與方案二相同，平面配置如圖 6-4-6，港口水域之配置與方案一相同。

未來本方案研究重點在於不同北防波堤延伸佈置，對船舶進出港操航，以及波浪作用於堤體之反射與導浪作用，與其他方案相較之優劣差異性，以提供較佳替選方案選定之參考。

2. 工程費及工期

(1) 投資工程費

本方案主要工程內容為北防波堤延建 750m、南防波堤拆除沉箱式合成堤約 170m、南內堤拆除沉箱式合成堤 36m 及拋石堤 64m 與堤頭重建等工程，所需投資工程費用概估約新台幣 21.4 億元，詳表 6-4-6 所示。

(2) 工期

根據本方案工程規模，預估所需施工期約四年。

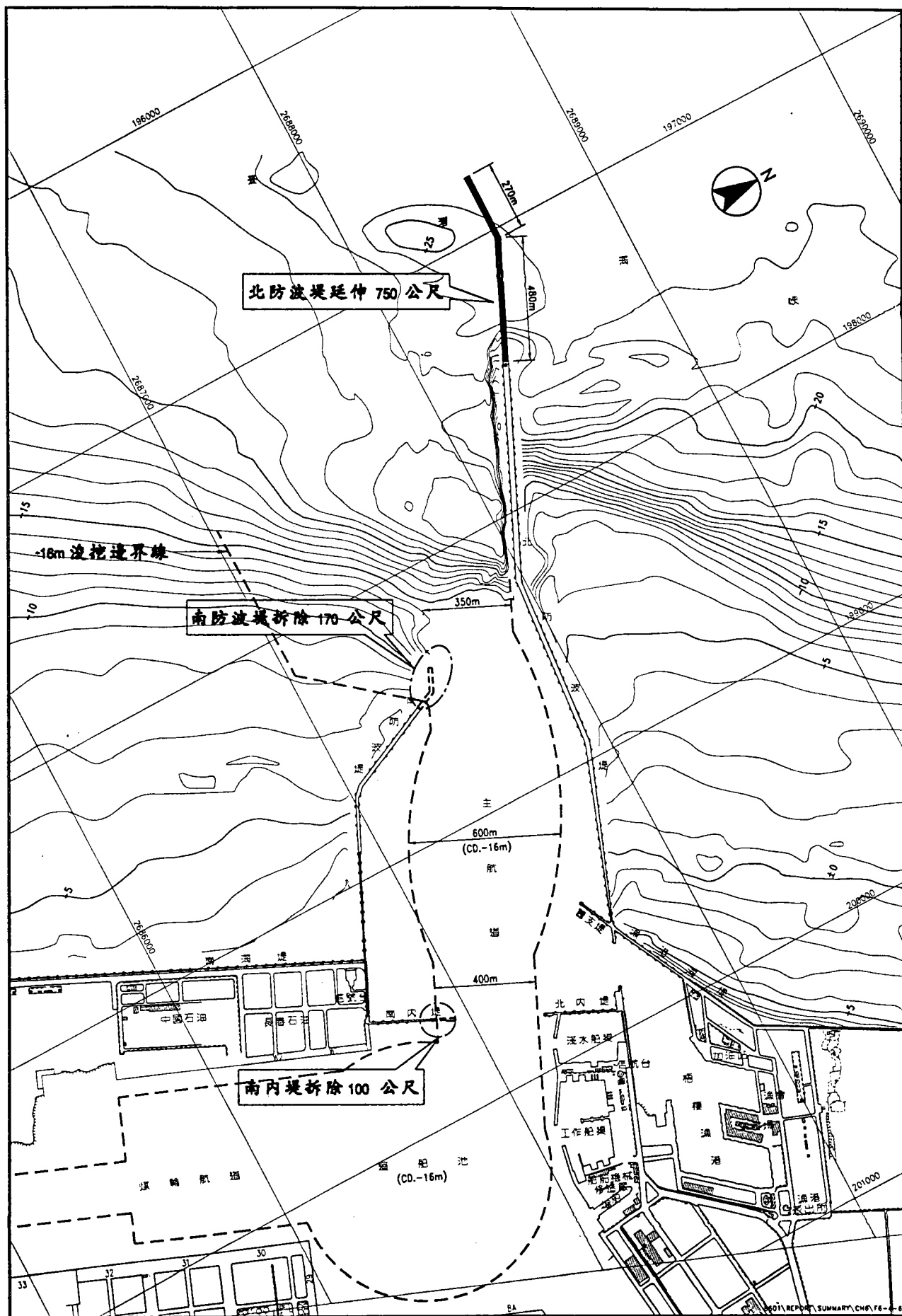


圖6-4-6 港口二期擴建替選方案五平面佈置圖

表6-4-6 替選方案五工程費用概估

單位：新台幣仟元

工程項目	單位	數量	單價	複價	備註
一、北防波堤延伸工程				1,823,000	含堤頭保護
1.CD.-20m~CD.-23m	m	130	2,100	273,000	
2.CD.-23m~CD.-25m	m	620	2,500	1,550,000	
二、南外堤拆除工程				141,100	含堤頭保護
1.沉箱堤段	m	170	830	141,100	
三、南內堤拆除工程				68,200	
1.沉箱堤段	m	36	550	19,800	
2.拋石堤段	m	64	350	22,400	
3.堤頭重建	式	1	26,000	26,000	
四、其他工程	式	1	107,700	107,700	
合		計		2,140,000	

註：1.本工程費估列僅含擴建工程主體項目，不含其他配合工程

2.工程費估列精度僅供方案評選使用

表6-4-7 替選方案六工程費用概估

單位：新台幣仟元

工程項目	單位	數量	單價	複價	備註
一、北防波堤延伸工程				1,823,000	含堤頭保護
1.CD.-20m~CD.-23m	m	130	2,100	273,000	
2.CD.-23m~CD.-25m	m	620	2,500	1,550,000	
二、南外堤拆除工程				141,100	含堤頭保護
1.沉箱堤段	m	170	830	141,100	
三、南內堤拆除工程				50,700	
1.沉箱堤段	m	36	550	19,800	
2.拋石堤段	m	14	350	4,900	
3.堤頭重建	式	1	26,000	26,000	
四、其他工程	式	1	105,200	105,200	
合		計		2,120,000	

註：1.本工程費估列僅含擴建工程主體項目，不含其他配合工程

2.工程費估列精度僅供方案評選使用

(七)替選方案六

1.計畫概要

如方案一～方案三、方案四之研究成果顯示，北防波堤延建 480m，在港口前緣所構成遮蔽區仍不足以確保領港登輪安全，及船舶進港前修正航向所需緩衝空間，則必須考慮將北防波堤延建 750m，以擴大遮蔽區緩衝空間，本方案堤線佈置方向沿現有北堤延長，其平面佈置如圖 6-4-7。南防波堤與南內堤拆除長度與方案一相同，以瞭解北防波堤不同延建長度對船舶進出港操航安全影響之相對性差異。

2.工程費及工期預估

(1)投資工程費

本方案主要工程內容為北防波堤延建 750m、南防波堤拆除沉箱式合成堤約 170m、南內堤拆除沉箱式合成堤 36m 及拋石堤 14m 與堤頭重建等工程，所需投資工程費用概估約新台幣 21.2 億元，詳表 6-4-7 所示。

(2)工期

根據本方案工程規模，預估所需施工期約四年。

(八)替選方案七

1.計畫概要

本方案平面配置如圖 6-4-8，北防波堤朝 W 向延建 480m，以儘可能配合未來可能闢建之外港計畫。南防波堤及南內堤之拆除規模均與方案一相同，各拆 170m 及 50m，以探討北防波堤不同佈置對船舶進港操航環境，與對港內靜穩度之影響。本方案港口水域之配置均與方案一相同。

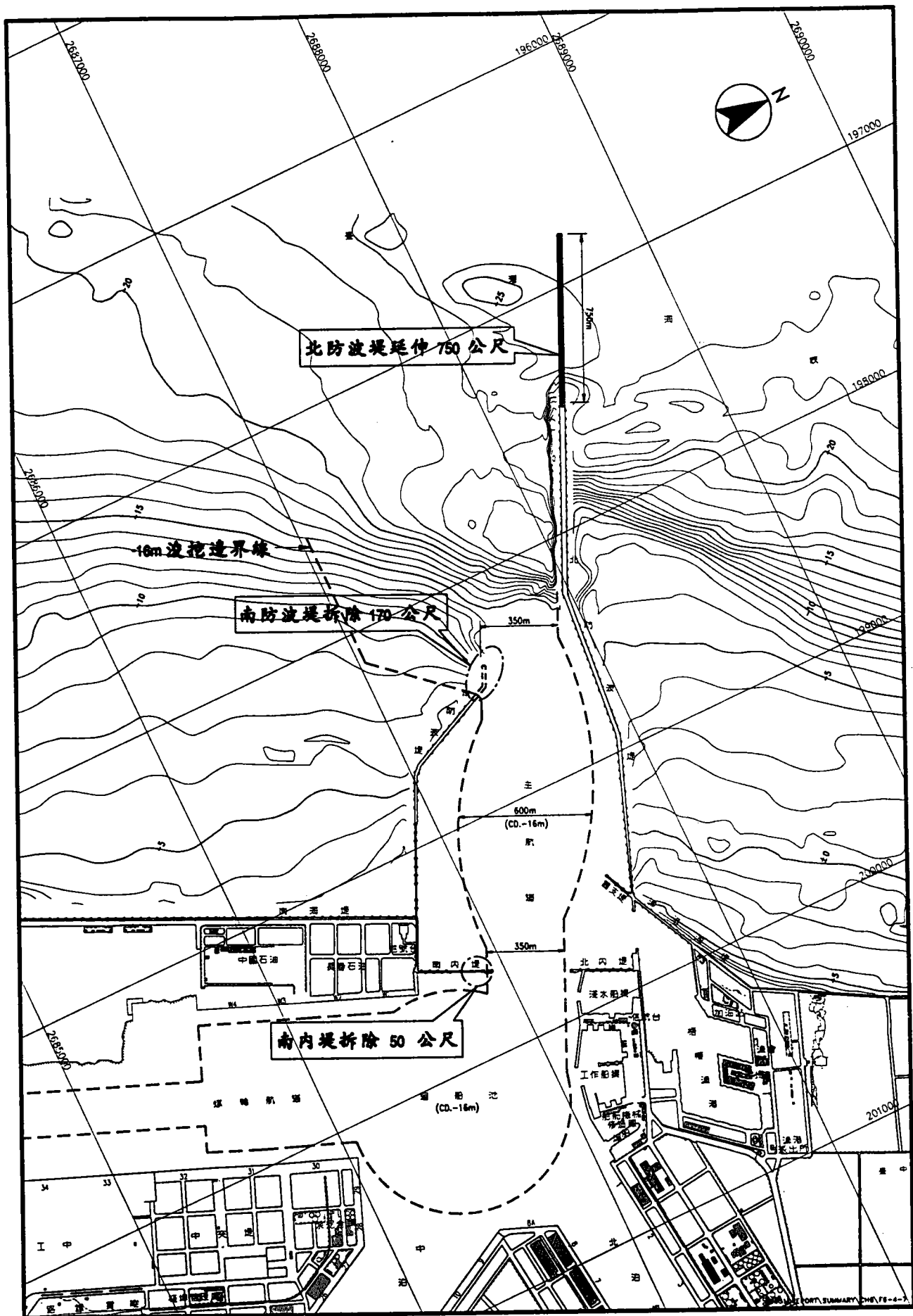


圖6-4-7 港口二期擴建替選方案六平面佈置圖

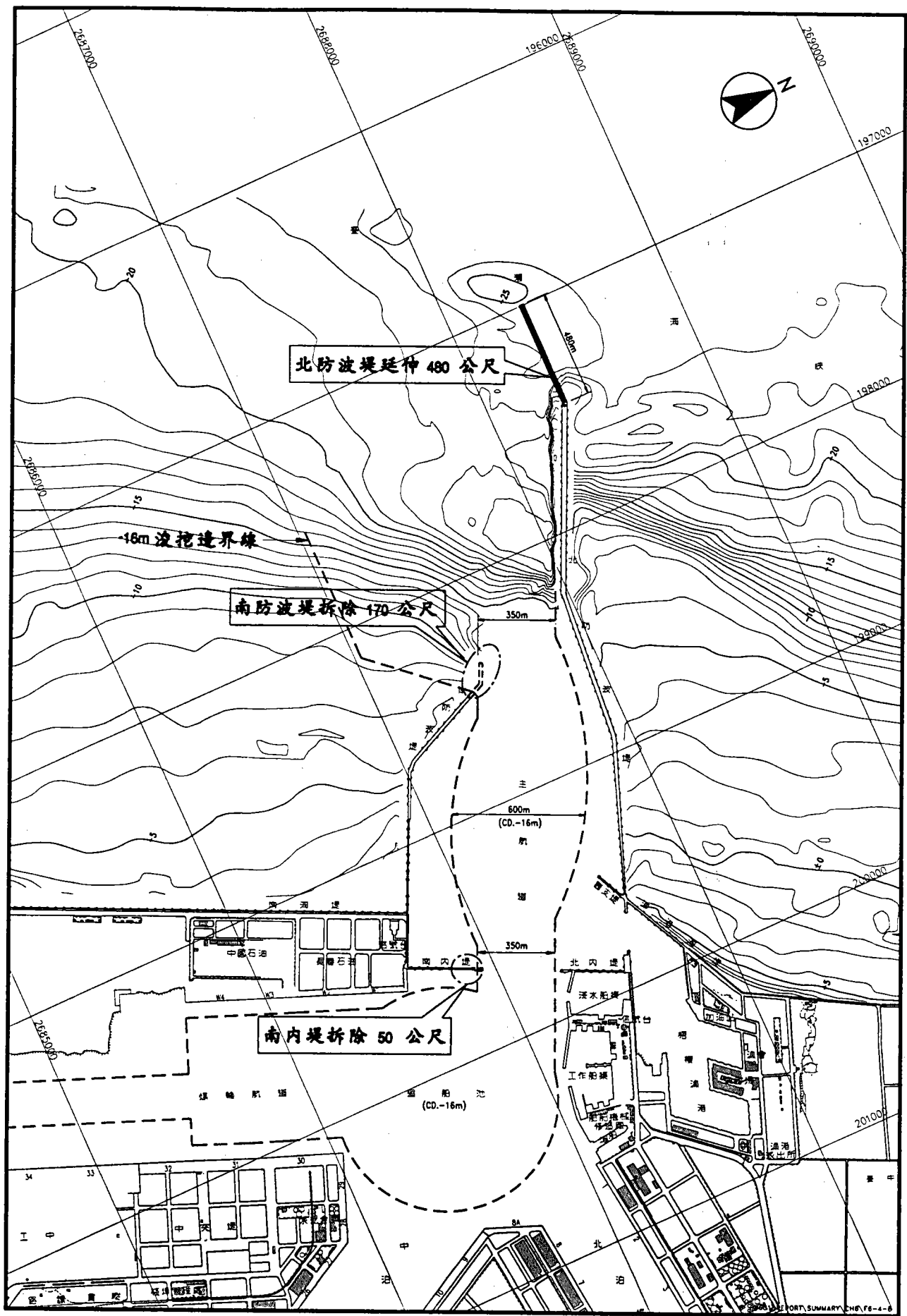


圖6-4-8 港口二期擴建替選方案七平面佈置圖

將來北防波堤轉朝 W 向延建後是否影響進港船操航？而外堤口及內堤口拓寬後，是否能提升計畫期望將計畫進港船舶 4,000TEU 貨櫃船船舶進港安全，則是本方案於確定遮蔽影響程度後，須再進一步進行評估研究。

2. 工程費及工期

(1) 投資工程費

本方案主要工程內容為北防波堤延建 480m、南防波堤拆除沉箱式合成堤約 170m、南內堤拆除沉箱式合成堤 36m 及拋石堤 14m 與堤頭重建等工程，所需投資工程費用概估約新台幣 14.2 億元，詳表 6-4-8 所示。

(2) 工期

根據本方案工程規模，預估所需施工期約三年。

(九) 替選方案八

1. 計畫概要

北防波堤延建長度 750m，與佈置與方案五相同，而南防波堤及南內堤拆除長度則與方案一相同，其平面配置詳圖 6-4-9。本方案在港口水域之配置均與方案一相同。

未來本方案研究重點在於不同北防波堤延伸之佈置，對船舶進出港操航，以及波浪作用於堤體之反射及導浪作用，與其他方案相較之優劣差異性，以提供較佳替選方案選定之參考。

2. 工程費及工期預估

(1) 投資工程費

本方案主要工程內容為北防波堤延建 750m、南防波堤拆除沉箱式合成堤約 170m、南內堤拆除沉箱式合

表6-4-8 替選方案七工程費用概估

單位：新台幣仟元

工程項目	單位	數量	單價	複價	備註
一、北防波堤延伸工程				1,156,000	含堤頭保護
1.CD.-20m~CD.-23m	m	110	2,100	231,000	
2.CD.-23m~CD.-25m	m	370	2,500	925,000	
二、南外堤拆除工程				141,100	含堤頭保護
1.沉箱堤段	m	170	830	141,100	
三、南內堤拆除工程				50,700	
1.沉箱堤段	m	36	550	19,800	
2.拋石堤段	m	14	350	4,900	
3.堤頭重建	式	1	26,000	26,000	
四、其他工程	式	1	72,200	72,200	
合 計				1,420,000	

註：1.本工程費估列僅含擴建工程主體項目，不含其他配合工程

2.工程費估列精度僅供方案評選使用

表6-4-9 替選方案八工程費用概估

單位：新台幣仟元

工程項目	單位	數量	單價	複價	備註
一、北防波堤延伸工程				1,823,000	含堤頭保護
1.CD.-20m~CD.-23m	m	130	2,100	273,000	
2.CD.-23m~CD.-25m	m	620	2,500	1,550,000	
二、南外堤拆除工程				141,100	含堤頭保護
1.沉箱堤段	m	170	830	141,100	
三、南內堤拆除工程				50,700	
1.沉箱堤段	m	36	550	19,800	
2.拋石堤段	m	14	350	4,900	
3.堤頭重建	式	1	26,000	26,000	
四、其他工程	式	1	105,200	105,200	
合 計				2,120,000	

註：1.本工程費估列僅含擴建工程主體項目，不含其他配合工程

2.工程費估列精度僅供方案評選使用

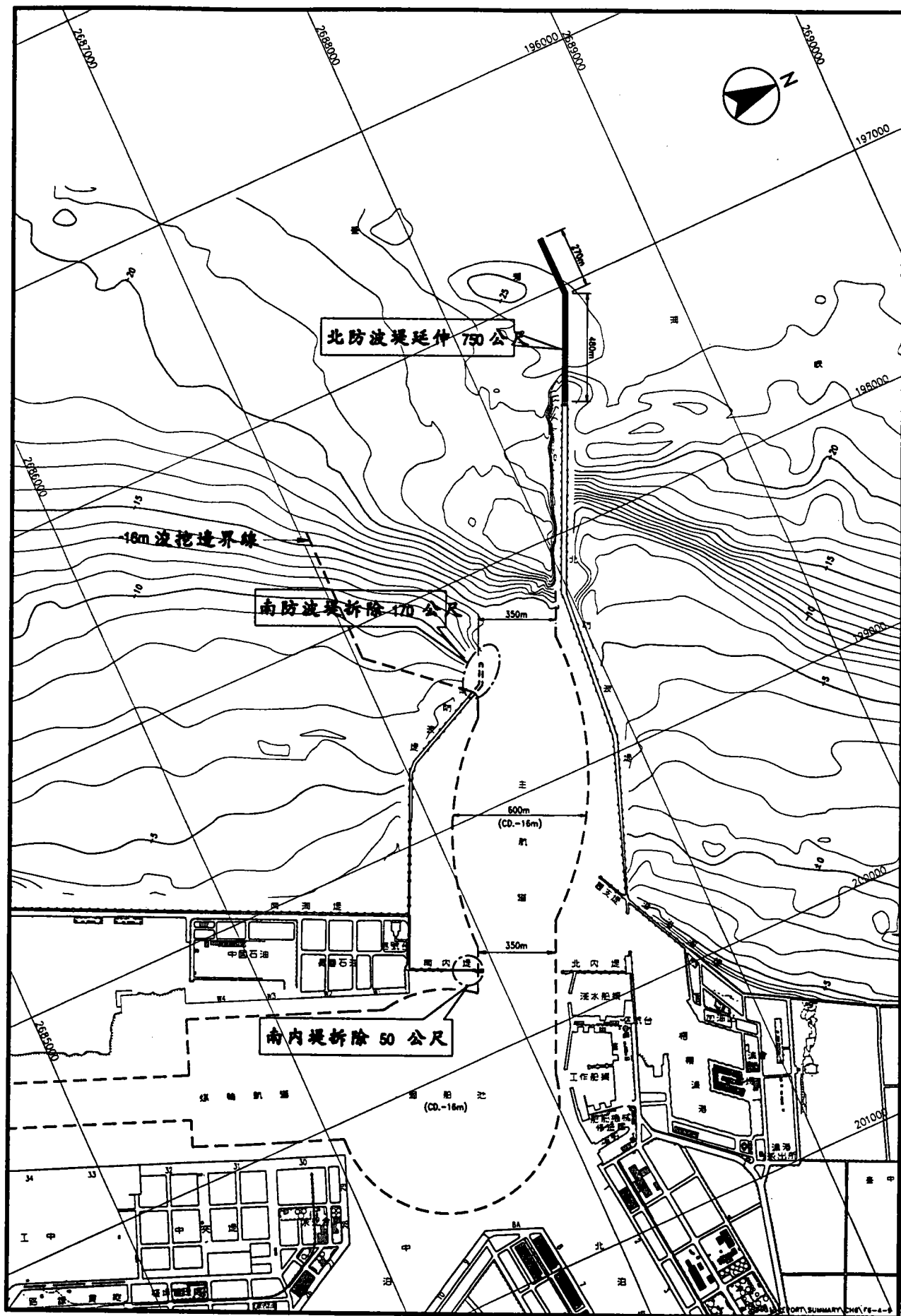


圖6-4-9 港口二期擴建替選方案八平面佈置圖

成堤 36m 及拋石堤 14m 與堤頭重建等工程，所需投資工程費用概估約新台幣 21.2 億元，詳表 6-4-9 所示。

(2)工期

根據本方案工程規模，預估所需施工期約四年。

(十)替選方案九

1.計畫概要

本計畫執行階段中，由快速(Fast-Time)操船模擬試驗、數值模擬計算及水工模型遮蔽試驗初步結果，顯示在滿足計畫船舶操航安全的需求下，應儘量縮小擴建規模，以減輕港池靜穩度降低之負面影響。此經本計畫第二次諮詢會議之專家、學者決議南防波堤拆除四座沉箱約 93m、南內堤拆除 50m，北防波堤依原堤線延長 480m 列為替選方案之一，其平面配置如圖 6-4-10。本方案在港口水域之配置均與方案一相同。

2.工程費及工期預估

(1)投資工程費

本方案主要工程內容為北防波堤延建 480m、南防波堤拆除沉箱式合成堤約 93m、南內堤拆除沉箱式合成堤 36m 及拋石堤 14m 與堤頭重建等工程，所需投資工程費用概估約新台幣 13.4 億元，詳表 6-4-10 所示。

(2)工期

根據本方案工程規模，預估所需施工期約三年。

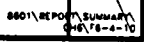


表6-4-10 替選方案九工程費用概估

單位：新台幣仟元

工程項目	單位	數量	單價	複價	備註
一、北防波堤延伸工程				1,148,000	含堤頭保護
1.CD.-20m~CD.-23m	m	130	2,100	273,000	
2.CD.-23m~CD.-25m	m	350	2,500	875,000	
二、南外堤拆除工程				77,190	含堤頭保護
1.沉箱堤段	m	93	830	77,190	
三、南內堤拆除工程				50,700	
1.沉箱堤段	m	36	550	19,800	
2.拋石堤段	m	14	350	4,900	
3.堤頭重建	式	1	26,000	26,000	
四、其他工程	式	1	64,110	64,110	
合 計				1,340,000	

註：1.本工程費估列僅含擴建工程主體項目，不含其他配合工程

2.工程費估列精度僅供方案評選使用

第七章 港口二期擴建替選方案評選

第七章 港口二期擴建替選方案評選

壹、各方案配合研究作業項目

本計畫所研擬之替選方案將配合進行電腦數值計算、水工試驗等研究工作，以期評估研選較佳替選方案。後續各替選方案配合作業研究項目如表7-1-1所示。

表 7-1-1 各替選方案配合作業研究項目一覽表

試驗研究項目	零方案	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	方案六	方案七	方案八	方案九
波浪繞射計算	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○
海流數值計算	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
遮蔽水工試驗	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○
FT 操船試驗	○	○	×	×	×	×	○	○	○	×
RT 操船試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○
漂沙水工試驗	○	×	×	×	×	×	×	×	×	○

一、波浪折繞射計算

本作業主要探討課題有以下三項：

- 課題一：北防波堤延伸對商港區及漁港水域靜穩度影響
- 課題二：南內、外堤拆除對商港區及漁港水域靜穩度影響
- 課題三：北防波堤延伸後所形成遮蔽區之範圍大小。

二、海流數值計算

本作業主要探討課題有以下兩項：

- 課題一：檢討南內堤拆除長度，對內堤口流速之影響。
- 課題二：建立港口鄰近海域流場，提供操船模擬試驗建立環境背景使用。

三、平面遮蔽水工模型試驗

由於波浪折繞射數值計算對短週期之季風波浪計算網格劃分仍有困難，故必須配合水工試驗，以更精確探討防波堤拆除對港內水域靜穩之影響程度。本作業主要探討課題有以下數項：

- 課題一：南防波堤拆除170m對漁港水域靜穩度之影響。
- 課題二：南內堤不同拆除長度對商港區水域靜穩度影響程度
- 課題三：北防波堤延伸後，西南向颱風及季風波浪作用於堤體所造成反射，對港口附近水域靜穩度影響。
- 課題四：較佳佈置方案漁港區水域靜穩度改善方案。

四、快速(Fast-Time)操船試驗

本試驗為先初步探討各替選方案船舶操航安全之相對安全性，以期可研選較佳方案進行真時(Real-Time)操船模擬試驗。本計畫擬利用快速(Fast-Time)操船試驗探討之課題如下：

- 課題一：北防波堤不同佈置對船舶進港安全助益相對性比較
- 課題二：船舶操航安全需求，所需南內堤拆除長度。

五、真時(Real-Time)操船試驗

快速(Fast-Time)操船試驗由於無法反應人為因素，故必須經由引水人實際進行真時(Real-Time)操船試驗，以期獲得更符合實際之結果。本作業主要探討之課題如下：

- 課題一：較佳方案計畫船舶進出港操航方式。
- 課題二：較佳方案計畫船舶安全航行之天候條件限制。
- 課題三：船舶安全通過內堤口所需拆除南內堤之寬度。

六、漂沙水工試驗

本作業主要探討課題有以下兩項：

- 課題一：北防波堤延伸後對北淤沙區地形變化之影響。
- 課題二：北防波堤延伸後港口南側海床地形變化趨勢。

貳、各替選方案數值計算、操船模擬及模型試驗成果摘述

本計畫為既有港口設施，進行局部擴建工作，依前述替選方案研擬之結果，尚待探討之重要課題可歸納為以下三項：

- 商港水域所能承受南防波堤及南內堤最大拆除長度
- 因應操航安全南防波堤及南內堤所需拆除長度
- 領港登輪及操航安全要求北防波堤較適延建長度及方向

為探討以上課題，本計畫除現況零方案以外，另研擬九個可能替選方案〔如上節〕。在方案評估前，將先進行波浪繞射計算、海流數值計算、遮蔽水工試驗、及快速(Fast-Time)操船模擬試驗等配合研究項目，以作為評選較佳替選方案之依據。經選出較佳替選方案後，再進行真時(Real-time)操船試驗及漂沙水工試驗，以確認較佳擴建方案之效果，並研擬港池穩靜改善方案以作為港口擴建之定案佈置。茲將各配合研究成果摘述如下。

一、港口靜穩度數值模擬計算成果摘述

本計畫於替選方案研擬階段，擬先利用電腦數值模擬計算，初步探討各擴建方案商港及漁港區水域之靜穩度。

(一) 計算模式建立及計算條件

1. 計算模式建立

數值計算為使用丹麥水工研究所發展之 MIKE21-NSW 近岸波浪模式。先計算外海波浪經海床地形淺化、折射作用後，近岸海域波浪分佈狀況。再依 MIKE21-EMS 波浪遮蔽模式，採橢圓緩坡方程式，計算港口遮蔽區及港內水域之靜穩度。

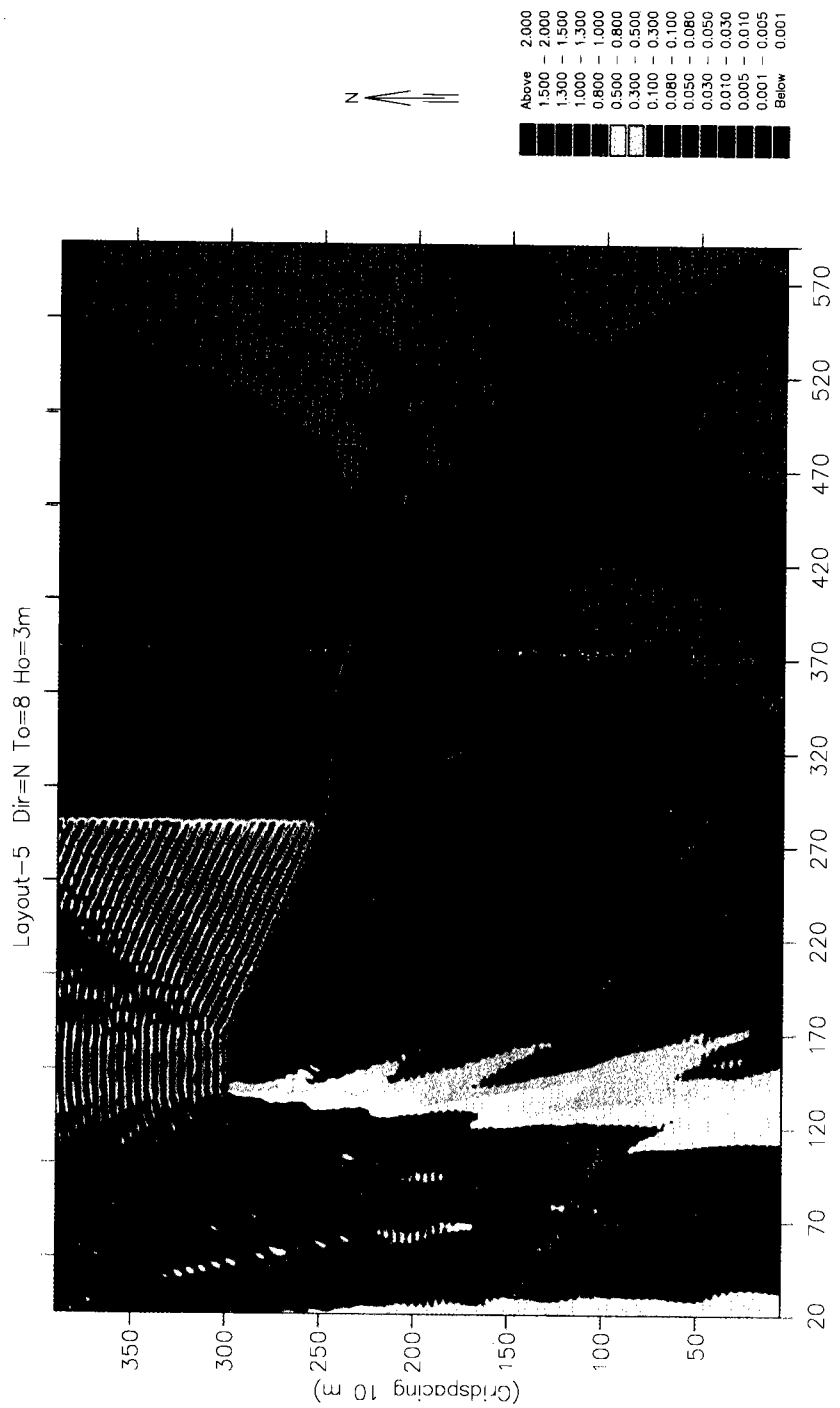


圖 7-2-1(b) N 向波浪作用下替選方案四 Kd 值分佈情形

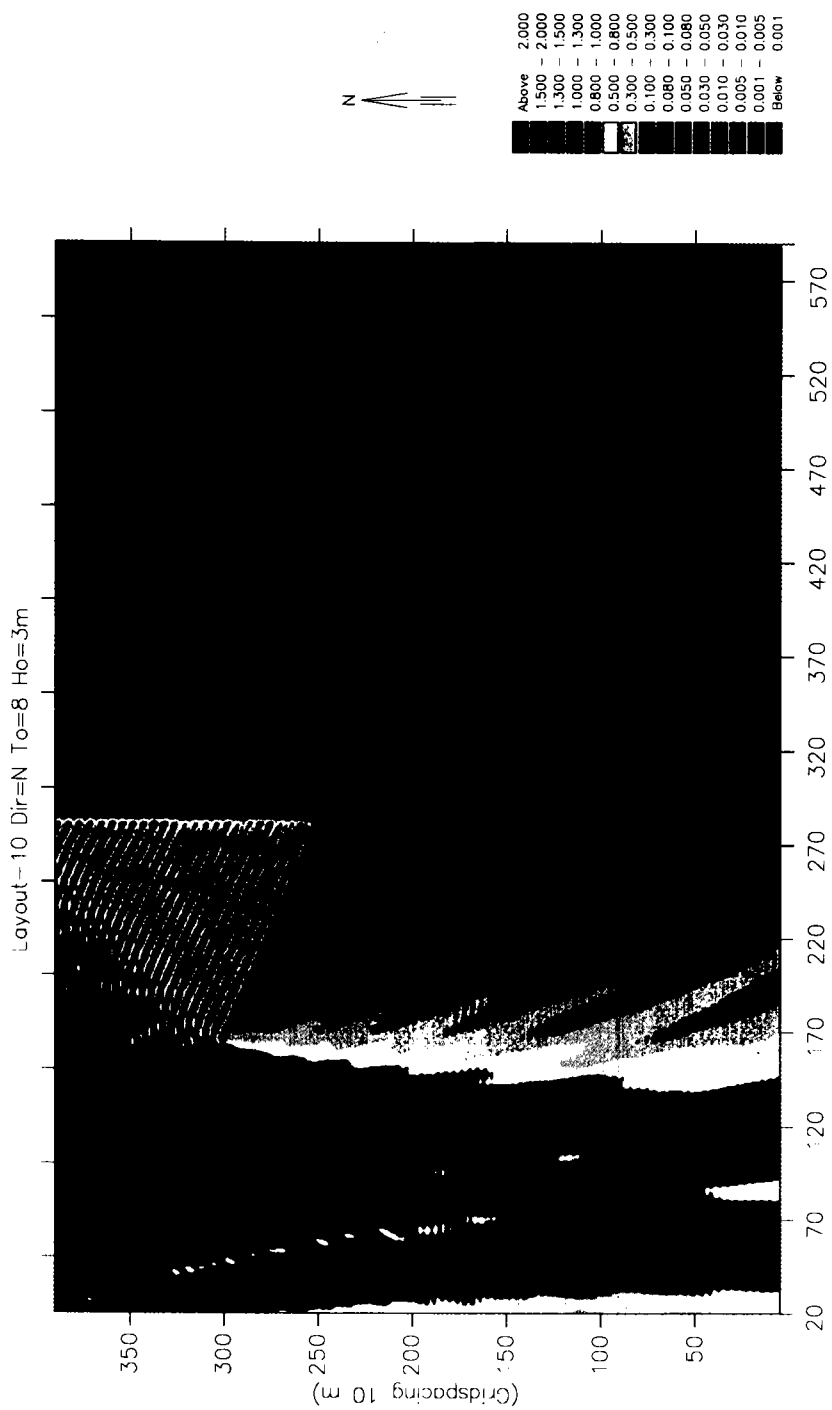
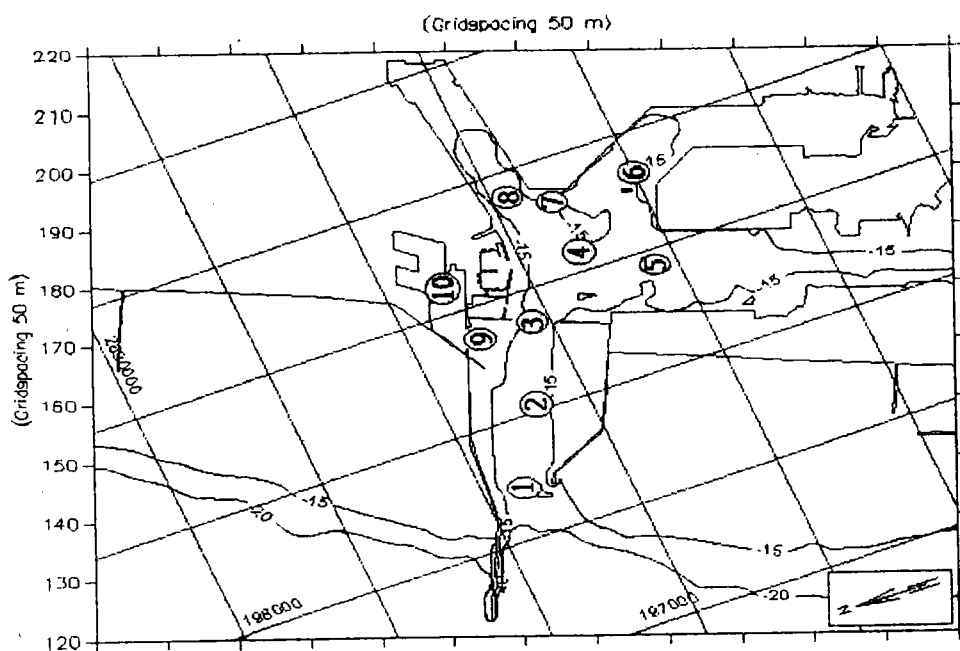


圖 7-2-1(c) N 向波浪作用下替選方案九 Kd 值分佈情形

表 7-2-1(a) 各替選方案N向波浪作用靜穩度比較表

方案別		零方案	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	方案九
區域	點位							
主 航 道	1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08	0.05
	2	0.1	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.08	<0.05
	3	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
迴船池	4	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
泊與 渠碼 入頭 口前	5	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	6	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.1	0.1	<0.05
	7	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	8	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
漁 港	9	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	10	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

註：各主要港內水域點位如下圖：



北防波堤所形成之遮蔽區外緣，對於大型船舶接領港時因為船長不敢太過於駛近港口，造成登輪地點移向外海側而不在目前遮蔽區內，此將影響領港登輪的安全。各替選方案中，防波堤延伸愈長者，相對所形成遮蔽區愈大。對於大型船舶的領港登輪也將愈有助益。另外對船舶進港前的船位、船速及船向的控制或調整，因有較穩靜的波浪場而變得較容易，相對也提升操航安全。

2. WNW 向波浪計算結果

本港現有航道朝 WNW 向，此方向波浪將長驅直入內港水域。由計算結果可知，既使零方案現狀佈置仍無法阻擋此方向波浪侵入，尤其在中泊渠入口之水域，繞射係數可能達到 0.5 左右，此種浪高對內港營運及碼頭結構影響不容忽視。

替選方案一～三航道開口寬度愈大，將使得較多波能進入迴船池，以致港內繞射係數 0.3 ~0.5 之範圍加大，但仍以中泊渠入口處波高較大。而方案四及方案五延建之北防波堤向西轉折後，將可阻擋 WNW 向波浪直接侵入港內水域，對減輕此方向波浪之威脅將有實質助益。各方案漁港區水域的繞射係數大致相近，換言之，在此入射波向作用下各替選方案之漁港水域靜穩度與現況佈置相較並未變差。各替選方案港內波浪繞射係數比較詳表 7-2-1(b) 所示。

3. W 向波浪計算結果

W 向波浪之波向線與現有北防波堤法線夾角約 67.5° ，波浪作用於北防波堤經反射作用後，在港口附近產生波形尖銳之短峰波現象，繞射係數值達 0.5 ~1.5 左右，此波浪對小型船隻航行之穩定性影響較大。

替選方案一～三不同的內堤口寬度並無法改善部份

表 7-2-1(b) 各替選方案WNW向波浪作用靜穩度比較表

方案別		零方案	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	方案九
區域	點位							
主 航 道	1	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	1.2
	2	0.8	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	0.7
	3	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5
迴船池	4	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
泊與 渠碼 入頭 口前	5	0.08	0.03	0.08	0.1	0.08	0.1	0.1
	6	0.5	0.2	0.5	0.3	0.5	0.3	0.2
	7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
	8	0.1	<0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.03
漁 港	9	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3
	10	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	<0.05	0.05

表 7-2-1(c) 各替選方案W向波浪作用靜穩度比較表

方案別		零方案	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	方案九
區域	點位							
主 航 道	1	1.5	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.2
	2	0.5	0.3	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4
	3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
迴船池	4	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
泊與 渠碼 入頭 口前	5	0.08	0.06	0.1	<0.05	<0.05	0.08	0.03
	6	0.07	0.06	0.08	0.08	0.1	0.2	0.2
	7	0.09	0.08	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1
	8	<0.05	<0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1
漁 港	9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03

重複波現象，方案四及方案五將擬延建之北防波堤向西轉折，亦無法改變此現象。港口前緣部份駐波之產生，主要因既有北防波堤延長 850m 所引起，北防波堤繼續延長，將增加駐波之影響範圍，但尚不致影響內港水域靜穩度。

W 向波浪對港內水域靜穩度之影響，主要在 8A 碼頭前緣，在零方案時繞射係數值約為 0.3。替選方案一～三航道寬度增加時，波高值並無增大，但影響範圍有向中泊渠擴大趨勢。此入射波向作用下，各替選方案漁港區水域之靜穩度相近且與現況佈置相較並未變差。各方案港內波浪繞射係數比較，詳表 7-2-1(c)所示。

4. WSW 向波浪計算結果

WSW 向波浪波向線與北防波堤法線夾角約 45° ，波浪作用於北防波堤在港口附近同樣產生短峰波現象，繞射係數值仍維持 1.0 左右。各種延建北防波堤方案對港口短峰波現象皆無改善。防波堤愈長，短峰波影響範圍愈大。

此方向波浪對港內水域之影響，零方案迴船池及 8A 碼頭前緣水域波浪繞射係數值約 0.1~0.2；方案一～三將航道水域拓寬後，上述水域波浪繞射係數增加至 0.2~0.3。不過各替選方案漁港區水域之靜穩度與現況佈置相近，漁港口繞射係數值約 0.2；漁港內則小於 0.05。各替選方案港內波浪繞射係數比較詳表 7-2-1(d)所示。

5. SW 向波浪計算結果

SW 向波浪波向線與北防波堤法線夾角約 22.5° ，波浪作用於北防波堤將產生短峰波，但波高值並無特別增大現象。

北防波堤將此方向波浪反射至港口南側，在零方案時港內水域波浪繞射係數值多在 0.1 以下，靜穩度尚稱良好；而方案一～三將航道水域拓寬後，迴船池水域波浪繞

表 7-2-1(d) 各替選方案W S W向波浪作用靜穩度比較表

方案別		零方案	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	方案九
區域	點位							
主 航 道	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
迴船池	4	0.05	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2
泊與 渠碼 入頭 口前	5	<0.05	0.08	<0.05	0.08	0.05	0.08	0.06
	6	0.05	0.08	0.2	0.2	0.2	0.2	0.08
	7	0.08	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
	8	<0.05	0.1	<0.05	<0.05	0.05	0.05	0.03
漁 港	9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	10	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.02

表 7-2-1(e) 各替選方案S W向波浪作用靜穩度比較表

方案別		零方案	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	方案九
區域	點位							
主 航 道	1	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.6
	2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
迴船池	4	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1
泊與 渠碼 入頭 口前	5	<0.05	0.08	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.03
	6	0.06	0.08	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
	7	<0.05	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.05
	8	<0.05	0.1	<0.05	0.05	0.08	0.08	0.03
漁 港	9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	10	<0.05	0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

射係數值增加至 0.2~0.3 左右。各替選方案漁港區水域之靜穩度與現況佈置相近，漁港口繞射係數值約 0.2；漁港內則小於 0.05。各替選方案港內波浪繞射係數比較詳表 7-2-1(e)所示。

(三) 模擬結果討論

綜合前節港口靜穩度數值計算成果，所呈現港內水域波浪繞射係數僅為港內波高與外海入射波高之比值。為檢討實際影響程度，必須依外海全年波高、週期、及波向分佈實測資料，以綜合分析港內波高出現機率。

由於本港外海並無長期波向資料，本案為保守起見，假設外海風向與波向一致，同時在颱風來襲時，假設其波向皆為影響本港最嚴重 WNW 向，則依上述港內水域靜穩度計算結果、本港長期波高週期觀測成果、以及本港 50 年迴歸期設計波高推算結果，可計算得各替選方案港內各主要水域波高出現機率及可能出現最大波高詳表 7-2-2 所示。

一般國際港埠規劃基準，港內無法作業時間(碼頭前緣波高小於 0.8m 以下) 全年應小於 5% 以下。依上述計算成果，本計畫依各替選方案延長北防波堤及拓寬航道後，港內主要繫泊碼頭水域仍可符合靜穩度之基本需求。但就 8A 碼頭前緣部份侵入波高可能大於設計要求。

本計畫所研擬之各替選方案主要是不同北防波堤延長方式與不同南內、外堤拆除長度的組合而成。因此針對此兩部份對港池靜穩影響及港口遮蔽效果說明如下：

1. 北防波堤延長後遮蔽範圍影響

北防波堤延長主要目的為在港口前緣形成浪、流穩靜之遮蔽區，以提高領港登輪安全性；同時對於船舶進入港

表 7-2-2 各替選方案港內各水域波高出現機率比較表

單位：%

區域別	波高分佈	零方案	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	方案九
外港口	<0.5M	76.4	74.6	71.2	71.2	74.6	76.4	76.4
	0.5~1.0M	11.3	9.6	10.0	10.0	9.6	11.3	15.1
	1.0~1.5M	7.9	7.6	11.7	10.6	7.6	7.9	6.5
	1.5~2.0M	2.9	5.4	4.6	5.4	5.4	2.9	0.8
	>2.0M	1.5	2.8	2.5	2.8	2.8	1.5	1.2
漁港口	<0.5M	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9
	0.5~1.0M	0.0	1.1	0.0	0.0	1.1	1.1	1.1
	1.0~1.5M	1.1	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0
	1.5~2.0M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	>2.0M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
迴船池	<0.5M	95.9	98.9	94.5	95.9	97.6	94.5	94.3
	0.5~1.0M	3.0	0.0	4.4	3.0	1.3	4.4	4.6
	1.0~1.5M	0.0	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0
	1.5~2.0M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	>2.0M	1.1	0.0	1.1	1.1	0.0	1.1	1.1
8A碼頭前	<0.5M	98.9	100.0	100.0	100.0	98.9	100.0	98.9
	0.5~1.0M	1.1	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	1.1
	1.0~1.5M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.5~2.0M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	>2.0M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
北泊渠	<0.5M	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	0.5~1.0M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.0~1.5M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.5~2.0M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	>2.0M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
中泊渠	<0.5M	95.9	98.9	95.9	98.9	98.9	95.9	98.9
	0.5~1.0M	3.0	1.1	3.0	0.0	0.0	3.0	1.1
	1.0~1.5M	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0
	1.5~2.0M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	>2.0M	1.1	0.0	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0

口前能有較穩靜水域調整船位與船向。

各替選方案北防波堤不同延伸長度及方向所形成遮蔽區面積、遮蔽航線長度及遮蔽航行時間如表 7-2-3 所示。其中北防波堤延建 480m，遮蔽範圍將擴大並涵蓋目前規定之距港口 0.5 浬領港登輪點，且遮蔽航行時間由現況佈置的 5 分鐘明顯增至 9.3 分鐘，此對船隻進港操航安全很有助益。北防波堤延建 750m 之方案遮蔽區範圍雖然更大，但遮蔽航行時間增加有限。

表 7-2-3 北防波堤不同延建規模遮蔽範圍比較

方案別	零方案	方案一～三	方案四	方案五
北防波堤延伸長度	0m	480m	480m	750m
遮蔽區面積	44ha	152ha	140ha	202ha
遮蔽航線長度	920m	1,714m	1,643m	1,928m
遮蔽區航行時間	5min	9.3min	8.9min	10.5min

註：1.遮蔽區面積以 N 向波浪作用時，0.5 等繞射係數線與 -15m 等深線所包圍面積。

2.遮蔽航線長度為目前 060 航線進入遮蔽區後至外堤口前距離(不含南防波堤拆除增加之長度)。

3.遮蔽區航行時間為假設船舶以 6 節航速行經遮蔽航線所需時間。

2.北防波堤延長對港口附近水域靜穩度影響

北防波堤延長雖可遮蔽東北季風風浪，但在夏季西南向季風或颱風波浪來襲時，對港內水域靜穩度反而有不利影響。北防波堤延建後，當 W~SW 向波浪作用於直立堤體，波浪經反射作用與入射波高形成短峰波現象，在 W 向波浪作用時繞射係數可達到 1.5 左右，其他 WSW 及 W 向波浪約在 1.0 左右。

由於已完成之北防波堤延長段已有消波設施，本數值模擬無法完全考量波浪能量損失現象，上述理論繞射係數

值可能有偏大趨勢。但此波形尖銳之短鋒波，仍將影響小型船隻航行穩定性。

將來如北防波堤繼續延長後，將使反射波浪影響範圍加大，此延長堤段之反射浪並不致作用於港口附近水域，該水域之影響主要為既有已延長堤段所控制。

3. 北防波堤延長對港內水域靜穩度影響

依各方向波浪試驗結果，WNW 向波浪將直接貫入港內，其他 W~SW 向波浪之波向線與北防波堤法線夾 22.5° ~ 67.5° ，波浪經堤體反射後所形成短鋒波主要分佈於北防波堤堤頭至內堤口港外及主航道水域，對內港區水域靜穩度影響並不顯著。

4. 航道拓寬對港內水域靜穩度影響

南內、外堤拆除部份堤體以拓寬航道後，將使得侵入港內波能增大。由於本港航道方向朝 WNW 向，此方向波浪將直接侵入港內水域，將來受到影響最大者為迴船池、北突堤碼頭區前緣、及中泊渠入口附近水域。

零方案波浪繞射係數值將可能達 0.3 ~ 0.5 左右。而替選方案一~方案三將港口航道拓寬 50m~100m 後，港內迴船池附近水域波高並無明顯增大趨勢，但其影響範圍則有向中泊渠擴大現象。方案四將北防波堤向西轉折，對阻擋 WNW 向波浪直接侵入將有顯著助益；方案五北防波堤沿原有方向延建 480m 再向西轉折 270m，對阻擋 WNW 向波浪侵入之功能並不明顯。

其他 W ~ SW 向波浪對港內水域靜穩度之影響，主要集中於港口主航道。替選方案一~方案三將航道拓寬後，侵入港內波能將略為增加，但影響幅度仍十分有限。

二、平面水工模型遮蔽試驗成果摘述

港口靜穩度數值模擬受到電腦容量限制，對短週期之季風波浪計算網格劃分仍有困難，故必須利用水工模型試驗，以更精確探討防波堤拆除對港內水域靜穩之影響程度。

(一) 試驗設備及條件

1. 試驗設備

本試驗係於港灣技術研究所第一試驗場棚執行，平面水槽之尺寸為 $60\text{m} \times 50\text{m} \times 1\text{m}$ ，造波機為丹麥 D.H.I 製造平面不規則造波機，波浪之量取以高精度與高靈敏度之容量型波高計擷取水位變化訊號。資料擷取系統為本所自行研發之資料及時擷取系統，可快速掃描輸入訊號並記錄之。

2. 模型縮尺

本試驗採用等縮尺模型，以重力控制各物理性，其長度縮尺採用 $1/100$ 。試驗模型採用固定底床，依據模型縮尺將整個台中港依水深及構造物製作於整個水槽內，模型製作範圍如圖 7-2-2 所示。

3. 試驗量測

本試驗為求易於各方案之比較分析，在整個試驗模型內，共佈置 48 支容量型波高計，以擷取同時間整個平面水槽內之水位變化，48 支波高計之佈置如圖 7-2-2 所示。波高量測採樣頻率每一波高計皆取相同。採樣速度為 40Hz ，連續擷取 3 分鐘，擷取訊號經過增幅器放大訊後，再以類比訊號方式儲存於個人電腦內，經分析資料再轉換成數位訊號分析。

4. 試驗條件

本試驗共採 4 個波向，每個波向採用三組波浪條件，並分規則波及不規則波兩種波浪型態，波浪試驗條件如表

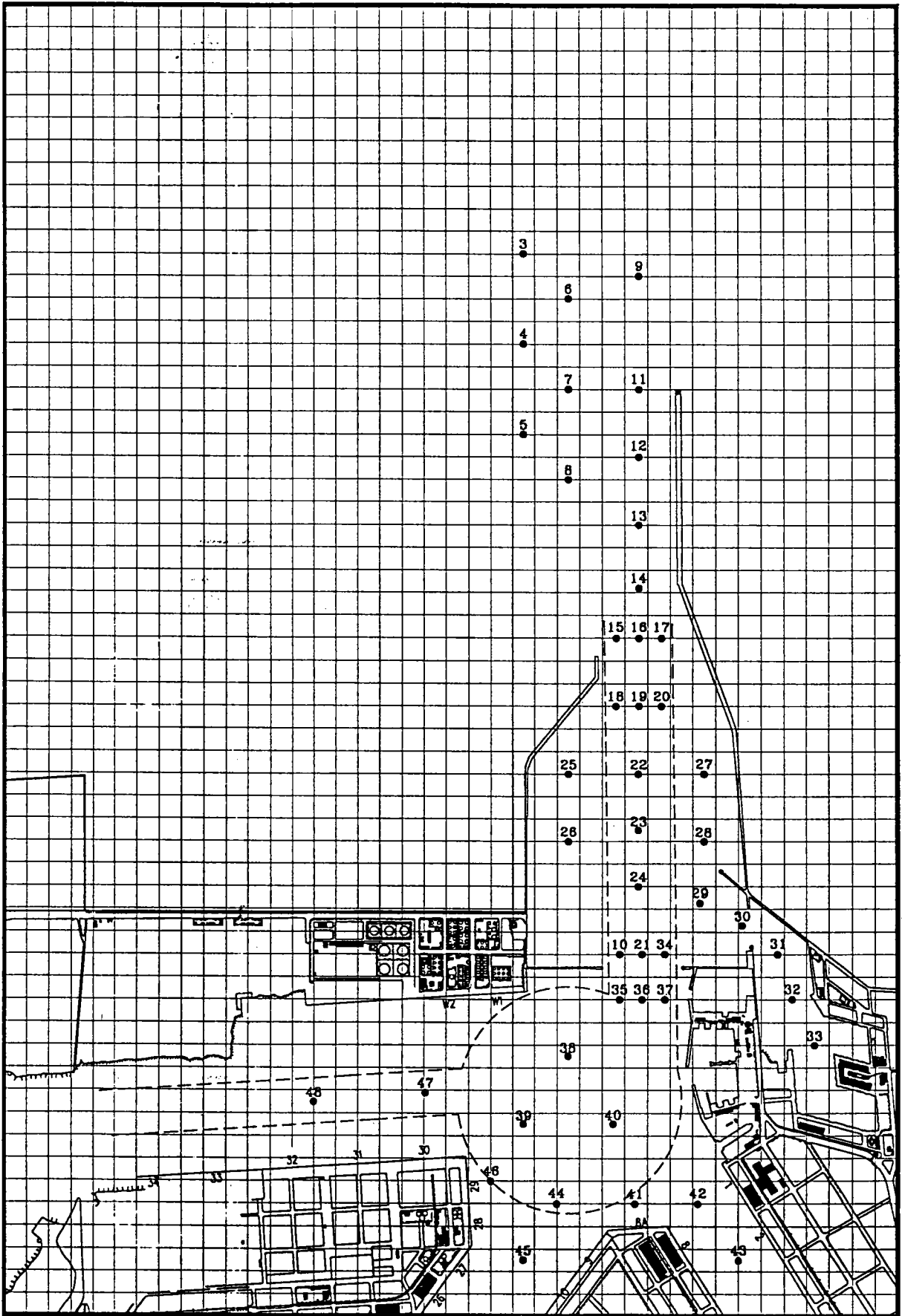


圖 7-2-2 遮蔽試驗模型範圍及量測佈置圖

7-2-4。本試驗採等比例縮尺，其長度縮尺為 $1/100$ ，時間縮尺為 $1/10$ 。

(二) 試驗結果

本試驗共佈置 48 支容量式波高計，分佈整個模型區域。為便於比較各個區域在各種入射條件下之遮蔽效應，茲將整量測範圍區分成如圖 7-2-3 所示 15 個部份，分別為登輪區、外航道、外航道入口前、外航道入口後、內航道、內航道入口前、內航道入口後、迴船池、8A 碼頭區、9 號碼頭區、29 號碼頭區、30 號至 32 號碼頭區、漁港口、漁港航道口等。茲就各擴建替選方案港池靜穩度影響說明如下。

1. 南防波堤拆除對漁港水域靜穩影響

南防波堤拆除部份堤段後將加大外堤口寬度，偏西南向波浪侵入外堤口之能量加大，對漁港水域之影響亦會加大。外堤口拆除之影響可從零方案與替選方案一、六、七、八等同樣拆除南內堤 50m、南防波堤 170m 之配置試驗結果比較中求出。

表 7-2-5 為前述各方案在各波向影響下之漁港內靜穩度比較表，其中示性波高係以 50 年迴歸期颱風浪換算過之波高值。從表中可看出，各方案拆除南防波堤 170m 後，漁港內靜穩度明顯降低。因此，南防波堤如能適當縮減拆堤規模應有助於降低對漁港衝擊。

依一般漁港水域靜穩度需求，在繫泊水域平時水面波高應儘可能小於 0.3m 以下，在颱風來襲時波高應小於 0.5m 以下。依本試驗結果，各方案在颱風來襲時漁港內航道最大僅可能產生約 0.5m 之波高，漁港繫泊水域靜穩度尚佳，皆可符合漁船泊靠需求。

表 7-2-4 平面遮蔽水工模型試驗試驗條件

	波向	試驗條件	週期 (sec)	波高 (m)	水位 (m)
規則波	SW	條件一	11.7	6.8m	+5.86m
		條件二	8.0	3.0	+4.93m
		條件三	6.0	3.0	+4.93m
	WSW	條件一	11.3	6.3m	+5.86m
		條件二	8.0	3.0	+4.45m
		條件三	6.0	3.0	+4.45m
	W	條件一	10.9	5.9m	+5.86m
		條件二	8.0	3.0	+4.45m
		條件三	6.0	3.0	+4.45m
	WNW	條件一	11.5	6.6m	+5.86m
		條件二	8.0	3.0	+4.45m
		條件三	6.0	3.0	+4.45m
不規則波	SW	條件一	11.7	6.8m	+5.86m
		條件二	8.0	3.0	+4.93m
		條件三	6.0	3.0	+4.93m
	WSW	條件一	11.3	6.3m	+5.86m
		條件二	8.0	3.0	+4.45m
		條件三	6.0	3.0	+4.45m
	W	條件一	10.9	5.9m	+5.86m
		條件二	8.0	3.0	+4.45m
		條件三	6.0	3.0	+4.45m
	WNW	條件一	11.5	6.6m	+5.86m
		條件二	8.0	3.0	+4.45m
		條件三	6.0	3.0	+4.45m

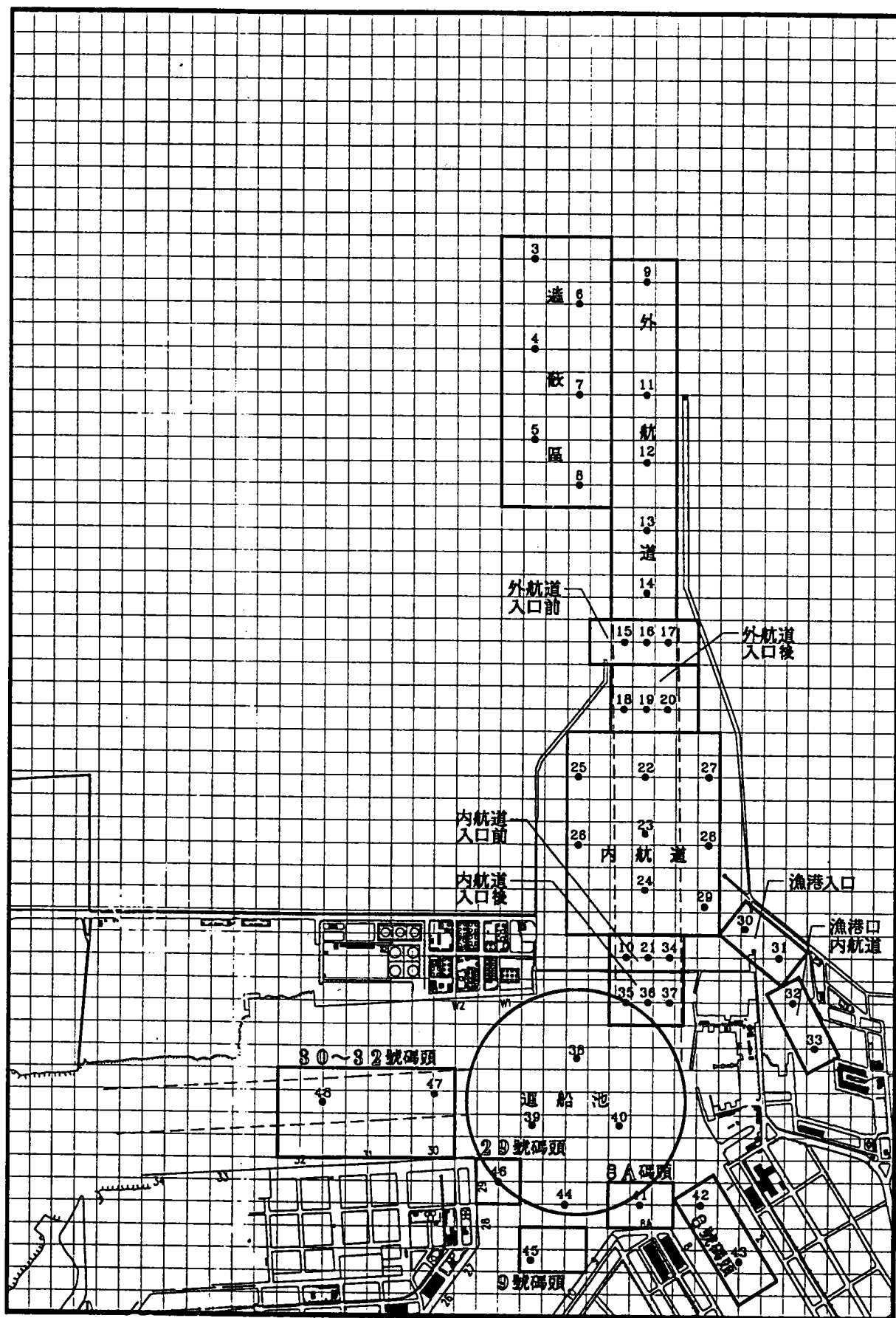


圖 7-2-3 遮蔽試驗模型區域位置劃分示意圖

表7-2-5 南防波堤拆除對漁港水域(漁港內航道)靜穩影響

波向		現狀佈置	方案一	方案六	方案七	方案八	方案九
WNW	繞射係數	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.06
	示性波高	39.6 cm	46.2 cm	46.2 cm	52.8 cm	46.2 cm	39.6 cm
W	繞射係數	0.05	0.08	0.08	0.09	0.07	0.06
	示性波高	29.5 cm	47.2 cm	47.2 cm	53.1 cm	41.3 cm	35.4 cm
WSW	繞射係數	0.05	0.07	0.08	0.07	0.06	0.06
	示性波高	31.5 cm	44.1 cm	50.4 cm	44.1 cm	37.8 cm	37.8 cm
SW	繞射係數	0.05	0.06	0.07	0.05	0.05	0.05
	示性波高	34.0 cm	40.8 cm	47.6 cm	34.0 cm	34.0 cm	34.0 cm

註：表列Kd值及波高為各試驗區內最大值

表7-2-6 南內堤拆除對商港水域(8A碼頭)靜穩影響

波向		現狀佈置	方案一	方案二	方案三	方案九
WNW	繞射係數	0.25	0.32	0.34	0.35	0.35
	示性波高	1.7 m	2.1 m	2.2 m	2.3 m	2.3 m
W	繞射係數	0.30	0.33	0.35	0.37	0.33
	示性波高	1.8 m	1.9 m	2.1 m	2.2 m	1.9 m
WSW	繞射係數	0.24	0.28	0.28	0.29	0.23
	示性波高	1.5 m	1.8 m	1.8 m	1.8 m	1.4 m
SW	繞射係數	0.22	0.26	0.29	0.31	0.23
	示性波高	1.5 m	1.8 m	2.0 m	2.1 m	1.6 m

註：表列Kd值及波高為各試驗區內最大值

表7-2-7 北防波堤延建對港外遮蔽區水域(登輪區)靜穩影響

波向		現狀佈置	方案一	方案六	方案七	方案八	方案九
WNW	繞射係數	1.04	1.01	1.07	1.08	1.08	1.04
	示性波高	6.9 m	6.7 m	7.1 m	7.1 m	7.1 m	6.9 m
W	繞射係數	1.04	1.23	1.19	1.07	1.18	1.02
	示性波高	6.1 m	7.3 m	7.0 m	6.3 m	7.0 m	6.0 m
WSW	繞射係數	1.07	1.07	1.01	0.93	1.13	1.05
	示性波高	6.7 m	6.7 m	6.4 m	5.9 m	7.1 m	6.6 m
SW	繞射係數	1.16	1.39	1.47	1.26	1.30	1.28
	示性波高	7.9 m	9.5 m	10.0 m	8.6 m	8.8 m	8.7 m

註：表列Kd值及波高為各試驗區內最大值

2. 南內堤拆除對商港內部水域靜穩影響

南內堤拆除部份後，通過外堤口之波能將更易進入港內水域，各不同拆除規模對港內水域影響可從零方案與替選方案一、二、三等同樣拆除南防波堤 170m、延長北防波堤 480m 之配置試驗結果比較中求出。

由於港內水域主要受侵入波浪影響之區域為面對港口之 8A 碼頭水域。從試驗結果亦可看出除迴船池外，其他區域靜穩均明顯優於 8A 碼頭。茲就 8A 碼頭前水域各波向影響下之靜穩度比較如表 7-2-6，其中示性波高係以 50 年迴歸期颱風浪換算之波高值。從表中可看出，各方案在拆除南防波堤 170m 及將北防波堤沿原堤線方向延建 480m 後，港內靜穩度(8A 碼頭前)明顯降低，靜穩度隨著南內堤拆除長度加大而變差，故南內堤之拆除寬度仍以儘量縮短為宜。

3. 北防波堤延伸對港口附近水域靜穩影響

北防波堤延伸將會阻擋北向波浪進入港口，對冬季期間港外水域可提供良好之遮蔽環境作為登輪區(詳數值計算)，但此在夏季期間將相對成為西南向波浪反射堤體，使航道附近水域靜穩程度受影響。

茲整理現狀佈置、替選方案一、六～八在不同北防波堤延建方式下，經水工試驗求得之登輪區水域靜穩情形如表 7-2-7，其中示性波高係以 50 年迴歸期颱風浪換算之波高值。由表中可看出北防波堤延建將使夏季偏西南向波浪受堤體阻擋，反射至港口外水域，各替選方案登輪區之靜穩度較現狀佈置稍差。

惟因台中港海域夏季除颱風侵襲期間外波高普遍偏低。根據台中港務局在北防波堤外海所觀測之波浪分佈，夏季期間極大部份時間波高均小於 1.5m，其中波高小於

領港登輪區；C 點表北堤區；D 點表外堤口區；E 點表主航道區；F 點表內堤區；G 點則表迴船池區。茲就各計算方案模擬結果所反映之流場特性比較說明如後。

1. 北防波堤延建對流場影響

(1) 延建長度對流速流向影響

根據替選方案一、六及零方案，在 $20\text{m}/\text{sec}$ 風速下，於 A、B、C、D 點隨潮位變化的流速、流向比較發現北防波堤延伸後，A 點的流速於高潮時段將有增大的現象，而於低潮時段則將有減小的情況。其中又以北防波堤沿原有堤線延長 750m 的方案六較方案一明顯(高潮時約增大 $25\text{cm}/\text{sec}$ 。而低潮時約減小 $25\text{cm}/\text{sec}$)，此流速增大或減小的原因主要為北防堤堤頭強制裂流(因結構物造成)流束，隨北防波堤的延長而往西移動。

零方案中 B 點於高潮時段流速約 $120\text{cm}/\text{sec}$ ，而方案一及方案六則大幅減小至約 $10\sim 30\text{cm}/\text{sec}$ ，且其中以方案一的流速稍大。但方案一、六中 B 點於低潮時段的流速則較零方案稍大，約增加 $10\text{cm}/\text{sec}$ 。其原因與上述分析結果相同，由於裂流流束中心偏離 B 點往西移動所致。

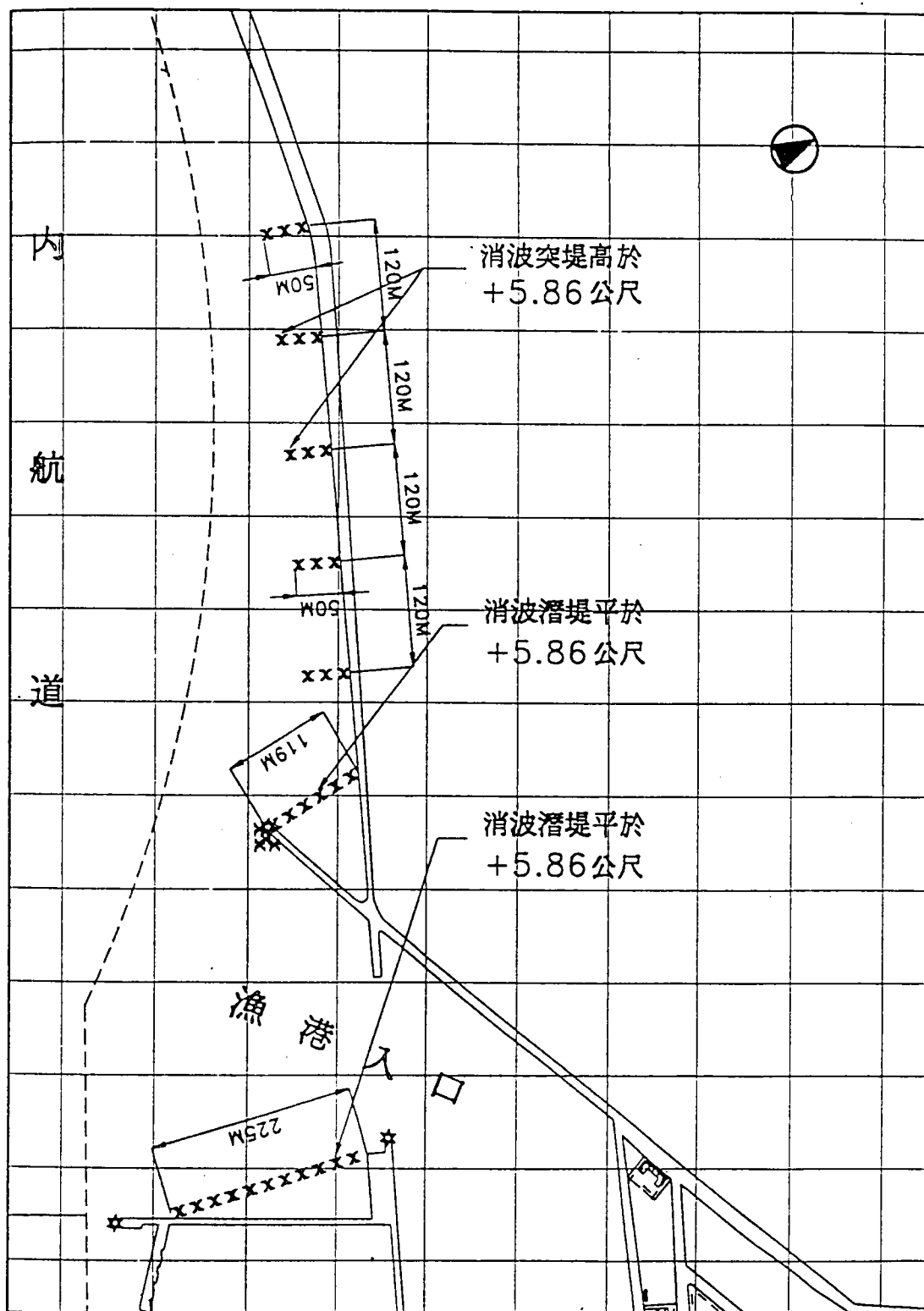
至於 C、D 及 F 點於不同方案下之流速變化比較結果，則呈現流速分佈近似之情形，不過方案一、六於平潮時段之流速仍較零方案小。

(2) 延建方向對流速流向影響

由方案六、八及零方案在 B、D 點流速流向分佈之比較結果可知，高潮時段 B 點的流速於方案六、八皆明顯較零方案減小，但於低潮時段則較零方案稍大。方案六、八之北防波堤延建長度均為 750m ，但其中方案八有轉折，其 B 點流速相對較方

表7-2-8 各方案名次比較表

方案 \ 方向	WSW		WNW		SW		W		各方向		總計	
	規則波	不規則波	規則波	不規則波	規則波	不規則波	規則波	不規則波	規則波	不規則波	積分	名次
0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1
1	5	6	4	7	3	3	4	3	3	5	43	4
2	7	4	6	5	6	5	7	6	6	6	59	6
3	8	8	7	8	8	7	5	8	8	8	75	8
6	4	7	8	6	5	8	8	4	7	7	64	7
7	6	5	3	2	7	6	3	6	4	4	46	5
8	3	2	5	4	4	4	6	5	5	3	41	3
9	1	3	2	3	2	2	2	2	2	2	21	2



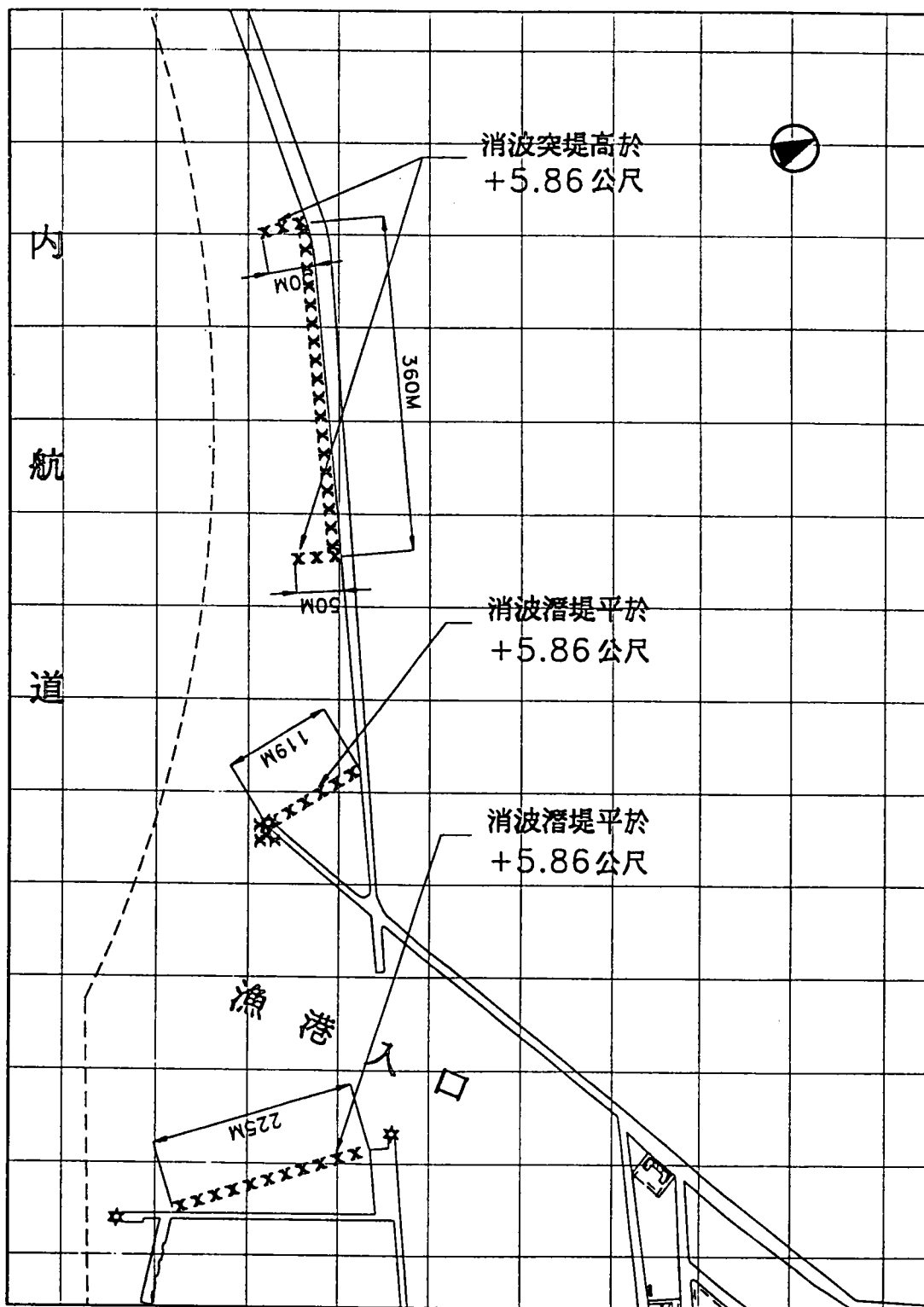


圖 7-2-5 港池靜穩改善方案二佈置圖

約可減少波高 30% ~ 40%，商港港池內泊地各水域(區域編號 6-12)則平均約減少 20%之波高，如圖 7-2-6。故漁港區及商港區的水域靜穩度經本方案改善後已符合設計規範要求。

(三) 小結

依各替選方案及改善方案之平面水工遮蔽試驗之結果，可得以下結論：

- 1.各替選方案的港池靜穩度皆比現況佈置稍差，且隨南內、外堤拆除規模愈大而愈差。其中南防波堤的拆除會影響漁港區及商港區的水域靜穩，而南內堤的拆除則僅影響商港區的水域，且影響程度較南防波堤拆除為小。
- 2.經比較各替選方案的港池靜穩度優劣，發現以北防波堤依原堤線延長 480 公尺、南防波堤拆除四座沉箱約 93 公尺、及南內堤拆除 50 公尺的方案最佳，根據水工模型試驗結果，此佈置評選為較佳方案。
- 3.較佳方案配合本試驗所研選之外港池消波設施改善方案後，商港區及漁港區水域靜穩度已有明顯提升，其波高已能符合船舶航行及船隻靠泊之設計規範要求。
- 4.北防波堤不同延建方案對商、漁港區水域靜穩影響不大。不過，在偏西南向波浪入射時，港口至主航道附近因沉箱堤體反射及導浪作用，波浪有較紊亂的現象。因此建議北防波堤延建時應採用消波式的設計。

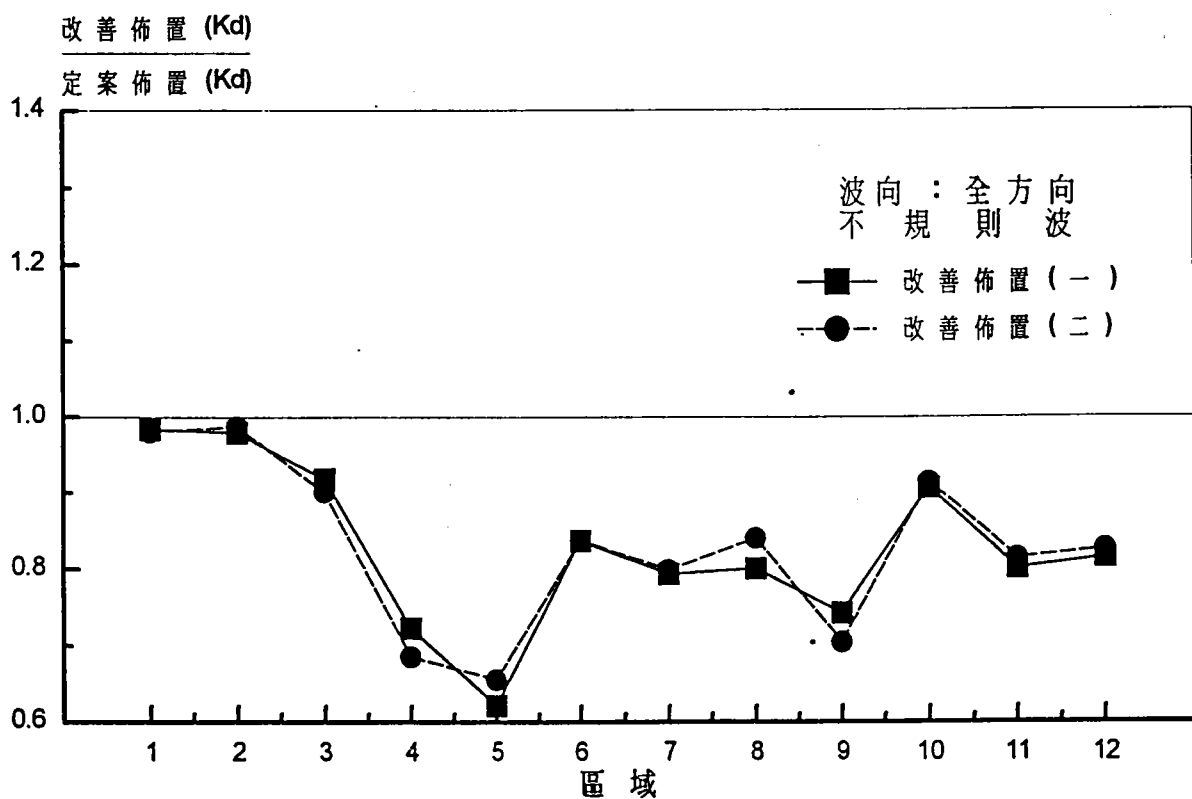
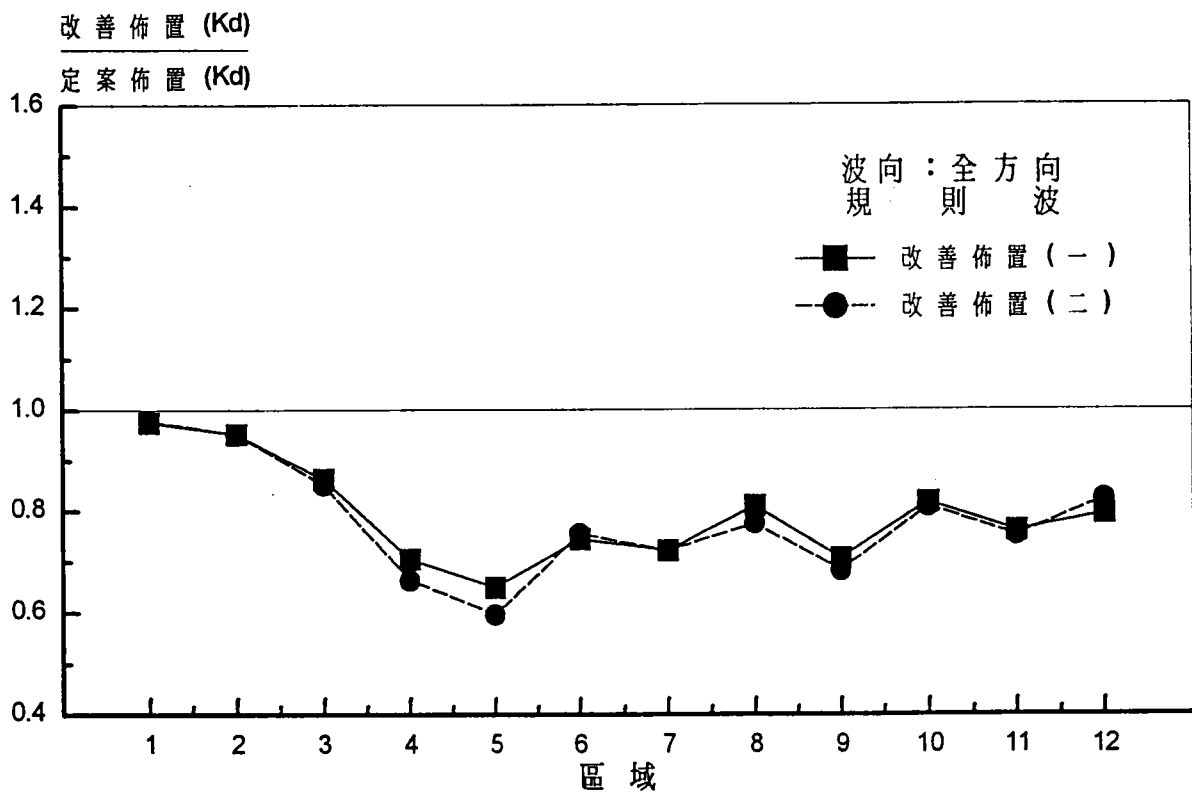


圖 7-2-6 各水域改善佈置與定案佈置 Kd 值比之比較圖

三、海流數值模擬計算成果摘述

海流數值模擬之目的，旨在探討港口防波堤延長或航道拓寬後，海流型態及特性之改變。此流場資料將為分析船舶操航安全，以及海岸侵淤變遷之重要資料。

本計畫海流數值模擬作業主要探討課題為檢討南內堤拆除長度，對內堤口流速變化之影響；以及建立港口鄰近海域流場，提供操船模擬試驗建立環境背景使用。

(一) 計算模式建立及條件

1. 計算模式建立

本作業使用 MIKE21-HD 模擬各替選方案之海流流況，模式中考量波浪作用力、潮汐水位變化、風力、大氣壓力、地球自轉柯氏力及海底底床摩擦等因素，可模擬海水水位變化及潮流流況。

2. 計算條件

本研究為配合操船模擬海流環境設定之需要，並為充分瞭解潮汐與冬季風所造成之海流對台中港港區之影響，計算條件將以 1996 年 1 月冬季大潮潮汐變化為依據，計算期間自 1996/01/21 0:00:00 至 1996/01/23 12:00:00 總計算時距共 2 日又 12 小時。同時並以彰化芳苑站之潮位作為大域計算區域南側邊界之控制水位，台中大安站潮位作為北側邊界控制水位；台中港站潮位則作為計算結果驗證之用。

雖然計算開始係選用冬季期間之水位邊界條件，但在未將季風影響計入考量前，單純的海流計算實可類比為台中港夏季或冬季風速較小期間之海潮流流況。而對於冬季季風期間海潮流流況模擬，採用十分鐘平均風速 15m/sec、20m/sec，以及風向 NE 進行模擬計算。

3. 計算範圍

理論上，海潮流之模擬需包括台灣海峽總體流場，但依據丹麥水工研究所曾對台灣海峽總體海潮流流場進行之研究結果顯示，若研究海域在台中以南，模式範圍涵蓋台灣西海岸至澎湖群島，則可正確地掌握該區海域海潮流特性。台中以北區域，限於計算範圍及邊界條件掌握，仍以局部區域考量為宜。因此，本研究不對台灣海峽總體流場進行模擬。計算範圍僅就研究區域邊界條件效應、模式校正及驗證所需資料之數量加以考量並決定。

由於海流數值模擬計算最困難之處即在計算區域上之邊界條件設定，正確且品質良好之邊界條件為海流數值模擬計算準確之先決條件。根據資料收集結果得知，台中港南、北兩側具有充足潮汐水位資料之海氣象測站甚為有限，南側最近測站僅有芳苑一站，北側則為台中大安測站，因此，計算區域選定如圖 7-2-7。

另為配合計算精度之要求，同時將計算區域分為大域及小域二種，網格間距分別為 500m 及 50m，各計算區域所涵蓋之計算範圍分別為 $62.5\text{km} \times 60\text{km}$ 及 $18.4\text{km} \times 12\text{km}$ ，各計算區域位置、範圍及相關之地形如圖 7-2-7、圖 7-2-8 所示。海側之計算範圍及其邊界線係依海圖恒流方向劃定，主要考量實際計算時可方便設定海側之邊界條件，故大域計算之海側邊界係取其與恒流方向平行。

(二) 數值計算結果

針對上述海流數值模擬結果，可得到各計算方案在不同風力條件下，隨著潮汐水位變化。為方便比較各替選方案的流場特性，特參考船舶進港航線選取 A~G 共七個觀察點如圖 7-2-9 所示。圖中 A 點表船舶進港操航起始區；B 點表

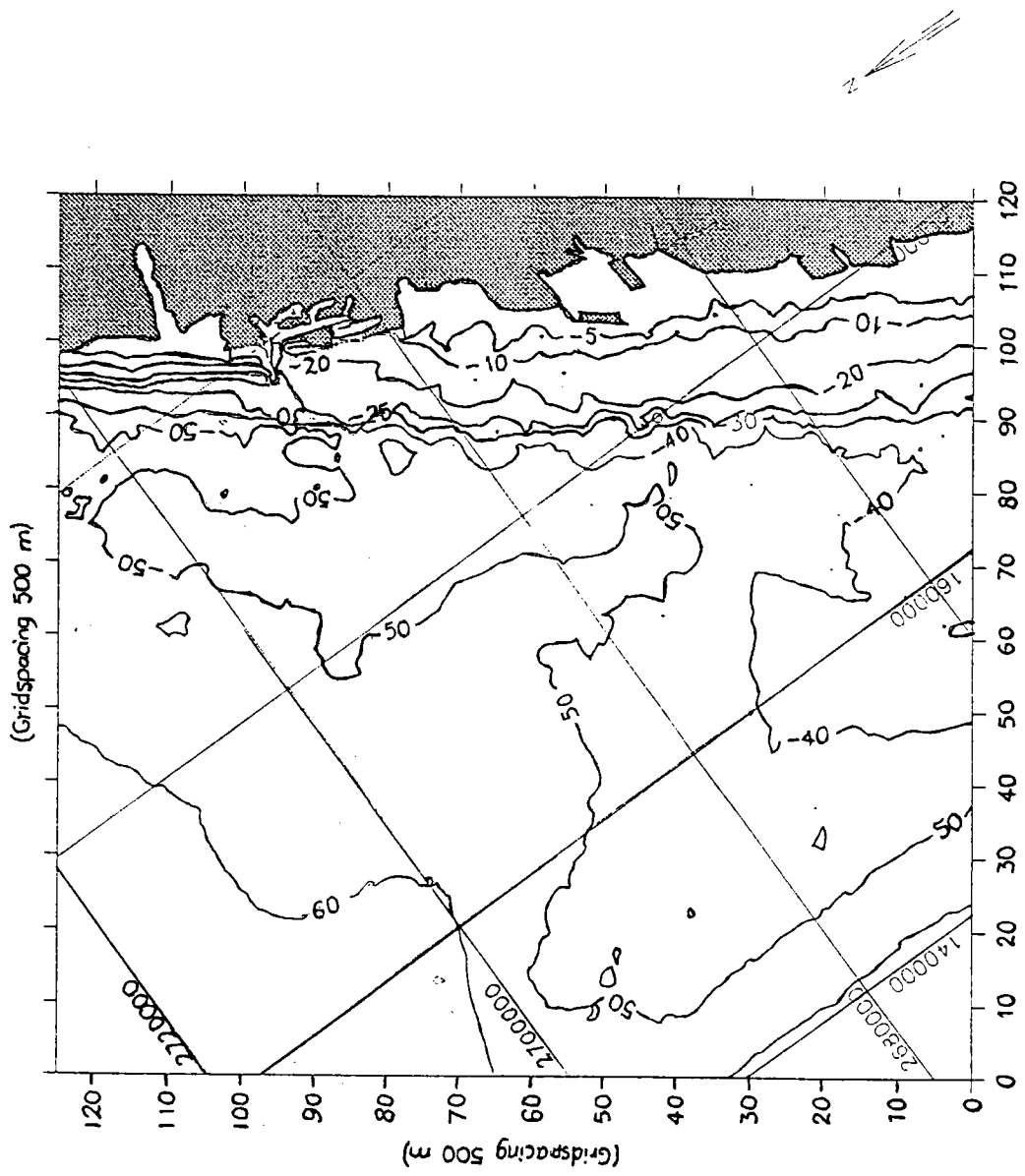


圖 7-2-7 台中港區海流數值計算大域範圍圖

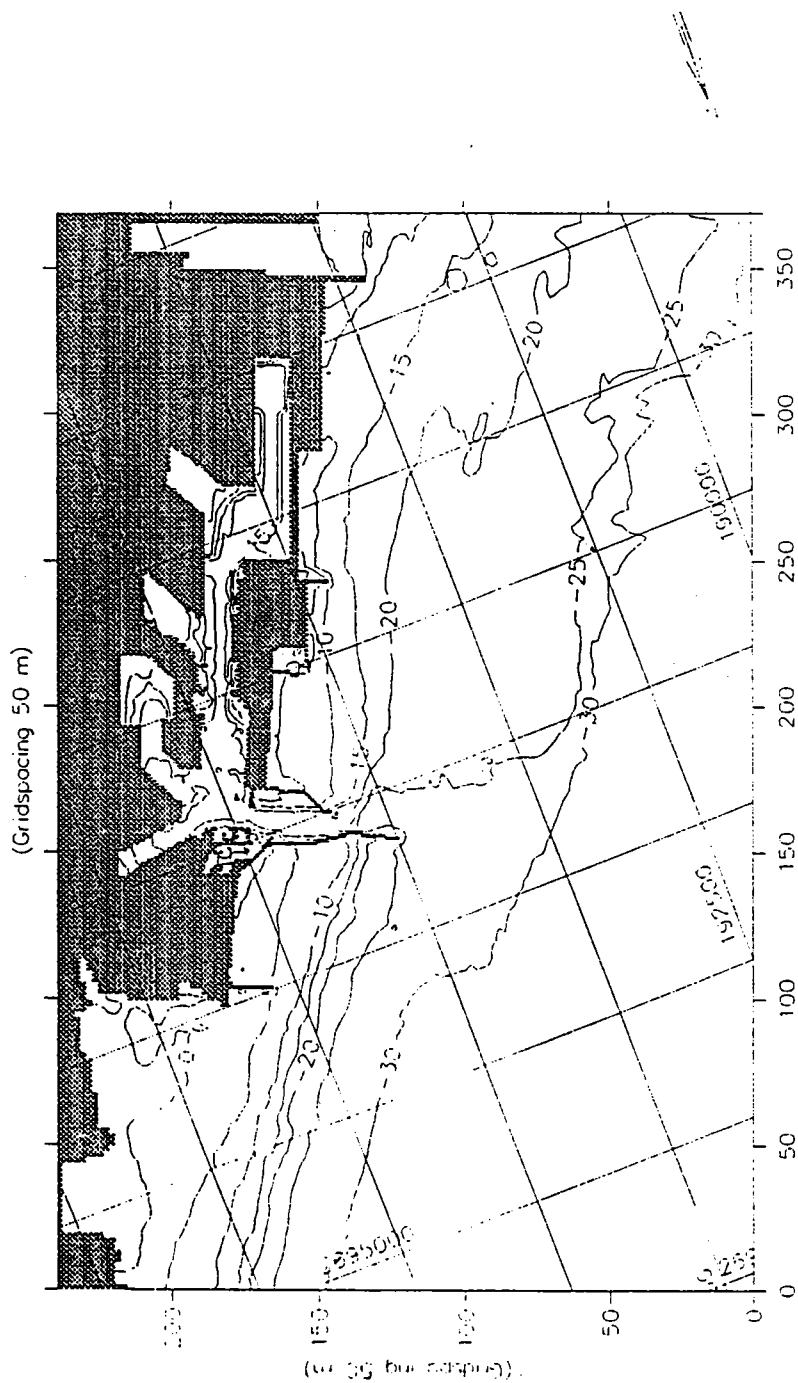


圖 7-2-8 台中港區海流數值計算小域範圍圖

領港登輪區；C 點表北堤區；D 點表外堤口區；E 點表主航道區；F 點表內堤區；G 點則表迴船池區。茲就各計算方案模擬結果所反映之流場特性比較說明如後。

1. 北防波堤延建對流場影響

(1) 延建長度對流速流向影響

根據替選方案一、六及零方案，在 $20\text{m}/\text{sec}$ 風速下，於 A、B、C、D 點隨潮位變化的流速、流向比較發現北防波堤延伸後，A 點的流速於高潮時段將有增大的現象，而於低潮時段則將有減小的情況。其中又以北防波堤沿原有堤線延長 750m 的方案六較方案一明顯(高潮時約增大 $25\text{cm}/\text{sec}$ 。而低潮時約減小 $25\text{cm}/\text{sec}$)，此流速增大或減小的原因主要為北防堤堤頭強制裂流(因結構物造成)流束，隨北防波堤的延長而往西移動。

零方案中 B 點於高潮時段流速約 $120\text{cm}/\text{sec}$ ，而方案一及方案六則大幅減小至約 $10\sim 30\text{cm}/\text{sec}$ ，且其中以方案一的流速稍大。但方案一、六中 B 點於低潮時段的流速則較零方案稍大，約增加 $10\text{cm}/\text{sec}$ 。其原因與上述分析結果相同，由於裂流流束中心偏離 B 點往西移動所致。

至於 C、D 及 F 點於不同方案下之流速變化比較結果，則呈現流速分佈近似之情形，不過方案一、六於平潮時段之流速仍較零方案小。

(2) 延建方向對流速流向影響

由方案六、八及零方案在 B、D 點流速流向分佈之比較結果可知，高潮時段 B 點的流速於方案六、八皆明顯較零方案減小，但於低潮時段則較零方案稍大。方案六、八之北防波堤延建長度均為 750m ，但其中方案八有轉折，其 B 點流速相對較方

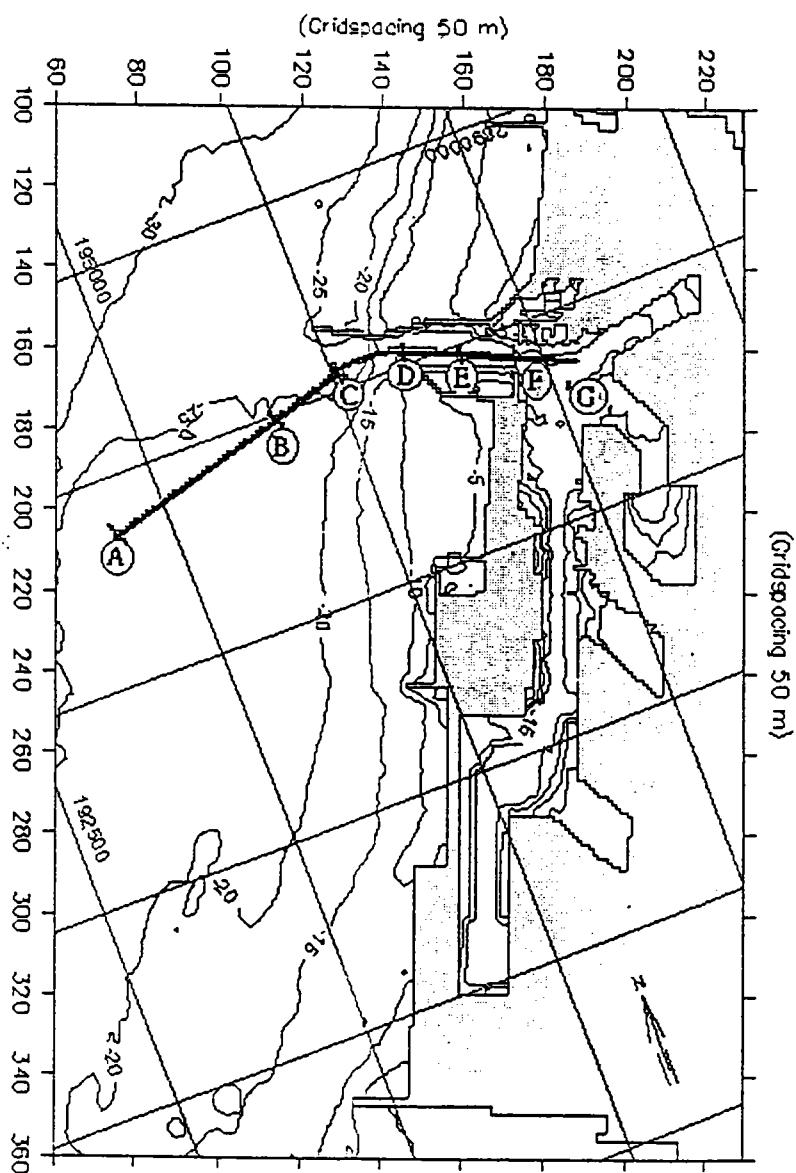


圖 7-2-9 海流數值計算觀察點位置圖

案六大，其原因主要係由於方案六中北防波堤沿原堤線方向延長，並未轉折，故其強制裂流流束向西偏離較大。至於 D 點的流速於方案六及方案八很相近，但當平潮時段則其流速皆較零方案為小，F 點也有相同情形。

同樣由方案一、七及零方案在 B、D 點之比較，可看出北防波堤採不同方向延建 480m 對流場之影響趨勢亦與前述延長 750m 之方案相同。不過由於方案七的北防波堤延伸方向是朝西，因此其 B 點的流速較方案一大些。其原因同樣是強制裂流流束向西偏離程度以方案一較大。

(3) 北防波堤延建產生之流場變化對操船之影響

台中港船舶進港操航起始點大約在 A 點附近，此時為了要利用船體本身遮蔽北方傳遞過來的波浪，以便領港能利用船側背浪區順利登輪，船隻約朝東北東向航行，待領港登輪後(此時船位約在 B 點)，船隻轉向約北北東開始進行接近外堤口的動作。因此登輪區若有穩靜的流場，對於船隻的轉向動作將有所助益，同時也關係到船隻進入外堤口的操船狀況，例如船位、船速、航向及舵角等等。所謂「好的開始是成功的一半」，故在船隻起航時，就能提供一個良好的操航環境是相當重要的。而北防波堤延伸固然可以提供一個較廣闊的遮蔽區域外，也可得到一個較有利於操航的流場環境。

2. 南內、外防波堤拆除長度對內、外堤口流場影響

(1) 流速流向變化

由各方案模擬結果顯示，南防波堤拆除僅對外堤口流速(D 點)有影響，拆除愈長流速愈小。

至於南內堤拆除後對內堤口流速之影響可從方

案一、二及三中之 D 及 F 點比較結果得知。D 點的流速、流向，隨南內堤拆除長度不同並沒有明顯差異，但位於內堤口的 F 點的流速於平潮時段則稍有不同：南內堤拆除長度愈長，此點的流速則愈小，如方案三。各方案間的流速大小變化大致符合流量守衡原理，如現狀佈置(零方案)內堤口寬度為 300m，流速約 80 cm/sec；方案一內堤口寬度 350m，流速約 70 cm/sec；方案二內堤口寬度 400m，流速約 60 cm/sec；方案三內堤口寬度 450m，流速則約為 55 cm/sec。由此可知南內堤的拆除將影響內堤口處 F 點流速大小，但對於其他觀察點則無影響。

(2) 流場變化對操船之影響

雖然南防波堤的拆除對漁港及商港水域的穩靜可能會有不利的影響(入港波浪能量增加)，但由於進港船隻在進入外堤口時需作大角度轉向，以避免撞上北防波堤，同時也為後續進內堤口時預作準備(調整船位、航向及船速等)。因此外堤口的流速若能有效減小，對操航安全將有極大助益。

南內堤拆除對商港水域的靜穩也會有不利的影響，不過進港船隻若欲停靠第二、三貨櫃中心或西碼頭區時，則於進入內堤口時需再作一次大角度的轉彎，以避免撞上 30 號或 29 號碼頭。因此內堤口流速若能有效降低，對船隻操航當然也是有利。

(三) 小結

根據前節對各方案比較分析，可得到以下幾點結論：

1. 北防波堤延伸使領港登輪區環流尺度增大，而流速有明顯的降低，雖然延伸愈長效果愈好，不過延 480m 的方案，其流速已明顯降低，約從現況 120cm/sec 降至 30cm/sec。
2. 南防波堤的拆除僅對外堤口流速(D 點)有影響，其他

觀察點則無影響。南防波堤拆除愈長，外堤口流速愈小。現況佈置的外堤口流速約 70cm/sec(平潮時段)，若拆除 93m，則流速降至約 56cm/sec，而拆除 170m 時則降至 50cm/sec。

3. 南內堤的拆除對內堤口流速(F 點)影響較顯著，其他觀察點則無明顯影響。拆除愈長，流速愈小，現況佈置的內堤口流速約 80cm/sec(平潮時段)，若拆除 50m，則流速降至約 70cm/sec，若拆除 150m 則降至約 55cm/sec。

四、快速(Fast-Time)操船模擬試驗成果摘述

本試驗為初步探討各替選方案船舶操航安全相對差異性，以期可研選較佳方案進行真時(Real-Time)操船模擬試驗。現階段本試驗所欲探討之課題，主要為北防波堤不同佈置對船舶進港安全助益相對性比較，並評估南內堤所需拆除長度，以符合船舶操航之安全需求。

(一) 計算模式及條件

1. 計算模式

本計畫快速(Fast-Time)操船模擬試驗採用之方法乃以丹麥海事研究所(DMI)之數學船型模式軟體 DEN-Mark1 為基礎，而操船部份則以 DMI 新發展之“Numerical Navigator”模式進行模擬計算。本模式之基礎為下列四組係數：

- 軌跡計畫係數(包含內部船型模式)
- 軌跡追蹤係數
- 航行者決定係數
- 狀態估計係數

本模式將配合海況環境調整船舶位置及速度，假如需要保持船舶航行路徑或舵效將增加船速，操控性足夠後將減速。但此船速將不低於起始點速度。

2. 模擬條件與方法

本研究採用四種船型進行試驗，各船舶條件如表 7-2-10：

表 7-2-10 快速操船模擬船舶資料

編號	船型/載重條件	船長 (Lpp,m)	船寬 (m)	吃水 (前/後,m)	排水量 (m ³)	軸力 (mw)
3115	貨櫃輪/滿載	245.0	32.2	12.80/12.80	63,919	35.0
3011	貨櫃輪/滿載	280.0	32.2	11.45/11.45	65,366	36.8
3082	散貨輪/輕載	226.5	39.9	5.64/8.64	48,851	10.7
3110	散貨輪/滿載	265.0	43.0	16.00/16.00	145,000	13.6

本試驗所採用之海象環境條件，包括兩組潮位條件(滿潮前一小時(1HBHW)及滿潮後三小時(3HAHW))，以及 15m/s 及 20m/s 兩組風速條件，組合成四組環境條件；搭配五種替選方案之港口配置，共可產生 20 組不同組合。

由於各替選方案港口前皆為平靜遮蔽區域，在試驗時暫不考慮波浪對船舶影響，以簡化各替選方案評估因子。

船舶起始航行位置參考「台中港進出港指南」研定進港航行安全指南及注意事項，起點位於南防波堤外約 1 海浬處(24°17.17N 120°28.00E)，船艏朝 55° 方向前進，航行速度設定於半速與慢速之間，離開備便區後即進入港內。

進港船舶停船方式為當船舶通過內堤口時，即下右滿舵(full starboard)及主機半速倒車(half astern)指令，當船速降低至 2 節以下則停止操航。

出港操航則由北迴船池(24°16.67N 120°30.42E)開

始，船艏朝港口方向進行模擬。以維持基本舵效所需最小速度。當出港船舶通過外堤堤口時，則停止操航作業。

所有進港操航均使用本模式中之統計變異數。控制修正 平均時間為 20 秒，並呈常態分佈，其標準偏差為 2 秒。本模式中應用變異數於每一時間航線偏差(wheel-over-line error)，在模擬中標準偏差為 10m，並呈常態分佈。

(二) 模擬結果

1. 進港航行

由圖 7-2-10(a)～圖 7-2-10(d)所示各替選方案進港操航船跡圖，顯示方案一及方案六似乎略有較大之包絡線範圍；方案七及方案八包絡線範圍則較為集中，其原因應為港口流況分佈所致。

依所有操航成果，各方案船舶行經內堤口之航跡皆可控制在狹窄包絡線範圍內，其原因主要為主航道加長，因此船舶有較長距離控制航行路徑。基本上，潮汐所引起之海流平行於進港主航道方向，船舶操縱並無太大困難。

表 7-2-11 及表 7-2-12 為各替選方案在進港操航之舵角、推進器轉速、及船跡位置統計結果。

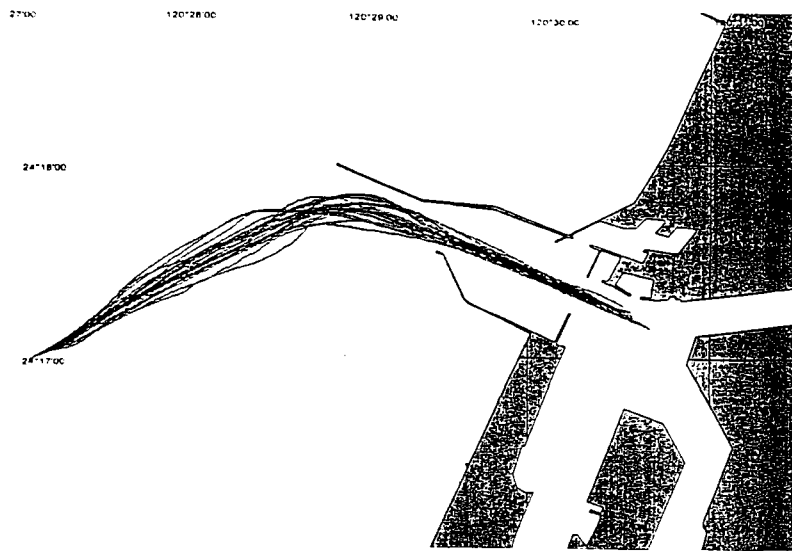
統計結果顯示各替選方案之舵角標準偏差十分相近，而推進器之平均轉速(the mean value of the propeller RPM's)最高值(方案一)與最低值(方案七)相差僅 0.006 rad/s。由於推進器之平均轉速與船舶進港所需馬力大致呈正相關，故假設所需馬力與轉速成正比，則其所需動力差約為 2.5%。就此參數統計結果觀之，方案六及方案七為較佳配置。推進器轉速之標準差愈大，表示航行過程中需要調整偏移(setting)之次數愈多，對領港操航而言，所保留之操控彈性也就愈小。故就此觀點，以方案六與方案七

表 7-2-11 進港操航之舵角及推進器轉速

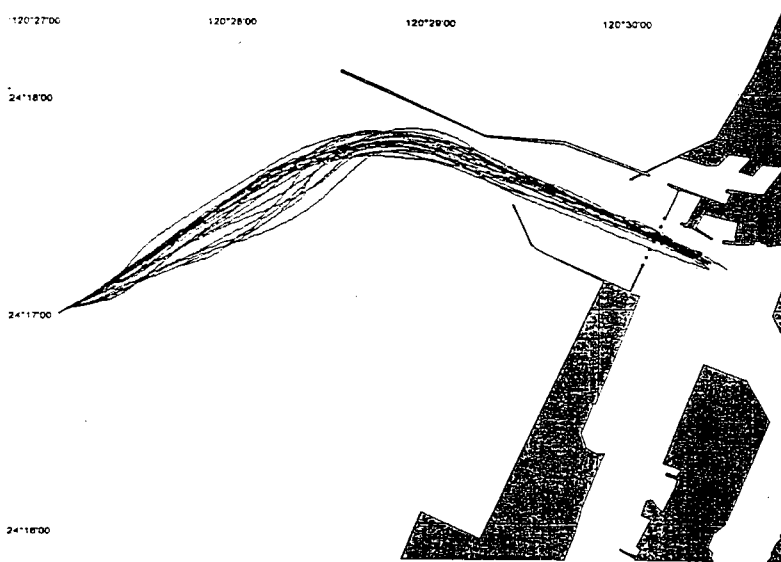
試驗方案	舵角		推進器轉速(rad/s)	
	平均值	標準差	平均值	標準差
零方案	-13.1	20.3	0.469	0.371
方案一	-12.9	20.3	0.471	0.375
方案六	-13.5	19.6	0.467	0.364
方案七	-12.3	20.9	0.465	0.367
方案八	-12.7	20.6	0.470	0.378

表 7-2-12 進港操航之船跡位置統計結果

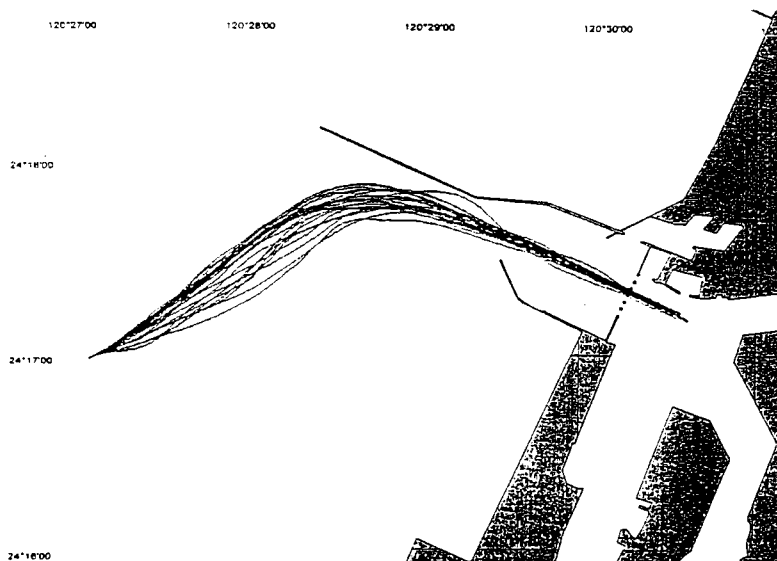
試驗方案		控制線 1		控制線 2		控制線 3	
		平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
零方案	距離(m)	230.3	57.7	208.3	39.4	179.1	24.7
	航速(kn)	5.7	1.6	5.8	1.7	6.0	1.8
方案一	距離(m)	232.0	57.5	211.8	48.7	180.8	29.7
	航速(kn)	6.0	1.6	5.8	1.6	5.9	1.6
方案六	距離(m)	234.0	57.3	209.6	33.0	183.7	16.8
	航速(kn)	5.9	1.6	5.9	1.7	5.9	1.8
方案七	距離(m)	234.1	60.4	215.4	33.3	182.2	20.2
	航速(kn)	5.7	1.6	5.6	1.6	5.9	1.6
方案八	距離(m)	229.6	65.1	206.0	33.5	174.1	22.1
	航速(kn)	5.9	1.6	5.9	1.5	6.0	1.6



(a)現狀佈置(零方案)



(b)替選方案一

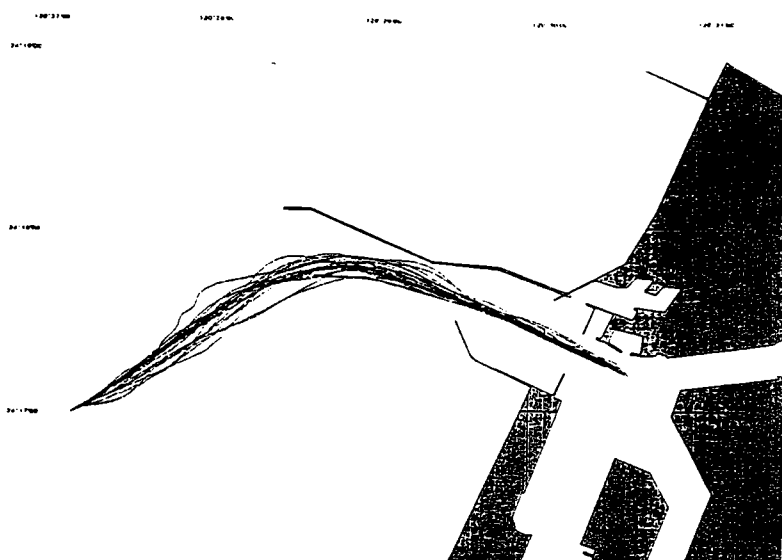


(c)替選方案六

圖 7-2-10 各替選方案進港操航軌跡圖



(d)替選方案七



(e)替選方案八

圖 7-2-10 各替選方案進港操航軌跡圖(續)

對進出港船舶有較佳之操控性。

航道上之三條控制線可呈現船舶通過最窄斷面之分佈：領港將選擇最直之路徑以便及早控制船向，同時儘可能採較低速度通過港口，以期在進入內堤口可及早減速右轉進入南北主航道，故通過各控制線之標準差越低越好。依試驗成果，零方案及方案一標準差最高，較不理想；方案六標準差最小最佳。此外，船舶通過三控制線之平均速度愈低愈好，方案七較其他方案為佳。通過各控制線之航速標準差應愈小愈佳，表示操航過程無須突然加速，但此因子在方案研選時重要性較低。依各方案試驗結果，以方案八稍佳。

2. 出港航行

由圖 7-2-11(a)～圖 7-2-11(d)所示各替選方案出港操航船跡圖，顯示各試驗方案之優劣差異無法作明確比較。

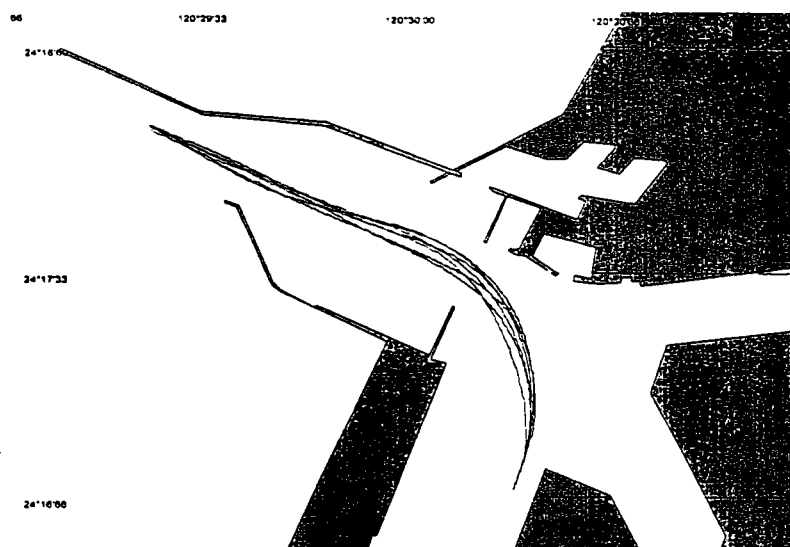
經整理各方案在出港操航行之舵角、操推進器轉速、及船跡位置，並作統計結果如下表 7-2-13 及表 7-2-14 所示。

依上表各替選方案舵角之標準偏差以零方案最大；而方案七及方案八相對較小。為避免船舶偏移(setting)所需最小平均速度，以方案八相對最小。而其標準差則以方案一相對較小。

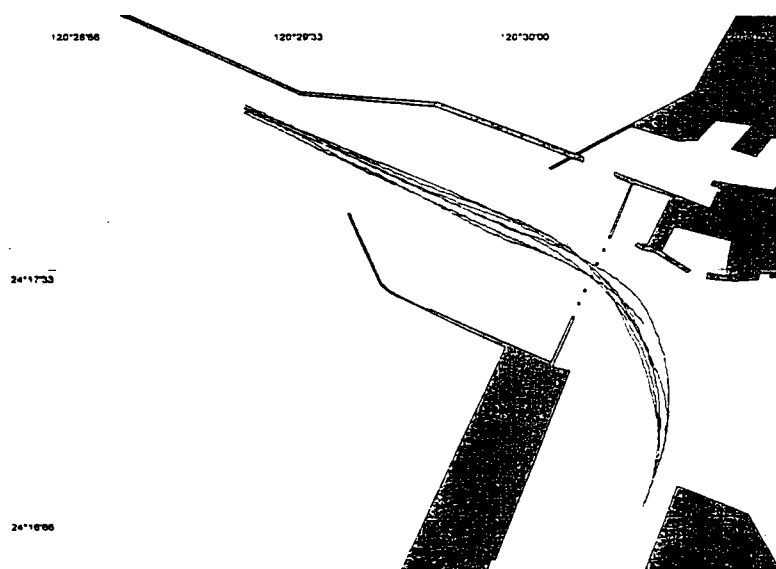
依上述統計結果，方案八相對其他方案出港操航安全性較佳。但在方案評選時應注意，各替選方案僅進行 7 次操航，此結果僅適於作初步之參考。

(三) 小結

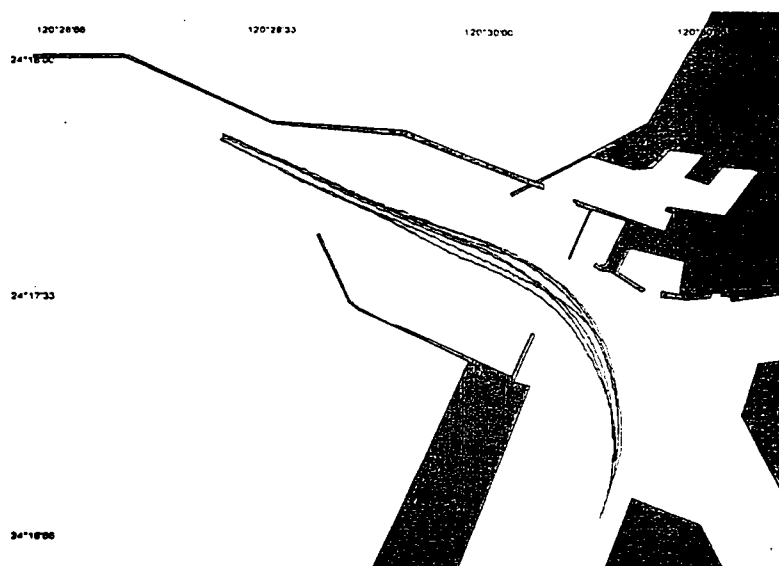
綜合上述 150 次進港操航及 35 次出港操航試驗結果，就進港安全性而言，各替選方案並無明顯之差異性。



(a)現狀佈置(零方案)

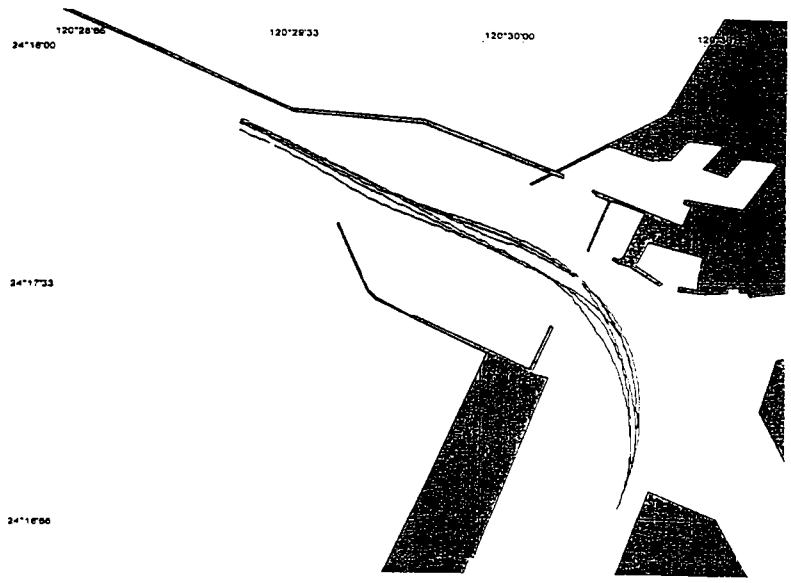


(b)替選方案一

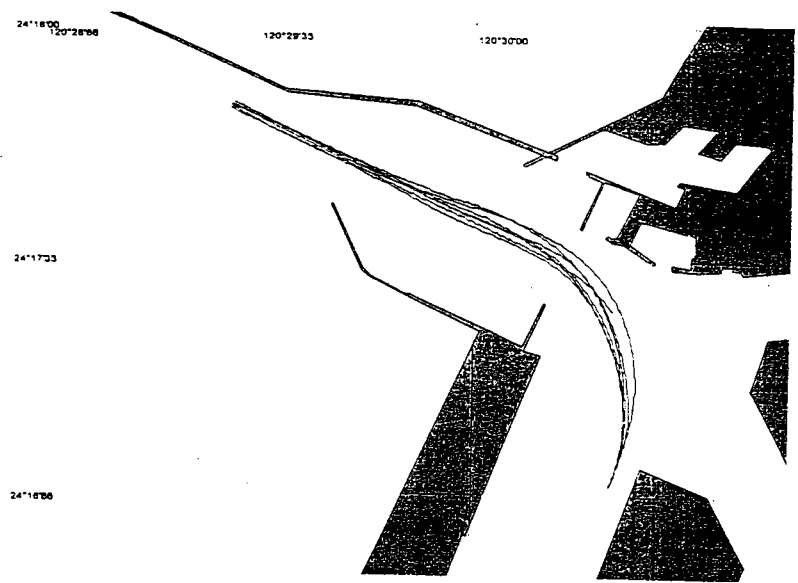


(c)替選方案六

圖 7-2-11 各替選方案出港操航軌跡圖



(d) 替選方案七



(e) 替選方案八

圖 7-2-11 各替選方案出港操航軌跡圖(續)

表 7-2-13 出港操航之舵角及推進器轉速

試驗方案	舵角		推進器轉速(rad/s)	
	平均值	標準差	平均值	標準差
零方案	11.7	15.1	0.743	0.107
方案一	11.8	14.2	0.791	0.136
方案六	12.8	14.4	0.764	0.120
方案七	12.3	13.6	0.772	0.112
方案八	12.6	13.5	0.728	0.112

表 7-2-14 出港操航之船跡位置統計結果

試驗方案		控制線 1		控制線 2		控制線 3	
		平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
零方案	距離(m)	175.6	11.1	179.2	22.1	182.9	39.4
	航速(kn)	7.80	1.52	7.55	1.57	6.51	1.55
方案一	距離(m)	171.8	13.4	172.6	20.4	195.6	21.7
	航速(kn)	8.31	2.01	8.21	2.17	7.35	2.16
方案六	距離(m)	169.6	17.2	178.9	26.1	184.3	42.2
	航速(kn)	7.72	1.15	7.60	1.16	6.71	1.09
方案七	距離(m)	168.0	17.0	169.0	22.2	191.2	42.8
	航速(kn)	7.89	0.91	7.77	1.09	6.77	1.20
方案八	距離(m)	179.9	13.1	184.7	15.3	197.3	38.31
	航速(kn)	7.74	1.04	7.51	1.12	6.50	1.16

但如僅依本計畫所完成之試驗成果作相對性比較，替選方案一相對安全性較差；方案七則較其他方案為佳。方案七所需進港航速最小，同時距各防波堤有較大之安全邊界。

五、 真時(Real Time)操船模擬試驗成果摘述

試驗主要目的為評估替選方案九，對於第四代貨櫃船及12.5萬DWT級散貨輪進出港的操航安全。

(一) 試驗船型及條件

由於船舶裝載程度與其進出港航行時受風、流影響有關，但不同裝載程度下，船舶航行資料不易建立，故本計畫同時選用具有相同操航特性之汽車輪、半載貨櫃輪及空載油輪進行試驗。各試驗船型尺寸如表 7-2-15。

表 7-2-15 真時操船模擬船型資料

編號	船舶種類	船長(LOA)	船寬	吃水
3040	汽車輪(滿載)	198.00 m	32.25 m	9.5 m
3060	貨櫃輪(半載)	294.12 m	32.20 m	10.5 m
3099	貨櫃輪(滿載)	292.08 m	32.20 m	12.2 m
3082	油 輪(空載)	259.80 m	39.90 m	7.1 m
3110	散貨輪(滿載)	285.00 m	43.00 m	16.0 m

試驗天候條件係選用冬季期間較差天候狀況，風場選用 15m/s、20m/sec 風速，瞬間最大風速分別為 19m/s 及 25 m/s 風向均為 NNE 向；對應之外海波高分別為 3m 及 4m，流場條件則係採用海流數值模擬結果，選用影響船舶進出港

較為嚴重之漲、退潮各一時段進行試驗。另為便於進行比較，部份操演亦針對無風無流之情境進行模擬。

本試驗時，各艘試驗船舶採用 2 艘 4000HP 拖船(40t) 及 2 艘 3000HP(30t)拖船進行協助。但在實際操船試驗中，領港為保守起見，在船舶進出港口及主航道過程，均不考慮使用拖船協助。試驗時，拖船暫於西碼頭區備便，當船舶進入迴船池後，如領港感覺無法穩定控制船向，方考慮派遣拖船提供必要協助。

(二) 試驗結果

本次試驗共計進行 114 次操演，操演條件組合詳表 7-2-16，該試驗條件組合方式係船長、領港在操演時，依各型船實際操演需要性調整而得。

由各次操演過程中，進港船舶起始位置皆位於目前 060 航道之起點($24^{\circ} 16.85'N$ $120^{\circ} 27.45'E$)，初始航速約 5 節。在試驗過程中，試驗單位嘗試了 324、020、048、062 等各種可能進港路徑(Headling)，經試驗結果各領港最終仍確認目前之 060 航路仍為較佳之進港路徑。圖 7-2-12(a)～圖 7-2-12(e)為各試驗船舶在風速 20m/s 成功進港之操演船跡圖。圖 7-2-13(a)～圖 7-2-13(b)示滿載貨櫃輪及空載油輪典型成功之出港船舶軌跡圖。

在 114 次試驗操演中，部份操演領港尚無法完全掌握船舶操縱特性以及海況環境，曾有 24 次過於接近結構物或主航道邊界之狀況，各種可能出現危險狀況典型案例如圖 7-2-14(a) ～圖 7-2-14(g)所示。茲將各危險操航問題整理如表 7-2-17 所示。

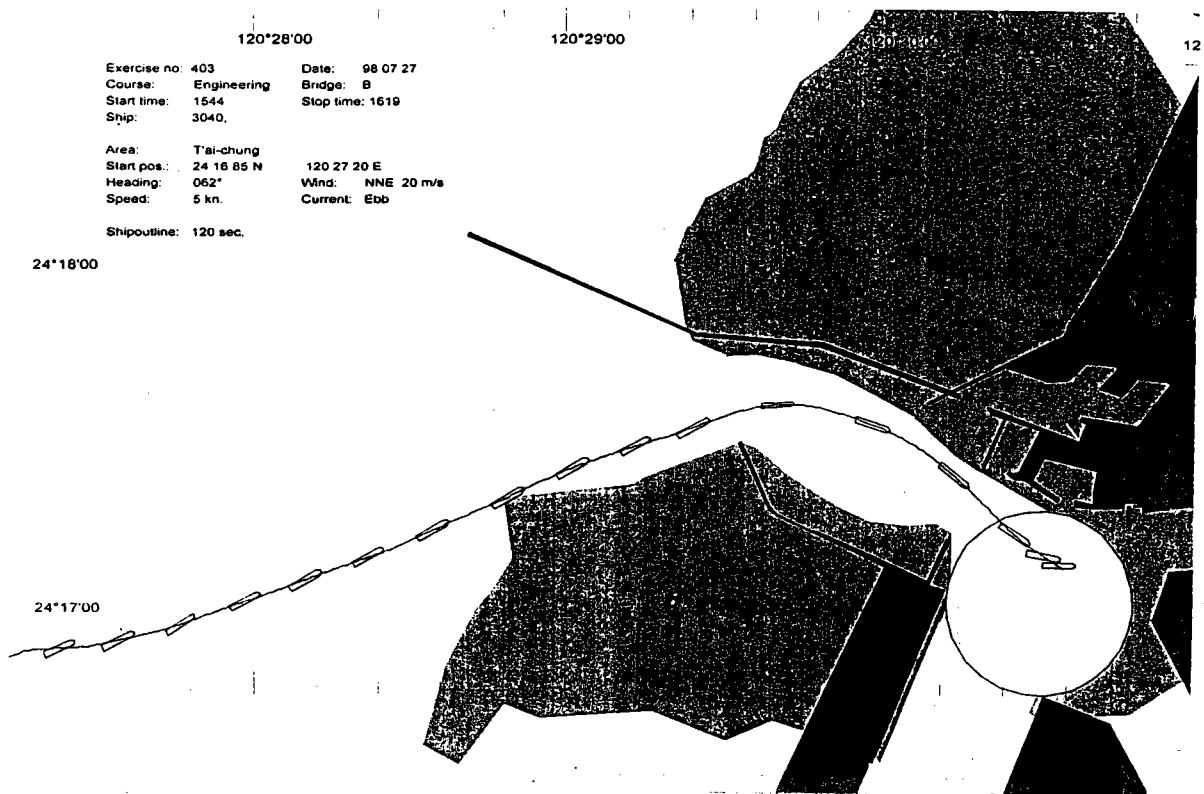


圖 7-2-12(a) 汽車輪(滿載)成功進港操演船跡圖

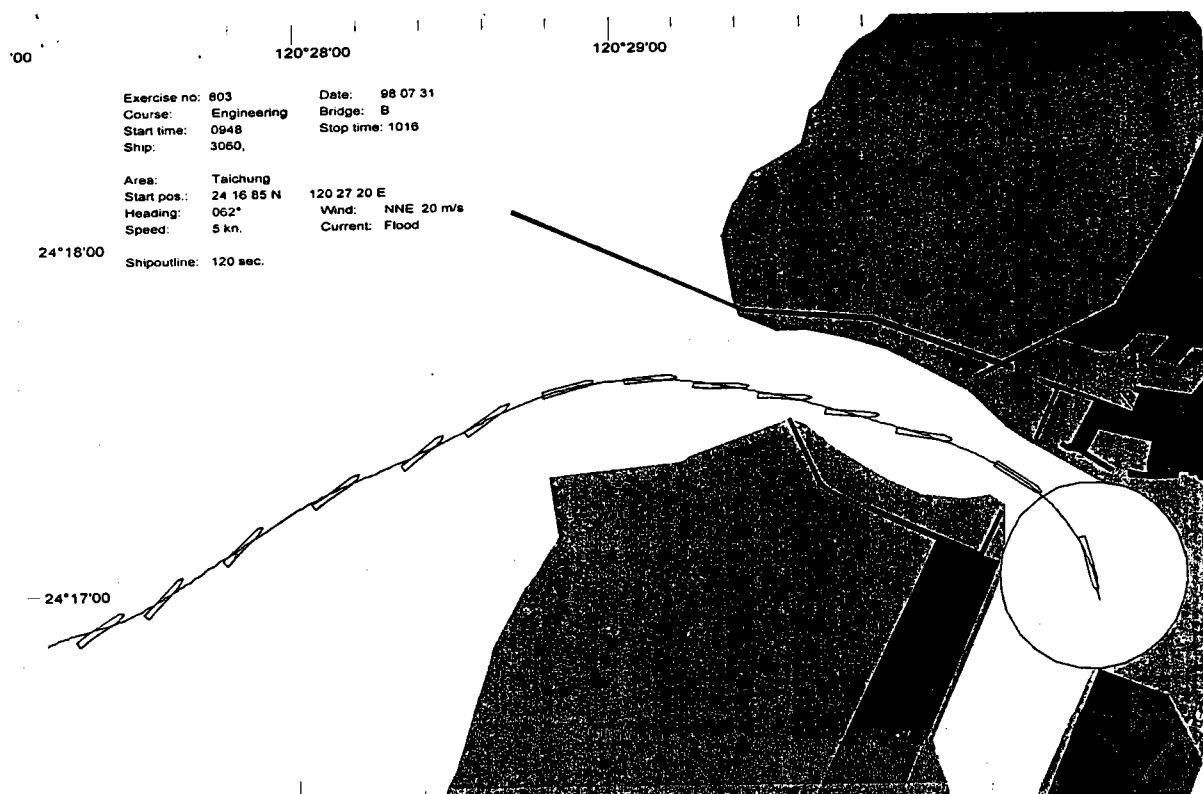


圖 7-2-12(b) 貨櫃輪(半載)成功進港操演船跡圖

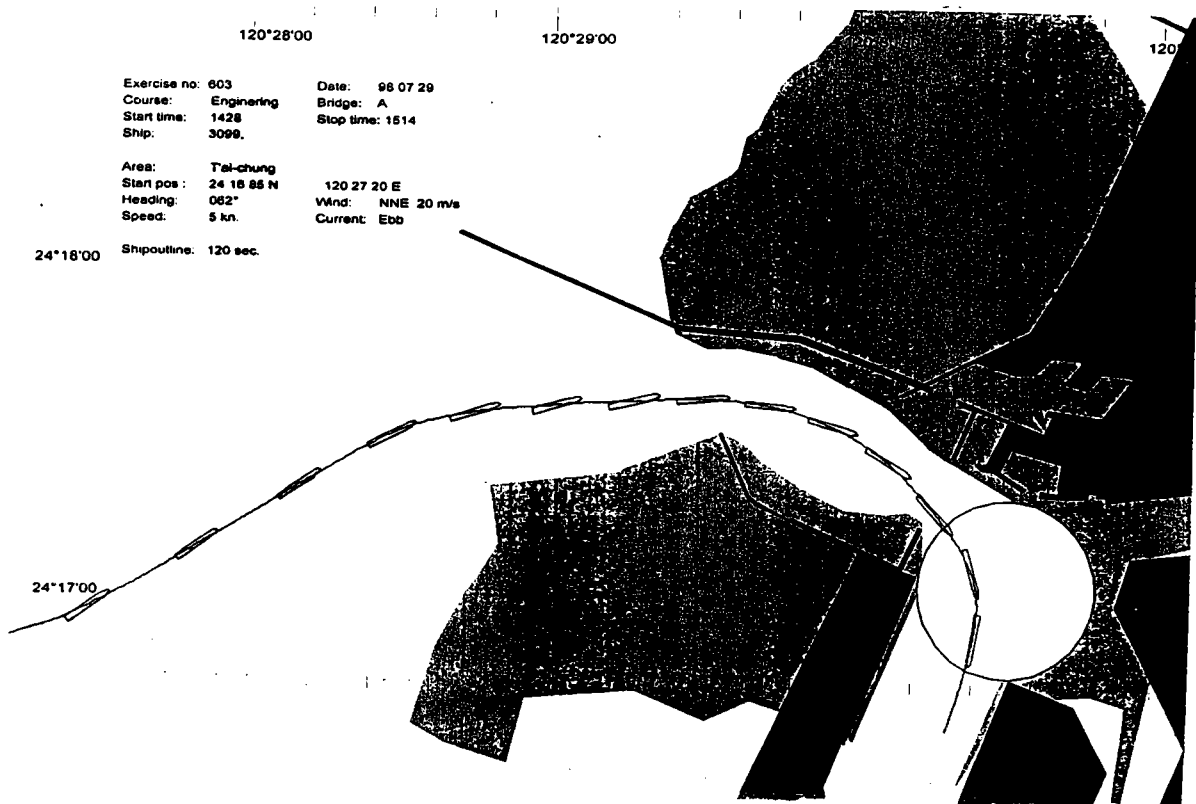


圖 7-2-12(c) 貨櫃輪(滿載)成功進港操演船跡圖

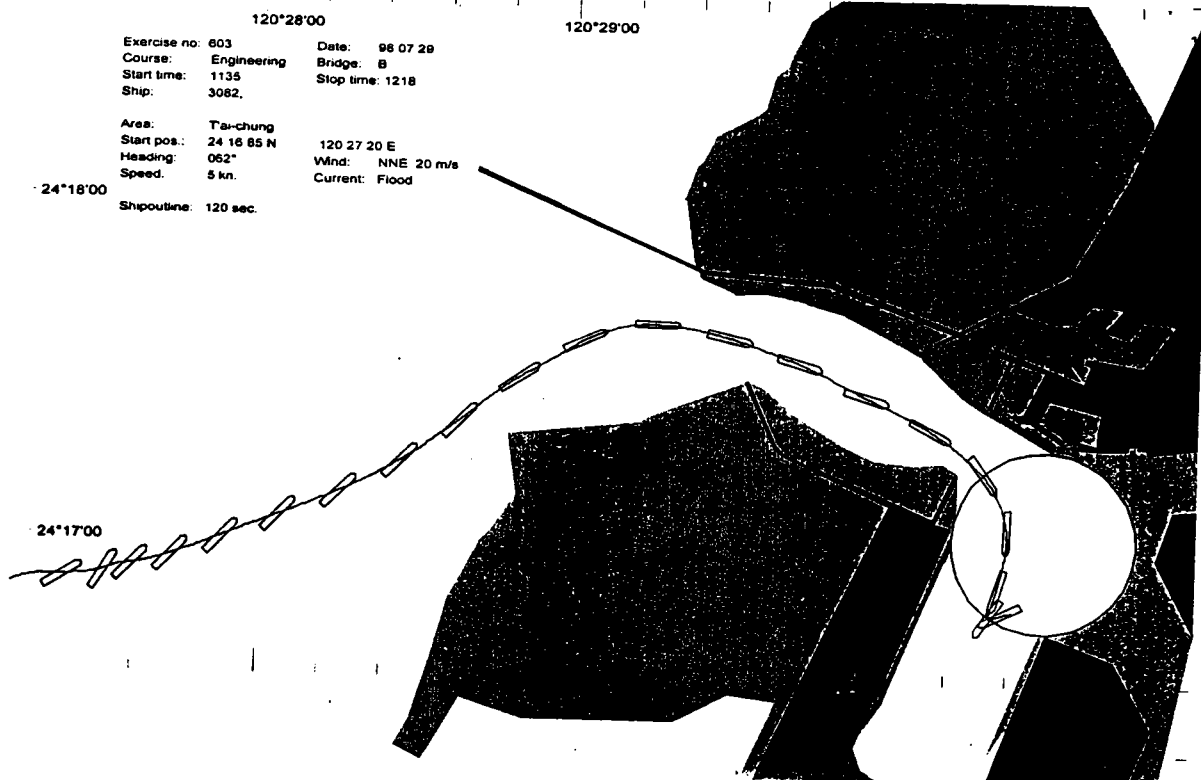


圖 7-2-12(d) 油輪(空載)成功進港操演船跡圖

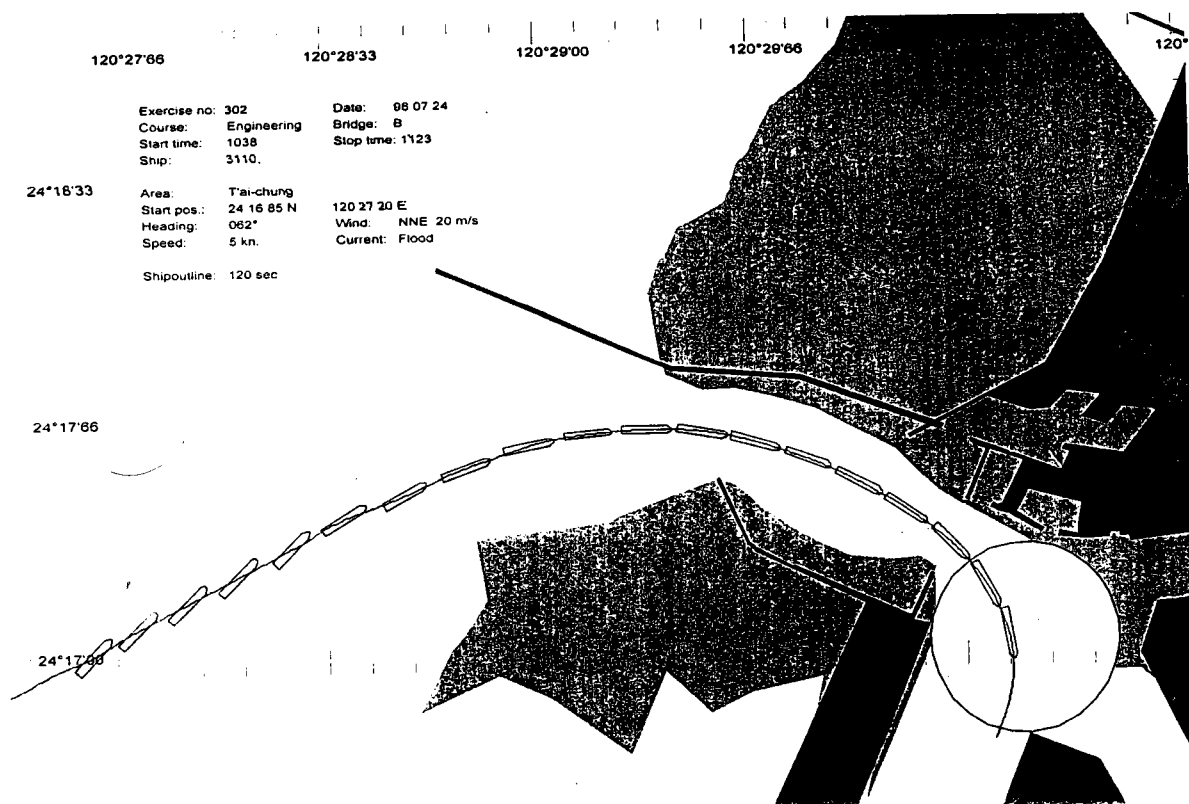


圖 7-2-12(e) 散貨輪(滿載)成功進港操演船跡圖

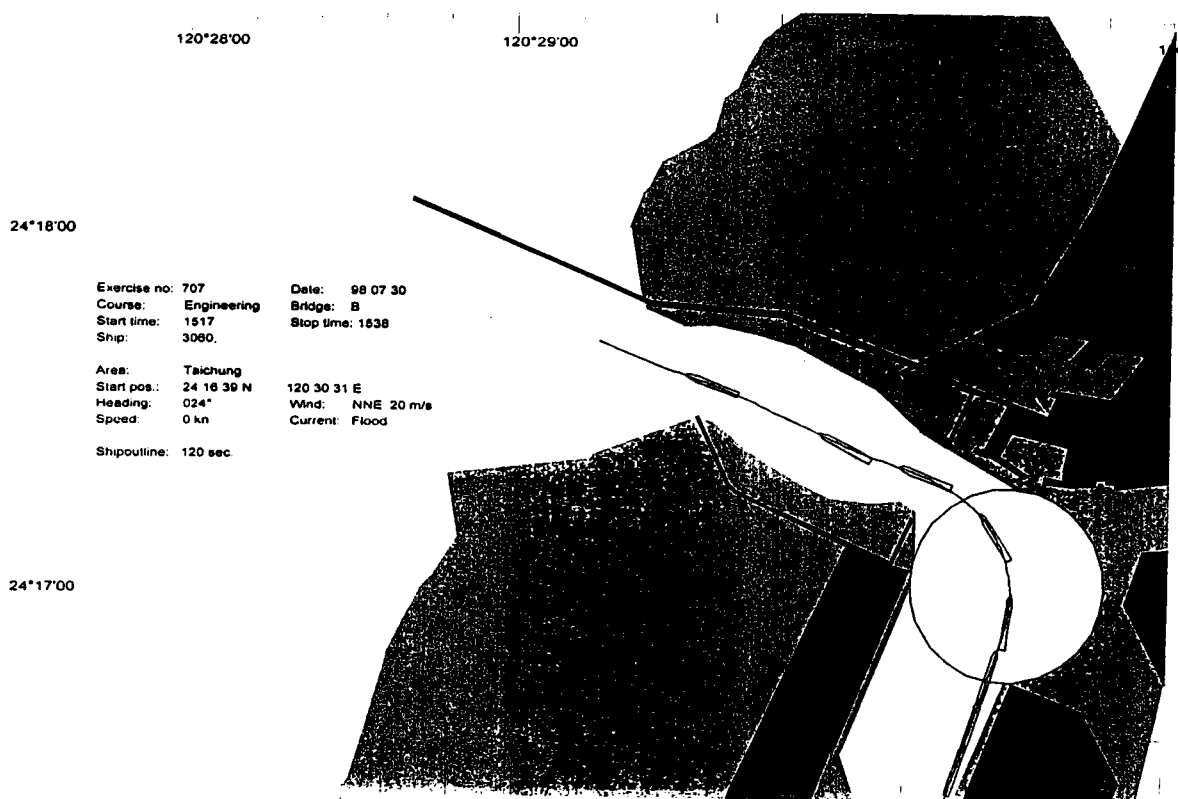


圖 7-2-13(a) 貨櫃輪(滿載)成功出港操演船跡圖

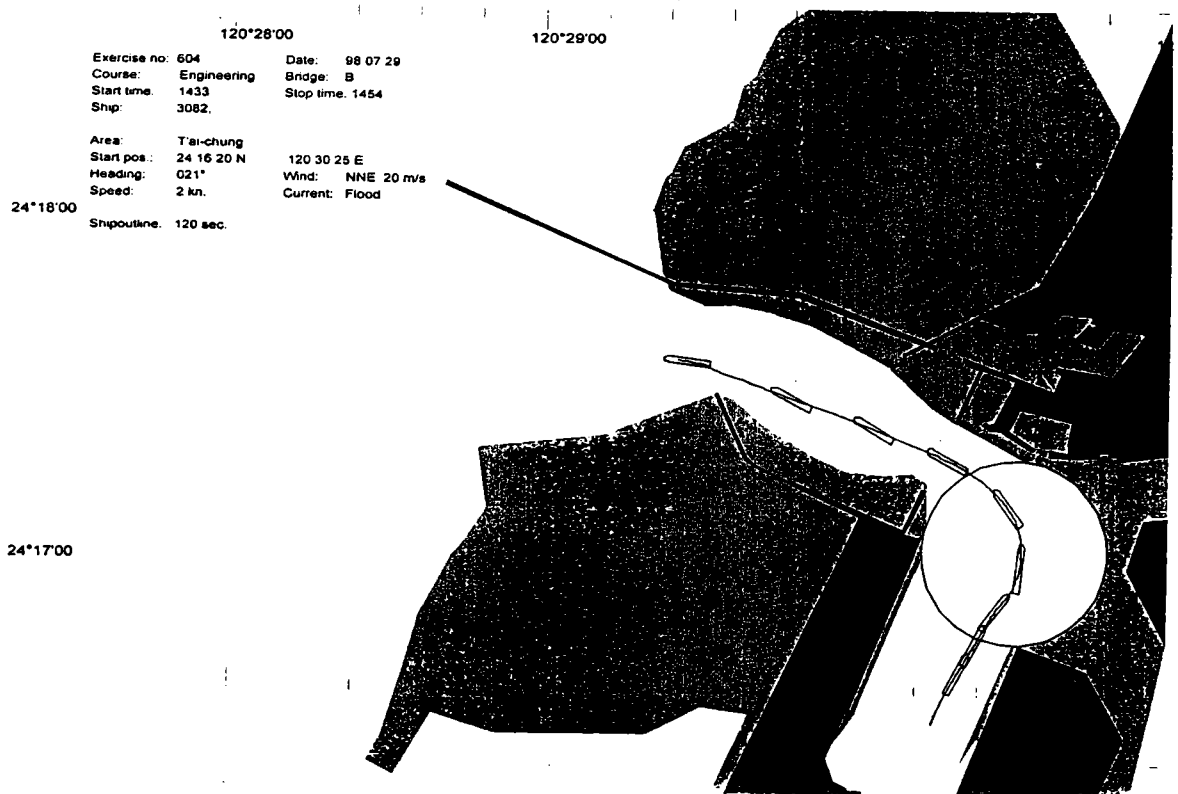


圖 7-2-13(b) 油輪(空載)成功出港操演船跡圖

表7-2-16 Real-Time操船模擬試驗條件

船舶類別	風	浪	潮位	次數
油 輪 (空載)	無	無	-	2
	15m/s-NNE	3m	退潮	2
	20m/s-NNE	4m	退潮	4
	20m/s-NNE	4m	漲潮	3
散貨輪 (滿載)	無	無	-	4
	15m/s-NNE	3m	退潮	4
	15m/s-NNE	3m	漲潮	1
	20m/s-NNE	4m	退潮	4
	20m/s-NNE	4m	漲潮	2
貨櫃輪 (半載)	15m/s-NNE	3m	退潮	7
	15m/s-NNE	3m	漲潮	3
	20m/s-NNE	4m	退潮	28
	20m/s-NNE	4m	漲潮	8
汽車輪 (滿載)	無	無	-	2
	15m/s-NNE	3m	退潮	3
	15m/s-NNE	3m	漲潮	2
	20m/s-NNE	4m	退潮	13
	20m/s-NNE	4m	漲潮	4
貨櫃輪 (滿載)	20m/s-NNE	4m	退潮	12
	20m/s-NNE	4m	漲潮	6
合 計				114

表 7-2-17 操船困難及危險狀況表

	危險狀況	操演編號
進 港	接近北防波堤	510
	接近南防波堤頭	107、108、204、405、701、704、204
	接近南內堤頭	509、503、706
	接近主航道北界	103、104、301、302、401、501、703、402
	接近迴船池北界	303
出	接近北防波堤頭	308
港	接近迴船池北界	804、502、705

上操船模擬結果顯示，進港船舶最主要發生危險狀況為接近港口時，必須自 060(T)航向轉向至 110(T)航向。在船舶轉向過程如使用舵效過大，將易接近南防波堤頭；轉向舵效不足，則向北偏離 110(T)航向，而有接近主航道北側邊界之危險。故將來領港必須熟悉大型船舶在強風作用下之旋轉舵效特性，方可將使進港船舶穩定轉向進入主航道航向。

出港船舶出現較危險之狀況，多發生於接近迴船池北界，此因素多為船舶在迴船池轉向過慢所致。

在上述 114 操船演練中，雖出現 24 次危險狀況。其主要原因為試驗領港仍在試驗過程累積船舶及海況特性、在各試驗中未選定固定進港航線，而嘗試各種可能操船方式。同時，縱使船舶無法穩定操控時，領港也未請求拖船支援，以致相對出現危險之操演比例較高。

領港在試驗過程嘗試各種可能操航方式，旨在探討港口擴建後，操航可能遭遇之困難癥結所在，以便研擬因應對策，也可瞭解港口擴建後操航安全的提升程度。上述操船可能出現之困難，在實際船舶進港作業中，僅要拖船可出港完

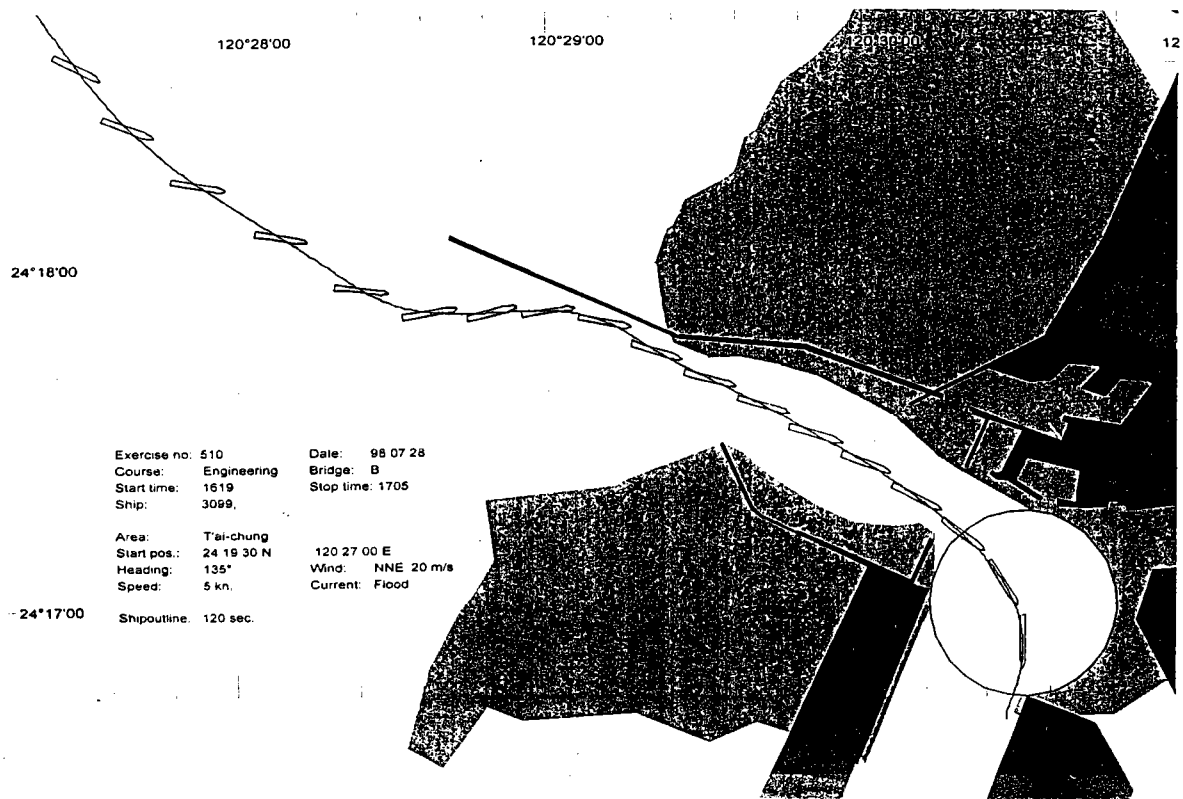


圖 7-2-14(a) 船舶進港時發生接近北外堤情況之船跡圖

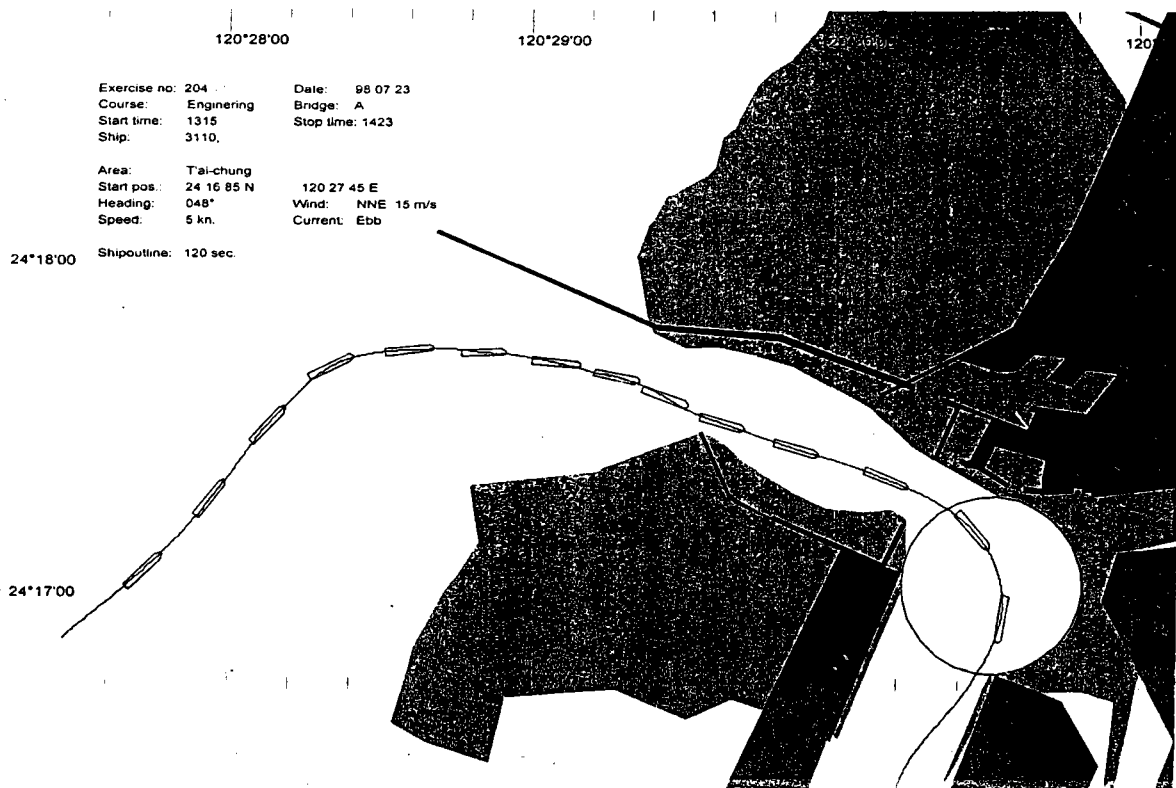


圖 7-2-14(b) 船舶進港時發生接近南外堤頭情況之船跡圖

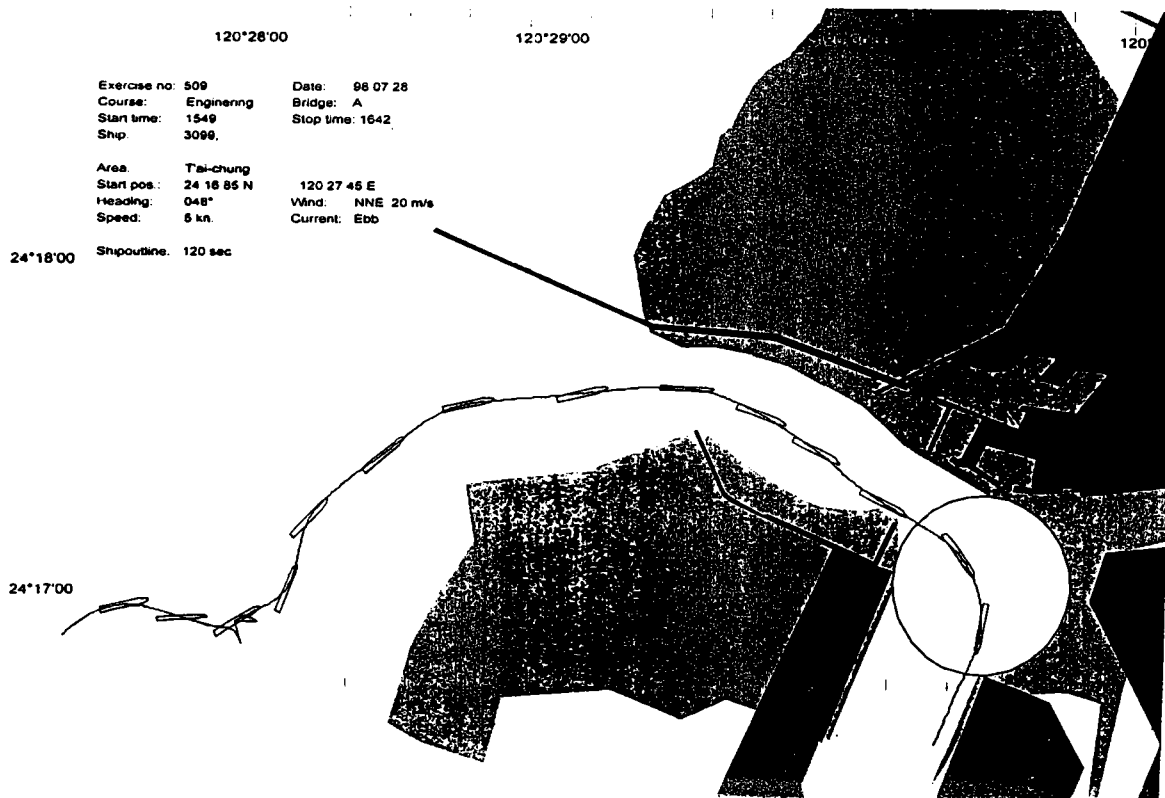


圖 7-2-14(c) 船舶進港時發生接近南內堤頭情況之船跡圖

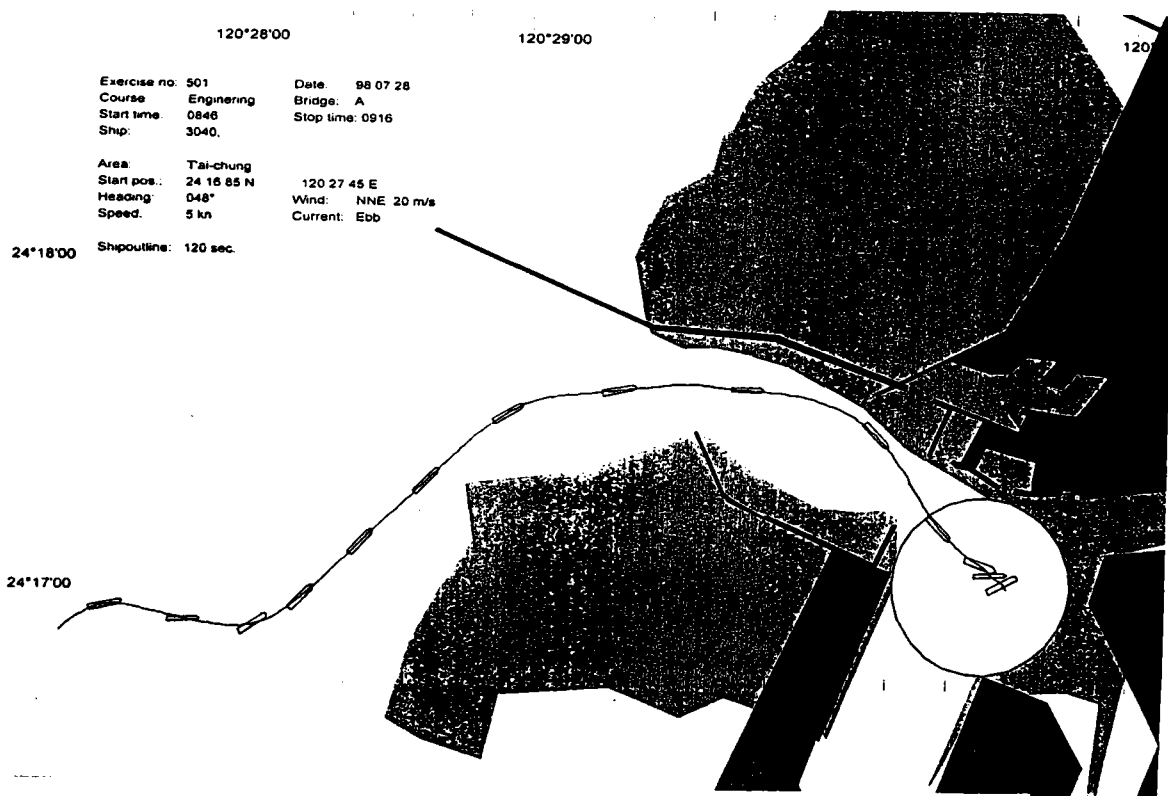


圖 7-2-14(d) 船舶進港時發生接近主航道北界情況之船跡圖

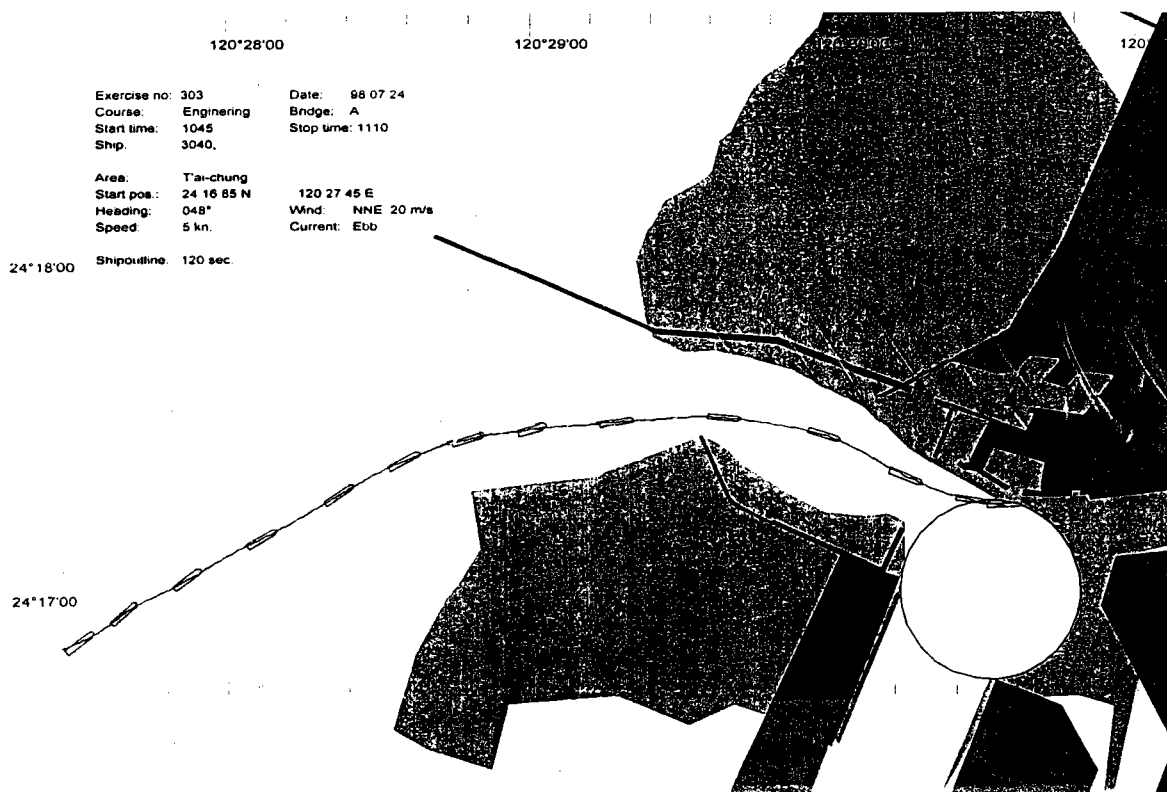


圖 7-2-14(e) 船舶進港時發生接近迴船池北界情況之船跡圖

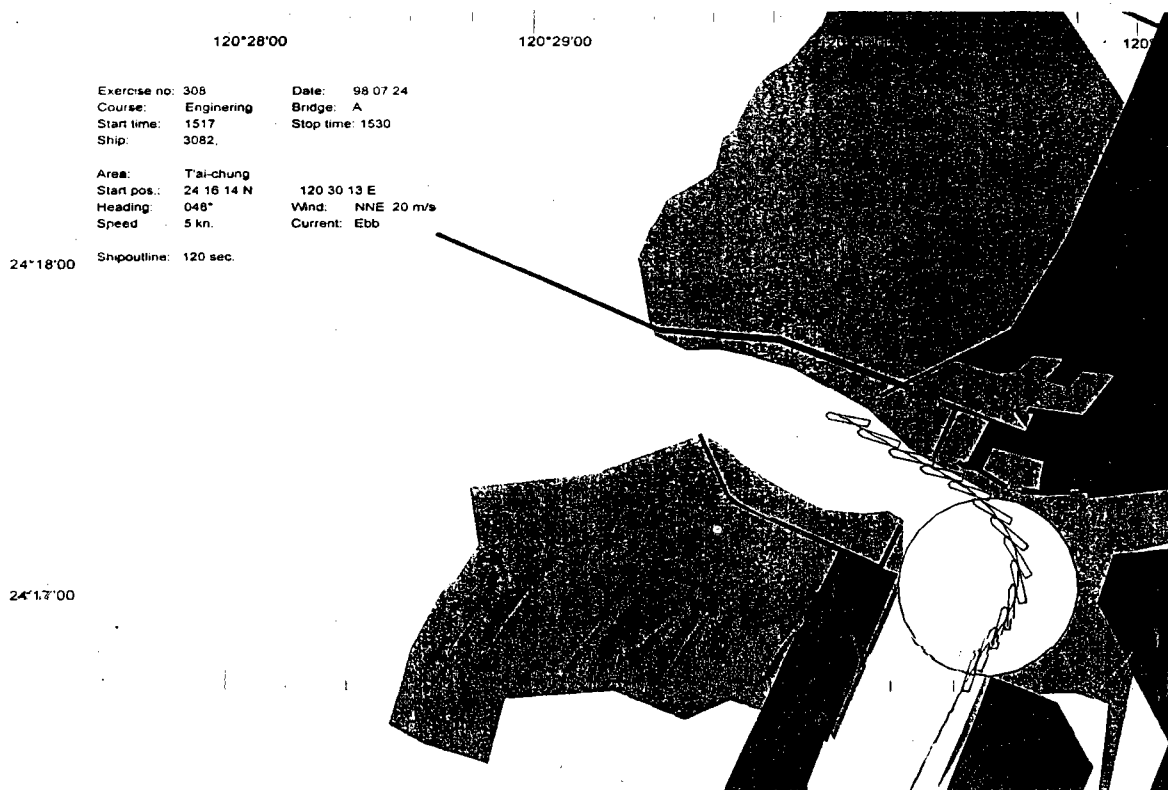


圖 7-2-14(f) 船舶出港時發生接近北內堤頭情況之船跡圖

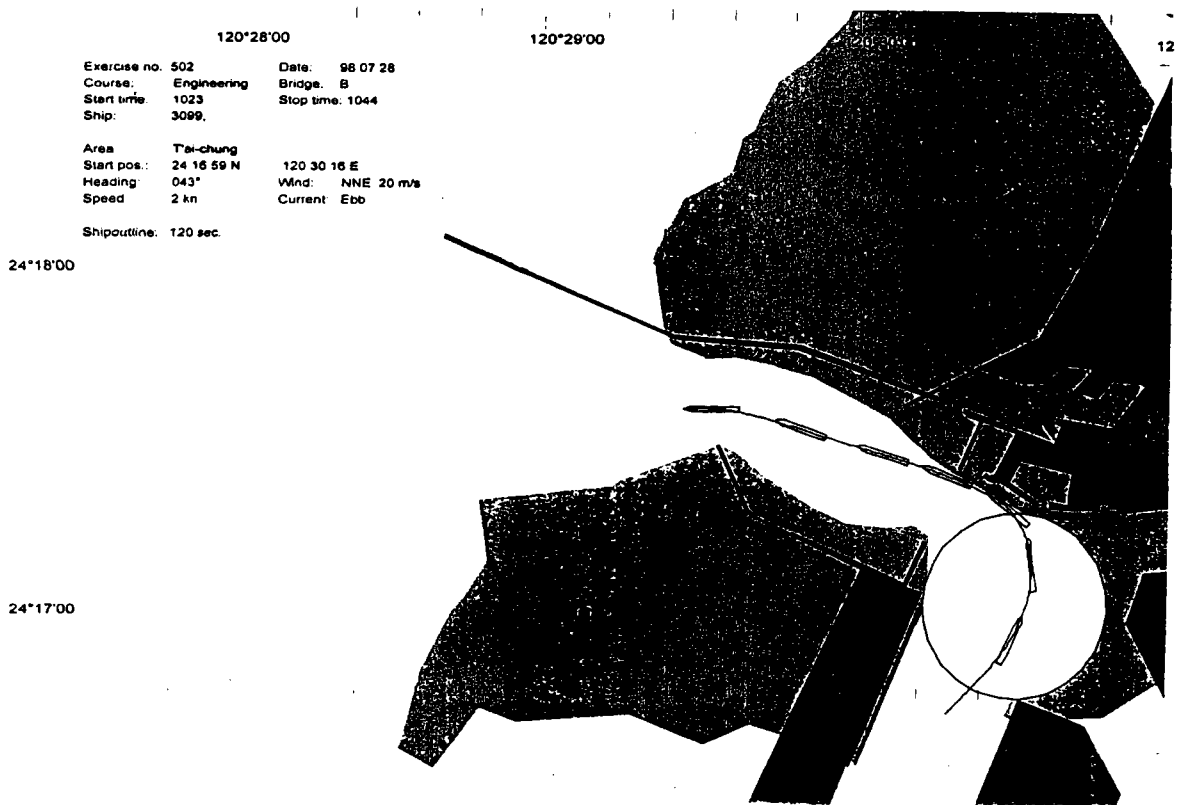


圖 7-2-14(g) 船舶出港時發生接近迴船池北界情況之船跡圖

成帶纜作業，皆可利用拖船協助，化解可能出現之危險。故本試驗如直接將所有成功及失敗之進出港船舶航行軌跡，進行通過內、外堤口截面之機率分佈並無實質意義。但經完成本計畫真時(Real-Time)操船模擬試驗後，參與本試驗之領港已經累積多次試驗經驗，頗能掌握操船技巧，咸認本計畫依所擬港口擴建方案，在其他輔助措施配合下，惡劣天候仍應可安全進泊計畫進港之大型船舶。

本計畫研選之較佳擴建配置方案經真時(Real Time)操船模擬試驗驗證結果，顯示第四代貨櫃輪及 12.5 萬噸級散貨輪等大型船可安全進出港口。而由模擬操演中亦發現北防波堤延長 480m 後，雖可有效降低港口海域流速，但須配合拆除南內堤 50m 以及南防波堤 93m，方能確保大型船操航安全目標。

由各試驗船舶模擬試驗軌跡圖可看出，無論散貨輪或貨櫃輪在進入外堤口時，受風、浪、流影響，明顯偏向南防波堤，其船跡位置相當接近本計畫擬拆除之 93m 堤段，該堤段如不拆除，大型船將無法安全進入港口段主航道。

而當大型船舶通過外堤口後，為克服 NNE 向(約與港口段航道垂直)強盛風力影響，船速必須保持在一定之速度方能維持航向，尤其是受風面大之半載貨櫃輪更須維持在 8~9 節航速，此一航行速度導致船舶無法沿進港航線直接停泊在迴船池內，而需在通過內堤口附近即開始轉向，使船舶駛向迴船池以及內航道間水域，以爭取足夠之衝止距離。

從模擬船跡圖中可看出，大型船舶在通過內堤口時已偏向南內堤，如本計畫未將南內堤堤頭段拆除 50m 長，則大型船舶無法安全進港。

(三) 小結

綜合 114 次之操演結果，可獲致以下結論：

- (1) 港池航道浚挖至-16m 對於本模擬試驗之船型而言，已經足夠。
- (2) 對於船長 294.12m 之最大型船舶之迴轉及錨泊而言，北迴船池空間已經足夠。由於其直徑達 1000m，故可提供港內極安全之工作空間。
- (3) 分道航行分隔區對於對於領港登輪位置之控制並不具重要性，但對於進出船舶之區隔則為良策。若領港登輪位置移至距原登輪區西北西方向 0.2 浬處，分道航行分隔區將需移往 WNW 方向。
- (4) 經由本操船模擬試驗可知，領港登輪之後，以及船舶行經港口段主航道時，必須將船速保持在一定水準。除半載之散貨輪外，船速可保持在 7 節以下；半載之貨櫃輪則須將船速增加至 8~9 節，方可維持穩定進港航向。
- (5) 船舶進港時，船速必須儘量降低，以便拖船繫纜作業。若拖船在船艏繫纜拖航，則進港船舶必須將船速減至極低；若拖船擬拖帶船艉纜時，則可在船速相對較高之環境下作業。如果拖船位於船艉側，較容易就工作位置，因此可在較高船速之下帶纜作業。拖船之效率乃依其所連接之船舶而定；船速愈低則效率愈高。本模擬試驗大多並未使用拖船，或待船舶進入防波堤遮蔽區之後才使用拖船。此做法可使拖船帶纜作業不受波浪之影響，同時確立本試驗所採用之船型可在無拖船協助之狀況下進港。
- (6) 所需之拖船總拖力除依船舶之大小、型式以及天候條件而定外，風力大小、船舶受風面積、以及錨泊

位置亦為重要因素。此外，海流產生之影響亦須加以考慮，因此船底下之淨餘裕水深相當重要。若航道設計水深為-16m，而船舶吃水深度為15m時，若有海流作用，所需拖船總拖力將增加4.5倍。

- (7) 如前所述，未來拖船之能量將必須提高、以因應更大型船舶之進出。經由本模擬試驗可確立，即使是大型船舶在極惡劣之風力、海流條件下亦能進港。但經由本試驗亦同時發現某些模擬操演過程中，如果風向與船身垂直，將使得船舶無法靠泊碼頭。
- (8) 本模擬試驗分別針對漲潮、退潮(Ebb)、以及無海流等情況加以探討。對於船舶進港而言，退潮條件較為困難。此時必須在南北防波堤中央保持適當航行路徑，才能克服南防波堤外之困難操航條件。漲潮時，由於受到北防波堤遮蔽影響，並無任何特殊之操航困難，但由於北防波堤堤頭處橫越堤向之海流仍大，於接近領港登輪區時必須加以留意。

六、平面水工模型漂沙試驗成果摘述

本試驗主要的目的係依港口擴建較佳佈置(替選方案九)對鄰近海岸地形變遷影響，進行評估及研擬侵淤防制對策。試驗工作項目包括(1)預備試驗(2)主配置方案試驗(3)改善配置方案試驗。

(一) 試驗設備與條件

1. 試驗設備

本試驗於港灣技術研究所第二試驗場棚進行，其相關設備與量測儀器說明如下。

- 試驗水池：長 62m，寬 57m，深 1m，池內有潮汐控制系統。
- 不規則造波機：本造波機係加拿大 DAVIS 公司出品之油壓推移式不規則造波機，其由四個獨立造波模組組成。可利用電腦傳送數位訊號至控制器，再傳送至各造波機模組，其可模擬規則波及多種波譜型態之不規則波。
- 容量型波高計及資料擷取處理系統：波高計用於量測水位變化，透過資料擷取處理系統，波高計感應之波浪條件，經 PC 分析後，選擇及修正需要的試驗波浪。

2. 試驗比例尺

本試驗現場範圍北起大甲溪口，南至大肚溪北岸附近，為考慮試驗水池周邊反射之有效面積容量以及方便比較民國 62 年台中港所作之漂沙試驗結果。本試驗中選取模型比例尺，水平比尺為 1/500，垂直比尺為 1/100。本試驗中之波浪比例尺採用週期比尺 $N_T = \mu^{1/2} = 1/10$ ，波高比尺 $N_H = \mu = 1/100$ 的相似律。根據上述關係，潮汐比尺採用 $N_{tid} = \lambda / \sqrt{\mu}$ ，由前述之比尺關係推得： $N_{tid} = 1/50$ 。

3.波浪條件

本試驗中採用 M.H.W.L.~M.L.W.L.(即+4.42m~+0.88m)作為波浪潮汐變化水位。

根據本所「台中港漂沙防制與新生地開發」研究報告
颱風波浪推算之最大示性波高，如表 7-2-18 所示。

表 7-2-18 台中港颱風波浪推算之最大波高

重現期(年)	10		20		30	
極端值 分析法 波浪 推算法	Gumbel	Weibull	Gumbel	Weibull	Gumbel	Weibull
實用法	7.43	7.88	8.28	8.66	9.37	9.69
湯麟武法	8.89	9.58	9.81	10.45	11.00	11.57
井島法	8.15	8.94	9.21	9.94	10.58	11.24

本試驗採用 10 年重現期之颱風波浪，由上表中可知，其最小值為 7.43m，平均值為 8.48m，最大值為 9.58 m，又依統計分析求得 $H_{\max}/H_{1/3}=1.6$ ，因此其最小、平均及最大值之 $H_{1/3}$ 分別為 4.6m、5.3m 及 6.0m。再依據以往之颱風資料及分析結果，試驗中之波浪週期採用 11.5~12.5sec。

(二) 試驗結果

預備試驗係以各種波浪條件及考慮加沙量之漂沙移動情況，比較試驗地形與現場地形變化的吻合程度，尋求試驗中地形的重現時間，以作為後續試驗預測地形變遷的依據。由本次預備試驗結果發現以 N15°E 波向為波浪優勢方向在波高 4.61~5.95 公尺；週期 11.5 秒~12.5 秒的波浪條件作用下，模型試驗 45 分鐘的地形變化，可重現地形變化一年的時間。

主配置方案試驗係根據預備試驗中相同之試驗條件，

進行未來數年試驗範圍內鄰近海岸地形可能發生之侵淤變遷情況，具此試驗結果以擬供未來防治對策配置方案之依據。

由於漂沙試驗之底質顆粒與不等比縮尺效應的影響及限制，其試驗結果無法量化的具體成果表示，而僅能以定性化的整體巨觀方式展現其地形侵淤變化狀況。為避免試驗時間太長影響結果的分析與研判，因此，本試驗中僅以相當於現場六年的時間預測未來地形的變化情況。

為瞭解地形侵淤的變化，將港區海岸劃分 35 個斷面如圖 7-2-15(a)～圖 7-2-15(b)。依主配置方案的試驗結果顯示南防波堤南側區域大都呈侵蝕現象，但情況不嚴重，不過由於本試驗時間僅為 6 年，若更長的時間則侵蝕情況可能影響南海堤堤岸基礎。北防波堤北側區域則因大甲溪漂沙堆移及北防波堤的阻擋大都呈現淤積情況。當東北向波浪作用時，因北防波堤造成反射形成短峰波現象，因此在斷面 26 附近有侵蝕情況發生，惟此情況對整體區域而言影響不大。

(三) 小結

綜觀前述之尋求重現現場地形變化時間的預備試驗，及主要延伸北防波堤 480 公尺的主配置案試驗的整個試驗過程與試驗結果的分析比較，茲可歸納下列數點結論：

1. 以 N150°E 波向為波浪的優勢方向，試驗波浪波高為 4.61m～5.95m，週期為 11.5sec～12.5sec 三種搭配方式造波下，模型試驗 45 分鐘的地形變化，相當於現場地形變化一年的時間。
2. 北防波堤延伸 480 公尺的主配置方案試驗結果，南防波堤南側區域除海堤折角落少數地區有淤積情況外，靠近海堤岸側附近大都屬於侵蝕地形，但情況不嚴重，其侵蝕現象隨時間增加而更形明顯。而北防波堤北側區域則為淤積地形，且其淤積情況隨時間而增加。

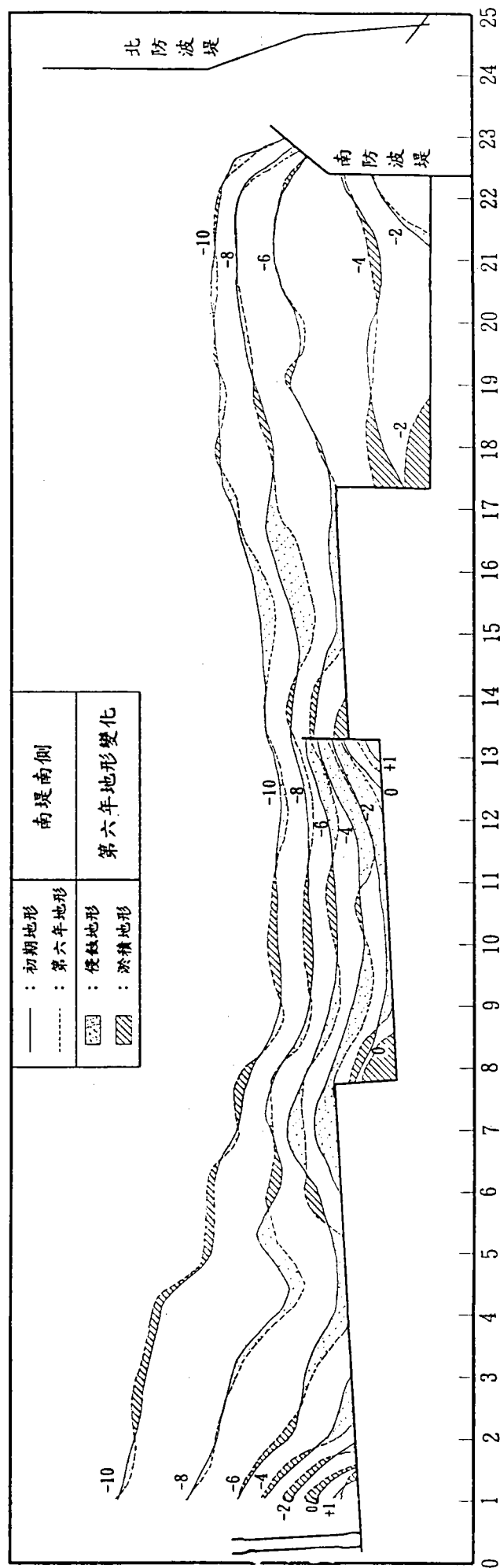


圖 7-2-15(a) 南防波堤南側區域，主配置試驗第六年地形變化比較

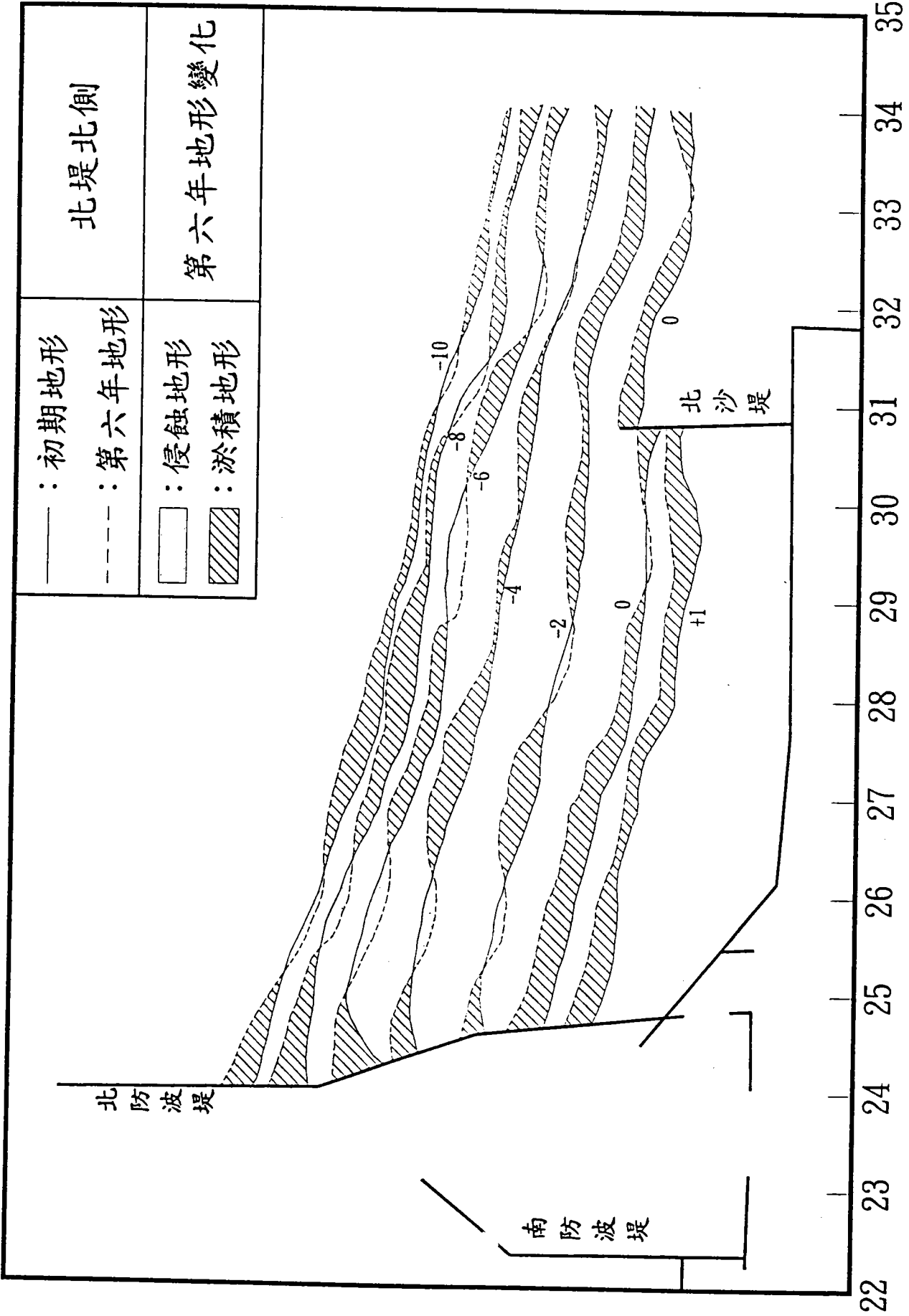


圖 7-2-15(b) 北防波堤北側區域，主配置試驗第六年地形變化比較

參、替選方案綜合比較與較佳替選方案擬定

本擴建工程規劃主要在探討何種港口擴建佈置能滿足計畫進出港船舶的操航安全需求；同時港池靜穩度也需符合設計規範要求的範圍之內。依目前船舶進港航線軌跡檢視，呈現近似 U 形迴轉的情況。在 U 形航線的進港過程中，南防波堤堤頭及南內堤堤頭是操航最危險的兩個突出障礙地點，船舶從港外進入港內分別在這兩個地點作大角度轉彎。

因為台中港一港口為既有設施，所以為提升船舶操航安全而研擬之港口配置調整方式與空間受到限制。因此本計畫針對上述兩個操航障礙，以延建北防波堤與局部拆除南內、外堤堤頭段，擴大操航空間的方式加以排除。然而南內、外堤的拆除可能造成港池靜穩度不佳，影響船隻靠泊及裝卸效率。

如何在操航安全與港池靜穩必須同時兼顧下取得平衡點，而研選港口擴建較佳佈置方案是計畫工作重點。本計畫是以符合港池靜穩要求為最大擴建規模及滿足操航安全需求之最小擴建規模等兩個原則來研選較佳替選方案。並依據上節各替選方案所作之研究成果進行綜合比較，逐步確立較佳之港口擴建佈置方案。

一、北防波堤延伸長度及方向

(一)各替選方案綜合比較

北防波堤延伸之目的，在於擴大港口前緣浪、流靜穩遮蔽區範圍，以期計畫進港船舶可穩定航向，通過外堤口。惟北防波堤延伸過長，將可能導引 W~SW 向波浪進入港口，影響港內水域靜穩度。同時，防波堤延長，將造成阻礙海岸漂沙運行之負面影響。因此將具有不同北防波堤延伸長度、方向之各替選方案，就操船安全、港池靜穩、及海岸地形影響等差異性說明如下：

1. 船舶操航安全需要

依快速(Fast-Time)操船模擬試驗之成果顯示，北防波堤延長不同長度及方向，就船舶進出港操航安全而言，各替選方案並無明顯之差異。但其中以方案六〔750m, WNW 向〕與方案七〔480m, W 向〕較其他方案略佳，其中又以方案七最佳。另依真時(Real-Time)操船模擬試驗結果顯示方案九〔480m, WNW 向〕已可滿足計畫船舶進、出港操航安全性的需求。

雖然北防波堤延建愈長對船舶操航安全愈有利，但延建愈長，漁船進出港航線也愈長，基於工程經濟性考量，北防波堤延建 480m 應已滿足本計畫之需求。

2. 港外航道空間配置

台中港外海航道基於船舶操航安全，目前為採進出港分道航行方式。在北防波堤以南至錨泊區邊界之安全航行範圍，約以港口為中心呈 55° 之扇形水域分佈。各替選方案中，如北防波堤繼續沿目前方向延長(方案一、方案六)，則現有分隔航道之安全航行範圍將不受任何影響。

但北防波堤如向 W 轉折延建(方案七、方案八)，則安全航行範圍將縮小為 30° 之扇形水域，相對港口前緣安全航行水域將較北防波堤朝 WNW 向減少約 45% 之面積，此將導致出港航道更加接近進港航道，對海上船舶交通之管理將有不利之影響。

3. 港內水域靜穩度影響

本港港口航道方向為朝 WNW 向，方案一及方案六沿航道方向延建防波堤，WNW 向波浪將可能直接侵入港內水域，但其影響程度與零方案現狀佈置相同。如航道寬度不變，對 WNW 向波浪而言，延建防波堤並不致造成港內靜穩度惡化。

至於 W~SW 向波浪為斜向作用於延建之防波堤，波

浪經堤體反射將在堤前形成短峰波現象。惟各方案皆自一期港口擴建所完成 850m 防波堤堤頭繼續向外海延建。在 W~SW 向波浪作用下，主航道附近水域不穩靜現象，主要為第一期擴建現有之北防波堤所造成。因此本計畫所延建防波堤並不致於影響港內水域靜穩度。不過導浪現象會因北防波堤的延建長度愈長而愈明顯，造成港內靜穩度變差。此負面影響可藉由縮短延建長度或採用消波式防波堤及適當消波設施，使港內水域達到靜穩需求。

4. 對海岸地形影響

海岸結構物突出海岸愈長，將更徹底阻斷漂沙沿岸輸送，影響海岸地形之穩定。故本計畫港口擴建，在滿足船舶進港安全之前題下，延建之防波堤應愈短愈好。

依前述快速(Fast-Time)操船試驗成果及船舶於遮蔽區航行時間的長短評估，防波堤延建 750m 與延建 480m 相較，船舶進港之安全性並未獲得明顯之提升效果，故基於維護海岸地形穩定之考量，應以北防波堤延建 480m 為佳。且延建 480m 較能符合未來外港發展計畫。

目前北防波堤堤頭水深已達 CD.-23m，遠大於東北季風波浪之漂沙移動界限水深。波浪碎波造成沿岸流所帶動漂沙移動，應不可能大量越過堤頭，淤積下游海岸。本計畫如再繼續延建北防波堤，理論上將完全阻斷海岸漂沙向南輸送。

惟台中港海域帶動海岸漂沙之動力，除波浪造成之沿岸流以外，東北季風所產生強烈風驅流，將接續近岸流所擾動懸浮漂沙，隨北防波堤堤頭的強制裂流將部份懸浮漂沙越過北防波堤，在下游側因所形成環流使流速減緩，海水原攜帶懸浮泥沙逐漸下沉而呈現淤積現象。故本海岸受到強烈近岸風驅流影響，海岸結構物並不致於完全阻斷漂沙活動。漂沙試驗結果顯示南防波堤南側之海堤近岸處呈現侵蝕現象，但情況不嚴重。

(二)北防波堤延伸長度及方向建議

綜合各替選方案北防波堤延建長度及方向之檢討，北防波堤如再延伸 480m 已可滿足進港操船安全之需求。而防波堤延建方向，就單艘船舶進出港情況，方案七朝 W 向延建在操船安全性，雖較方案一略優。但就國際商港而言，每日往船隻進出港頻繁，港外分向航道維持船舶交通管理為極重要考慮因素。由於方案一港外航道空間配置較佳，且數值計算結果顯示以 N 向波浪作用而言，北防波堤延建方向 WNW 較 W 向有較佳之遮蔽效果，故北防波堤延伸方向建議依原堤線〔WNW 向〕佈置。

二、南防波堤拆除長度

(一)各替選方案綜合比較

1.船舶操航所需航道寬度

依快速(Fast-Time)操船模擬試驗方案，南防波堤拆除長度皆為 170m，試驗結果顯示計畫船舶皆可安全通過 350m 寬之航道。惟由於快速操船試驗完全以電腦模擬船舶進港航行特性，過程中可即時計算因應海況條件變化所需修正舵角或船速；但實際領港帶船過程中，每艘船舶特性及性能不盡相同，領港必須憑經驗判斷所需操船方式。因此快速操船模擬並無法反映每位領港不同行為特性，本試驗所呈現結果僅能作為各替選方案之初步可行性及方案間相對差異性的比較，故僅供方案研選之參考。

由於本港進港船舶為採 60°船艏向進港，在進入港口前緣船舶必須轉向 110°進港，本計畫南防波堤可能拆除方式，經參與研究成員及諮詢會議學者專家多次討論，一致認為南防波堤堤頭四座沉箱(約 93m)嚴重妨礙船舶進港前轉向動作，建議應優先予以拆除。而此拆除長度經真時

(Real-Time)操船模擬試驗確認已可滿足計畫進港船舶之操航安全需求。

2.對港內水域靜穩度影響

由數值計算與水工模型遮蔽試驗結果，顯示南防波堤拆除長度愈長，侵入港內波浪能量愈大，對港內水域將造成愈不利之影響。此負面影響可藉由縮短拆除長度或於適當地點設置消波設施獲得改善。不過需要特別注意者，為正對港口之 8A 碼頭原設計碼頭面高程僅 CD.+6.5m，如在颱風侵襲時，發生暴潮水位及西南向波浪作用，本碼頭將發生越波災害。惟此問題在現狀佈置即已存在，但將來如再拆除部份南防波堤，此現象將略為顯著，故如非操船安全考量確實需要拆除南防波堤，否則本計畫應儘可能縮短拆堤之長度。

(二)南防波堤拆除長度建議

綜合前述討論，南防波堤拆除對港內水域靜穩度造成影響，且在颱風侵襲時可能使目前即已存在之 8A 碼頭越波災害更加嚴重。因此在本計畫研究成員審慎評估及學者專家建議，並經真時操船試驗確認操航安全性後，南防波堤以拆除 93m 為宜。

三、南內堤拆除長度

(一)各替選方案綜合比較

1.船舶操航所需航道寬度

本計畫在真時操船試驗中，所選擇試驗方案南內堤拆除長度皆為 50m，內堤口航道寬度擴大為 350m。依試驗結果，計畫進港船舶在小心操航下皆能安全通過此內堤口。惟進出港船舶在此堤口必須作一大角度轉向動作，以便進

入內港航道或主航道，因此內堤口寬度愈大對操航安全愈有利。

2.對港內水域靜穩度影響

替選方案一、方案二、及方案三，南內堤分別為拆除50m、100m、150m。經比較上述三個方案水工遮蔽試驗之結果，發現南內堤拆除長度愈長，對港內水域靜穩度愈不利，雖然其影響不大，但基於港池靜穩南防波堤拆除不宜太長。

3.對堤口流速之影響

台中港為台灣地區潮差最大之區域，港內及港外因漲退潮時之水位梯度差，在內堤堤口因流線束縮影響流速有增強現象，此流速並隨著港域面積擴大港內水體增加而更形明顯。

由於船舶必須以緩速通過內堤口，以避免進入迴船池後衝止距離不足。內堤口之強流對緩速航行船舶安全影響極大。

依海流數值計算成果，顯示南內堤拆除長度愈長，堤口流速愈小。在退潮時流向約由南向北朝向漁港口方向流動，此流場中，平行航道流速分量對船舶操航之影響不大，但在局部地區產生強勁垂直航道分量流速，將嚴重影響船舶操控性。故基於操船安全考量，仍應適度拆除南內堤以拓寬航道，以避免水流集中現象。

船舶進出港口所能承受內堤口最大之橫流，經真時操船試驗確認南內堤拆除50m，可克服此一橫流造成操航的危險。

(二)南內堤建議拆除長度

南內堤部份拆除之目的主要為提供進港船舶較大的轉

彎空間及降低內堤口流速，以提高船舶進港安全。惟拆堤後將影響港內靜穩，故應減少南內堤拆除長度。經真時操船試驗確認南內堤拆除 50m 為滿足操航安全之最小長度。

四、較佳方案擬定

綜合前述對港口各種可能擴建方案的探討，在考量操航安全與港池靜穩的基本需求下。本計畫研選擴建規模最小之替選方案九為較佳方案。其中北外防波堤沿現有防波堤方向延建 480m，以擴大遮蔽區範圍，提供船舶進港前有更大穩靜水域之緩衝空間。南防波堤拆除四座沉箱(約 93m)，使進港船舶由 60° 船艏轉入主航道時能有較寬廣空間，並避免過多外海波浪能量侵入內港水域。內港主航道將儘可能予以拓寬使呈袋狀水域，最寬處將規劃為 600m，以期進港船舶有較大操航空間。南內堤拆除 50m，內堤口航道寬度擴大為 350m，使堤口流速降低，以滿足船舶操航安全需求。

五、港口擴建相關課題

因港口擴建可能引致之相關課題，例如台中港一港口未來是否還有繼續擴建的空間？操航安全性提升後，大型船舶進港的實施步驟如何安排？港口擴建計畫實施前後可能遭致之民眾誤解、抗爭如何排除？在本節中作一說明與建議如下：

(一)一港口擴建極限

台中港第一港口一期擴建已於 84 年完成。本計畫二期擴建如順利完成後，將來一港口為因應進港船舶噸位再提升而引致操航安全的問題；或解決因進出港船舶艘次增加而發生港口壅塞的問題，是否還有再擴建的可能？基本上，為解決上述操航安全及港口壅塞問題，一港口必須有足夠的航道寬度與深度以滿足更大型船舶操航安全及規劃進出港雙向

航行。由於一港口為既有設施，其可擴建的方式與空間很有限，為克服上述問題所能採取之有效方式不外乎南內、外堤再拆除及航道再浚深並拓寬。雖然本計畫為提升操航安全研擬相關輔助措施，但其效果仍不及港口擴建來得明顯。

然而，南內、外堤拆除對港池靜穩的不利影響如本章第四節所述。由於本次規劃是以滿足港池靜穩基本要求下，研擬最大之南堤拆除長度。因此未來如再拆除南堤，港池靜穩將達不到設計規範所要求的標準。

台中港早期建港時原規劃進港船型為五萬載重噸船舶，故港口段主航道寬度、深度所具有之擴建餘裕空間有限。台中港務局為配合本計畫，已另案辦理「台中港航道浚深拓寬工程」，其主航道寬度最大為 600 公尺，水深 CD.-16 公尺。此浚深拓寬工程完成後，南、北防波堤部份堤段已緊鄰航道，將來如須再拓寬或浚深時，必須注意堤基穩定與結構安全。

如果將來台中港進出港船舶艘次持續增加，使港口交通量達到飽和時，或有公民營單位需進泊更大型船隻時，則必須開闢第二港口或外港區或其他方案以為因應。換言之，一港口經實施本計畫所研擬之二期擴建後，已瀕臨擴建極限。

(二)計畫船舶進出港實行步驟

一港口如依本規劃進行二期擴建後，由於北防波堤延伸及南內、外防波堤拆除，使得港區水域之波浪場及流場有所改變。換言之，操航的海象環境條件已有改變。雖然引水人員可由經驗或本計畫之數值計算、水工試驗結果大略掌握其特性，但仍以實際操航體驗較真實準確。本計畫在執行真時 (Real-Time)操船試驗時，領港即嘗試各種不同的可能操航方式，也是基於此點考量。

在真時操船試驗中發現貨櫃輪受強勁冬季季風影響操航較不易，因此以較保守的安全觀點而言，先期宜以3,000TEU 左右受風面積較小之貨櫃輪進行試航，一方面累積實際操航經驗，另一方面對擴建後港區之波浪、海流特性能有實際的瞭解，然後再逐步提升至受風面積較大之4,000TEU 貨櫃輪。

目前陽明海運每周有一艘 3,200 TEU 級貨櫃輪靠泊台中港(美西定期班輪)，因此建議應將此船之操航過程持續記錄，並配合對應之海氣象資料及船長、領港操船心得整理成試航報告，以供相關人員參考。

(三)民眾誤解與漁民抗爭

拆堤易使一般民眾產生浪費公帑的誤解，然事實是近三十年前台中港原規劃之港口佈置，已無法滿足航商大型船舶進港操航安全需求，此可由台中港歷年進出港船舶噸位分佈的變化獲得證實。一般民眾的誤解可藉由媒體主動進行說明來澄清，且其對港口擴建的實施尚不致於造成太大的阻撓。但與台中港共同港口之梧棲漁港漁民，因感受到工作環境發生變化之切身利害關係，很可能發生擴建前之抗爭及擴建後之索賠問題。

台中港於八十七年辦理「台中港內 87 艘漁筏收購〔含轉業〕補償」及「台中港外圍大安、大甲、龍井地區漁筏漁業損失補償」計畫，已針對台中港建港所造成之漁業損失問題予以整體補償，該等漁民於具領補償時均應檢附切結書切結「日後絕不再於台中港商港區域內從事漁撈，亦絕不再以任何理由要求補償」，上述補償作業正由港務局積極辦理中。此外本計畫對於擴建可能造成漁港水域靜穩的影響，也已作審慎的檢視並研擬有效之改善方案，以確保該水域的靜穩需求與航行安全。

雖然如此，但在「公說公有理，婆說婆有理」的情況下，若沒有事實的佐證，糾紛難免發生。因此建議港務局應事先舉辦公開說明會，以誠意進行溝通，避免不必要的誤會，使擴建計畫遭受阻礙。同時對於擴建前漁港區的海象狀況應先予調查，並於擴建完成後再調查一次，有擴建前後現場實測數據比較之事實佐證，方能解決可能的糾紛。

第八章 港口二期擴建定案工程計畫

第八章 港口二期擴建定案工程計畫

壹、港口主體設施擴建計畫

一、外廓設施定案擴建計畫

根據前述操船及水工模型試驗結果，本計畫研定之最佳擴建配置為：北防波堤沿原堤線方向(WNW)延長480m，南防波堤拆除93m(四座沉箱)，南內堤拆除50m。本計畫工程平面佈置如圖8-1-1所示，茲將主要工程項目說明如下：

(一)北防波堤延伸工程

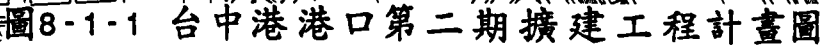
北防波堤延伸主要為提供廣闊浪、流靜穩之遮蔽區域，以利大型船可在安全的操航環境下順利進港。北防波堤將沿現有堤線方向(WNW)再繼續延建防波堤480m，防波堤堤址水深位於-20m~-25m間。

防波堤以50年迴歸期設計波浪及海床地質條件進行初步設計，初步建議斷面如圖8-1-2。防波堤將使用20m(L)×22m(W)×22.5m(H)之沉箱，沉箱兩側各伸出1.5m之基腳。

防波堤段將攔阻西～西南向波浪，並造成波能反射現象，影響港口段水域靜穩。因此，延長沉箱堤南側將採用消波結構，降低反射波對船舶進出港之影響。

(二)南防波堤拆除工程

為使大型船舶能安全通過外堤口進入港口主航道。依Real-Time操船模擬驗證結果，南防波堤至少須拆除平行主航道之93m沉箱堤，以確保船舶在港口前緣順利轉向進港。



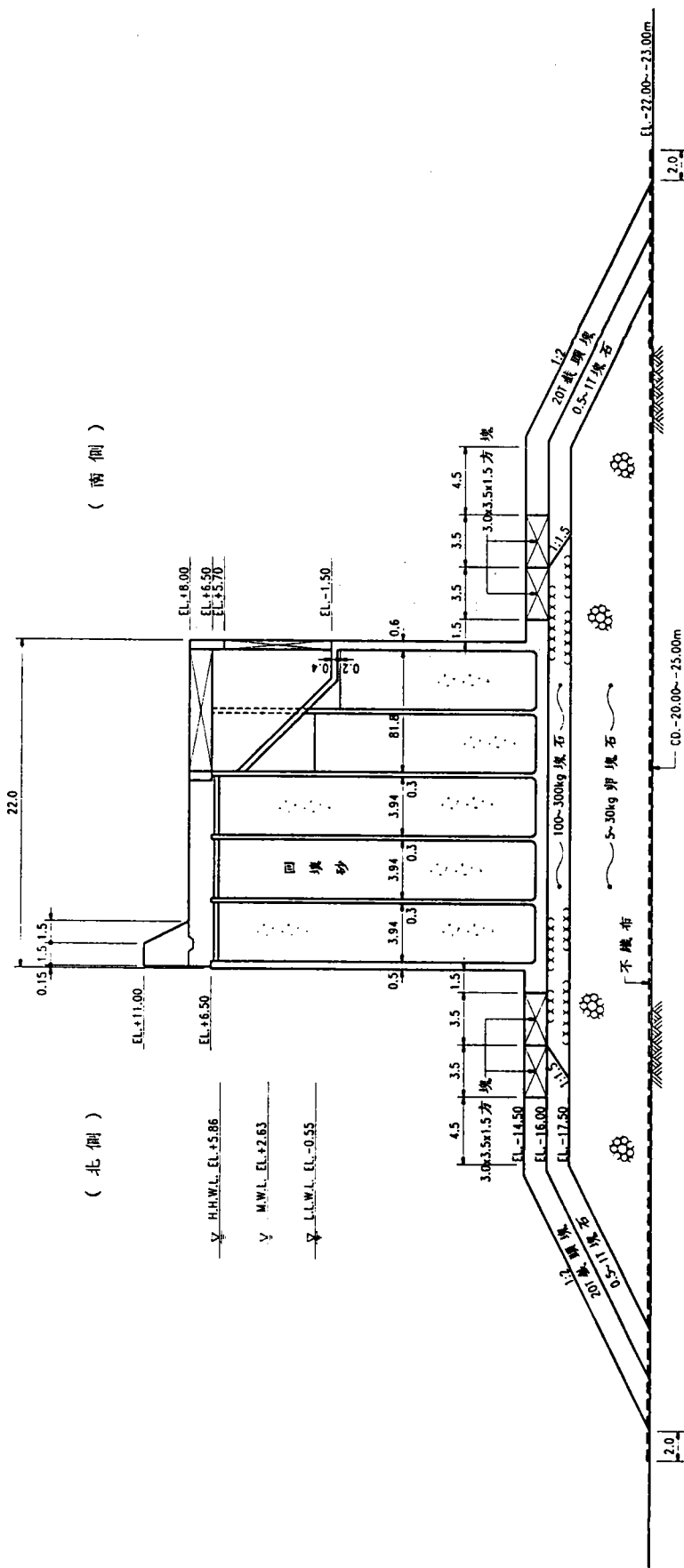


圖 8-1-2 北防波堤延伸段標準斷面圖

- $U = M$

計畫拆除之南防波堤現有堤段平面及主要斷面如圖 8-1-3 及圖 8-1-4 所示。該堤段全係鋼筋混凝土沉箱合成堤，沉箱 (SB6-2~SB6-5) 尺寸為 $24\text{m}(\text{L}) \times 15.7\text{m}(\text{W}) \times 14\text{m}(\text{D})$ ，其中 SB6-2 為異形沉箱。

本段防波堤沉箱內部填充物除 SB6-5 沉箱因過去施工時曾造成箱壁受損，部份艙體以水中混凝土填充外，餘均以海砂填充，並以混凝土封頂。

(三) 南內堤拆除工程

配合大型船安全航行需要，依操船模擬結果，南內堤須拆除堤頭之 50m 堤段，以拓寬內港口處航道寬度，其中包括 36m 長之沉箱段(二座沉箱)及 14m 長拋石段。

拆除後剩餘之堤段結構均為拋石堤，基於堤體穩定考量，必須重建新堤頭。經考量現有防波堤型式、周圍海床地形變化及未來航道浚挖拓寬後預定之航道寬度、深度等因素，南內堤新建堤頭保護之平面展開圖及斷面圖，如圖 8-1-5、圖 8-1-6 所示。

(四) 水域靜穩度改善工程

1. 漁港港口消波潛堤

本案依平面遮蔽水工模型試驗結果，建議於漁港港口防波堤與北防波堤間設置一消波潛堤、以消減南向波浪經北防波堤引導侵入港內波能。

本堤構造擬完全以 15T 消波塊拋放而成，堤頂寬約 12m，約可置放三塊消坡塊，堤頂高程 $\text{CD}+3.0\text{m}$ ，在高潮位時將沒入海面中，其斷面如圖 8-1-7 所示。

2. 航道兩側垂直岸壁加拋消波塊

本港早期興建之南、北防波堤內側皆為沉箱直立岸壁，

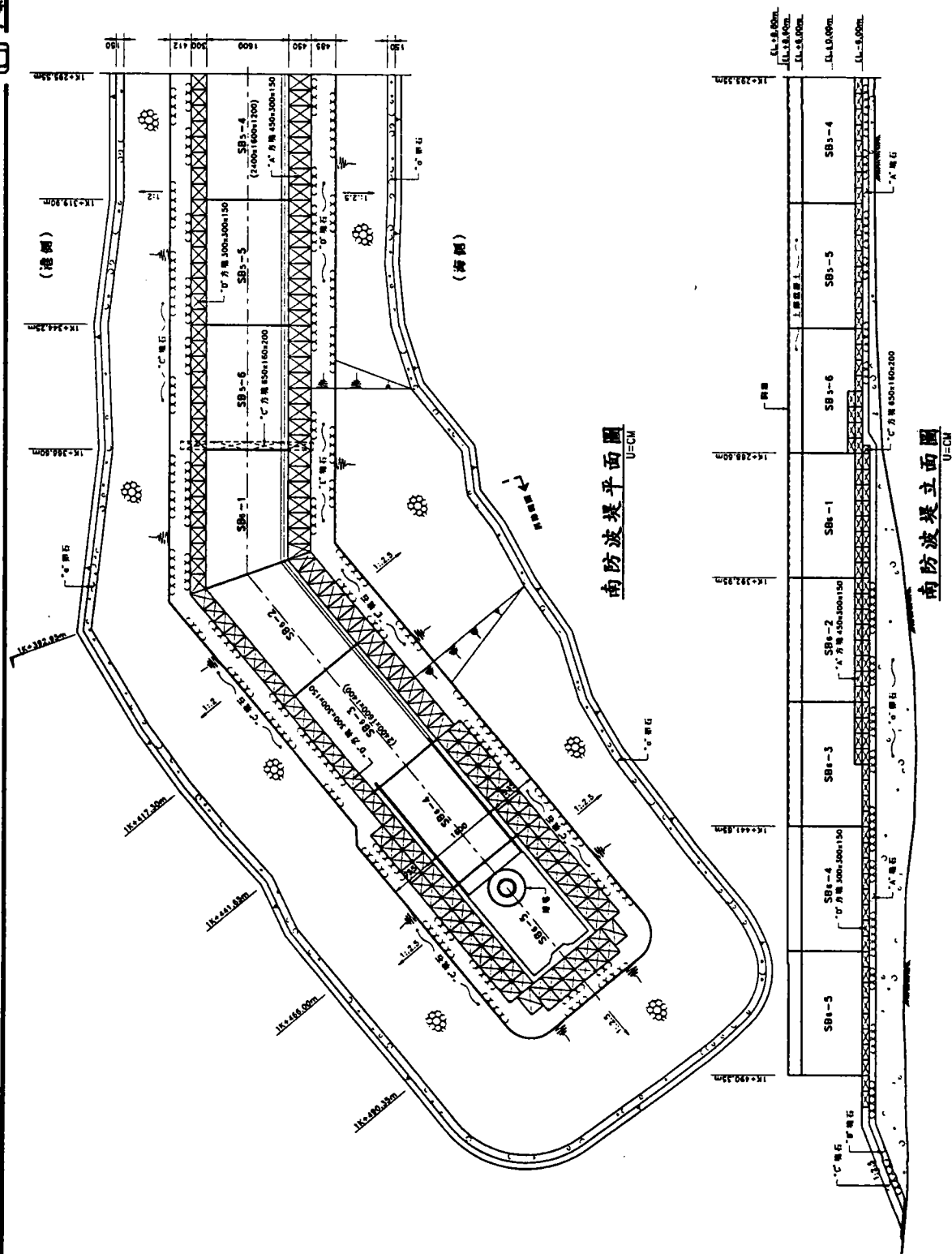
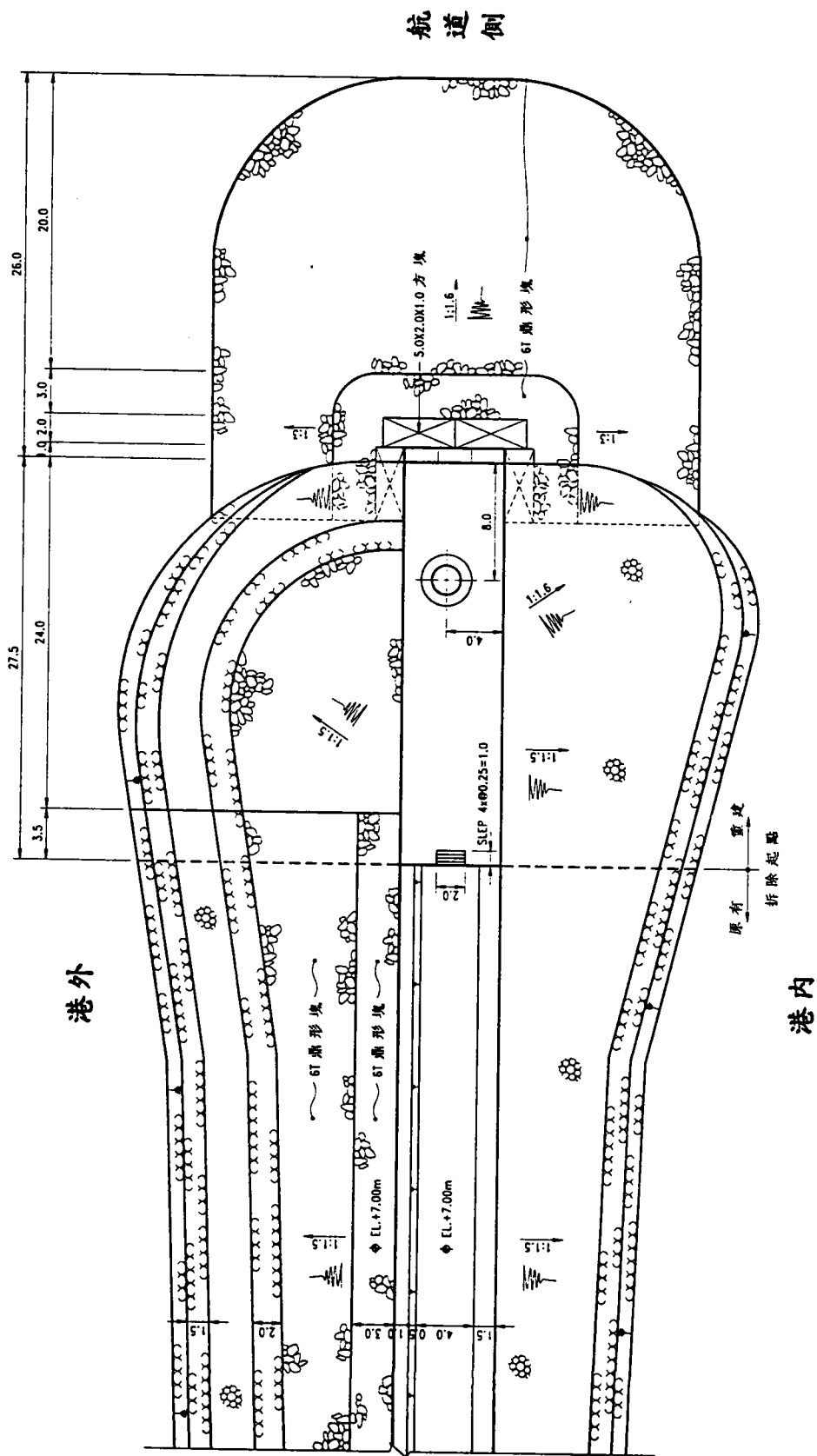


圖 8-1-3 南防波堤頭段平面及立面圖



8601\REPORT\SUMMARY\CH8\F8-1-4



• U=M

圖8-1-5 南內堤拆除後堤頭保護平面配置圖

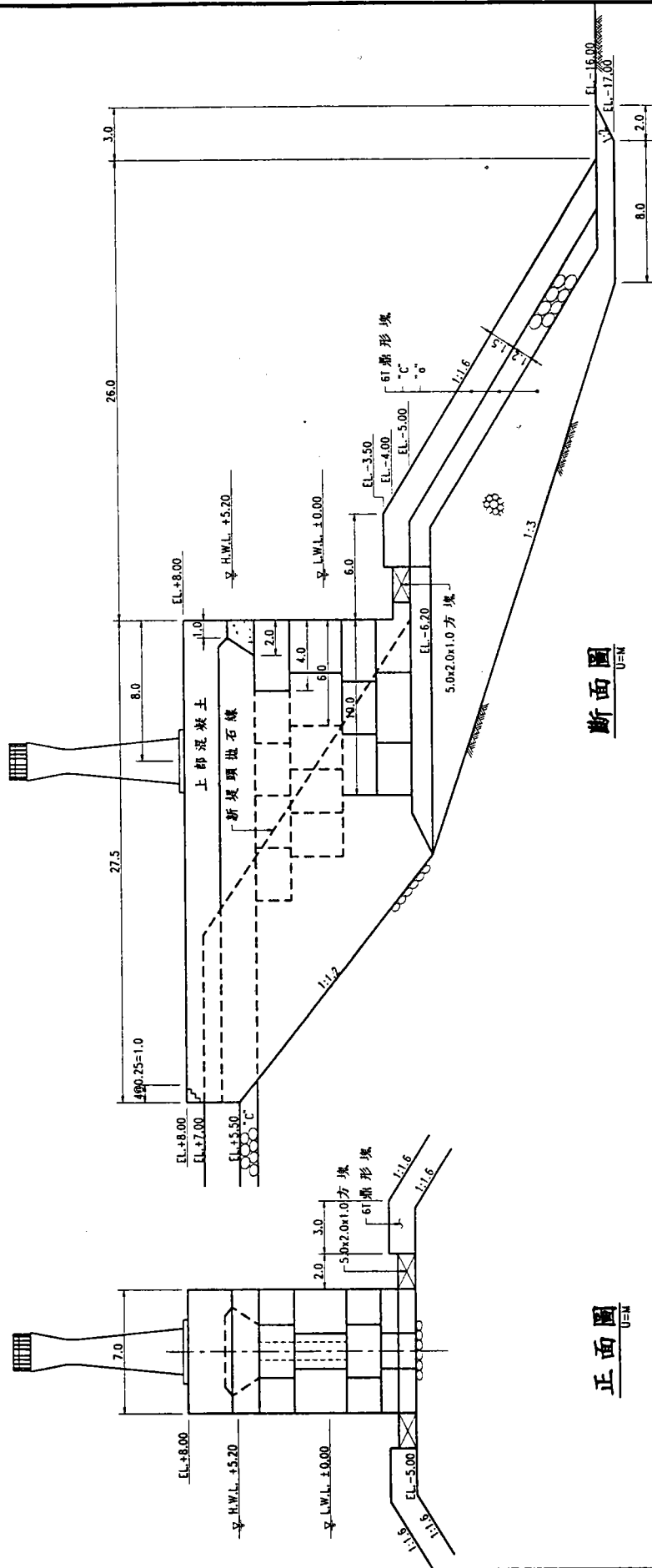


圖 8-1-6 南內堤新建堤頭正面、斷面圖

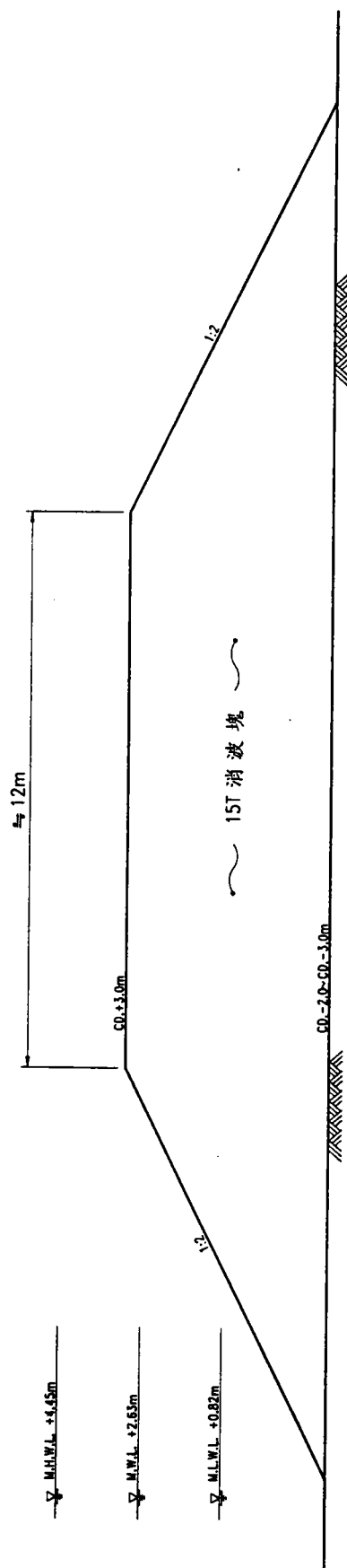


圖8-1-7 水域靜穩度改善工程滑堤斷面圖

當侵入港口主航道之波能受到兩側直立壁之反射，海面將呈現盪漾紊亂現象。為消滅此侵入波能，惟有將航道北側沉箱垂直壁前緣加拋消波塊，以化解波浪反射之作用。

本計畫建議加拋消波塊之斷面如圖 8-1-8 所示。初期擬先拋放北防波堤主航道側約 500m 長，以消滅西南向波浪入侵後，經由直立堤所產生之波浪反射及導浪現象，降低主航道區水域波浪紛擾之程度。

南防波堤部份，因面臨主航道側之現有防波堤堤體結構大多屬於斜坡拋石堤，波浪反射現象遠較北防波堤輕微，所以未來將視本計畫經費結餘狀況或考量利用既有回收消波塊，逐年構築消波設施，進一步加強該堤段岸壁消波功能。

3. 碼頭區改善

依水工模型試驗結果，在颱風及暴潮期間，受波浪侵襲時，8A 碼頭前緣將產生越波現象，此災害在現狀佈置即已存在。港口擴建後，8A 碼頭前緣波高將略為增加，在暴潮期間仍可能發生越波現象。

民國 85 年賀伯颱風產生 6.48m 暴潮位時致使碼頭區淹水之現象，其發生機率相當低，且此為港區現有大部份碼頭之共同問題。建議將來港內各碼頭區及其後線設施之排水系統全面進行檢討評估，並定期實施清淤維護工作。

二、水域設施擴建計畫

(一) 港口航道及錨泊區水域規劃

為建立船舶進出港口秩序，本案完成港口擴建後，港口、航道及錨泊區水域規劃如圖 8-1-9。茲分別說明如下：

1. 航道水域

原佈置為自南防波堤燈塔 240(T) 方位，至北防波堤間水

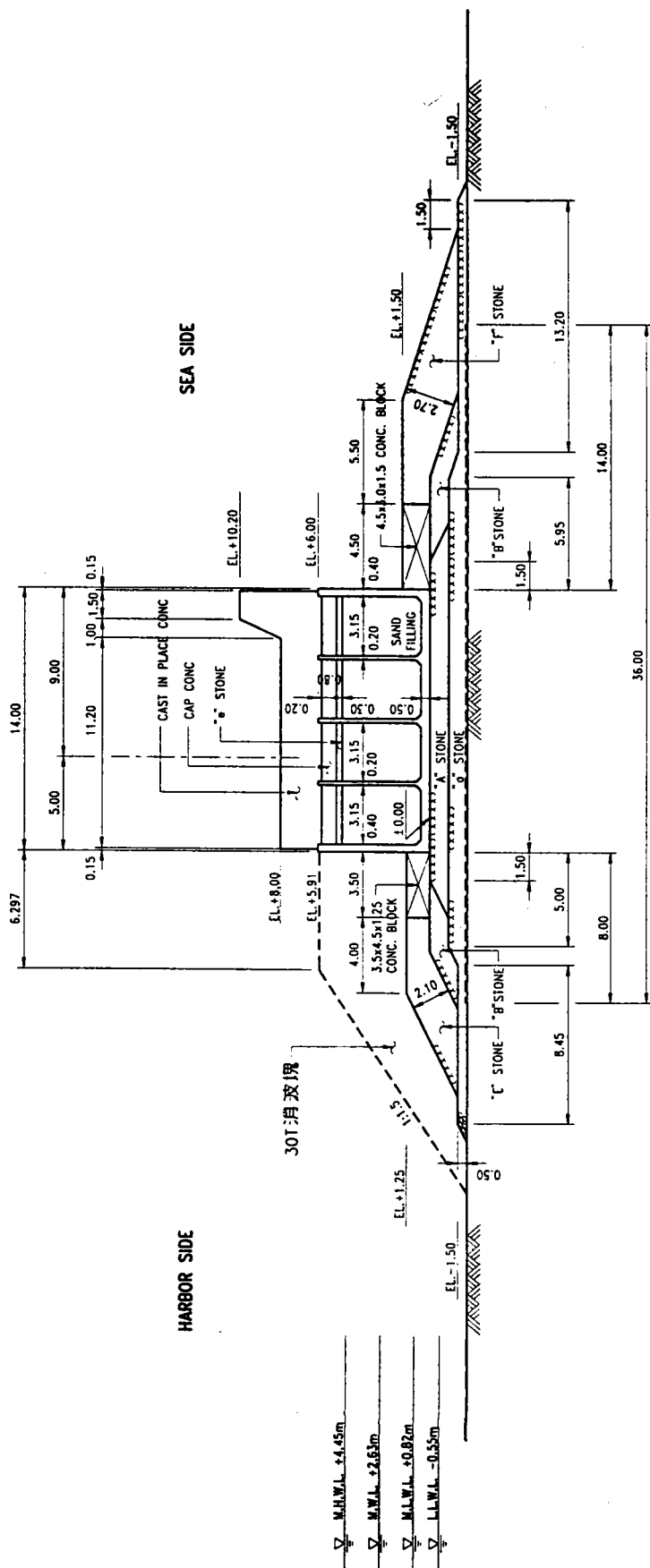


圖8-1-8 水域靜穩度改善工程（北防波堤航道側）斷面圖

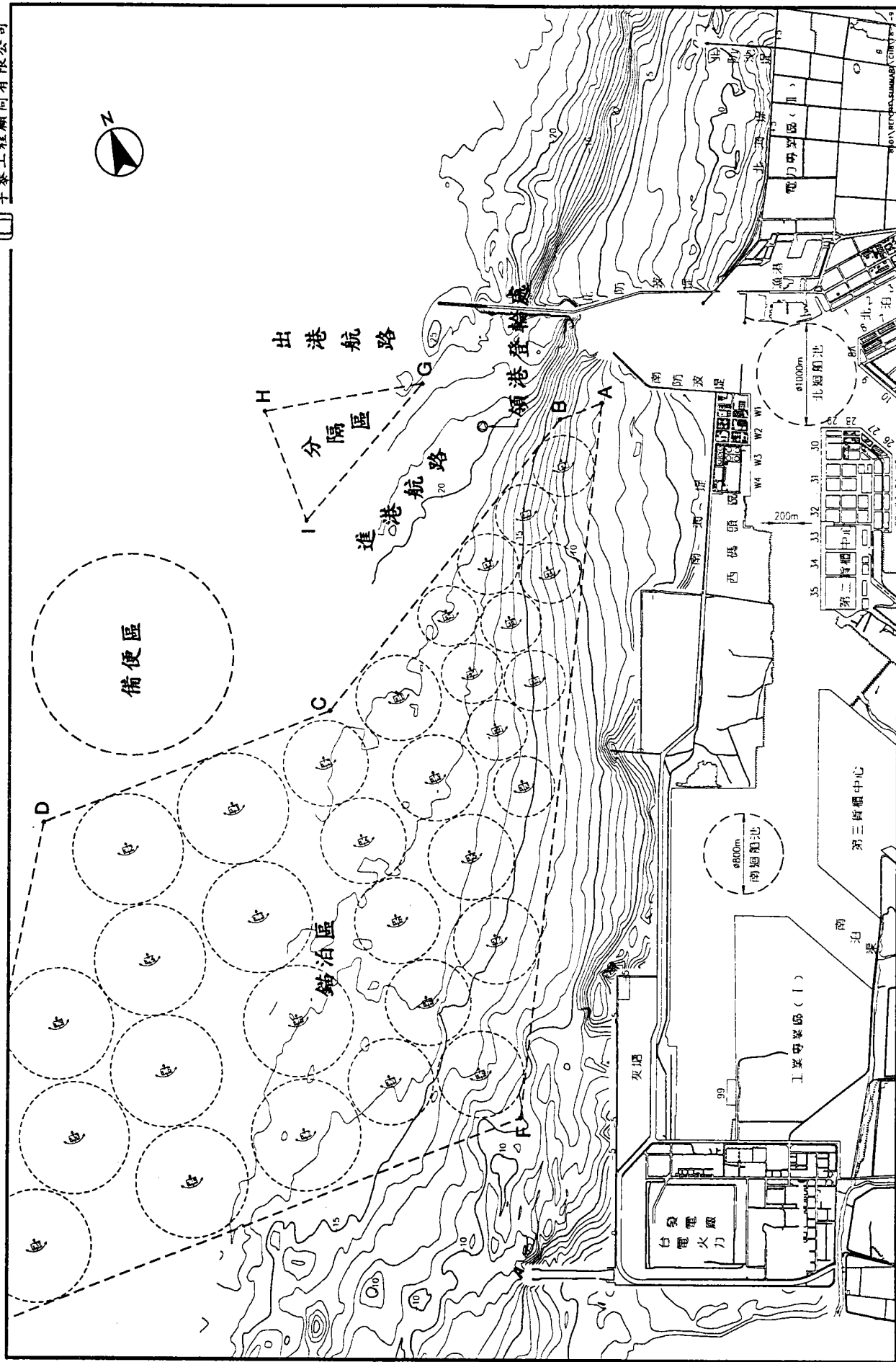


圖8-1-9 台中港港口航道及錨泊區規劃圖

域為船隻進出港之航道水域。本計畫將配合南防波堤拆除 93m，上述航道水域陸側 240(T)方位邊界線將向陸側平移，在此邊界線所劃定航道水域將浚挖至 CD.-16m 之航道水深，以滿足計畫船舶航行吃水需求。

2. 航道水域劃分

本案北外廓防波堤延建後，港外航行水域仍採分道航行制，以確保航行安全。進港與出港航道水域劃分仍維持原規劃，其分隔區三點之連線為：

G 點：LAT.24°-17'-44"N LONG.120°-28'-29"E

H 點：LAT.24°-17'-53"N LONG.120°-27'-40"E

I 點：LAT.24°-17'-18"N LONG.120°-27'-40"E

出港航路：出港船航行於分隔區之北邊航道，航向 294(T) 出港。

進港航路：進港船航行於分隔區之南邊航道，航向 060(T) 出港。

3. 船舶備便區

船舶備便區仍維持原規劃，在距離拆除後之南防波堤燈塔西南西方位 080(T)2.5~3.0 哩處，為進港船備便區。

4. 領港登輪位置

本港原領港登輪位置為距南防波堤燈塔西南西方約 0.5 哩處。將來北防波堤延長後，建議登輪位置自原地點朝向 240(T)方位遷移 500m，以期領港登輪後有較大緩衝空間迴旋進港。

就本計畫擬進泊之第四代貨櫃輪及 12.5 萬噸散貨輪而言，領港如能在上述地點登輪距港口航線距離約 1,700m，船舶以 6 節航速進港，則進港船舶自接引領港至進入港口時間僅約 9.3 分鐘，在此短暫時間領港需立即掌握船舶操縱特

性，指揮拖船帶纜，並將船舶轉向進港，時間十分緊迫，如稍有意外將肇致危險。

為確保大型船舶進港本計畫建議，領港仍應前往備便區登輪。備便區為一直徑約 1,800m 之開闊水域，大型船舶較有可能調整船向，利用船體遮擋風浪，便利領港登輪。

5. 錨泊區

港口第二期擴建完成後，錨泊區之位置基本上與目前規劃範圍仍為一致，約位於南防波堤西南方 1~3 哩處，A~F 之連線，各點之經緯度如下。上述邊界線為配合南防波堤拆除，擴大進港航道寬度，B、C 二點較原規劃略向陸側平移。

A 點：LAT.24°-17'-17"N LONG.120°-29'-21"E

B 點：LAT.24°-17'-17"N LONG.120°-29'-05"E

C 點：LAT.24°-16'-24"N LONG.120°-27'-28"E

D 點：LAT.24°-16'-24"N LONG.120°-25'-50"E

E 點：LAT.24°-14'-06"N LONG.120°-25'-21"E

F 點：LAT.24°-14'-06"N LONG.120°-27'-30"E

錨泊區範圍略為修定後，小型船隻錨地將需配合調整。另將來 A~D 點連線以北水域為禁止錨泊區，船隻不得在此錨泊或停留，以保持航道暢通，確保船舶航行安全。

(二) 港口航道水域浚深拓寬工程

1. 航道浚挖水深

台中港目前港口主航道寬約 300m，水深 CD.-13.0~-14.5m，為配合港口二期擴建計畫，必須拓寬並浚深航道。依本計畫研定之規劃基準建議，12.5 萬 DWT 散貨輪，建議航道深度為-18.0m；4,000TEU 第四代貨櫃輪，航道深度為-14.5m。

本計畫如擬 12.5 萬 DWT 散貨輪在任何時間均可進港，則除港口主航道外，南、北迴船池、南北向主航道、工業泊渠均需全面浚深至 CD.-18m。以此水深估算，將需浚挖土方量達 4350 萬 m^3 。所需浚濬工程費約新台幣 35 億元。

依港務局另案辦理之「台中港港池泊渠浚濬及圍堤造地規劃」之研究，本港近期將先行闢建南填方區(I)，以收容航道、港渠及碼頭浚挖所產生土方。該填方區可收容土方量約 3105 萬 m^3 ，本計畫如擬將航道全面浚挖至 CD.-18m，則將面臨填區容量不足之困難。

本計畫如將航道浚深至 CD.-16.0m，前述滿載之 12.5 萬 DWT 散貨輪必須等候潮位高於+2.0m 時方可航行進港。目前靠泊工業泊渠船舶自備便區起錨進港至完成靠泊碼頭，所需航行時間約 1.5 小時。台中港平均水位約 CD.+2.86m，每日約有兩次潮水水位高於 CD.+2.0m 時段，每次時段持續約 6.5 小時。以台電及桂裕公司計畫進口大宗散貨如全部以 12.5 萬 DWT 散貨輪載運，約每隔三天方有一艘大型散貨輪進泊，該型船仍需候潮進港，並選擇白天高水位時段進泊工業港渠。

故本計畫基於工程經濟性、浚濬土方處理之考量，建議航道水深仍以浚挖至 CD.-16.0m 為宜。12.5 萬 DWT 散貨輪以候潮，或限制水尺方式進港裝卸。

2. 航道浚深拓寬範圍

配合 12.5 萬載重噸級散貨輪及第四代貨櫃輪航行需要，內、外港口段主航道水域、北迴船池及港內主航道等水域將浚深至 CD.-16m，並進行必要之拓寬。浚挖範圍配置詳圖 8-1-10。各浚挖水域說明如下：

(1) 港外航道(含登輪區)

為避免 4,000TEU 貨櫃輪及 12.5 萬 DWT 散貨輪在進

港口時受強風吹襲而偏向陸側。本港在南外防波堤新設堤頭燈塔 240(T) 方位邊界至北防波堤間水域均浚深至 -16m，以增加大型船操航緩衝空間。航道邊界線以東則修整為 1:20 之穩定坡度。港外航道浚挖範圍詳圖 8-1-11，估計港外航道浚挖量約 125 萬 m^3 。

(2) 港口段主航道

為使大型船進入港口段主航道後，擁有較充裕之空間以因應強風吹襲，港口段主航道將配合南內、外堤之拆除拓寬為 300m~600m，航道形狀呈近似橢圓形，水深均浚深至 CD.-16m。

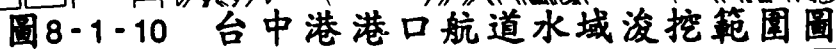
本航道浚挖範圍與相鄰結構物將至少保留 50m~340m 寬之安全距離，邊界修整視與防波堤距離長短調整為 1:5~1:10 之邊坡，以確保結構物之安全。航道浚挖範圍詳圖 8-1-12，估計主航道浚挖量約 344 萬 m^3 。

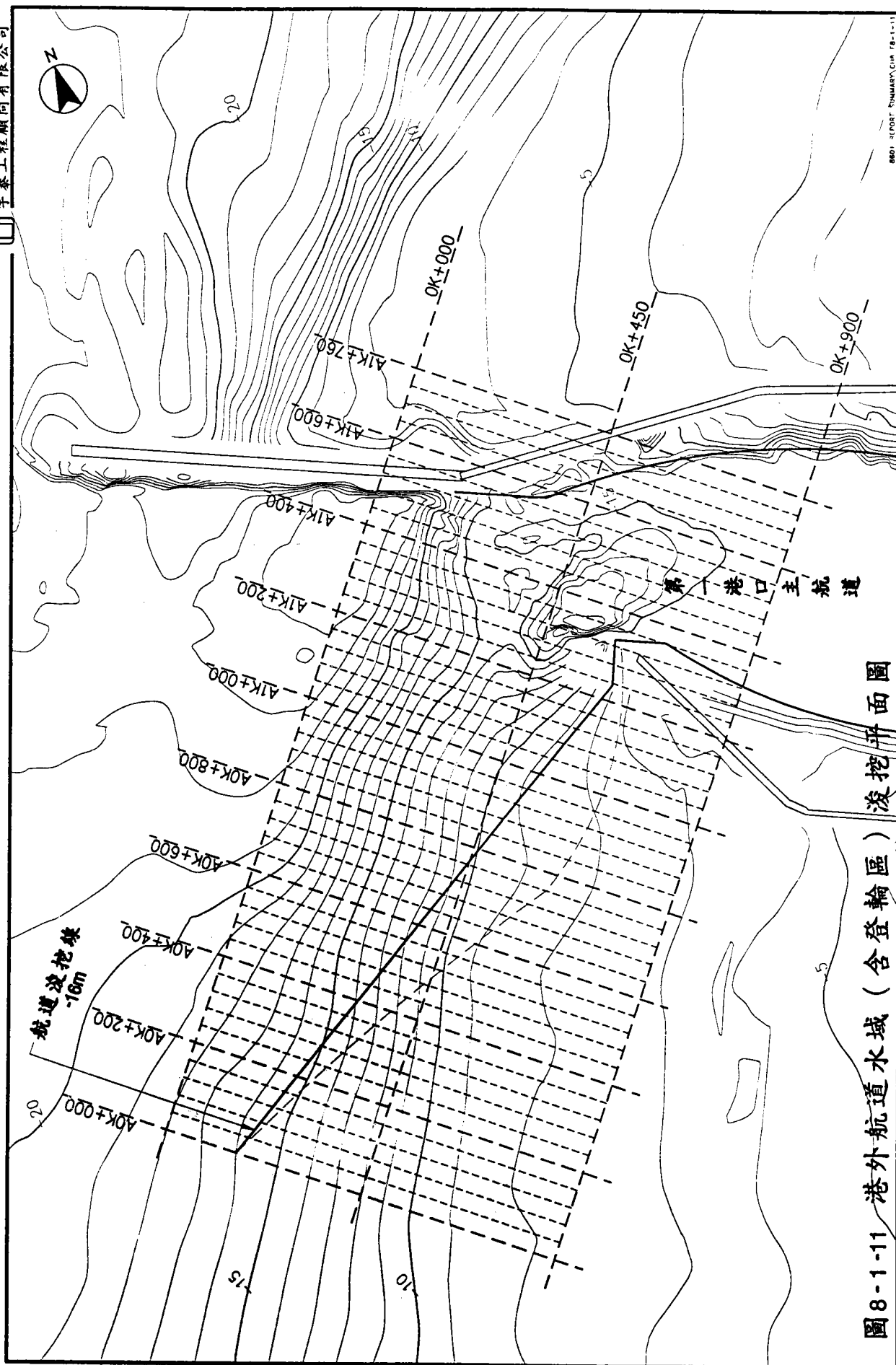
(3) 北迴船池

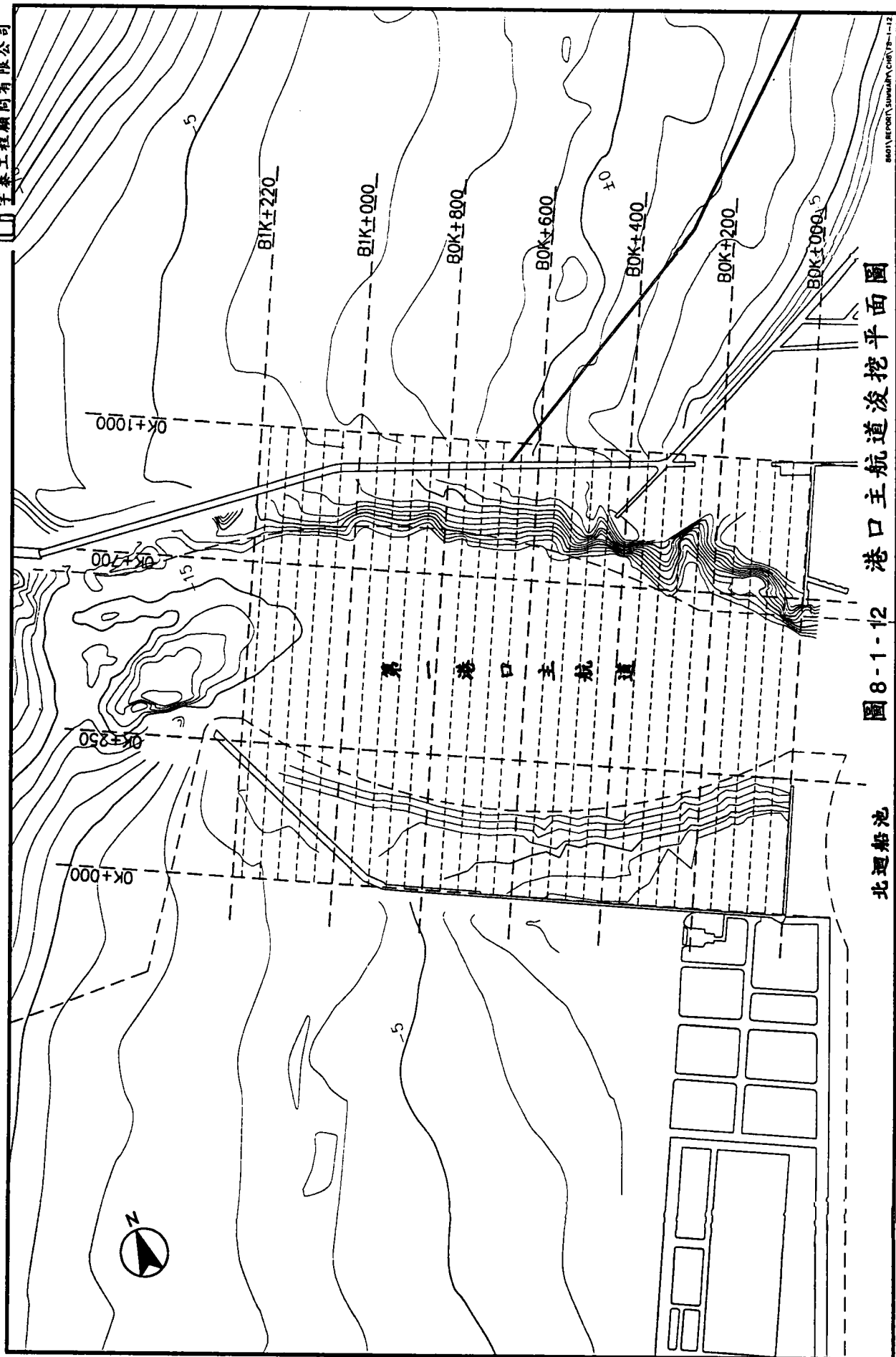
北迴船池仍維持直徑 1,000m，水深浚深至 -16m。

(4) 北迴船池與港內南北向主航道銜接段

依操船模擬結果顯示，大型船為克服垂直航向之風壓影響，必須採較高速度在港口段航行，造成船舶進入迴船池後剩餘停船距離不足。故基於安全考量，必須在通過內堤口後，將船轉向駛往北迴船池與港內南北向主航道間水域。因此，本計畫將北迴船池與 W1~W4 碼頭以及 #30~#32 號碼頭間，扣除兩側 50m 寬船席空間後之 600m 寬水域一併浚深至 -16m，作為船舶航行應變空間。







北迴船池

圖 8-1-12 港口主航道浚挖平面圖



圖例：

- 港外導向燈標
- 紅色定光
- 白 / 紅色交替光
- 白色定光
- 白 / 綠色交替光
- 綠色定光

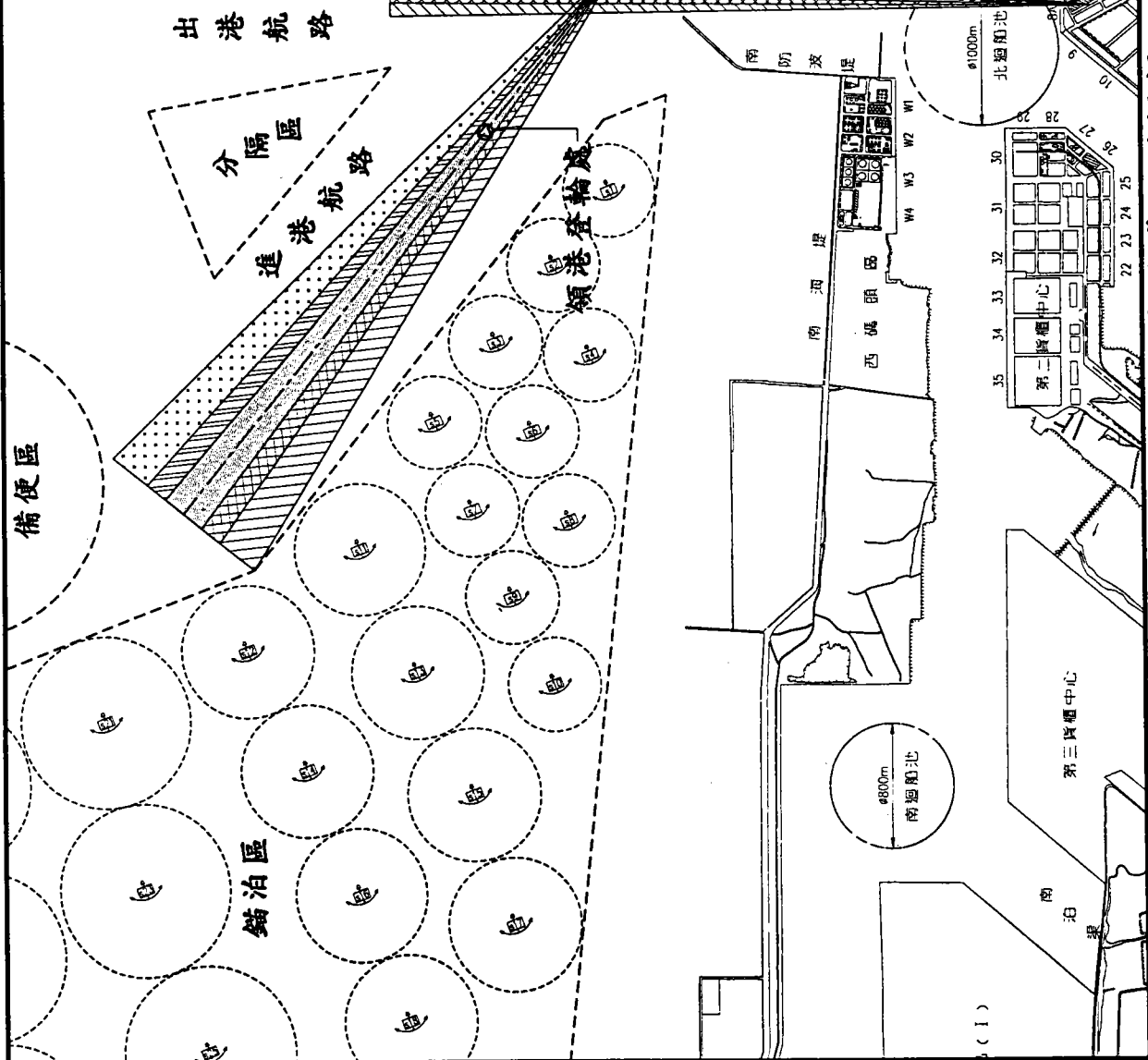


圖 8-1-13 台中港導向燈標標示範圍圖

三、導助航設施改善計畫

(一)堤頭燈杆(標)新建工程

1.北防波堤堤頭燈杆新建工程

北防波堤延建後原堤頭燈杆設施必須拆除，新堤頭新建之燈杆結構仍採用原燈杆結構設計型式，新堤頭燈質、公稱光程(16 哩)等均沿用既有規格，燈具設施可直接自舊堤頭拆除後移用。

2.南內、外堤新堤頭燈杆新建工程

南內、外堤原堤頭燈杆設施拆除後，新建堤頭導航燈杆均沿用原燈杆設計型式，燈質、公稱光程等亦沿用既有規格，燈具設施可直接自舊堤頭拆除後移用。

(二)導向燈標新建工程

本港為標示進港航向，目前在北突堤碼頭區設置前導燈、後導燈各一座，以標示 110° (T)進港航向。惟該二導疊標高度不足，領港多次反應標示不清，故港務局已計畫另案於前導燈裝設導向燈標(Sector light)乙座。

本計畫為提供船舶循 060° (T)航向進港時，可明確標示正確航向位置，建議在原一期擴建前舊有北防波堤堤頭處增設一導向燈標，以提供領港及船長辨識航向之參考，其位置如圖 8-1-13 所示。將來大型船舶進港時，航行路線建議仍以本導向燈標為中心，選擇略偏西(海)側之 $060\sim 065$ 航向，以縮小進港前船舶迴轉角度，轉向半徑亦可加大。中、小型船舶可考量略偏東(陸)側之 $055\sim 060$ 航向，此航向船舶進港迴轉角度將加大，但可增加船舶通過遮蔽區距離，有助於領港提早登輪，使領港有較長時間指揮船舶轉向進港。

(三) 主航道夜間照明設施工程

為提高夜航安全性，以使更多船舶利用夜間進出港口。將來可考慮在一期擴建前原有南、北外防波堤兩側胸牆，每隔約 30m 埋設一照明燈具，以標示防波堤位置。

(四) 碼頭夜間照明設施

為利船舶夜航靠泊操航安全，建議在碼頭法線增加照明及識別設施。

貳、拖船輔助作業改善計畫

一、拖船輔助作業需求

(一) 護衛船舶進港

本計畫操船模擬試驗中，雖使用二艘 4000HP 拖船及二艘 3000HP 馬力拖船協助。但領港為保守起見，在實際進港操船試驗過程中，拖船暫停靠在西碼頭區備便，試驗船舶多在無拖船協助下，僅靠船舶自身動力抵抗風、浪、流作用進出港口。當進港船舶進入迴船池後，如仍無法安全停車或轉向進入內港主航道，方考慮利用拖船協助，修正調整船向。

依操船試驗結果，領港雖認為在無拖船協助下，計畫進泊之大型船舶仍可能在惡劣天候進港。但初期尚未累積足夠進出港操航實際經驗，航商或事業單位所屬船舶在惡劣海氣象條件下，無拖船協助進港仍缺乏信心。故建議本計畫完成後，計畫進港之大型船舶仍應配備護衛拖船，以備在緊急狀

況提供必要之協助。

由於計畫船舶進港時，船隻仍保有相當動力，護衛拖船目的僅為增加船舶舵效，穩定進港航向。通常船舶在前進航行時，船舶轉向軸心(ship's pivot point)約距船艏 1/4 船長處。傳統推頂式拖船實施護衛航行如圖 8-2-1(a)繫船艏拖纜，假設以一艘 20t 拖力(bollard pull)拖船協助一艘 160m 長船隻轉向，所能提供力矩約為 $800\text{t}\cdot\text{m}(40\text{m}\times 20\text{tones}=800\text{t}\cdot\text{m})$ 。

而拖拉式拖船(tractor)作護衛航行，則採如圖 8-2-1(b)繫上船艉纜，以前述拖力拖船所能提供之力矩約為 $2400\text{t}\cdot\text{m}(120\text{m}\times 20\text{tones}=2400\text{t}\cdot\text{m})$ ，約為傳統拖船之三倍。

傳統拖船在實施帶船艏纜時，船隻必須減速，否則拖船有被吸引，而與進港船發生碰撞之危險；而拖拉式拖船繫船艉纜較無上述困難。故將來為實施船舶進港護衛航行，拖拉式拖船將為必備之輔助設施。

另本港航道平時有漁船進出，為避免大型船進港時為閃躲漁船而發生意外，建議在設置船舶交通管理系統時須考量商漁船管理措施，另可考慮建立前導船營運機制。

(二) 協助船舶靠離碼頭

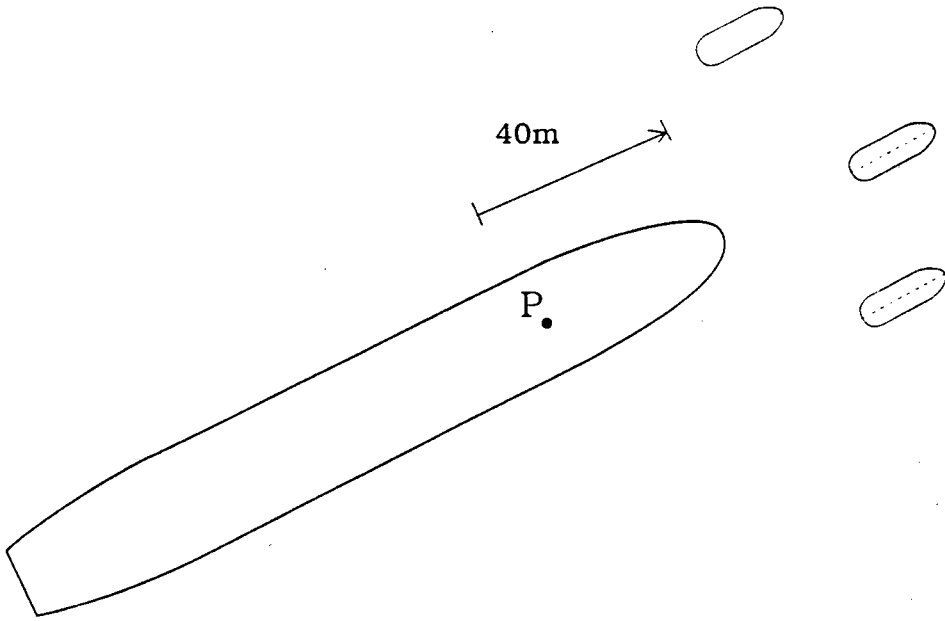
當船舶準備靠離碼頭時，船隻接近靜止狀態無法產生舵效。當強風垂直作用於船體時，拖船拖力應大於強風作用力，方可安全操縱船舶。如以一艘 280m 長之第四代貨櫃輪為例，其出水高(free board)約 25m，受風面積約 7000m^2 ，則在不同風速作用下，船體所承受之風力估計如下：

風速 15m/sec 船體受風力 88T

風速 18m/sec 船體受風力 119T

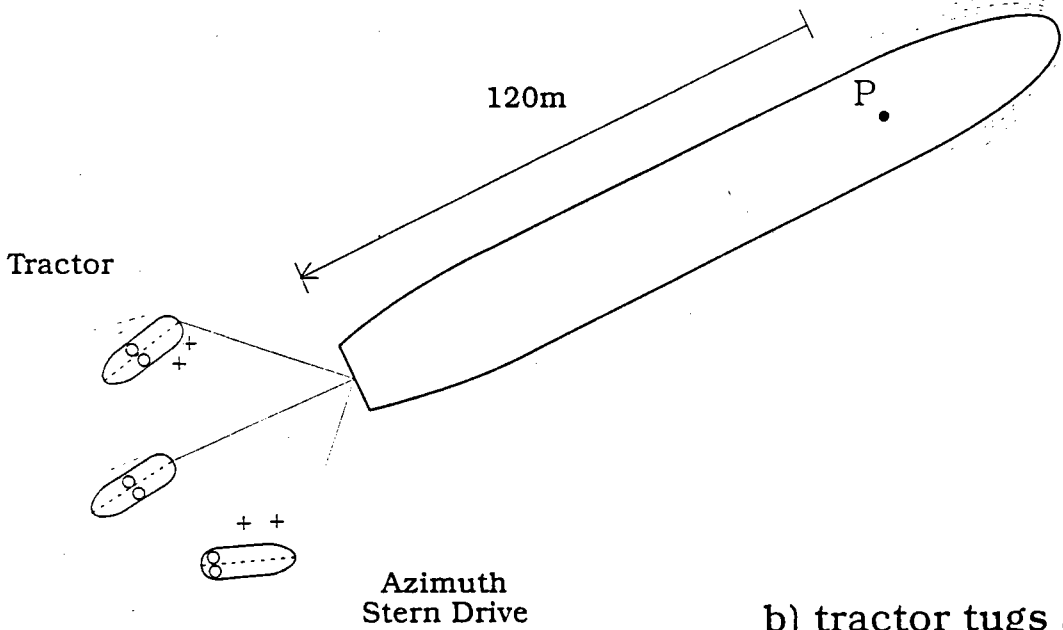
風速 20m/sec 船體受風力 156T

以操船試驗中所配備 2 艘 4,000HP 拖船及 2 艘 3,000HP



a) conventional tug forward

圖 8-2-1(a) 船艏拖纜作業圖



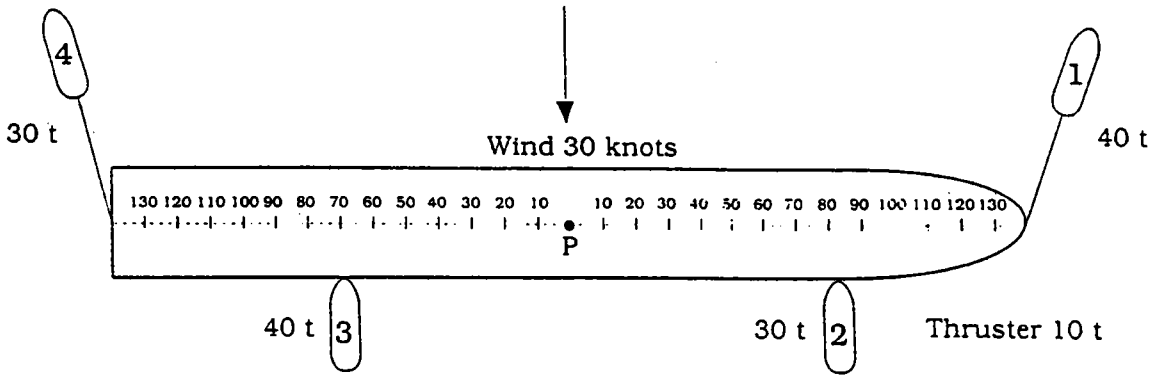
b) tractor tugs aft

圖 8-2-1(b) 船艏拖纜作業圖

資料來源：THE SHIP HANDLER'S GUIDE

拖船協助靠離碼頭作業，拖船與風力作用力計算如表 8-2-1 所示。由此表計算結果可知，在風速 15m/sec 作用時，上述拖船配置勉強可保有足夠力量操縱船舶。但如風速達到 20m/sec 以上時，上述拖船全部出力，僅能保持船舶抵抗橫風作用，維持靜止狀態，無法有效操控船舶。故將來第四代大型貨櫃輪計畫進泊本港時，必需考量使用更大型拖船，以協助貨櫃船在強風下仍可靠離碼頭。

表 8-2-1 4000TEU 貨櫃船風速 30 節所需拖船拖力計算表



	作用力(t)		力臂(m)		力矩(tm)	
	右舷	左舷	船艏	船艉	右舷	左舷
風力	0	88	0	0	0	0
#1 拖船	40	0	140	0	5600	0
船艏側力	10	0	115	0	1150	0
#2 拖船	30	0	85	0	2550	0
#3 拖船	40	0	0	70	0	2800
#4 拖船	30	0	0	140	0	4200
合計	150	88			9300	7000

(三) 載送領港登輪

本計畫北防波堤延長後，為確保第四代大型貨櫃輪及 12.5 萬 DWT 散貨輪進港安全，建議領港仍應配合該大型船舶，前往備便區登輪。領港如改利用拖船載送登輪，則拖船在外海航行之穩定性較小型交通船為佳，拖船與進港船相對運動量亦較小，可以提高領港登輪安全性。惟實施拖船載送領港，拖船操縱性能必須十分靈活，當領港攀爬上繩梯後，拖船應即刻駛離，否則將發生夾傷領港之意外事件。

二、船舶進港及拖船輔助作業程序

(一) 拖船輔助作業程序

1. 巴拿馬極限型以下船舶

本案港口二期擴建完成後，巴拿馬極限型以下之中、小型船舶進港安全將更有效提升。在海況平靜時，船舶在領港引導下，多能利用船舶自有動力進入港口，拖船功能主要在港內協助靠離碼頭作業。

如海況惡劣時，可考慮將拖船駛出港口，暫於防波堤下風側備便，當進港船舶進入遮蔽區後，拖船再前往帶纜協助船舶進港。

2. 超巴拿馬極限型船舶

台中港完成港口第二期擴建工程計畫後，計畫進泊第四代貨櫃輪及 12.5 萬 DWT 級散貨輪。在天候條件不惡劣時，建議利用拖船協助載送領港、護衛進港、以及靠離碼頭。

在天候海況惡劣時，需要 4,000HP 以上拖船二艘，搭配二艘 3,000HP 拖船協助船舶進港作業。大型船舶進港時，建議先派遣一艘 4,000HP 馬力以上，操縱性能良好之大型拖船

載送領港出海登輪。領港登輪後，該艘拖船先行拖帶進港船舶船艏纜，護衛該船一同進港。在航行過程中，如無法穩定航向時，護衛拖船再提供必要協助。

其餘三艘拖船視天候狀況，可在港口外遮蔽區備便，當進港船舶進入遮蔽區，船速減緩後，另一艘大馬力拖船前往帶船艏纜，其餘二艘輔助拖船帶上前、後右舷纜，以協助靠泊碼頭作業。

三、未來新購拖船(兼領港船)性能建議

本計畫為因應進泊大型船舶操航安全之需求，未來使用大型拖拉式拖船(tractor)將為必要之輔助設備，而為提高領港登輪安全性，領港船建議以拖船替代。目前港務局所擁有之兩艘3400HP拖船(Z-Driver(Schottel) Tractor Tug)，屬SRP拖船之一種，其操縱性能靈活度不足。該拖船配備之42mm鋼纜重量過大，並不適外海帶纜作業。該船仍以協助船舶靠離碼頭為主，從未實施外海帶纜護衛航行作業。

台航公司經營之兩艘3400HP拖船(Z-Driver (Aqua Master))亦屬SRP拖船之一種。本拖船船體設計在推進器部份為凹入船體方式，最大航速9.5節，該船使用38mm鋼纜，亦不適合在惡劣天候出海實施帶纜作業。

目前國內較成功適合作為海上帶纜作業之拖拉式拖船，皆使用VSP推進器。惟該設備為德國專利產品。以本港拖船仍維持公營方式，採用世界專利產品之行政困難度仍高。故將來唯有拖船民營化後，民間較有可能配合購置高性能之拖船。

台中港完成港口二期擴建後，近期較迫切需要進泊大型船舶之單位為台電及桂裕公司。在港務局尚無法提供高性能拖船協助進港之條件下，建議該兩家公司自行規劃所需要拖船設施。

未來本港拖船業務民營化後，如貨櫃航運公司確定使用第四

代大型貨櫃輪進泊本港，民營拖船公司較可能配合貨櫃船作業需求，增購高性能拖船協助營運。未來增購拖船性能建議如下：

1. 拖拉式拖船，前置式推進器系統，船體設計需可靠、實用之成品船型為標準。
2. 馬力必須 4,000HP 以上，拖力(bollard pull)40～50T。
3. 航速 12 節以上。
4. 纜勾(Towing Winch)與拖纜應採用適合外海惡劣天候拖航設計。
5. 良好靈活拖船操控性，及全方位駕駛台操船視野。
6. 備有便利之領港登輪平台及(或)傾斜網狀登輪索。

參、其他輔助設施

一、增設減風設施計畫

前述擴建港口、拖船輔助進港等措施，皆為抵抗自然環境對本港發展之限制。長期而言，更應積極設法改善港口附近海岸自然環境，降低風力對船舶進出港操船之影響。

目前較可行措施，建議先在北側漂飛沙區設置人工沙丘及防風林。將來如確定大型貨櫃輪擬彎靠本港，再考量設置擋風牆設施，以降低風力對船舶進出港之影響。

(一)北側漂飛沙整治區沙丘及防風林

港務局為減緩漂飛沙對商漁港區之危害，於民國 86 年提出「台中港北側淤沙區整治第二期工程計畫」，該計畫擬在漁港北側構築臨時海堤，以人工方式加速將淤沙區淺灘填築成高程約 CD.+7.0m，面積約 39.3 公頃新生地。本區土地填築完成後，地表將栽植防風林，以抵擋強風作用，並抑制飛沙之產生。

為期該漂飛沙區更能發揮擋風功能，建議將局部區域提高填地高程至 CD.+15.0m 左右，以形成一人工沙丘，其平面及剖面修正建議如圖 8-3-1 所示。

第二期漂飛沙區整治完成後，沿岸漂沙仍將持續淤積，將來可視海床淤積狀況再擴大整治範圍，最終將在主航道北側形成廣大防風林，將可有效改善港口自然環境。

(二)擋風牆設施

海岸人工沙丘及防風林雖可有效降低部份風力，但沙丘頂端風力甚強，防風林生長不易。為更有效降低風力對船隻進出港影響，可考慮設置擋風牆設施。

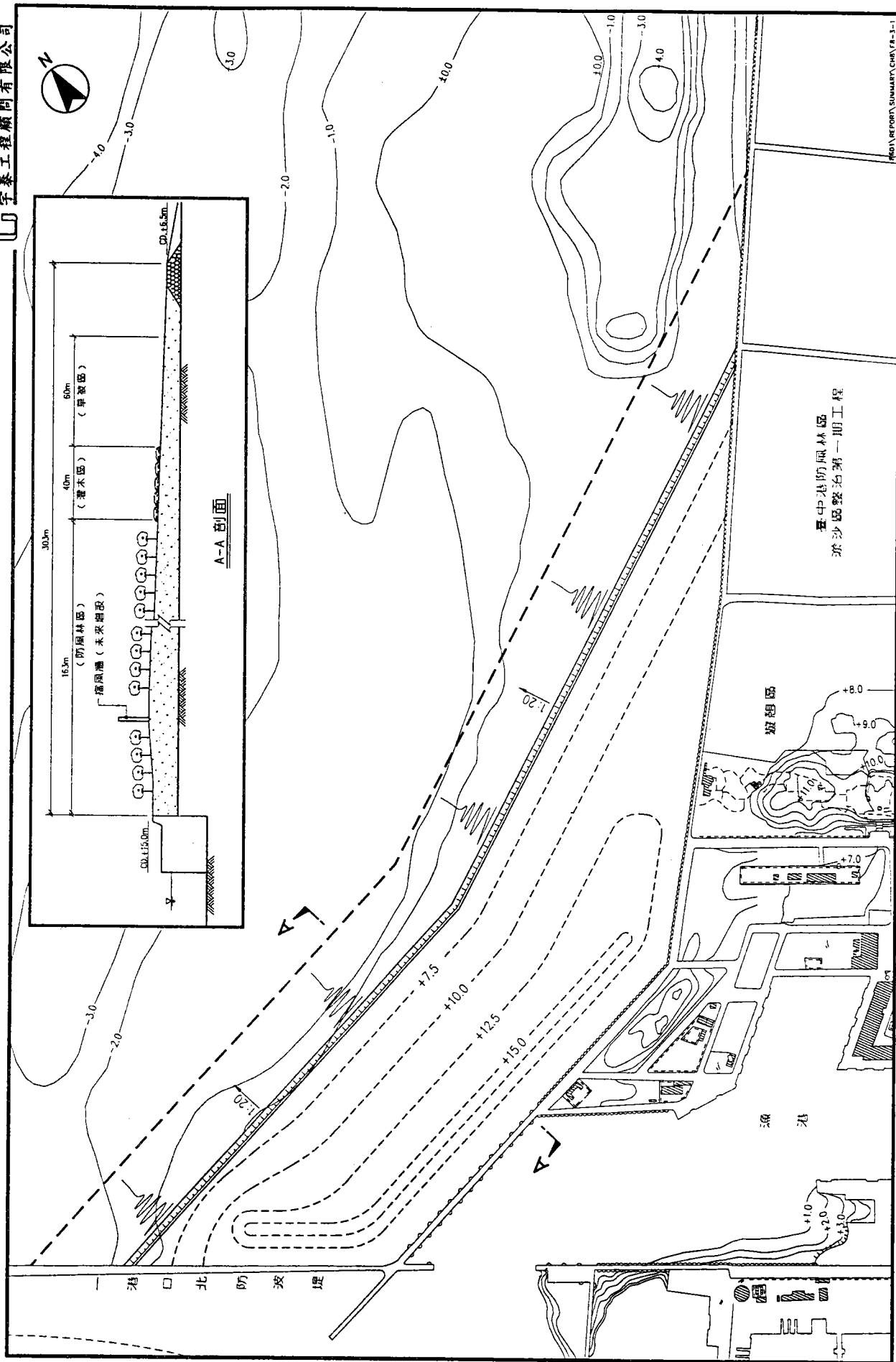


圖 8-3-1 台中港北側淤沙區整治第二期建議修正平面配置圖

依「台中港港口段航道設置減風設施可行性研究」成果，如在北防波堤外側及淺水船渠後側設置擋風牆設施，將可在擋風牆後側 250m 處達到減風係數 0.6 之效果。

將來北側淤沙區整治第二期工程計畫實施後，本擋風牆基礎及結構設施工程費將可能大幅降低。故未來可俟大型船舶往來本港頻率，再考慮投資興建之時機。

二、船舶交通管理系統建議

(一) 規劃中船舶交通管理系統架構

港務局目前正進行「台中港船舶交通管理系統」之規劃設計工作。依初步設計成果，將來本港船舶交通管理系統主要設施配置如圖 8-3-2 所示。

本船舶交通管理系統操作室設於港口入口旁信號台 10 樓，系統操作室設於信號台 10 樓。系統主要設備除二組 CCTV，一組 VHF 探向器天線及水質感應器以外，均安裝於信號台。

CCTV 系統裝設目的係監看港區內雷達盲區、港外錨區、及進出港船舶，並確認船名。1 號 CCTV 將設於計畫興建之 35m 高之鋼構鐵塔上。2 號 CCTV 將設於 8A 碼頭前導標鐵塔 35 公尺處，CCTV 鐵塔設備之所有影像及數據資料以中華電信公司光纖線路傳輸至操作室。

(二) 建議增設之管理內容

目前所規劃船舶交通管理系統，以船舶動態管理為主，並無船舶導助航之功能。將來待進出港船舶艘數逐漸增多後再考量設置。將來可能增設內容如下：

1. 即時海氣象資料提供

目前所規劃之船舶交通管理系統已有氣象及水質偵測

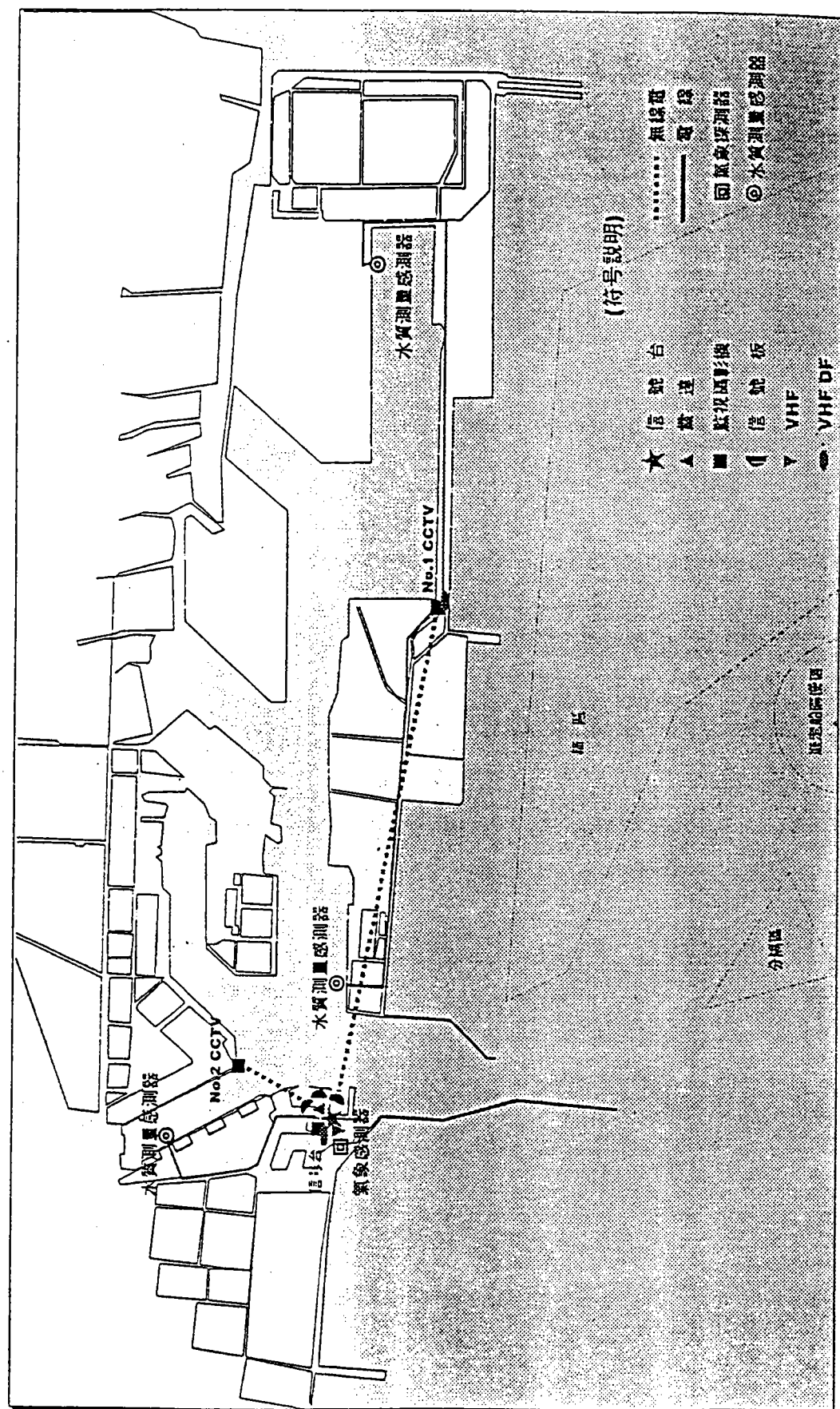


圖 8-3-2 台中港 VTMS 系統配置圖

資料來源：台中港船舶交通管理系統工程規劃設計第二期報告書

感應器，為期領港帶船時更能掌握海況，建議將來可再加強即時海象資料之提供，包括風力、波浪、潮位、流況等。

2. 船舶進出港助航系統

船舶進出港助航系統之建立，主要利用電腦軟體模擬海面各艘船舶後續時間可能位置，並將船舶可能發生偏離航道或可能遭遇碰撞危險之前，及時提供必要警訊。

惟每艘船舶操航特性並不相同，此電腦軟體所模擬船位僅可供參考，提醒領港稍加注意鄰近船舶動態。將來進出港船隻頻繁後，可考慮在船舶交通管理中心增設一值班領港，全盤瞭解海面船舶動態，並與海上引船領港溝通，提供操船建議及注意事項，以確保船舶航行安全。

(三) 「台中港進出港指南」修正建議

1. 本計畫完成後，北防波堤南側遮蔽區海域及新堤頭附近流場將再改變，原「台中港進出港指南」所述之流向流速資料應於工程完工後配合實測流況進行修正。
2. 修正錨泊區範圍(詳本章第壹節所述)。
3. 原劃設之分道航行區、進港船備便區及禁止錨泊區仍予保持。但東北季風期間中小型船(船長 190m 以下、吃水 11m 以下)登輪點建議自原地點朝向 240(T)方位遷移 500m；大型船舶登輪點建議設在備便區。
4. 本計畫建議之進港操航方式與現狀相同，但考量大型船與中小型船之登輪及進港航線位置均有不同，建議將來配合新設之港外航向導燈，說明各型船應遵循之航線範圍及指引用之導燈燈質。
5. 將來完成海氣象即時通報系統後，海氣象資訊之通報方式(含播報頻道、頻率或顯示看板位置)建議列載於進出港指南中。

第九章 港口第二期擴建實施計畫

第九章 港口第二期擴建實施計畫

壹、主要工程項目

依第八章研定之擴建配置計畫及初步設計結果，本港口二期擴建計畫平面佈置如圖 8-1-1 所示，主要工程項目包括如下：

- 北防波堤延伸工程
- 南防波堤拆除工程(含新堤頭保護)
- 南內堤拆除工程(含新堤頭保護)
- 水域靜穩度改善工程
- 其他配合工程

貳、施工計畫

一、主要工程數量概估

(一)北防波堤延伸堤段

北防波堤延伸段全長 480m，均採用沉箱式合成堤斷面，如圖 8-1-2，其主要工程數量如下：

■ 5~30kg 卵塊石	193,062m ³
■ 100~300kg 塊石	24,927m ³
■ 0.5~1T 塊石	53,424m ³
■ 20T 截頭消波塊	3,311 個
■ 3.0×3.5×1.5 方塊	711 個
■ 濾布	45,747m ²
■ 胸牆及堤面混凝土	24,360m ³
■ 模板	6,224m ²
■ 水下細整平	44,200m ²
■ 20M×22M×22.5M 沉箱	24 座

(二)南防波堤拆除堤段

南防波堤拆除四座沉箱式合成堤，斷面如圖 8-1-3 及圖 8-1-4，計 93m 長，其主要工程數量如下：

■ 4.5×3.0×1.5 方塊 (A 方塊)	30 個
■ 3.0×3.0×1.5 方塊 (D 方塊)	90 個
■ 堤面胸牆混凝土	3,024m ³
■ 沉箱封頂混凝土	4,58m ³
■ 沉箱填充料	18,128m ³
■ 沉箱	4 座
■ 5~100kg 塊石 (A 塊石)	1,967m ³
■ 100~300kg 塊石 (B 塊石)	5,715m ³
■ 300~500kg 塊石 (C 塊石)	8,883m ³
■ 1.0~3.0T 塊石 (E 塊石)	1,773m ³
■ 粒徑不小於 100mm 卵石 (a 卵石)	35,805m ³

(三)南防波堤重建堤頭保護

南防波堤重建堤頭保護，所需工程數量如下：

■ 胸牆及堤面混凝土	500m ³
■ 4.5×3.0×1.5 方塊 (A 方塊)	2 個
■ 3.0×3.0×1.5 方塊 (D 方塊)	12 個
■ 100~300kg 塊石 (B 塊石)	1,240m ³
■ 300~500kg 塊石 (C 塊石)	1,627m ³
■ 粒徑不小於 100mm 卵石 (a 卵石)	4,217m ³

(四)南內堤拆除堤段

南內堤計拆除堤頭沉箱合成堤 36m 長及後側 14m 長之斜坡拋石堤，其主要工程數量分述如下：

1. 南內堤沉箱段

● 5.0×2.0×1.0 方塊	28 個
------------------	------

●堤面胸牆混凝土	740m ³
●沉箱封頂混凝土	177m ³
●沉箱填充料移除	3,708m ³
●沉箱	2 座
●5~100kg 塊石 (A 塊石)	605m ³
●100~300kg 塊石 (B 塊石)	2,257m ³
●1.0~3.0T 塊石 (E 塊石)	2,587m ³
●粒徑不小於 100mm 卵石 (a 卵石)	4,586m ³
●粒徑 40mm~100mm 卵石 (e 卵石)	105m ³

2. 南內堤拋石段

●堤面胸牆混凝土	133m ³
●5~100kg 塊石 (A 塊石)	392m ³
●300~500kg 塊石 (C 塊石)	1,103m ³
●6T 鼎形塊	169 個
●粒徑不小於 100mm 卵石 (a 卵石)	2,757m ³

(五)南內堤重建堤頭保護

南內堤重建堤頭保護如圖 8-1-5 及圖 8-1-6，所需工程數量如下：

■ 5.0×2.0×1.0 方塊	4 個
■ 混凝土	1,530m ³
■ 模板	430m ²
■ 浚挖	10,000m ³
■ 5~100kg 塊石 (A 塊石)	658m ³
■ 300~500kg 塊石 (C 塊石)	875m ³
■ 粒徑不小於 100mm 卵石 (a 卵石)	4,260m ³
■ 6T 鼎形塊	226 個

(六)水域靜穩消波設施

漁港港口消波潛堤斷面如圖 8-1-7，北防波堤港側消波設施佈置如圖 8-1-8，所需消波塊數量為：

■ 15T 消波塊	1,025 個
■ 30T 消波塊	984 個

二、大宗工材料源及運輸構想

(一)大宗工材料源

1.塊石料源

本計畫工程所需護坡用之塊石需求量總計約 8.5 萬 m^3 。估計從南防波堤及南內堤拆除堤段中可回收取得之塊石數量約 2 萬 m^3 。預計南防波堤及南內堤堤頭護坡所需塊石數量可由回收塊石中直接供應，至於北防波堤延伸段部份估計仍需 6.5 萬 m^3 。

衡量目前國內塊石供應情形，本計畫所需塊石數量應可完全由國內取得。但是有鑑於近年來國內環保意識高漲，且在為保護河川生態，實行限採或禁採河川砂石政策影響下，國內石料供應已逐漸匱乏。因此為確保本計畫將來執行時石料供應無虞，亦可考慮配合自國外進口石料使用。以下茲就本計畫可能取得塊石之料源進行說明。

(1) 由國內取得塊石

國內各縣市近年來大都未發放開採塊石許可，目前市場上僅少數局部區域尚能供應塊石(以南部為主)。目前中部地區一噸塊石到場(含開採、運輸及卸下)平均價格約為 850 元/ m^3 (小於一噸之塊石價格則略低)，此一價格隨料源距離遠近會有所調整(但不含從東部運至工址)。由於國內對塊石開採係採申請許可，將來本計畫執行時，應由工程承包商依市場供需情形選擇料源。

(2) 由國外進口取得塊石

本計畫未來執行時如無法以較低廉成本自國內取得塊石，或無法在國內取得足夠塊石時，可以考慮自國外進口塊石。目前粗估如考慮自大陸進口塊石之費用普遍低於國內，估計一噸塊石到港費用(不含到港卸料費用)約在 700 元/m³ 以下，而自菲律賓進口塊石之成本與大陸亦相差無幾。本計畫將來開發時是否採用國外或大陸料源仍須視國內外市場供需情況而定。

2. 卵石料源

本計畫對卵石需求量估計約 20 萬 m³，扣除南防波堤、南內堤拆除堤段回收可利用卵石數量約 4 萬 m³ 後，將來仍需由國內外地區供應不足之 16 萬 m³。

(1) 由國內取得卵石

國內砂石供應市場受砂石資源逐漸枯竭、河川限(禁)採影響，未來供應之砂(卵)石量將逐漸減少，預期將逐漸轉以東部海岸河川為主要供應區。但短期內國內當不致於面臨無卵石可採之窘境，況且本計畫卵石需求量並非十分龐大，若台中港專用區無法順利開採，仍可仰賴國內其他地區供應卵石。

(2) 由國外進口卵石

目前市場較具競爭優勢之可能進口地區主要以大陸及菲律賓為主，但其前提是進口量必須達到經濟規模，其進口石料與國內供應之成本相差無幾。

3. 混凝土骨材及砂石級配料料源

本項料料取得問題基本上與卵石及塊石之問題大致相同。將來若無法就近開採台中港砂石專用區石料，仍可由承包施工廠商透過分散採購方式，由國內其他產區或國外取得所需石料。

4. 沉箱回填料

沉箱回填料配合沉箱拖放工作，由工址北側淤沙區海域取

得。

5. 鋼筋

國內鋼鐵工業相當發達，鋼廠遍佈北、中、南部，鋼筋用料來源應無虞。

(二) 工材運輸構想

本計畫未來施工期間主要工程材料陸上輸運所需仰賴之道路，將視未來料源分佈位置而有不同，各料源可能採用之運輸構想概要如下：

1. 由南防波堤、南內堤拆除堤段取得工材

南防波堤、南內堤拆除堤段回收之石料將堆儲於西 8、西 9 碼頭後線施工場地，該批石料優先供應南防波堤、南內堤堤頭保護設施重建工程，剩餘石料再配合北防波堤延伸工程施工需要，由拋石船直接裝載運至工址直接拋放。

2. 由國內其他地區供應石料

如料源地係在西部地區，可經由國內綿密之道路系統銜接台 17 省道(臨港路)，然後再經港區道路進入工址。未來如可在合理成本下自東部地區取得石料，則可選擇以海運直接運抵本港再卸運至工址。

3. 由國外或大陸進口

未來如自國外或大陸取得石料，可直接由本港進口卸運至工址。

三、主要工程施工流程及構想

(一) 施工流程

1. 開工後立即成立施工所、進行施工場地整地工作，必要時闢建臨時施工碼頭。

- (1) 利用位於西 8、西 9 碼頭後線空地整建施工場地並設立施工所。(西 8 碼頭如於近期內順利完成招商，則改利用西 9、西 10 碼頭後線空地)
 - (2) 工程開工後，即行堆儲石料及製作消波塊，以利於北防波堤延伸工程開始時可全力施作。
 - (3) 利用位於南迴船池與南海堤及西碼頭區間之水域進行浚深整平，以作為沉箱儲存水域。
2. 利用浮船台於南迴船池與西碼頭區間水域製作並儲存沉箱，在此同時開始進行南內堤拆除工程。
 3. 以海拋方式進行北防波堤堤心卵塊石及護坡塊石拋放，完成基礎整平作業，開始拖放沉箱，並同時展開南防波堤拆除工程。

(二)主要工程施工構想

1. 施工所設置

施工所擬設於西 8、西 9 碼頭後線空地上，位置詳圖 9-2-1。該空地鄰近南內、外堤，有利開發及施工單位就近掌控工程。惟西 8 碼頭目前正進行招商作業，將來如順利完成招商，則本計畫可利用西 9、西 10 碼頭後線空地(後述施工場地亦同)。

2. 施工場地準備

本計畫所需要設置之施工場地位置詳圖 9-2-1，茲就各場地用途說明如下：

(1) 設於西 8、西 9 碼頭後線空地之施工場地

西 8、西 9 碼頭後線空地，除前述施工所設置地點外，並將作為一般機具、工材儲放、混凝土型塊澆製及堆儲場地。本區用地規模約 6 公頃。

(2) 設於南迴船池與西碼頭區間之沉箱製作及儲存場地

基於南迴船池與西碼頭區間水域岸線在本計畫執行

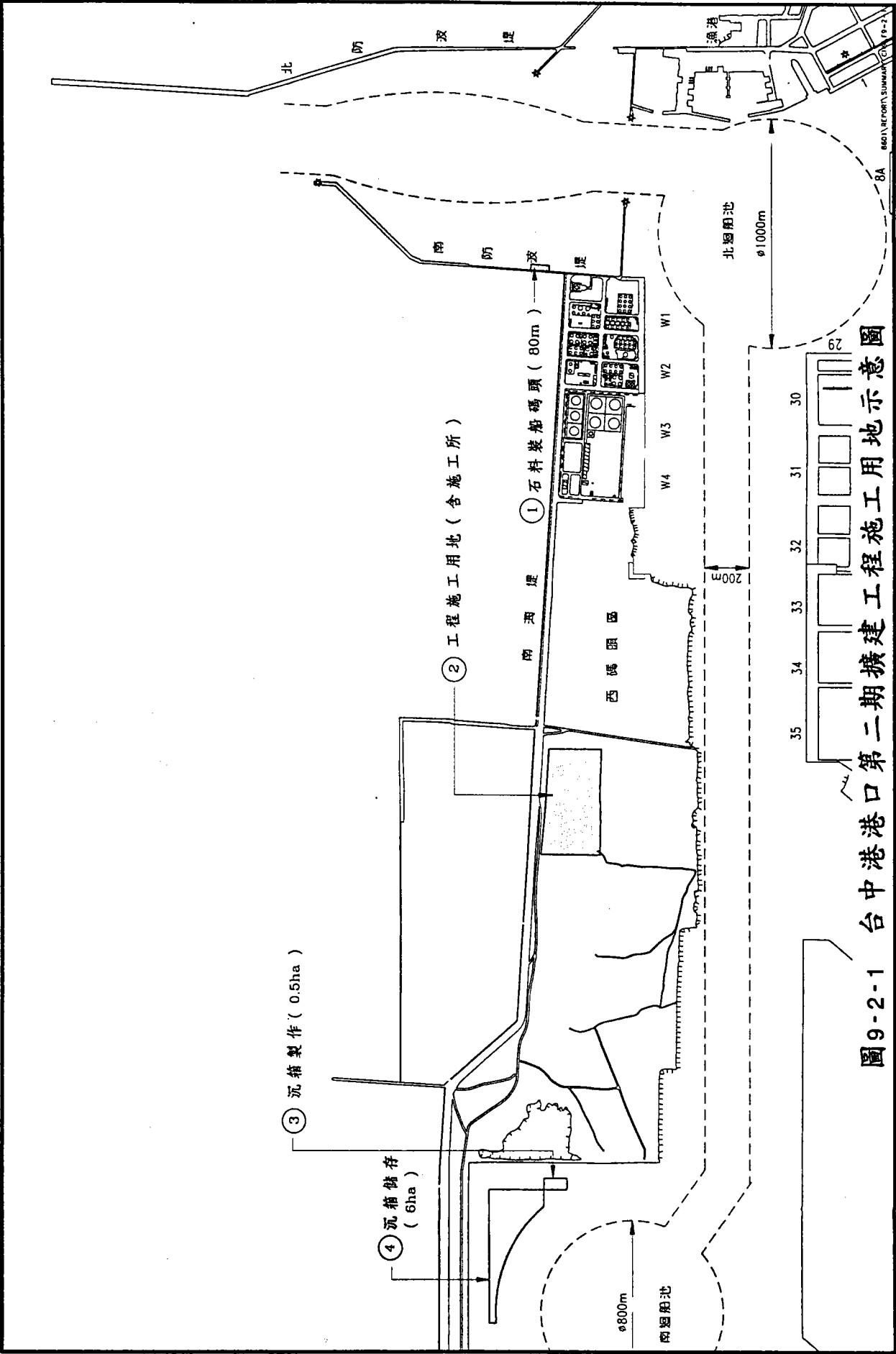


圖9-2-1 台中港港口第二期擴建工程施工用地示意圖

期間並未有開發計畫，且該水域空間及靜穩足以支應沉箱製作及儲存需求，因此擬將此水域及岸線規劃為沉箱製作及儲存場地。該水域現有水深地形約為 CD. $\pm$ 0m，配合沉箱製作、儲存需要，施工時須浚深至 CD.-13.0m~-16.0m。

(3) 石料裝船碼頭

為避免工程期間影響碼頭營運及考量石料、型塊輸運便利性，石料(含混凝土型塊)裝船碼頭擬設於南防波堤堤根靠近南內堤處，碼頭長 80m，深度 CD.-5.0m。將來如考量減輕對船舶進出港口作業之影響，可將裝船碼頭改設於北防波堤南側靠近漁港口處。

3. 北防波堤延伸工程

依據台中港歷年來海氣象實測資料，並參考台中港第一期工程北防波堤擴建工程施工經驗，本項工程原則上採端進法施工，自現有北防波堤堤頭向外海挺進。但將來施工時，如因遭遇惡烈天氣而致無法按進度推展時，除以端進法進行沉箱安放外，將考慮改以跳島法施工。

4. 南防波堤拆除工程

南防波堤均為沉箱堤，拆除作業將依下列步驟進行：

- (1) 拆除現有燈塔及臨時浮燈標安置。
- (2) 吊除護趾 P.C.方塊：因堤址可能有淤沙掩蓋方塊，須先清除淤沙後，吊除裝車後送。
- (3) 鑿除堤面胸牆純混凝土。
- (4) 鑿除沉箱封頂純混凝土。
- (5) 灌水抽除沉箱內回填砂料，同時進行箱壁破損止漏作業。
- (6) 沉箱抽水起浮拖移。
- (7) 吊除基礎石料及抓除堤心卵石。
- (8) 堤頭燈塔及保護設施重建。

5. 南內堤拆除工程

南內堤拆除堤段中有關沉箱堤之拆除方法與南外防波堤拆除方法大致相同。拋石堤段拆除長度僅 14m，堤址水深均在 -3.0m 以上，施工技術較為簡單，拆除步驟如下：

- (1) 吊除港外側 6 噸鼎型塊及港內側護坡塊石。
- (2) 利用水刀或混凝土破碎機碎裂鑿除堤面及胸牆無筋混凝土。
- (3) 抓除護坡塊石及堤心塊石。
- (4) 施作堤頭保護工。
- (5) 新建堤頭燈塔。

參、計畫工期

一、可工作天數

台中港地區一年中良好之施工期集中在每年 4~9 月。採用海上施工之工程必須在夏季期間方能進行，而陸上施工及港內施工之工程則仍可在冬季進行。依據台中港歷年海氣象觀測資料並參考工址及鄰近海域既有之海氣象資料，研定各項工程之作業條件限制與可工作天之條件、天數如后。

(一)各項作業條件限制

1. 陸上工程

- 風：陸上颱風警報發佈時，即停止工作；另考慮陸上工程進度攸關海上工程能否於天候良好時全力施作，陸上工程限制條件將訂為超過達 10m/s 時，停止陸上工程。
- 霧—能見度小於 1km 時停止工作。
- 雨—降雨量大於 10 公釐時不計工作天。

2.海上工程

- 海中拋石：波高 $<1.0\text{m}$
- 沉箱抽砂回填作業：波高 $<1.0\text{m}$
- 水中整平整坡及襯墊鋪設：波高 $<0.8\text{m}$
- 海上消波塊吊放：波高 $<1.0\text{m}$
- 於堤面上採端進法吊放消波塊：波高 $<1.0\text{m}$
- 於堤面上採端進法拋石：波高 $<1.0\text{m}$
- 沉箱拖放：波高 $<0.5\text{m}$

(二)各項工程可工作天估擬

1.陸上工程

陸上工程之可工作天，係以全年日數扣除必休之國定假日、例假日、強風、颱風、霧日及降雨量大於 10 公釐日數。依據前述作業條件限制，研定陸上各項工程之可工作天數詳如表 9-3-1 所示，陸上工程及在港內施工之海上工程全年可工作天概估約 216 天。

2.海上工程

依海上各項工程之施工作業條件限制，參考台中海域波浪觀測資料，估算各項海上施工作業之可作業天數如表 9-3-2 所示。其中冬季期間(10 月至翌年 3 月)海上工程因可連續施工天數極為有限，原則上冬季海上工程均不施作。夏季海上工程依不同工作項目可施工天數約在 81~148 天。

二、施工能量分析

(一)石料海拋作業

1.開底船海拋

每船可運載石料平均以 200m^3 計，每天作業 10 小時以 6 航

表9-3-1 台中港陸上施工各月可工作天數概估

影 響 因 素	天 數	說 明	年 可 工 作 天 數
陸上颱風警報	16	4次×4天=16天	1.假定所有影響天數 有1/4重覆 2.全年可工作天數為 365天－199天×3 / 4 =216天
豪 雨	32		
霧 日	8		
強 風	108		
國定假日	9	詳文中敘述	
例 假 日	26	52周 / 2=26天	
小 計	199		

表9-3-2 台中港海上施工各月可工作天數概估

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	夏季	冬季
海上拋石以及抽砂回填作業	6	8	13	21	26	27	29	26	19	9	4	3	148	43
海底整平、整坡水下鋪放濾布	4	6	10	17	22	25	27	24	16	7	3	1	131	31
沉箱製作(港內)	比照陸上工程，全年可工作天約為216天													
海上沉箱拖放、型塊吊放	1	3	6	11	12	13	19	16	10	3	1	0	81	14
於堤面上採端進法吊放消波塊	6	8	13	21	26	27	29	26	19	9	4	3	148	43
於堤面上採端進法拋石	6	8	13	21	26	27	29	26	19	9	4	3	148	43

- 說明：1.海上拋石以及抽砂回填作業波浪限於 $H_{1/3} \leq 1.0m$
2.水中整坡整平及水下鋪放濾布波浪限於 $H_{1/3} \leq 0.8m$
3.海上消波塊吊放波浪限於 $H_{1/3} \leq 1.0m$
4.消波塊吊放(端進)波浪限於 $H_{1/3} \leq 1.0m$
5.沉箱拖放波浪限於 $H_{1/3} \leq 0.5m$
6.陸上拋石(端進)波浪限於 $H_{1/3} \leq 1.0m$

次計(每一循環 1.5 小時)，則每船每工作天可拋放石料 1200m^3 。

2. 抓斗海拋

本項作業如採抓斗船進行，估計作業量為 $150\text{m}^3/\text{時}$ ，作業效率 0.8，抓斗船容量平均為 200m^3 ，每天作業 10 小時以 3 航次計(每一循環約 3.2 小時)，則每船每工作天可拋放石料 600m^3 。

如採較大型駁船裝載石料，並配合抓斗海拋，估計作業量為 $150\text{m}^3/\text{時}$ ，每天作業 10 小時，作業效率 0.8，則每組船機每工作天可拋放石料 $1,200\text{m}^3$ 。

(二) 陸上吊排消波塊

吊排一個消波塊之循環時間為 12 分，每天作業 10 小時，作業效率 0.8，單一工作面每天可吊排消波塊 40 個。

(三) 海上吊排護基方塊(或消波塊)

吊排一個護基方塊或消波塊之循環時間為 20 分，每天作業 10 小時，作業效率 0.8，單一工作面估計每天可吊排 24 個。

(四) 沉箱基礎整平

本工程堤段堤址水深介於 $-20.0\text{m} \sim -25\text{m}$ 間，平均每一潛水夫每小時約可完成 2.5m^2 整平作業，以每組潛水夫二人，每天有效作業時數為 4 小時，每組潛水夫每天可完成 10m^2 整平作業。

(五) 沉箱製作

採浮沉台及活動鋼模製作沉箱，每座沉箱於浮沉台上製作至下水加高完成，約需 25~30 工作天。

(六) 每年沉箱可施工量估算

本計畫沉箱堤工程除沉箱製作可全年進行外，沉箱基礎卵石

拋放、整平、沉箱拖航安放、沉箱回填封頂…等均於夏季(每年四～九月)施作。夏季沉箱堤各項工程施工可工作天數如下：

■ 基礎海上拋石	148 天
■ 基礎整平	131 天
■ 沉箱拖放	81 天
■ 沉箱回填	148 天
■ 護基方塊吊放	81 天

依台中港建港以來之堤防施工經驗，每年可完成沉箱拖放之平均值約為 12 座。依此估算每座沉箱基礎之施工日數如下：

■ 基礎拋石	148 天/12 座=12.3 天
■ 基礎整平	131 天/12 座=10.9 天

本計畫每座沉箱基礎拋石量約為 $7500\sim 10500\text{m}^3$ ，亦即每工作天須施作約 $610\sim 860\text{m}^3$ ，估計一組底開海拋船配合一組抓斗船即可配合沉箱拖放需求。

在基礎整平方面，每座沉箱基礎整平量約為 $1720\sim 1880\text{m}^2$ ，亦即每工作天須整平約 $160\sim 175\text{m}^3$ ，如以傳統潛水俠進行整平作業，估計須配置 17 組潛水俠。

本計畫沉箱製作係在港區內以浮沉台或浮塢製作，每座沉箱製作需 25～30 工作天，估計施工時配置一～二組沉箱製作設備(視實際施工進度而定)，即可滿足每年拖放 12 座沉箱之需求量。

(七)護坡塊石抓除

本作業如採抓斗進行，估計作業量每小時為 70m^3 ，如配合大型駁船裝運，假設作業效率為 0.8，每天作業 10 小時，則每船每工作天可抓除護坡塊石料 560m^3 。

(八)堤心卵石抓除

本作業如採抓斗進行，估計作業量每小時為 120m^3 ，如配合大型駁船裝運，假設作業效率為 0.8，每天作業 10 小時，則每船每工作天可抓除護坡塊石料 960m^3 。

三、施工量及施工機具分析

(一)北防波堤延伸工程

本堤段計需完成拖放沉箱數量為 24 座。依台中港歷次堤防興建經驗，平均每年可完成拖放之沉箱堤為 12 座，本堤段約可於三年內完成。本項防波堤工程所需要之主要動員機具如下：

- 沉箱製作：浮沉台或浮塢一組(每組每月可同時製造完成 2 座沉箱，預計於沉箱堤施工前一年開始進行沉箱製作儲存)
- 沉箱拖航安放：拖船 2 艘、堆土機 2 部、抽沙船 1 部(回填用)
- 基礎卵石拋放及整平：底開拋石船 1 組、抓斗船 1 組、潛水伕 17 組(視施工時海象狀況及工程緊迫性而定)
- 護基方塊截頭塊吊排：平台船 1 組、起重船 1 組

(二)南防波堤拆除工程

計畫拆除沉箱合成堤四座，總長度計 93m，拆除後並須重建堤頭保護設施，估計需時一年。其主要動員機具如下：

- 胸牆、堤面純混凝土鑿除：混凝土破碎機、挖溝機各 1 部、傾卸車 2 部
- 沉箱拖移：拖船 2 艘
- 護面塊石及堤心卵石抓除：抓斗船、駁船各 1 艘
- 海拋石料：裝載機、底開拋石船各 1 艘
- 消波塊陸吊：起重機 1 部、平台車或傾卸車 2 部
- 消波塊海吊：平台船、起重船各 1 組

- 護基方塊陸吊：起重機、平台車各 1 部

(三)南內堤拆除工程

主要工程項目為拆除 36m 長之沉箱合成堤、14m 長之拋石堤及重建方塊式直立堤以保護後側斜坡拋石堤，估計可於一年半內完成，主要動員機具如下：

- 胸牆、堤面純混凝土鑿除：混凝土破碎機、挖溝機各 1 部、傾卸車 2 部
- 沉箱拖移：拖船 2 艘
- 護面塊石及堤心卵石抓除：抓斗船、駁船各 1 艘
- 海拋石料：裝載機、底開拋石船各 1 艘
- 堤體方塊陸吊：起重機、平台車各 1 部
- 堤體方塊海吊：起重船、平台車各 1 組

四、工程預定進度

依前述研定之施工能量，預計防波堤興建及拆除工程需時約3年方能完成，其他配合工程，如水域靜穩改善工程、船舶進出港助航系統、即時海氣象資料系統等可在此一期間內同步進行。

本工程如將發包作業所需時間計入，各項工程作業分年進度估列於表9-3-3。計算執行進度係假設台中港務局能於民國88年9月以前可完成發包作業，則本計畫工程預定在民國88年10月正式開工，估計在民國91年12月以前可完成擴建工程。

表9-3-3 台中港港口第二期擴建工程計畫進度表

工程項目	數量	權重	88下半年及89年度			90年度			91年度	
			88.7~12	89.1~6	89.7~12	90.1~6	90.7~12	91.1~6	91.7~12	
一、設計及發包作業	1式		■							
二、北防波堤延伸工程	480M									
1.石料儲存及海拋	1式	15%	5%	25%	25%	25%	20%			
2.沉箱製作及貯存	1式	23%	10%	35%	35%	20%				
3.沉箱拖放	1式	26%		25%	25%	25%	25%			
4.胸牆混凝土澆製	1式	10%			20%	20%	20%	20%	20%	
三、南外堤拆除工程	93M	6%		25%	25%	25%	25%			
四、南內堤拆除工程	50M	3%		25%	25%	25%	25%			
五、水域靜穩改善	1式	8%					5%	10%	85%	
六、其他配合工程	1式	9%		17%	17%	17%	17%	17%	15%	
累計進度			3%	25%	49%	70%	86%	90%	100%	

肆、財務計畫

一、各工程項目經費預估

本計畫所估算之工程費用係以民國87年7月物價為估價基準，所估列之各項工程費用含廠商管理、勞安、保險、利潤、營業稅及空氣污染防制費與物價上漲準備費用。全部工程費合計需新台幣15億1仟萬元整，詳表9-4-1所示，茲分別說明如下：

(一)北防波堤延伸工程(含新堤頭保護)

北防波堤延建工程所需經費約 11.04 億元，每公尺平均單價如表 9-4-2 所示。

(二)南防波堤拆除工程(含新堤頭保護)

南防波堤拆除工程所需經費約 7.72 仟萬元，每公尺平均單價詳表 9-4-3 所示。

(三)南內堤拆除工程(含新堤頭重建)

南內堤拆除工程所需工程費約 5.07 仟萬元。拆除段各堤型每公尺平均單價詳表 9-4-4、表 9-4-5 所示，重建堤頭設施工程費用另詳表 9-4-6。

(四)水域靜穩改善工程

水域靜穩改善工程主要包括漁港北側消波潛堤、北防波堤內側加拋消波塊等工程，所需工程費約 1 億元。

(五)其他配合工程

包括沉箱製作貯存場地闢建、燈塔拆除與重建工程、施工期間警戒標誌(燈)、道路維護、環境維護等其他雜項工程以及空氣

表9-4-1 一港口第二期擴建工程費用估列

單位：新台幣仟元

工 程 項 目		數 量	工 程 費	備 註
一	北防波堤延伸工程	480公尺	1,104,000	沉箱堤
二	南防波堤拆除工程	93公尺	77,190	沉箱堤
三	南內堤拆除工程	50公尺	50,700	含36公尺沉箱堤14公尺 拋石堤及堤頭重建
四	水域靜穩改善工程	一式	100,000	
五	其他配合工程	一式	178,110	
合 計			1,510,000	

註：1.其他配合工程含導(助)航系統配合設施、沉箱製作貯存場地闢建、空氣污染防治費及其他雜項工程

2.表列工程費已含物價調整因素(年物價上漲率3.5%)

表9-4-2 北防波堤延建每公尺工程費概估

單位：新台幣元

項次	項目	單位	數量	單價	複價	備註
壹、	工程費					
1.	胸牆混凝土及澆注	M ³	50.8	2,200	111,760	
2.	模板	M ²	13.0	550	7,150	
3.	5~30Kg卵塊石採拋	M ³	402.2	660	265,452	
4.	100~300Kg卵塊石採拋	M ³	51.9	770	39,963	
5.	0.5~1T塊石採拋	M ³	111.3	1,430	159,159	
6.	20T截頭塊製作及吊放	塊	6.9	37,400	258,060	
7.	1.5Mx3Mx3.5M護基方塊製作及吊放	塊	1.5	58,410	87,615	
8.	濾布及鋪設	M ²	95.3	264	25,159	
9.	水下細整平	M ²	92.1	440	40,524	
9.	伸縮縫	M ²	3.6	132	475	
10.	沉箱澆製及拖放(20Mx22Mx22.5M)	座	0.05	17,921,750	896,088	
11.	零星工料及其他	式	1	64,379	64,379	
	小計				1,955,784	
貳、	廠商利潤(含測量、管理					
	、勞安、保險等)	12%			234,694	
	合計				2,190,478	
參、	加值營業稅	5%			109,523	
肆、	總計				2,300,000	

註：表列工程費已考慮施工期間物價調整因素

表9-4-3 南防波堤拆除每公尺工程費概估

單位：新台幣元

項次	項目	單位	數量	單價	複價	備註
壹、	工程費					
1.	水中A型方塊移除	塊	0.33	29,700	9,801	
2.	水中D型方塊移除	塊	0.97	44,550	43,214	
3.	堤面胸牆混凝土拆除	M ³	34.5	1,177	40,607	
4.	沈箱封頂混凝土拆除	M ³	4.9	1,177	5,767	
5.	沈箱填充料灌水抽沙	M ³	194.9	132	25,727	
6.	沈箱拆除	座	0.043	320,100	13,764	
7.	"A"塊石移除	M ³	21.2	990	20,988	
8.	"B"塊石移除	M ³	61.5	990	60,885	
9.	"C"塊石移除	M ³	95.5	990	94,545	
10.	"E"塊石移除	M ³	19.1	990	18,909	
11.	"a"卵石移除	M ³	385	715	275,275	
12.	堤頭保護	式	1	80,000	80,000	
13.	零星工料及其他	式	1	16,302	16,302	
	小計				705,783	
貳、	廠商利潤(含測量、管理					
	、勞安、保險等)	12%			84,693	
	合計				790,476	
參、	加值營業稅	5%			39,523	
肆、	總計				830,000	

註：表列工程費已考慮施工期間物價調整因素

表9-4-4 南內堤沉箱段拆除每公尺工程費概估

單位：新台幣元

項次	項目	單位	數量	單價	複價	備註
壹、	工程費					
1.	水中方塊吊移	塊	0.8	21,000	16,800	
2.	堤面混凝土拆除	M ³	20.6	1,124	23,144	
3.	沈箱封頂混凝土拆除	M ³	4.9	1,124	5,505	
4.	沈箱填充料灌水抽沙	M ³	103.0	126	12,978	
5.	沈箱拆除	座	0.06	1,638,000	98,280	
6.	"A"塊石移除	M ³	16.8	945	15,876	
7.	"B"塊石移除	M ³	62.7	945	59,252	
8.	"E"塊石移除	M ³	71.9	945	67,946	
9.	"a"卵石移除	M ³	127.4	683	86,951	
10.	"e"卵石移除	M ³	2.9	683	1,979	
11.	零星工料及其他	式	1	78,978	78,978	
	小計				467,688	
貳、	廠商利潤(含測量、管理					
	、勞安、保險等)	12%			56,122	
	合計				523,810	
參、	加值營業稅	5%			26,190	
肆、	總計				550,000	

註：表列工程費已考慮施工期間物價調整因素

表9-4-5 南內堤拋石段拆除每公尺工程費概估

單位：新台幣元

項次	項目	單位	數量	單價	複價	備註
壹、	工程費					
1.	堤面混凝土拆除	M ³	9.5	1,124	10,673	
2.	"A"塊石移除	M ³	28.0	945	26,460	
3.	"C"塊石移除	M ³	78.8	945	74,466	
4.	6T鼎型塊移除	塊	12.1	1,575	19,058	
5.	"a"卵石移除	M ³	197.0	683	134,453	
6.	零星工料及其他	式	1	32,511	32,511	
	小計				297,620	
貳、	廠商利潤(含測量、管理					
	、勞安、保險等)	12%			35,714	
	合計				333,334	
參、	加值營業稅	5%			16,666	
肆、	總計				350,000	

註：表列工程費已考慮施工期間物價調整因素

表9-4-6 南內堤堤頭重建工程費概估

單位：新台幣元

項次	項目	單位	數量	單價	複價	備註
壹、	工程費					
1.	混凝土及澆製	M ³	1,530	2,217	3,392,677	
2.	模板	M ³	430	554	238,374	
3.	浚挖	M ³	100,000	133	13,304,615	
4.	"a"卵石吊運拋放	M ³	4,260	721	3,070,040	
5.	"A"塊石吊運拋放	M ³	658	998	656,583	
6.	"C"塊石吊運拋放	M ³	875	998	873,115	
7.	6T鼎型塊吊運拋放	塊	226	1,663	375,855	
8.	5Mx2Mx1M方塊製作及吊放	塊	4	38,805	155,221	
9.	零星工料及其他	式	1	42,366	42,366	
	小計				22,108,845	
貳、	廠商利潤(含測量、管理					
	、勞安、保險等)	12%			2,653,061	
	合計				24,761,906	
參、	加值營業稅	5%			1,238,094	
肆、	總計				26,000,000	

註：表列工程費已考慮施工期間物價調整因素

污染防制費。估計工程費需 1.78 億元。

二、分年工程預算

本計畫總工程費估計約15億1仟萬元，配合研定之施工計畫及工程進度，分別於89至91年度編列預算如表9-4-7。

三、資金籌措

本計畫為防波堤興建與改建工程，屬港埠無生產性之基本建設，資金擬全部由交通建設基金投資補助。

伍、工程效益

本計畫防波堤延長工程屬本港長期發展不可或缺之基礎建設，計畫完成後本港將可提供大型船舶安全進泊環境，擠身現代化國際港埠行列，吸引航商業者進駐本港投資近洋及遠洋貨櫃基地及加工出口區，除可促進本港貨櫃運量持續成長及節省進泊本港之散貨運輸成本外，將帶動中部地區關聯產(商)業繁榮發展，增加大量就業機會，並減輕中樞南北運之陸運交通負荷，降低整體社會成本。本計畫預期效益基本上分為可量化及不可量化效益，茲分列如下：

一、可量化效益

(一)促進台中港貨櫃運量持續成長

台中港貨櫃運量來源以近洋航線之進出口櫃為主，如僅以現有一港口規模，以及第一貨櫃中心與第二貨櫃中心之#9～#11、#31～#35 等 8 座貨櫃碼頭，參照「台中港整體規劃及未來發展計畫」預測之貨櫃運量及貨櫃碼頭數量，現有設施所能帶動之運量最多

表9-4-7 台中港港口第二期擴建工程費用概算表

單位：新台幣仟元

工 程 項 目	單 位	單 價	88下半年及89年度		90年度		91年度		小計	
			數量	複價	數量	複價	數量	複價	數量	複價
一 北防波堤延伸工程	公尺	2,300	240	552,000	180	414,000	60	138,000	480	1,104,000
二 南外堤拆除工程	公尺	830	48	39,840	45	37,350			93	77,190
三 南內堤拆除工程										
1. 沉箱堤段拆除	公尺	550	18	9,900	18	9,900			36	19,800
2. 拋石堤段拆除	公尺	350	14	4,900					14	4,900
3. 堤頭重建工程	式	1				26,000				26,000
四 水域靜穩改善工程	式	1				2,000		98,000		100,000
五 其他配合工程										
1. 導(助)航系統配合設施	式	1		36,000		7,000		67,000		110,000
2. 沉箱製作貯存場地開建	式	1		50,000						50,000
3. 其他雜項工程	式	1		4,895		3,750		4,535		13,180
4. 空氣污染防治費	式	1		2,465				2,465		4,930
合計			700,000		500,000		310,000		1,510,000	

註：1. 導(助)航系統配合設施包括港外航道進導(疊)標、船舶進出港助航軟體、即時海氣象資料系統、燈塔拆除與重建工程、主航道夜間照明工程

2. 其他雜項工程包括工地安全衛生、工區清潔維護、廢棄物清理、車輛清洗、道路維護、警戒標誌(燈)、及其他零星工程所需費用

3. 本計畫經費已考慮施工期間物價調整因素

僅可達到 149 萬 TEU 之規模(詳表 9-5-1)，如營運條件未能再改善，則未來運量甚難有突破性之成長。

為達成「台中港整體規劃及未來發展計畫」中所預測在民國 110 年貨櫃運量 261 萬 TEU 之運量目標，台中港必須具備提供 4,000TEU 以上大型貨櫃船進泊之條件，方能吸引航商開闢遠洋定期航班、投資第三貨櫃中心(#36~#42 號碼頭)。

本計畫執行後，除遭遇強烈季風、巨流外 4,000TEU 級貨櫃船進泊本港已無困難，預計至民國 110 年時可達到 261 萬 TEU 之貨櫃運量目標，同時亦能帶來航商投資貨櫃轉運中心之實質收益。

(二)節省大宗散貨海運成本

台電公司在擴建台中火力電廠第九、十後機組後，未來每年將自台中港進口燃煤 1,200 萬公噸，桂裕鋼鐵公司每年計畫進口鐵礦砂及其它燃物料約 800 萬公噸。受限於本港港口及港池航道規模，兩家公司目前僅能使用 6 萬 DWT 級散貨輪運輸。

如最大進港船型能提高至 12.5 萬噸，經分析台電公司及桂裕鋼鐵公司之 2,000 萬噸大宗散貨將有 75%之運量會改採海岬型散貨輪運輸。依台電公司之研究，由於出口港不同、運距不同，使用 12.5 萬噸海岬型散貨輪及巴拿馬極限型煤輪每公噸海運費用之節省差距頗大，約介於每噸 1.2~9.2 美元之間。考慮進口貨源之分散、船隊噸級分佈，初步評估如最大進港船型能提高至 12.5 萬噸，則每噸之海運費用較採巴拿馬極限輪平均約節省美金 3.4 元，以每年海岬型散貨輪運輸 1,500 萬噸之運量估計，每年將可節省海運成本新台幣 15 億元以上。

(三)延緩新闢港口需求

二港口計畫之實施除需投資興建外廓防波堤及浚挖航道水

表9-5-1 台中港整體規劃及未來發展計畫預測之貨櫃運量及碼頭需求

年	全港貨櫃運量	碼頭需求	假設本計畫誘導之運量	碼頭及後線土地需求
90	121萬TEU	8 座	-	第二貨櫃基地(已興建)
91	128萬TEU	8 座	-	第二貨櫃基地(已興建)
92	135萬TEU	8 座	-	第二貨櫃基地(已興建)
93	142萬TEU	8 座	-	第二貨櫃基地(已興建)
94	149萬TEU	8 座	7萬TEU	第二貨櫃基地(已興建)
95	156萬TEU	9 座	14萬TEU	21 公頃
96	163萬TEU	9 座	21萬TEU	21 公頃
97	170萬TEU	9 座	28萬TEU	21 公頃
98	178萬TEU	9 座	36萬TEU	21 公頃
99	185萬TEU	9 座	43萬TEU	21 公頃
100	192萬TEU	10 座	50萬TEU	42 公頃
101	199萬TEU	10 座	57萬TEU	42 公頃
102	206萬TEU	10 座	64萬TEU	42 公頃
103	212萬TEU	10 座	70萬TEU	42 公頃
104	219萬TEU	10 座	77萬TEU	42 公頃
105	226萬TEU	11 座	84萬TEU	63 公頃
106	233萬TEU	11 座	91萬TEU	63 公頃
107	240萬TEU	11 座	98萬TEU	63 公頃
108	247萬TEU	11 座	105萬TEU	63 公頃
109	254萬TEU	11 座	112萬TEU	63 公頃
110	261萬TEU	12 座	119萬TEU	84 公頃
110年以後	>261萬TEU	15 座	>119萬TEU	84~147公頃

註：1. 進行效益分析時，超過民國110年以後之運量按民國105~110年間之成長比例累計

2. 表中「假設本計畫誘導之運量」係假設民國94年以後增加之運量均為因本計畫實施後所誘導之成果

3. 碼頭及後線土地需求按各年須增建碼頭數對照第三貨櫃基地面積(147公頃)計算得

域以外，另須先配合完成過港隧道及填方區海堤等設施，以維持西碼頭區聯外交通與收容航道浚挖所產生土方。所需工程費高達新台幣 300 億元以上，施工期程則至少需時十年以上。

在一港口船舶交通量未達到飽合，而財政困難之狀況下，政府實難為配合提高本港計畫進港船型，而進行二港口闢建工程。本計畫所需投資經費有限，單以延緩二港口興建時程一年，所節省投資利息即高達新台幣 22 億元以上。故本計畫如奉核定實施後，將可解決本港目前所遭遇迫切需求，延後二港口需要闢建時程，有效減輕政府財政負擔。

二、不可量化間接效益

- 配合世界海運船舶大型化趨勢，提供大型船舶安全進泊環境，使本港擠身現代化國際港埠行列，吸引航商及業者至本港投資各項港埠設施，以維持營運成長。
- 改善操航條件，確保船隻進出港之安全，並放寬進出港之限制條件，大幅縮短船舶無法進出港之時間，降低船舶等待成本，同時可提昇領港登輪安全性，縮減領港無法帶船之時間。
- 加強航運業者對本港之信心，建立良好投資形象，配合本港原有聯外交通便捷及腹地廣闊優點，吸引業者投資本港加工出口區，促進本港未來之發展。
- 目前每年在本港結關，運送基高兩港進出口貨櫃量約 50 萬 TEU，對國內陸運交通影響甚大。本計畫實施後，本港將可發展遠洋貨櫃基地，現有中櫃南北運現象將可減少，降低高速公路不合理車流，減輕內陸交通運輸負荷，除可節省貨櫃內陸運輸成本，亦可間接降低整體社會之運輸成本。
- 本計畫實施後，配合本局前述擬實施之經營管理輔助措施，預期可充份發揮一港口效能，使本港港埠營運成長率仍得以維持，達到未來發展計畫中所預期之營運目標。
- 加速本港開發，航商業者將樂於投資本港，隨著遠洋貨櫃基地、加

工出口區之發展，以及其他產業之進駐，將帶動中部地區關聯產(商)業之發展，同時產生大量就業機會，促進國家整體經濟成長。

三、效益分析

本計畫執行後，將使本港之基礎建設更為完善，可量化之投資效益包括促進台中港貨櫃運量持續成長、節省大宗散貨海運成本等二項。其中貨櫃運量得以持續成長之效益將顯現在台中港之營運收益上，而後者則係降低進駐台中港之業者營運成本，有利台中港港建立良好投資形象，故本計畫僅就貨櫃營運部份進行效益量化分析。

(一)營運收益

由前述說明可知貨櫃運量之成長及第三貨櫃中心之開發將帶給台中港可觀之收益，其中以貨櫃營運及碼頭後線儲轉業務有關之收入，當可歸因於本計畫實施後所產生之效益。將來台中港貨櫃碼頭將以開放民間投資為原則，主要收入有以下數項：

1.碼頭岸肩裝卸業務

此項業務收入包括土地租金、土地改良投資報酬費、專用碼頭租金、機械使用管理費、裝卸管理費等。

2.碼頭後線儲轉業務

此項業務收入主要包括土地租金、土地改良投資報酬費、管理費等。各項收入均比照台中港目前出租#31~#33 號碼頭向業者收取之費率計算。各項費率如下：

- 碼頭岸肩及後線儲轉土地租金為每平方公尺 80 元
- 碼頭岸肩及後線儲轉土地改良投資報酬費為每平方公尺 50.7 元
- 碼頭岸肩裝卸、機具使用管理費為每 TEU 收 278.9 元(現行裝卸管理費費率 20 呎櫃收 208.6 元，40 呎櫃收 328.8 元，機具使用管理費每櫃收 149.6 元，本計畫假設 20 呎櫃及 40

呎櫃各佔運量一半)

- 碼頭後線儲轉管理費為每 TEU 收 93.3 元
- 各碼頭在免租使用期間 (以 10 年計) 不計碼頭租金，免租使用期以後按下列公式計算：
※原始造價 × 營造工程物價指數漲幅 × (1+10%) ÷ 10
(每座碼頭造價以 6 億元概算，營造工程物價指數漲幅每年以 3.5% 計)
- 各項費率於租用期間每年以物價上漲率 3.5% 調整
- 貨櫃運量、碼頭興建數量及後線儲轉土地面積按「台中港整體規劃及未來發展計畫」預測資料計算
- 依中港局最近三年度(84、85、86)之事業決算分析，港埠營業利益率平均約為 45%。故本計畫以前述各項貨櫃營運收入之 45% 作為實質淨收益。

(二) 工程成本提列

成本計算時除本計畫投資成本外，因考量台中港能供大型船進泊亦須有港務局另案呈提之「台中港航道浚深拓寬工程」之配合方能達成，故將航道浚深拓寬工程投資成本列入計算。各項成本提列如下：

- 本計畫投資成本為 15 億 1 仟萬元，全數依施工進度逐年提列。
- 「台中港航道浚深拓寬工程」投資成本為 27 億元。該計畫將航道從 -14m 浚深至 -16m 之工程費用可視為配合大型船進泊之投資成本，估計約佔該計畫投資成本之 40%。
- 完工後第一年之維護成本係以前述投資總額之千分之 5 計算，並於第二年起按物價上漲率(3.5%)逐年調整。

(三) 投資效益

依上述條件估算結果，在本計畫實施以後之 40 年營運期間內，可能為中港局帶來之可量化效益淨現值約為新台幣 14.1 億元，益本比 1.57，內生報酬率 9.7%，已大於計畫所採用之折現率 7.5%。本益比分析表及報酬率分析表成果詳表 9-5-2、表 9-5-3。

表9-5-2 益本比分析表

單位：新台幣仟元

折現率：7.5%

現值基準年：88年度

年序	年度	分年成本	分年收益	現值因子	分年成本現值	分年收益現值	累計成本現值	累計收益現值	益本比
1	89	(792,800)	-	0.930233	(737,488)	-	(737,488)	-	-
2	90	(749,200)	-	0.865333	(648,307)	-	(1,385,796)	-	-
3	91	(559,200)	-	0.804961	(450,134)	-	(1,835,930)	-	-
4	92	(249,200)	-	0.748801	(186,601)	-	(2,022,531)	-	-
5	93	(239,600)	-	0.696559	(166,895)	-	(2,189,426)	-	-
6	94	(21,050)	14,413	0.647962	(13,640)	9,339	(2,203,066)	9,339	0.004239256
7	95	(21,787)	45,550	0.602755	(13,132)	27,455	(2,216,198)	36,795	0.016602678
8	96	(22,549)	63,025	0.560702	(12,643)	35,338	(2,228,841)	72,133	0.032363587
9	97	(23,339)	81,668	0.521583	(12,173)	42,597	(2,241,014)	114,730	0.051195632
10	98	(24,155)	101,539	0.485194	(11,720)	49,266	(2,252,734)	163,996	0.072798762
11	99	(25,001)	122,701	0.451343	(11,284)	55,380	(2,264,018)	219,376	0.096896912
12	100	(25,876)	163,883	0.419854	(10,864)	68,807	(2,274,882)	288,183	0.126680482
13	101	(26,781)	187,433	0.390562	(10,460)	73,204	(2,285,342)	361,387	0.158132652
14	102	(27,719)	212,430	0.363313	(10,071)	77,179	(2,295,413)	438,566	0.191061913
15	103	(28,689)	238,948	0.337966	(9,696)	80,756	(2,305,109)	519,322	0.225291879
16	104	(29,693)	267,062	0.314387	(9,335)	83,961	(2,314,444)	603,283	0.260660055
17	105	(30,732)	372,319	0.292453	(8,988)	108,886	(2,323,431)	712,169	0.306515987
18	106	(31,808)	407,130	0.272049	(8,653)	110,759	(2,332,085)	822,928	0.352872392
19	107	(32,921)	443,922	0.253069	(8,331)	112,343	(2,340,416)	935,271	0.399617476
20	108	(34,074)	482,790	0.235413	(8,021)	113,655	(2,348,437)	1,048,926	0.446648578
21	109	(35,266)	523,835	0.218989	(7,723)	114,714	(2,356,160)	1,163,640	0.493871459

續接下頁

表9-5-2 益本比分析表(續)

折現率：7.5%

單位：新台幣仟元

年序	年度	分年成本	分年收益	現值因子	分年成本現值	分年收益現值	累計成本現值	累計收益現值	益本比
22	110	(36,500)	656,794	0.203711	(7,436)	133,796	(2,363,596)	1,297,436	0.548924802
23	111	(37,778)	705,650	0.189498	(7,159)	133,719	(2,370,755)	1,431,156	0.60367098
24	112	(39,100)	757,120	0.176277	(6,892)	133,463	(2,377,647)	1,564,619	0.658053515
25	113	(40,469)	811,329	0.163979	(6,636)	133,041	(2,384,283)	1,697,660	0.712021174
26	114	(41,885)	868,406	0.152539	(6,389)	132,465	(2,390,672)	1,830,126	0.765527574
27	115	(43,351)	1,034,939	0.141896	(6,151)	146,854	(2,396,824)	1,976,980	0.824833175
28	116	(44,868)	1,101,884	0.131997	(5,922)	145,445	(2,402,746)	2,122,425	0.883332894
29	117	(46,439)	1,172,248	0.122788	(5,702)	143,937	(2,408,448)	2,266,362	0.941005145
30	118	(48,064)	1,246,187	0.114221	(5,490)	142,341	(2,413,938)	2,408,703	0.99783125
31	119	(49,746)	1,323,866	0.106252	(5,286)	140,664	(2,419,224)	2,549,367	1.053795225
32	120	(51,487)	1,531,892	0.098839	(5,089)	151,411	(2,424,313)	2,700,777	1.114038345
33	121	(53,289)	1,621,996	0.091943	(4,900)	149,132	(2,429,212)	2,849,909	1.173182426
34	122	(55,155)	1,716,532	0.085529	(4,717)	146,813	(2,433,930)	2,996,722	1.231227897
35	123	(57,085)	1,815,698	0.079562	(4,542)	144,460	(2,438,472)	3,141,182	1.288176669
36	124	(59,083)	1,919,703	0.074011	(4,373)	142,079	(2,442,844)	3,283,261	1.344032011
37	125	(61,151)	2,178,930	0.068847	(4,210)	150,013	(2,447,054)	3,433,274	1.403023318
38	126	(63,291)	2,298,529	0.064044	(4,053)	147,207	(2,451,108)	3,580,481	1.460760456
39	127	(65,506)	2,423,832	0.059576	(3,903)	144,402	(2,455,010)	3,724,883	1.517257556
40	128	(67,799)	2,555,090	0.055419	(3,757)	141,601	(2,458,768)	3,866,484	1.572529344

表9-5-3 報酬率分析表

單位：新台幣仟元

報酬率：9.7%

現值基準年：88年度

年序	年度	分年成本	分年收益	現值因子	分年成本現值	分年收益現值	累計成本現值	累計收益現值	益本比
1	89	(792,800)	-	0.911183	(722,386)	-	(722,386)	-	-
2	90	(749,200)	-	0.830254	(622,026)	-	(1,344,412)	-	-
3	91	(559,200)	-	0.756513	(423,042)	-	(1,767,454)	-	-
4	92	(249,200)	-	0.689322	(171,779)	-	(1,939,233)	-	-
5	93	(239,600)	-	0.623098	(150,492)	-	(2,089,726)	-	-
6	94	(21,050)	14,413	0.572312	(12,047)	8,249	(2,101,773)	8,249	0.00392478
7	95	(21,787)	45,550	0.521481	(11,361)	23,753	(2,113,134)	32,002	0.015144538
8	96	(22,549)	63,025	0.475165	(10,715)	29,947	(2,123,849)	61,950	0.029168688
9	97	(23,339)	81,668	0.432962	(10,105)	35,359	(2,133,954)	97,309	0.045600411
10	98	(24,155)	101,539	0.394508	(9,529)	40,058	(2,143,483)	137,367	0.064085915
11	99	(25,001)	122,701	0.359469	(8,987)	44,107	(2,152,470)	181,474	0.084309695
12	100	(25,876)	163,883	0.327542	(8,475)	53,678	(2,160,946)	235,152	0.10881925
13	101	(26,781)	187,433	0.298450	(7,993)	55,939	(2,168,939)	291,092	0.134209318
14	102	(27,719)	212,430	0.271943	(7,538)	57,769	(2,176,476)	348,861	0.160286868
15	103	(28,689)	238,948	0.247790	(7,109)	59,209	(2,183,585)	408,069	0.186880455
16	104	(29,693)	267,062	0.225782	(6,704)	60,298	(2,190,289)	468,367	0.213837977
17	105	(30,732)	372,319	0.205728	(6,323)	76,597	(2,196,612)	544,964	0.24809282
18	106	(31,808)	407,130	0.187456	(5,963)	76,319	(2,202,575)	621,283	0.282071117
19	107	(32,921)	443,922	0.170807	(5,623)	75,825	(2,208,198)	697,107	0.315690699
20	108	(34,074)	482,790	0.155636	(5,303)	75,140	(2,213,501)	772,247	0.348880408
21	109	(35,266)	523,835	0.141813	(5,001)	74,287	(2,218,502)	846,534	0.381578969

續接下頁

表9-5-3 報酬率分析表(續)

單位：新台幣仟元

年序	年度	分年成本	分年收益	現值因子	分年成本現值	分年收益現值	累計成本現值	累計收益現值	益本比
22	110	(36,500)	656,794	0.129218	(4,716)	84,869	(2,223,219)	931,403	0.418943582
23	111	(37,778)	705,650	0.117741	(4,448)	83,084	(2,227,667)	1,014,487	0.455403417
24	112	(39,100)	757,120	0.107283	(4,195)	81,226	(2,231,861)	1,095,713	0.490941541
25	113	(40,469)	811,329	0.097755	(3,956)	79,311	(2,235,817)	1,175,025	0.525545985
26	114	(41,885)	868,406	0.089073	(3,731)	77,351	(2,239,548)	1,252,376	0.559209199
27	115	(43,351)	1,034,939	0.081161	(3,518)	83,997	(2,243,067)	1,336,373	0.595779448
28	116	(44,868)	1,101,884	0.073953	(3,318)	81,487	(2,246,385)	1,417,860	0.631174355
29	117	(46,439)	1,172,248	0.067385	(3,129)	78,991	(2,249,514)	1,496,852	0.665411215
30	118	(48,064)	1,246,187	0.061400	(2,951)	76,515	(2,252,465)	1,573,367	0.698509063
31	119	(49,746)	1,323,866	0.055946	(2,783)	74,065	(2,255,248)	1,647,433	0.730488421
32	120	(51,487)	1,531,892	0.050977	(2,625)	78,092	(2,257,873)	1,725,524	0.764225672
33	121	(53,289)	1,621,996	0.046450	(2,475)	75,341	(2,260,348)	1,800,866	0.796720449
34	122	(55,155)	1,716,532	0.042324	(2,334)	72,651	(2,262,683)	1,873,516	0.828006715
35	123	(57,085)	1,815,698	0.038565	(2,201)	70,022	(2,264,884)	1,943,539	0.858118454
36	124	(59,083)	1,919,703	0.035140	(2,076)	67,458	(2,266,960)	2,010,997	0.88708957
37	125	(61,151)	2,178,930	0.032019	(1,958)	69,767	(2,268,918)	2,080,763	0.917072918
38	126	(63,291)	2,298,529	0.029175	(1,847)	67,059	(2,270,765)	2,147,823	0.945858863
39	127	(65,506)	2,423,832	0.026584	(1,741)	64,434	(2,272,506)	2,212,257	0.973487984
40	128	(67,799)	2,555,090	0.024223	(1,642)	61,891	(2,274,148)	2,274,148	1

附 錄

壹、第一次技術諮詢會議紀錄.....	A-1
貳、第一次期中報告審查意見.....	B-1
參、第二次技術諮詢會議紀錄.....	C-1
肆、第二次期中報告審查意見.....	D-1
伍、期末報告書面審查意見.....	E-1
陸、期末報告審查會議紀錄.....	F-1

第一次技術諮詢會議意見及答覆

諮 詢 委 員 審 查 意 見	處 理 情 形
一、張所長金機： 1. 台中港目前現況由於只能滿足 3,000TEU 以下船隻進港，因此一些大型船舶的進港受到限制，而為了不要成為所謂的支線港，以及將來台中港業務量日益擴增，因此才要擴建第一港口，以提高台中港的競爭力，讓航商多做選擇，以供給創造需求，並可帶動台中港的發展。 2. 台中港在第一期擴建時計畫拆除南外堤及南內堤，但怕會影響漁港及內港之穩靜度，因此沒有執行。而第二期擴建計畫目前最重要的就是要突破這個瓶頸，好讓商船及漁船均能安心地順利進港。 3. 原本宇泰顧問公司第一次設計債將北防波堤延伸八百五十公尺後折轉，但在長榮開會時，多半與會人士都持相反的意見，認為對操船相當不利。 4. 本人與 DMI 專家討論或從日本相關報告上，均發國外在進港操船時均有拖船出港協助，而在台中港卻沒有，本人認台灣將來操船進港時不能排除有拖船協助。 5. 對於台中港第一港口要擴建為何又需要再開建第二港口之原因，主要在第二港口興建時，必要將過港隧道興建完成後，才能興建第二港口，但俟過港隧道興建完成後預計等到一百零五年，而在這其間，第一港口無法因應日益擴大的運貨量，因此才會積極爭取擴建第一港口。 6. 請宇泰公司在報告中說明當初第一次規劃時為何未拆南外堤及南內堤五十公尺的理由。 7. 至於北堤延長部份，宇泰公司當初設計方案是需轉折，對遮蔽效果比較好，但在長榮開會結果，與會專家認為若北堤轉折對操船人員可能有逼近堤岸的感覺，而造成心理壓力。 8. 運量規劃並非由港研所單獨決定，在進行整體規劃時，本所召開了相當多次的諮詢會議，並邀請各大學、各港務局專家學者	1. 略 2. 略 3. 本案將配合船舶操航需求，將北防波堤修正為沿目前方向繼續延伸。 4. 本案將朝向採拖船協助進港之操船方式，以減小擴建規模。 5. 略 6. 遵照辦理。 7. 本案基於操船安全考量，仍將配合領港及船長意見，研擬防波堤延建方案。 8. 本案將依據「台中港整體規劃及未來發展計畫」所擬運量，以進行相關研究。

第一次技術諮詢會議意見及答覆

諮 詢 委 員 審 查 意 見	處 理 情 形
來討論，集大家的意見而成。此外本人一再強調，以供給來創造需求，換言之，以供給多出需求某個百分比，來帶動需求。 9. 至於北堤轉折或延長的問題本所及宇泰公司會深入考量與探討。 10. 水深及波浪數據資料不正確，確實會造成分析的判斷的誤差，因此請宇泰公司注意並加強判斷。 11. 至於數值模擬計算部份，本所正執行中，預計在3月中旬的第二次工作小組會議中進行成果討論。 12. 南內堤拆除對於漁港穩靜度應該不會有所影響，真正影響的應該是在商港內迴池轉池的穩靜度，至於這方面我們會加以考量。 13. 北堤延長的部份對操船會有影響，本所會注意考量。 14. 關於漂沙量與淤積量是依據長程測量，至於數據可能過大，請宇泰公司再檢查。 15. 本人十分同意二港口與北填方區同時進行，但二港口興建時必須要先做好過港隧道，因此在時間上可能無法配合。 16. 台中港運貨量調查及預估方面本所應積極正面探討。 17. 夜航資料請宇泰公司更新。 18. 有關做一套安全操船專家軟體以配合VTMS系統，將來本所會儘量加強。 19. 延伸北堤對於颱風之導浪進港如何改善，本所會詳加探討。 20. 有關要增加七十六年度資料請宇泰公司補足。 21. 有關北堤延伸方向與漁港正負面效果本所及宇泰公司會評估。 22. 至於波浪計算方案五好像有所遺漏，請宇泰公司補足。 23. 漁港水域改善方式，本所會納入考量。 24. 至於影響船進出港的障礙因子請宇泰公司將潮流列入檢討。 25. 請宇泰公司將南堤拆除後對漁港的影響再做進一步的評估。	9. 遵照辦理。 10. 遵照辦理。 11. 略。 12. 略。 13. 略。 14. 本淤積量係按港務局測量結果所計算，本公司將再檢討計算程式。 15. 二港口由於投資規模過大，仍應先進行一港口擴建。遠程再考量二港口闢建需求及時機。 16. 略。 17. 遵照辦理。 18. 略。 19. 略。 20. 遵照辦理。 21. 遵照辦理。 22. 遵照辦理。 23. 略。 24. 遵照辦理。 25. 遵照辦理。

第一次技術諮詢會議意見及答覆

諮詢委員審查意見	處理情形
26.北堤延長長度之依據，會先以數值模擬計算後，再召開會議將計算結果進行討論。 27.至於海流流向大小需以量化的方式，請宇泰公司加強。 28.佈置方案請宇泰公司與本所計畫工作人員，再詳加研擬。 29.台中港務局雖然面臨民營化，但硬體的投資仍是需要的因此第二港口興建投資案與民營化應該並不相違背。 30.有關地形變化的問題，資料是否準確，請宇泰公司詳加檢核。 31.有關北堤延長是否會影響登輪區風速變大這個問題，請宇泰公司考量。 32.台中港貨櫃營運量近年來是以兩位數快速成長，擴建第一港口即是因應此成長趨勢。 33.台中港目前已有近七千萬噸的營運量，碼頭超過五十座，若只限 2,000TEU 以下的船舶進港，實有礙台中港身為國際大港口之形象。 34.港池水域擴增所造成之堤口流速增加，除可藉由南堤拆除而獲得改善外，請宇泰公司另行探討其他可行案。	26.略。 27.遵照辦理。 28.遵照辦理。 29.略。 30.遵照辦理。 31.遵照辦理。 32.略。 33.略。 34.遵照辦理。
二、台灣大學林銘崇教授： 1.如果只是為了目前進港操船困難及未來運量擴增，而需要擴建第一港口，則其與興建第二港口應有所釐清；以港灣長遠規劃的立場而言，第二港口興建本人相當贊同，但在未興建第二港口其間若能滿足供應目前的運貨量，就不必擴建第一港口。 2.在第一期擴建計畫已提到拆除南內堤及南外堤，但因為某種因素沒拆，而在這一次報告又同樣提到要拆除南內堤及南外堤，是否可詳細載明其差異性以及優缺點。 3.有關北外堤一直延長 750 公尺，這一方面宇泰公司是否可從另一角度來思考，採用另一設計方法亦可達成相同的目的。	1.二港口投資費用昂貴，施工期長，投資風險高，現階段無法實施。而一港口擴建僅需少許經費即可滿足本港近程需求。推動港口擴建將可延緩二港口需求時程。 2.南內、外堤未拆，主要為需求暫緩所致。目前本港已逐步排除過去大型船舶進港之困難，僅要港口再擴建後，即可滿足操航安全需求。 3.利用拖船護衛大型船舶進港將為替代延建防波堤可能之方案。惟在惡劣風浪，拖船外海作業仍有相當程度困難。故如適當延建防波堤，可構成靜穩遮蔽區，對領港登輪、拖船繫纜、船舶操航均有極大助益。

第一次技術諮詢會議意見及答覆

諮 詢 委 員 審 查 意 見	處 理 情 形
三、交通大學郭一羽教授： 1. 許多國外方面有關長遠規劃都及早做好，以備不時之需，其中像準備工作如水深測量、波浪測量等更可以提前做，將來規劃時就有現成的資料參考。 2. 北防波堤延長的方案在地形上感覺不自然，因此目前港灣如何配置連同第二港口開建規劃，都應全盤考量。 3. 由於觀測點的不同亦會影響資料數據，而那一個觀測點可代表台中港是需要詳加評估，因此資料收集方面應多充實及準確。 4. 目前港灣遮蔽多半採用水工模型試驗南模擬，其幟用數值模擬已經相當準確，因此是否可加重數值模擬技巧與運算，以做為研討的依據。	1. 港務局已完成整體規劃。另各相關單位有關氣海象調查，水深測量均持續進行，本港為台灣地區資料最完整之港埠。 2. 後續將配合北防波堤延長定案佈置，建議將來外港及二港口之開發方案。 3. 遵照辦理。 4. 遵照辦理。
四、成功大學許泰文教授： 1. 北防波堤延長 480 公尺或 750 公尺對東北季風確實會產生遮蔽的效果，對操船也有幫助，但對於西南季風時南向波浪會有導浪的作用，而且南防波堤又拆除，波浪可能會直接衝擊漁港，是否會影響到漁港的穩靜度，其影響程度在報告上卻沒有明確的評估，請加強。 2. 北堤延長 480 公尺太長，雖然可遮蔽但也可能會造成環流，而延長愈大，則環流強度會愈強，對於操船也許會有負面影響，由於遮蔽後波高變小，但相同別的區域波高會變大，而原來由北往南的水流，因為過份延伸後，方向改由南向北。對近岸流況是否會造成影響，請注意。 3. 北堤延長會造成海岸侵蝕，依據岬灣理論，會造成侵蝕區域南移，北堤延長到 480 公尺以上，其侵蝕範圍亦會增大，如此對環境影響會很大。對這方面應謹慎評估。 4. P3-79，每年淤積量 250 萬方公尺如此之大，其砂從何而來？是否有誤？另報告中地形水深圖可能要檢查，其輸砂量與一般所知相差一倍，是否是採水深內差後兩者相減的誤差。	1. 有關北外堤延建及南堤拆除對港內靜穩度之影響，將於後續研究中探討。 2. 依海流數值模擬結果，北堤延長後，環流範圍將擴大，但港口附近流速會減緩，對操船有正面影響。至於防波堤上游近岸流當可能受影響，將使得沙粒更易沉積於北淤沙區。 3. 北堤延長將阻斷漂沙運行，當可能擴大侵蝕範圍。此影響將於後續研究中以漂沙試驗探討。 4. 本案淤積量為依歷年水深測量圖所計算而得。此與一般沿岸漂沙量定義不同。此淤積變化每年均十分穩定，仍具相當高可信度。

第一次技術諮詢會議意見及答覆

諮 詢 委 員 審 查 意 見	處 理 情 形
5. 就長遠規劃而言，第二港口興建時北防波堤淤沙是否可與北填方區同步進行。	5. 北淤沙區主要供能為收容二港口航道浚挖土方，該二計畫必須同步進行。
五、台中港務局王港務長俊文： - 目前由於台中港的運貨量日益遽增，因此急切需要擴建第一港口與興建第二港口，而台中港的運貨量如以下資料可以說明： (1) 本局依據海關資料得知，中部地區就有五十萬 TEU 非經台中港作業而由托車載運他港進出口的貨櫃。 (2) 本局預測在台中彰濱工業區、倉儲轉運區及加工出口區的貨櫃，大約會增加 150 萬 TEU，而且均屬歐美線，像這些貨櫃應該都會由台中港出口。 (3) 目前台中港已有多項碼頭正在興建與完成，而且也有多家公司已經向台中港申請投資合作碼頭及租用，光以南填方區大概就有 3,000 萬噸的運貨量，因此俟一百零五年過港隧道興建完成，再興建第二港口已不敷使用，因此才要提出擴建第一港口。 - 目前台中港夜航限制已經有所變更，因此請宇泰公司將 P4-37 夜航的限制更正。 - 本港正規劃建立 VTMS 系統，是否可針對冬季季節風期各種風浪、海流狀況，先行研究設計一套安全操船進港專家軟體，並透過 VTMS 系統提供領港船長操船之參考。另 VTMS 系統完成後，對進港船舶偏離航向，能事先向長示警，應該會對未來冬天操船進港有所幫助。	- 略。 - 遵照辦理。 - 略。
六、台中港務局曲組長綿洸： - 建議下次簡報應以期中報告中內容做一簡要的概述，避免無法對照。 - 期中報告建議港口二期擴建主要目標為讓 4,000TEU 第四代貨櫃輪及十二萬五千噸散貨輪以半載方式泊，是否可考量採十二萬五千噸散貨貨(滿載)候潮進港。	- 遵照辦理。 12.5 萬噸散貨輪半載操船困難度將較滿載為甚。將來半載船舶如可安全進港，則滿載船隻當可能採候潮方式進港

第一次技術諮詢會議意見及答覆

諮 詢 委 員 審 查 意 見	處 理 情 形
3. 本港依法需強迫領港，故本次規劃有關領港登輪問題改善雖是研究重點工作之一，但光靠延長北堤增加的遮蔽區是否能滿足領港需求？不足部份如何補強？本次報告尚未見著墨，希望後續的研究予以重視。 4. 操船試驗 4,000TEU 貨櫃輪港內終止點是可用採三十七號碼頭，至於十二萬五千噸煤輪則操航至北迴船池。如有不足，鑑於使用者付費原則建議協調台電公司或桂裕公司針對十二萬五千噸煤輪內航道操航部份，由該兩公司配合辦理。 5. P6-6 頁第六行認為北堤向 WNW 向延伸對東北季風浪遮蔽效果較往 W 延伸為佳，請再確認。(同樣延伸長度，是否往 W 向延伸遮蔽區應大於往 WNW 向)。 6. 延伸北堤對於颱風時之導浪進港如何降低負面影響？ 7. 有關風速資料分析，請將北防波堤堤頭處測站之資料納入一併分析。 8. P2-8 表，表 2-14 請增加 76 年以後之資料。 9. 進行平面遮蔽水工試驗時，是否亦應將漁港及內港水域靜穩度改善方式納入考量，並做為評選方案時之參考。 10. 拆堤後新堤堤頭、堤基仍需要保護，堤基保護護基方塊，護坡塊石區為安全計，不宜做為航道，故預估拆堤後，航道淨寬，應扣除堤基保護區。	3. 本案不宜再以為領港登輪為目的延建防波堤。至於如何改善領港登輪困難，將於後續研究中提出。 4. 遵照辦理。 5. 依理論對北向風浪而言，仍以向 WNW 向延伸遮蔽效果最。但對西向風浪而言，則否。 6. 有關靜穩度改善問題，將於水工遮蔽試驗中探討。 7. 遵照辦理。 8. 遵照辦理。 9. 遵照辦理。 10. 遵照辦理。
七、港研所莊副所長： 1. 建議在提及影響船舶進出港的障礙因子時，應將潮流當作標題列出，因為潮流是一個非當大的因素， 2. 建議只拆南堤而不延長北堤的情況是否可做為替選方案來探討。 3. 南堤拆後是否會影響漁港的進出，在這方面研究在報告上討論不夠深入，請加強。 4. 北堤延長長度之數據依據為何？是否可召集會議討論後再執行。 5. 簡報提及漂砂試驗只做零方案及最後決定	1. 遵照辦理。 2. 北堤是否沿長需由操船試驗驗證，本案受限於操船次數，北堤是否延長須於試驗前確定。 3. 此課題為後續研究重點。 4. 北堤延長長度將再廣徵各方意見後擬定。 5. 本案擬定較佳佈置方案，仍需經各

第一次技術諮詢會議意見及答覆

諮 詢 委 員 審 查 意 見	處 理 情 形
方案的試驗，倘若最後決定方案並非是最佳方案，是否應多選幾個替代方案來做。	項試驗驗證後，再依試驗建議修改方為定案佈置。
八、港研所黃研究員清和： 1. 建議在港口未擴建時及建後其港口環流各為多少、遮蔽區風速又改善多少，在報告上應以量化來比較，並配合現場調查做為比較分析，以便將來研究時可作為參考。 2. 本人認為報告上雖然提出六個方案，但卻只是配置上或長度上不一樣，應提出完全不同的方案，做為研究檢討。 3. 台中港原先只定位讓 2,000TEU 船舶順利進港，為何目前又要讓 4,000TEU 船舶進泊，理由為何，在報告中應加強敘述。 4. 港務局民營化後是否仍會投下龐大的經費，宇泰公司是否也請加以考量。	1. 遵照辦理。 2. 本案目的為以有限經費，就現有港口作最小改善，以滿足計畫目標。實務上無法就港口作大幅變動。 3. 遵照辦理。 4. 港口水域及外廓為港埠基礎設施，既有將來民營化，此設施仍須由政府投資。
九、港研所邱組長永芳： 1. 由於報告上提及，由於砂質堆積，地形變化十分大，其測量基準數據是否有問題，請宇泰公司最好能確定，以免日後漂砂實驗無法驗證。 2. 防波堤延長，風速是否會加大，是否會影響登輪的條件，請宇泰公司考量。	1. 本港海岸地形為港務局所施測，該測量已持續二十餘年，準確度將較一般民間測量公司為高。 2. 防波堤延長並無法阻擋風力，需另設置減風設施改善。
十、台中港務局吳課長啓東： 1. 台中港現階段營運快速成長，港埠設施(碼頭、航道、陸上交通等)因不符業者需求而急需投資巨額經費擴大增建，此時如開闢第二港口(初估經費達三百億)來解決大型船舶進泊之需求，在財務調度上不無困難。此外第二港口闢建，由於工程浩大，至少須十五年後才能完成，在時效上亦無法滿足航商及業者需求。因此本局乃有優先再實施一港口二期擴建的計畫，以提昇進港船舶噸位與數量，除能滿足航商需求，降低大宗散貨運費外，更能鞏固本港繼續快速成長之利基。 2. 一港口二期擴建的工程效益，提供幾給宇	1. 略。 2. 遵照辦理。

第一次技術諮詢會議意見及答覆

諮 詢 委 員 審 查 意 見	處 理 情 形
泰公司作為參考： (1)進港散貨輪由六萬 DWT 提昇為 12.5 萬 DWT，全年本港大宗散貨所節省之直接成本，請估算。 (2)進港貨櫃輪由 2,000TEU 提昇為 4,000TEU 後本港貨櫃運輸條件將由 Feeder 港提昇為 Hub 港，其貨櫃年運量之成長及所帶來之直接效益，請估算。 (3)間接效益方面如減少中樞南、北運，降低高速公路因擁擠而導致之社會成本，此外加速中部地區繁榮，平衡台灣之區域發展也請一併考量。 (4)如何利用本港地位適中、港區遼闊之優點，對大陸各港口發展集貨業務，再進一步結合環島航運，逐步達成亞太營運中心次轉運中心之功能，也請加以探討。 3.針對港口擴建提供下列幾點給宇泰公司參考： (1)北內堤西北側本局下年度將圍堤造地植生綠化約四十公頃，其對港口氣象之改變及操船之影響請評估。 (2)內港水域淤建後，漲落潮水量增加，港口及內堤口流速將愈來愈強，如何改善，請研擬。 (3)本局正規劃 VTMS 系統，如何利用該系統，以增進冬季季節風期船隻進港安全，請研究。	3.遵照辦理。
主席結論： 1.請宇泰公司就今天各位學者專家所提意見與建議於後續工作中配合辦理，並於第二期期中報告書中修正。 2.替選方案之研選將於後續的工作會議及諮詢會議加以討論。	1.遵照辦理。 2.遵照辦理。

第一次期中報告審查意見辦理情形對照表

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
交通部 邱專員慶生	1. 報告內所引用圖、表、資料等，請註明來源。 2. 台中港業績資料僅至 84 年，請予以更新。 3. 本案之緣起部份，有關探討擴建之必要性及航商需求，請再加強敘述。 4. 本案係緣自「台中港整體規劃」之開發計畫，建議本案工程名稱與其內容配合，以利將來工程計畫報核作業。	1. 遵照辦理。 2. 於第二次期中報告更新至 86 年。 3. 遵照辦理。 4. 參酌辦理。
台灣大學 林教授銘崇	1. 完全理解並贊同本擴建工程之必要性及時效性。 2. 第一期擴建計畫時已提到拆除南內、外堤，但因其他原因未予拆除。此次又同樣提到該拆除且拆除長度幾近不變。由於第一期擴建時已延長北防波堤八五〇公尺，港內外水理狀況或條件應有所改變。此次拆除長度之決定依據宜更具體說明。 3. 如無困難，建議加強數值模式〔尤其流場〕之驗證。 4. 依本規劃性質及特性而言，配合使用者之考量更為重要，決選方案時操船模擬可考慮佔較大比重。 5. 有否最適操船之定義，其時之海氣象條件如何界定？	1. 2. 南內、外堤的拆除長度將依據數值模擬計算、水工模型試驗及操船模擬試驗的結果作綜合研判。同時，諮詢國內專家學者及相關單位的意見作合理規劃。 3. 數值模式的驗證將利用「台中港港口擴建後海氣象調查研究」之實測資料進行比較驗證工作。 4. 在替選方案的評估時將加重操船模擬的評選權重。 5. 並無所謂之最適操船定義。但基於操船的安全性考量，操船模擬時將採用台中港較惡劣的海氣象條件進行試驗。

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
交通處 林股長國棟	1.北外堤延建長度應以遮蔽港區內靜穩度及操航安全等因素為考量重點，而報告書P.6-5 述及：替選方案之延長係以是否辦理環評為考量，恐有規避環評之嫌，請研究單位就文字敘述加以斟酌修飾。 2.拆除南內外堤可能影響靜穩度，尤其漁港水域，有否針對該水域提出改善方案，而漁會或漁民是否同意，應予瞭解。	1.遵照辦理。 2.目前依照數值模擬計算的結果，南外堤拆除 170 公尺，對漁港水域的靜穩度沒有明顯的不利影響。後續將待水工模型遮蔽試驗完成後，再作進一步探討。
台中港引水人 辦事處 蔡領港長衛	1.建議以替選方案五為基準，但南內堤拆除一百公尺，及北防波堤加設消波塊，以彌補因拆除南內外堤後港池內平穩度負面的效果。 2.如果要進泊海岬型巨型船隻至台電或桂裕之碼頭，除改善港口擴建外，南迴船池改善建議也一併進行。	1.北防波堤加設消波塊將於水工模型試驗時納入辦理。 2.南迴船池的改善並不包括在本計畫工作範圍內。但為求計畫更臻完善，將參酌辦理。
立榮海運公司 王經理寶根	1.航商是以港口進出之安全性為第一考量，而港務局也必須能提供所謂安全港口(Safe Port) 為責任，故延長北外堤七五〇公尺，增加遮蔽區有其必要性。 2.如拆除南外堤及南內堤，是否會破壞港內之靜穩度？因為靜穩度對港內作業船隻相當重要。 3.假設台中港已做到進出港非常安全，大船自然會來泊靠，但請考慮大船在港內運作或進出港時，是否會造成港口瓶頸，而延誤到其他小型船隻進出港之時間。台中港進出船隻日漸趨多，請考量港口進出之流量。	1.北防波堤延長 750 公尺已納入替選方案中。 2.南內、外堤的拆除對港內靜穩度負面影響，將藉由數值模擬計算及水工模型試驗的結果作詳細的研選及評估。 3.參酌辦理。
萬海航運公司 黃課長銘義	1.首先感謝港務局關心港區航行安全而盡心盡力。 2.目前萬海航運由於船隻長度約介於 120~180 公尺間，且尚無建造大型船	1。 2.參考辦理。

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
	船訊息，以目前港區建設，本公司船隻進出及靠泊上並無產生困擾。 3.建議在考慮港區航行安全及吸引大型船舶進靠台中港的同時，應針對後線港區碼頭建設同步進行，營造更大誘因。	3.納入本計畫建議事項。
中鋼運通公司 施經理佳	1.超巴拿拿級散裝輪因體積龐大，吃水較深，操縱遲鈍，建議在進港前用大型拖船三至四艘協助進入航道安全靠泊，為爭取時效可租用直昇機讓引水人員登輪，維護安全。 2.加寬迴船池直徑，以策安全。 3.加強軟硬體設備吸引航商。	1.在操船模擬時將對有拖船及無拖船協助的情況進行操航試驗，以明瞭拖船協助的必要性。此外引水人登輪是否利用直昇機的問題已委託丹麥海事研究所進行評估。 2.針對計畫進港船型，檢討目前迴船池的直徑大小。 3.參酌辦理。
台中港務局 賴總工程司淵光	1.港口擴建改善方案應以台中港計畫進港船型安全進港為優先考量，而非為台電之需求。研究結果如認為仍須拆除南內外堤，則應有足夠堅強的理由。 2.外港及內港港口寬度若足夠，則南內堤是否仍須拆除，亦請一併考量。	1.將以台中港計畫進港船型安全進港為優先考量。 2.對於南內、外堤的是否拆除及拆除長度會根據各項研究成果審慎加以評估。
台中港務局 王港務長俊友	1.若以提升台中港競爭力為考量，本擴建案確有必要。 2.報告內所蒐集之資料應更新並深入分析。另統計時究以年或年度為基準亦應予統一。	1.。 2.由於資料的統計期間及需求不同，故有不同的基準。為尊重原始資料提供者，部份資料仍將以年度為基準；至於海氣象資料則統一以年為基準。
台中港務局港務組 祁組長敏	1.延伸八五〇公尺對台中港船舶進港情形改善有很大幫助，順應航運市場發展，建請繼續改善，延伸自有必要。 2.延伸對海岸地形變遷，可否以模擬計	1.。 2.北防波堤延伸後對海岸

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
	算等科學方式推演。尤其對南海堤及西碼頭區地質之穩定性列入重點考量。 3.南堤及南內堤之拆除會影響港內靜穩度，甚至影響港內泊船之裝卸貨。是否做減半改善，另輔以軟性設施，如在南側堤頭加予大型碰壁，克服航行人員之心理障礙，使達雙贏效果。航道流速可能在二港口關建後可獲改善。	地形變遷，將以水工模型動床試驗加以檢核；另外數值模擬計算因考量工作時程緊迫暫不列入。至於南海堤及西碼頭區地質之穩定性則不在本計畫工作範圍內，擬請另案研究。 3.納入考量。
台中港務局港工處 陳主任福治	1.勘誤：P3-76 第十八行「南側」似為北側之誤，P6-15 第十七行及 P6-16 第八行五〇公尺是否有誤？ 2.請分析北堤北側五十公尺範圍內淤沙速率供設計參考，如在二十五年內側可淤積四・五公尺以上，則沉箱北側之土沙壓力對沉箱穩定有否影響？ 3.消波沉箱使用合田式計算波力，其計算式要不要修正？ 4.北堤北側為淤積區，其護面塊石及方塊重量之計算是否要與南側分別計算？ 5.航道中心線之後導標宜朝觀光等多目標規劃。 6.除主體工程經費外，尚應考慮：沉箱製造場、加高場之開闢費用，沉箱貯存場費用，主航道挖泥費用，南內堤重建費用，前後導標施工費用。 7.請儘量多搜集大型船隻進港之船跡資料供規劃參考。	1.謝謝指正，將於第二次期中報告中修正。 2.遵照辦理。 3.沉箱受波力是依港灣設計基準以合田公式計算，是否須加以修正將納入考量。 4.工程初步設計時將針對塊石之穩定性在北堤南北側不同的海象條件下考量是否須分別計算。 5.同意。將於後續報告中提出本項建議。 6.在工程初步設計時，有關左列事項將納入施工經費的估算中。 7.目前已利用全球衛星定位儀（GPS）及中部海岸巡防司令部台中港南堤分隊哨之雷達站，對大型船舶進港之船跡資料進行觀測中。

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
台中港務局擴建處 謝處長肇章	1.對於港口二期擴建需要性及時效性，非常認同。 2.南外堤及南內堤部份拆除後，影響港池之靜穩度，對受影響之碼頭區，請港研所提相對改善措施，以減輕影響度，以利船舶裝卸作業。	1。 2.南內、外堤拆除以不影響港內碼頭區泊靠船隻之安全及裝卸作業為原則。若有影響則將研擬相對改善措施。
台中港務局環保所 林課長景章	1.各方案中，南外堤、南內堤拆除，雖對水域靜穩度有影響，但對海水交換、水質改善則有正面效果，報告中提及工業泊渠位處港口最底端，潮汐帶動力較差，退潮時尚未完全排出港外，在漲潮時又被帶往港內，致水質日益惡化，希望藉由數值模擬計算或水工模型試驗，一併評估其對海水交換貢獻之程度，對環評報告審查會有幫助。 2.北外堤需延建四八〇公尺規模之理由，不宜係為避免五〇〇公尺要做環評；另本案環境影響說明書撰寫內容，應以研選之最佳方案評估其環境影響（餘列為替選方案）。 3.本報告第二章，有關相關開發計畫之內容，建議詳述各計畫與本規劃之相互關係、建設期程及配合事項等。	1.本計畫並不包括港內水理、水質之模擬計算，因此港池南端工業泊渠之水質惡化詳細情形難以評估，擬請另案研究。不過藉由本計畫之港區流場數值模擬計算結果，可對港內水質的變化情形作初步研判。 2.遵照辦理。 3.遵照辦理。
台中港務局設計課 郭課長明哲	1.南內外堤拆除後，颱風波浪直衝港口部份，造成 8A 碼頭及中泊渠波浪增高，是否有防範辦法？ 2.替選方案六北防波堤朝西延長 270 公尺，波浪直衝港口之數值模擬是否有做，結果如何？	1. 8A 碼頭及中泊渠的穩靜度於西北西向之波浪入射時不佳。原因為此波向正對港口並無防波結構物加以遮蔽。不過根據以往台中港海域的波浪調查顯示，此波向的發生機率極低。 2. 北防波堤朝西延長 270 公尺之數值模擬遮蔽計算已完成。其結果與未朝西延長之方案比較，顯示由於朝西的防波堤段能遮擋部份西北西向的入射波浪，因此港口航道段及港內靜穩度較佳。

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
台中港務局規劃課 吳課長啟東	1.北淤沙區(II)將於下年度開始施工，將來圍堤造地植生完成後，對內堤口處操船應有幫助，請港研所納入予以評估。 2.依數值計算結果，南向及西南向波浪入侵港內，於中突堤(尤其九至十一號碼頭)會產生超過 1.5 公尺波高，應已超過設計基準，建議於北內堤加強消波設施以降低波浪能量，請港研所加強研究。 3.本局現已規劃 VTMS 系統，建請港研所於本案研究期間內，瞭解何種軟體得以搭配，俾提供港口附近之海氣象條件及操船建議路徑與因應措施予來港船隻參考。 4.領港登輪方式，並非僅延長防波堤得以解決，以往有人建議可用直昇機或拖船配合協助等方式，請港研所督促本次操船模擬單位加強研究。 5.本港內航道長達 7 公里，有關 12.5 萬噸船舶進泊工業泊渠，雖台電曾辦理操船模擬試驗證明航道 400 公尺寬-16 公尺水深，並有拖船協助下可安全進泊。請港研所搜隻以往操船相關資料，提供本次辦理操船模擬試驗單位評估參考。	1.遵照辦理。 2.利用水工模型試驗，於北防波堤南側及南北內堤設置適當之消波設施，以期降低入港波浪能量，並檢討其成效。 3.參酌辦理。 4.延長北防波堤並非解決領港登輪問題的唯一方式。本案已委託丹麥海事研究所就各種可能的登輪作業方式進行研究。 5.遵照辦理。
主席結論	1.各單位所提意見請港研所納入，並於第二次期中報告時修正。 2.處長希望聽取本規劃案簡報，請港研所預先準備簡報資料。	1.依上述答覆說明辦理。 2.遵照辦理。

第二次技術諮詢會議意見及答覆

諮 詢 委 員 審 查 意 見	處 理 情 形
一、台中港務局王港務長俊友： 1. 本港乾船業務是在風平浪靜時方可作業，而且目前本港拖船 411、412 號均為十二、十三年的船齡，已接近報廢的階段，因此目前要執行乾船業務實在不太可能，除非拖船業務開放民營後，採購較為容易，方可能執行拖船業務。 2. 簡報提及有關進港船舶平均風速 18m/sec 的限制，本港平均風速有 30% 大於 18m/sec，因此是否可提高至 20m/sec。	1. 將參考修訂報告。 2. 遵照辦理。
二、台灣大學造船所林教授銘崇： 1. 宇泰顧問工程公司是否曾經考慮台中港現況再加上軟體改善措施即可讓大型船舶進港，而無需要採用硬體措施來改善不可。 2. 若一定要進行硬體措施改善則應該拆的愈少愈好或延長愈少愈好。宇泰公司採用南外堤拆除 70m 有何依據？是否曾計算延長或拆除更少的結果，建議多做些不同佈置方案的計算，而在其中研選出一個為最佳方案。	1. 過去海洋大學曾依現況佈置進行操船模擬試驗，依試驗結果，計畫船舶確無法在風浪惡劣時進港。本案作適當擴建仍有其必要性。 2. 南外堤拆除 70m 為依過去研究結果所擬定。本案限於操船試驗所需人力物力龐大，僅能依定性方式選擇一較佳佈置方案進行試驗。
三、蔡領港長衛： 1. 為何要拆除 93m，主要實在是進出港十分困難，因為當初為了港池穩靜度的關係，南防波堤 170m 未拆，但常常為了閃避南防波而碰到北堤，在操船上實在是一大障礙，因此二十年來常探討這 170m 是否需要拆除。目前要提昇至 4,000TEU 貨櫃輪及十二萬噸級散貨輪進港，因此才會拆除南防波堤。 2. 根據這幾年領港的經驗，實際拖船業務執行上非常困難，尤其在風浪很大又沒有遮蔽區的地方或者遮蔽區不十分完善的地方，拖船業務相當困難。	1. 略。 2. 本公司深切瞭解拖船外海作業困難，但將來外廓堤完成後，可考慮在遮蔽區帶纜作業，以協助船舶進港。
四、蔡領港盈車： 1. 有關港內靜穩度湧浪方向是採 WNW、W 這兩個方向，而這兩方向多半只有在颱風時期瞬間才會發生，是否可依本港的實際	1. 本港經常性波浪主要為東北季風風浪，在北堤延長後，已不致影響港內靜穩。

第二次技術諮詢會議意見及答覆

諮 詢 委 員 審 查 意 見	處 理 情 形
並且是常期性的湧浪方向來做計算。 2. 10 分鐘平均風速 18m/sec，其突風率包括最大瞬間風速應以台中港 25 年實際的記錄資料，而非人為判定。 3. 替選方案五的平面圖是否是最佳配置圖仍需考量，因為該佈置在船舶通過防波進入碼頭是安全的，這點是無庸置疑，但卻未考慮出港及會船時的安全，而且將來由於業務量擴增，可能需要雙向航行時，這點亦請一併考量。 4. 台航公司在執行拖船作業時即發現只要風浪在 2~3m 時，上下振動所產生的拖纜拉力會把纜繩弄斷，並且拖船協助也會增加船東費用，因此目前拖船作業實難執行。 5. Real-time 操船狀況均是進港滿載的情況，在估操船模擬時，十次是否可以選擇二三次的半載的操船模擬，以作為參考。	2. 本案所採用平均風速，在實際操船試驗時，其瞬間風速將為平均風速之 1.5 倍。 3. 遵照辦理。 4. 過去發生纜繩斷劣主因所使用纜繩不洽當所致。在風浪惡劣時，拖船實施護衛航行在國外實施有年，但相應配合措施將後續研究作適當建議。 5. 遵照辦理。
五、立榮海運公司周李船長： 1. 目前我們較關切的是硬體改善工程之後，除了進出港安全以外，最重要港區是否仍保持目前的靜穩度，這點請慎重考慮。 2. 所謂船舶航行安全，尤其在台中港這種惡劣的環境下，並非只規範在主航道及內港之安全，港外亦需有寬蔽的遮蔽水域讓領港能夠順利登輪。 3. 領港登輪將來開放民營，為了安全性起見，可以學習國外方式，在出港時搭乘專用艇，或搭坐拖船登輪。	1. 有關靜穩度問題，將於水工遮蔽試驗中探討。 2. 將於後續研究中探討領港登輪問題。 3. 列入參考。
六、台中港務局曲組長綿沆： 1. 在估操船模擬均為滿載進港，而有關空船出港問題，是否可一併考量。 2. 對蔡領港盈車資料有以下幾點建議： (1) 在軟體改善措施中，有關導航設施及減風設施是屬於硬體改善措施，而其餘領港登輪、領港技能，拖船協助等軟體改善措施是否可再詳細說明。 (2) 有關硬體擴建可能替選方案之評比是否可以與軟體改善措施一起配合考量。波浪折射繞射數值計算其中有關夏季西南	1. 將與國外操船研究單位檢討是否有適當船模。 2. (1) 遵照辦理。 (2) 操船安全輔助措施僅為更確保操航安全，並無法與硬體措施作評比。有關短鋒波所影響小型船

第二次技術諮詢會議意見及答覆

諮 詢 委 員 審 查 意 見	處 理 情 形
季風或颱風洩浪來襲在港口形成波形尖銳之短鋒波，影響小型船隻航行穩定性，其小型船隻是否屬那種船型影響比較明顯，是否加以說明。 (4)海流數值計算是否對於內堤口的流速有所分析？其分析結果如何？ (5)平面遮蔽水工模型試驗依其初步試驗結果與波浪繞射數值計算十分相近，這部份是否可詳細說明。 (6) Fast-time 操船模擬試驗結果是否可詳細說明，各方案操航安全相對差異是否包括進港及出港操船試驗結果。 (7)各替選方案綜合提出方案建議評比結果請詳細說明。 (8)北外堤延伸長度及方向有四個比較因子、南外堤拆除長度有二個比較因子、南內堤拆除長度亦有三個比較因子是否可詳細說明評比結果。	隻航行，主要為一般漁船及工作船。 (4)海流數值計算已有計算內堤口流速。 (5)遵照辦理。 (6)遵照辦理。 (7)遵照辦理。 (8)遵照辦理。
七、港研所張所長： 1. 水工模型試驗資料均已經完成，只是目前尚未整理分析完成，至於比對結果十分相近，是針對某點來比對，將來會全部整理完成後再行校核。 2. 操船模擬做完確定佈置後，本所會再追蹤一次水工模型試驗，若某點碼頭波高過大會考慮再加做一些消波設施來減低波高。	1. 略。 2. 略。
八、謝副處長敏雄： 1. 南外堤拆除 170m 等硬體改善措施，經各種數值分析及操船模擬計算結果，即可能達成目標那是最好，但若無法達成而需拆除更多沉箱時，則需加強港內消波設施來改善其港內靜穩度。 2. 拖船問題是選最佳方案時其影響極深，屆時拖船業務民營化時，可以要求業者採用那此拖船，增加其拖船的功能，但領港目前仍認為拖船執行十分困難，因此目前在拖船問題仍需深研究。	1. 將於水工遮蔽試驗中，檢討港內靜穩度影響，及改善方案。 2. 遵照辦理。

九、港務局吳課長啓東： 1. 簡報中港口延伸部份在依操船及遮蔽時結果均偏向轉彎較好，但最後卻建議採用直的，在報告中應詳細補充說明其原由。 2. 台中港目前決定採用 VTMS 系統，將來船隻均可以定點進港，包括進港操船航路從那裏開始，甚至船隻軌跡都可以追蹤，將來對進港狀況亦會不同，亦請一併研究。 3. 8A 碼頭在颱風入侵時，波浪會湧入，是否有克服的方法，請在將來規劃與設計時亦一併研究。 4. 簡報中軟體改善措施其中提及導航設施，其實助航設施亦非常重要，至於減風設施應該放在硬體改善措施。 5. 十分鐘平均風速是由真正測量記錄算出，因此由資料應該可以分析出台中港十分鐘風速特性，將其偏離最大或最小之特性納入操船模擬，而非由領港決定偏離多少來決定。 6. 有關進港貨櫃船及散貨船之操船特性不同，是否針對這兩種船型其性能分開討論。 7. 台中一港口改善後進港能量究量能增加多少，請顧問公司詳細評估。	.遵照辦理。 .遵照辦理。 .遵照辦理。 .遵照辦理。 .略。 6.遵照辦理。 7.遵照辦理。
十、張所長金機： 1. 目前南外堤以拆除 93m 及北外堤延長 480m 來執行操船模擬，若操船順利，會再加做一點方案，測試是否可以拆更少或延長更少就可達成目標；若拆除 93m 仍不夠，亦會多做一些 case 測試。 2. 至於碼頭改善部份本所將來會予以研究。 3. 在整體規劃已經提及台中港是單向航行，其最大容量應取決於單向航行航道的最大進船數。	1.略。 2.略。 3.遵照辦理。
主席結論： 1. 在 Real-time 操船佈置決定採用外廓北防波堤直線延伸 480 公尺，南外堤拆 93 公尺及南內堤拆 50 公尺，以此做為第一個優先佈置來模擬；而操船的拖船配置分有拖船及	1.遵照辦理。

無拖船，並以拖船出港來模擬。 2.風速限制貨櫃船為 20m/sec，而散貨船仍以 18m/sec 來設定，至於貨櫃船及散貨輪滿載及半載模擬請蔡領港再與 DMI 討論次數的多寡。	2.遵照辦理。
--	----------------

第二次期中報告審查意見辦理情形對照表

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
經 建 會 汪宗瀨技正	1.港口改善對台中港很重要，尤其在營運上可提昇遠洋貨櫃輪及海岬型散貨輪來港意願，對港區投資業者助益頗鉅，港口功能將可提高，惟應考量領港作業調整之影響及漁民溝通，因此在規劃時應蒐集完整資料以為因應。 2.本研究內進行之各項試驗所採用之水深為何？是否已考量航道浚深拓寬。 3.現況船舶進港之船速為何？ 4.港口第一期擴建後，貨櫃輪及散貨輪進港船數百分比之增減原因為何，請再檢討。	1.遵照辦理。 2.本計畫所進行之各項試驗與計算，參照台中港務局「台中港航道浚深拓寬工程」計畫書所提報內容，航道進行拓寬並浚深至-16m。 3.船舶進港船速並非固定，需視外在海氣象環境條件作適當調整，有時為抗冬季強勁東北季風之風壓，船速可能達到10節。 4.遵照辦理。
交 通 部 邱慶生先生	1.依「台中港整體規劃及未來發展計畫」，本項工程計畫期程為87.7~90.6，惟本期中報告內第四章所述為88~93年，將來呈報工程計畫時請加以說明。	1.本計畫於86年11月開始進行，因此配合該計畫執行進度，本項工程計畫期程為88~93年，與85年完成之「台中港整體規劃與未來發展計畫」報告中所述不符部份，將遵照意見於呈報工程計畫書加以說明。
台灣大學 林銘崇教授	1.所建議之北防波堤延長長度及南外、內堤拆除長度係經各項試驗之結果，其過程嚴謹，應屬合理之建議。惟在方案評估時，建議將操船模擬結果之權重增加。 2.漲潮轉退潮時之潮位對操船之影響如何？ 3.Fast-time 操船試驗顯示結果良好，但應用於現場(或與現場比較)時，是否存有不安全範圍(係數)之評估？ 4.水工模型遮蔽試驗之附圖中，各佈置及區域間之結果以連線表示，似應以點示為宜。 5.贊同台中港再辦理擴建工程，以提昇港埠營運。	1.方案評估時會考量各方面因素，其中操船結果的權重會參照建議酌予增加。 2.台中港的潮差雖然較大，但對操航安全的影響不大。不過因潮位變化所引致之潮流流速流向變化則有影響。例如台中港內堤堤口流速於退潮段的平潮時刻，流速最大(約1.5節)，此對操航安全有顯著影響。 3.Fast-time 操船試驗結果，並不能直接應用於最適方案的選定，其結果僅能作為各替選方案船舶操航安全相對的差異性比較，以研選較佳的

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
		方案進行 Real-time 操船模擬試驗。 4.遵照指示修正。
交通處	1.本計畫是否考量未來二港口興建之問題，兩計畫間是否有衝突，或須相互配合部份，請說明。 2.在操航安全及保持港池、漁港靜穩度均能維持之狀況下，能否以相關改善措施(如在北堤內側加設消波塊方式)，將南外堤保留不拆(只拆南內堤)即可。 3.南內、外堤拆除部份，曾納入第一期港口擴建工程中，惟後因執行又將之刪除，請檢討並說明當時刪除之原因為何？此原因是否如今已獲改善或解決。 4.本案防波堤是依海流、風向及各項限制條件等因素來設計，另請說明實際狀況是否仍有超過設計標準之狀況，超過其設計標準之機率、頻率為何？有何防範因應措施或方法。	1.一港口的擴建與第二港口的關建兩者之相關性於報告第四章中已有初步闡述，參酌審查意見再作進一步說明。 2.北防波堤內側是否加設消波塊或其他消波設施以改善港池或漁港水域的靜穩度，將在平面水工模型遮蔽試驗中加以探討。南外堤不拆對港域靜穩度的維持有些許效果，但對於操航安全的需求則有明顯影響。 3.港口一期擴建工程中，有關南內、外堤的拆除因原規劃結果對於漁港港池的靜穩度仍有疑慮，再加上考量台電煤輪進港需求有所改變，故暫緩執行。今依本計畫研究顯示南外堤拆除 93 公尺(四座沉箱)對於漁港水域靜穩度影響不大，而且目前台電也有進泊海岬型散貨輪的意願。因此原先不拆堤的考量因素已排除。 4.一般工程設計上除了使用目的與安全性的考慮外，也須同時考量經濟性。因此常以統計迴歸的分析方法求得不同設計值之再現週期，再現週期愈長其設計值也較大(安全性較高)但相對的工程費用也較高。因此在安全與經濟性需作一權衡考量以選擇適當再現週期下之設計值。依照機率理論實際狀況仍有超過設計標準的可能，只是發生的機率隨設計值愈高而愈小。有關上述部份將於本計

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
台中港引水人辦事處	1.防波堤延長則登輪地點相對提早，大型船隻在遮蔽區下方易操縱。 2.護衛拖船 50 噸 2 艘在北外堤遮蔽區下開始靠近大船帶拖纜，可提供在主航道及內防波堤向右轉之協助。 3.各種型式的貨櫃船其性能各異，操縱困難度也相異，因此延長北防波堤、拆除南外堤，加上護衛拖船之協助，應可提高進港安全。	畫之初步設計工作項目中再作說明。 1.北防波堤延長相對的登輪地點可以往海側適當的移動，同時由於遮蔽區範圍擴大，計畫進港船舶於遮蔽區內操控較容易。 2.由真時操船模擬結果顯示受風面較大之半載貨櫃船進內堤口時由於受到風及流的作用有不易右轉的情況發生，為了使右轉舵效能充份發揮必須提高船速或由護衛拖船一旁協助轉向或倒車。 3.進港船舶由於型式、建造年代、保養狀況的不同其操控性能也有所差異。因此操航上無法以同一方式處理，必須隨船應變。所以港口的擴建及拖船的協助對操航安全相對提供較大的彈性空間與較充裕的應變時間。
立榮海運公司	1.港口第一期擴建後，確實提高航商來港意願，成效良好。本案再進行第二期擴建亦屬必要，惟擴建後對港池靜穩度之影響如何應詳予評估，以免導致反效果。 2.減風設施如何做？是否可行？ 3.對於大型船舶進港，在安全考量上利用拖船協助有其必要性，其所需之費用航商應可接受。 4.只要能讓領港安全登輪領船進港，航商來靠泊台中港之意願應可提高。	1.港池的靜穩度，經由數值模擬計算與水工模型遮蔽試驗已作審慎的評估。 2.有關減風設施可參考「台中港港口段航道設置減風設施可行性研究」，港研專刊第 148 號。該報告中指出，減風設施雖然在型式與結構上有其可行性，但成本效益不高，所負擔風險大，再加上維護不易，因此減風設施的建置須再謹慎評估。 3.因為操航不安全所負擔的危險成本可能較為提昇安全性而付出的拖船使用成本還高，兩者衡量之下，航商應可接受拖船的協助。 4.台中港為一強制引水港口，因此當領港無法登輪時船隻

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
		也就無法進港，則其等待時間勢必延長，這對航商而言無形中增加成本，也因此影響靠泊的意願。
中鋼運通公司	1.領港艇馬力若予增強，則耐波性增強且操縱靈活，可在任何條件下，於堤外 3 哩處送領港上大船，以爭取空間時間。 2.歐洲、澳洲類似台中港環境之港口，於天氣惡劣時大都利用直升機送領港上船。 3.本港冬季領港登輪點在南防波堤 0.5 哩，對大型船隻非常危險，萬一船長稍有不慎將不易就位，且陷入兩難困境。 4.拖船馬力應在 6,000 匹以上，便於控制大船。 5.增設 060(T)之進港導航疊標，疊標應比照美國及日本規格，高大明亮，不為背景燈光混淆。 6.設立船舶管制進出港強光字母信號燈塔，高雄港雖有但因背景光太強而混淆不清。 7.建議到香港海事處或日本東京灣船舶管制中心(TOKYO MARTIS)觀摩。 8.大型船舶進出經過危險區時，應儘可能避開惡劣環境，而利用平潮期進出港，以增安全。	1.良好的領港艇性能對領港登輪作業有正面的效益。 2.直昇機載送領港是解決登輪問題的一種方式，其效益如何則有待進一步評估。 3.北防波堤延伸將使領港登輪地點往海側移動，相對的離南防波堤較遠，換言之，以較大的空間換取領港提早帶船的時間，以提昇操航安全。 4.參酌辦理。 5.納入本計畫建議事項。 6.納入本計畫建議事項。 7.參酌辦理。 8.避免海氣象環境條件惡劣的時段進港，也是提昇操航安全的策略之一。但此對於較無進港時間壓力的散貨輪可能適用，而對於分秒必爭的貨櫃船而言則較不合適，因此港口適當的擴建仍有其必要性。
台中港務局 黃局長清藤	1.領港登輪作業之改善除位置改變外，尚有那些？若不改善登輪困難何在？而若目前並無困難，但改善後反而差，則應慎重考慮。是否可以改善領港艇來改善。 2.如依簡報建議拖船馬力應加大，則將來可考慮同意拖船至外海帶纜領船作業。 3.建議考量以錄影方式紀錄現況船舶進出港之情形，俾供擴建規劃之比較參考。	1.登輪作業的困難主要是冬季強勁東北季風吹襲下船舶以 60° 航向進港時，領港攀爬繩梯因受側風影響而有極大的危險性；此外登輪地點若無適當程度的波浪遮蔽效果，則領港登輪時雖可利用調整航向製造船體遮蔽區，但進港船舶本身受波浪的影響而產生的搖擺(Rolling)對登輪仍有所困難。領港登輪作過程中受到下列兩種因素影響： (1)到港船舶船長的操技巧、

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
		領港個人膽識與體力及到港船舶與領港艇船長及領港三人間必須有默契上的密切配合,此屬人為內在因素。(2)到港船舶及領港艇操縱性能,登輪輔助設備及海氣象狀況此屬環境外在因素。這些影響因素中港務單位較能掌握的是改善海氣象的影響程度(提供較充足的波浪遮蔽區)及提昇領港艇性能。 2.拖船至外海帶纜的條件除了馬力增大外,帶纜設施、作業方式及船員技術等等也須一併考量。 3.參酌辦理。
台中港務局 副局長	1.請港研所就港口第二期擴建後之領港登輪位置、進港航路及導臺標設置等詳加研究,俾供將來修訂進港指南之參考。 2.南內外堤拆除後,對工作船渠東西連續壁之影響,請詳予研究。	1.遵照辦理。 2.南內、外堤與工作船渠東西連續壁間沒有結構性關連,且拆除前後工作船渠內之港池靜穩度,也無明顯差異,故初步研判應無影響。詳細情形遵照審查意見,於期末報告研究探討。
台中港務局 總工程司	1.本規劃應含設計及施工	1.本計畫已列有工程初步設計工作項目,將於期末報告中提出。
台中港務局 港務長	1.船公司代表、領港及工務組均強調護衛拖船之重要性,請港研所在期末報告結論中特別強調,俾供本局及將來開放民營後辦理拖船購置之參考。	1.護衛拖船對於船舶進港的安全性有其重要性。將於期末報告中遵照意見強調說明。
台中港務局 業務組	1.報告內有關港埠設施之敘述與現況不符處請修正。	1.遵照辦理。
台中港務局 港務組	1.P2-89,對碼頭設施之敘述與現況稍有出入。 2.P3-26,本港領港船共有三艘,增加「互祥」。	1.期末報告修正。 2.期末報告修正。 3.遵照辦理。 4.期末報告修正。

學者專家及 與會單位	意見及建議	辦理情形及答覆說明
	3.P.4-42, 表 4-3-17 如何計算而得, 請說明。有關船舶進出港航行時間估算, 建請增加圖示。 4.P.4-50、51, 進出港作業流程圖中之申請單現皆已改為電腦連線申請。 5.P.6-13, 本港拖船業務現為自營, 台電拖船為委託台航經營, 專供支援煤輪進出。 6.P.6-14, 拖船申請及調派已改為透過電腦連線向繫船課申請, 由船管所調派。 7.P.6-25, 敘述本港拖船已民營化, 與現況不符。	5.期末報告修正。 6.期末報告修正。 7.期末報告修正。
台中港務局 港工處	1.如最佳方案確影響水域靜穩度, 則請評估規劃消浪措施之可行性, 並將其費用併計入工程費內。其他負面影響亦請評估, 並提出對治之道。 2.P.3-64, N1 到北防波堤之間, 由 79~86 年海岸線變化面可知北堤北側數十公尺內淤積嚴重。此淤積趨勢應予以分析, 以供設計參考。	1.遵照辦理。 2.遵照辦理。
台中港務局 環保署	1.改善方案是否滿足領港及船舶進出港之安全, 方案一是否為最佳方案, 應再評估。 2.各種模擬及試驗均就南外堤係拆除 170 公尺來考量, 惟最後決定拆除 93 公尺, 則港內靜穩度是否可以提高。 3.台中港在完成北防波延長 850 公尺後, 曾發生垃圾於颱風時漂進港區, 本案若再延長北防波堤後, 是否更容易發生, 請考量。	1.目前較佳擴建方案為北防波堤依原堤線延長 480 公尺, 南外堤拆除 93 公尺, 南內堤拆除 50 公尺, 此方案會再進一步評估。 2.南外堤拆除 93 公尺, 港內靜穩度的情況依理論判斷應較拆除 170 公尺為佳。此部份於定案佈置時會進行水工模型試驗再作確認。 3.本計畫在研擬港口擴建及改善時, 係假設整個海域水面是乾淨的狀況下進行研究。海面垃圾漂浮是異常現象, 並非延長北防波堤所引起的。

台中港務局 工務組	1.港研所此次分析風速資料較以往為佳，惟仍缺少全年之風速延時資料，請再予分析。 2.依 PIANC 規定風速超過 15m/s 時，在設計上應特殊考量，且貨櫃輪及散貨輪可以進港之條件亦不同，建議應分別考量研訂進港之限制條件。 3.貨櫃輪進港須配合拖船之研究，應再詳加說明。 4.本港目前在進行 VTMS 設計，請港研所研究蒐集可以架構在該系統之導助航軟體，並研究設置進出港導疊標，俾在後續報告中詳加說明。 5.最後定案之擴建佈置方案應再進行水工遮蔽試驗。 6.在颱風時，碼頭前波高若大於 1.5 公尺，船舶即應離，靜穩度之設計標準應再研究。另颱風時是否可能淹到貨櫃場，亦請一併研究。	1.遵照辦理，於期末報告提出。 2.貨櫃輪與散貨輪除了受風面積不同外，操縱性能也不一樣，因此進港的操航方式有所差異。對不同船型在不同海氣象環境下進港的操航應以危險等級加以區分。在考量台中港為國際港口的情況下，是否研訂限制條件，將再參研。 3.遵照辦理。 4.參酌辦理。 5.遵照辦理。 6.颱風時碼頭前的波高大小，主要是考量碼頭結構物的安全承受力問題。相關意見將參酌辦理。
主席結論	1.與會學者專家及各單位所提意見請港研所納入期末報告修正。 2.期末報告原則上請港研所於十一月底前提出。	1.參酌審查意見於期末報告時修正。 2.遵照辦理。

期末報告書面審查意見及答覆

審 查 意 見	處 理 情 形
一、港務組： 1. P.8-30，二.(一)規劃中船舶交通管理系統架構：第二段一行建議：「本船舶交通管理系統操作室設於港口入口旁信號台 10 樓。系統……。」第三段二行後段：「...。2 號 CCTV 將設於 8A 碼頭前導標鐵塔 35 公尺處，CCTV 鐵塔設備之所有影像及數據資料以中華電信公司光纖線路傳輸至操作室。」 2. 有關本港第二期擴建工程實施後，港域轄區內相關之導(助)航及警示燈標設施規劃事項之執行，建請能邀集各有關單位共同詳為研酌討論，提議最佳可行方案，以提昇本港的競爭優勢。 3. 第八章第二節所述：1.在公營體制上購買拖船不可能指定廠牌。2.在經營成本考量上，費率可能需相對之提高，航商是否接受，雙方必需有一共識才能達成。 4. 第五章第二節所述：利用大型拖船送引水人員登輪理論可行，實際上危險性更高，引水人員未必敢利用拖船登輪，目前麥寮港 4000HP 拖船均設引水人員登輪台，可是沒有那位引水人員敢於嘗試，可請本局引水人員就實務上說明原委。 5. P.4-14 進出港限制條件，P.4-16 夜航限制條件等，本港夜航規定已多次修正，檢送 87.10.3.最新修訂之夜航規定，請參酌修正。	1.遵照辦理修正。 2.本計畫配合港口擴建及船舶進出港口航行需求，參考 Real-Time 操船模擬結果(含 貴局領港意見)，建議 貴局增設港外航道導航及港口段主航道夜間照明設施。有關港域轄區內相關之導(助)航及警示燈標設施，建議 貴局另案辦理設計工作。 3.(1)本計畫所建議之拖拉式拖船(VSP 推進器)為德國專利產品，考量公營體制限制，將來唯有俟拖船業務民營化後，較有可能實施。(2)拖船業務民營化後如欲購置上述拖船，確實須考量費率及航商接受度，且須雙方有共識後才能達成。 4.拖船引水登輪台可避免在風浪惡劣時，拖船夾傷領港。目前在深澳及永安港已使用多年。本設施可提供引水人視個人習慣多一選擇。 5.遵照辦理修正。
二、環保所： 1. 本工程北防波堤延長後，對港口改善、船舶操航具正面效果；惟遇颱風或暴雨時，亦將更易攔阻海上漂浮物及垃圾等，大量回流港池航道，阻礙船舶航行甚或危及船隻安全，造成困擾，仍請研議相關因應措施，供本局參考。 2. 為免物議，本報告 P.D-6 有關本所意見 3 覆說明內容末段「並非延長北防波堤所引起的」文句，建請刪除。	1.海上漂浮物及垃圾遇颱風或暴雨後亦受北防波堤攔阻，此為無法避免現象。建議 貴局建立在颱風或暴雨後定期派船至海上清除海上漂浮物及垃圾之機制。 2.遵照辦理修正。

期末報告書面審查意見及答覆

審 查 意 見	處 理 情 形
三、擴建處： 1. 依港口附近水深圖(詳附圖)資料顯示，北堤頭左前方已刷深一凹洞，當北堤再延伸四八〇公尺完成數年後，堤頭附近受海流束流影響勢必再刷深另一凹洞，此種堤頭效應刷深凹洞是否會因堤身再延長伸入深水帶而更嚴重或減輕，建請列入評估。 2. 北堤再延伸四八〇公尺後，第一期工程之堤身北側淤高將更形嚴重，其土壓力是否對堤體結構安全造成影響，建請列入評估。 3. 目前國內大塊石要大量取得不易，承包商如從國外進口是否能配合施工工期難以掌控，建請儘量減少大塊石用量改採替代品，才能縮短工期為二年。 4. 省水利處擬訂大甲溪砂石採取整體管理改善計畫，本局在大甲溪下游已不再擁有砂石開採專用區(P.9-5)，請修正。 5. 沉箱製作場設於南迴船池與西碼頭間水域，需設置臨時碼頭供浮船台靠泊及供沉箱加高使用，其費用與工期請列入考慮。	1. 北防波堤堤頭外側地形受海流束流影響刷深之現象，現有理論及模型試驗均無法獲得合理之模擬結果，建議將來細部設計時可參考現有北防波堤堤頭地形變化情形，加強新建堤頭保護設施。 2. 台中港第一期工程興建之北防波堤北側地形淤高後，如堤後地形高程不超過+10.2m(胸牆高程)，經評估不致影響堤體穩定。 3. 目前行政院已核定本計畫實施期為3.5年(施工期約3年)，但未來基礎石料之供應仍將影響工程進度。建議於細部設計時，由設計單位列入考量。 4. 遵照辦理修正。 5. 本計畫所估列工期及費用已含設置臨時碼頭。
四、港工處： 1. P.3-2，第三行 750M 請修正為 850M？ 2. P.3-31，海岸地形變遷檢討，應檢討對北堤頭沖刷(如附圖)趨勢，並提出因應之道，又北堤延長 850 公尺，其沉箱於 83 年拖放完畢，約 5 年時光，水深由 -17 公尺淤至 -7~-16 公尺不等(如附圖)，平均淤積達 6 公尺之多，則此種淤積趨勢，對於沉箱合成堤堤基之設計應如何因應，宜一並檢討。 3. P.4-33 倒數第八行，預計在民國 88 年 7 月至民國 90 年 12 月間辦理，請再評估修正。 4. P.6-24,P.6-32,P.6-35,P.6-38,P.6-41，預估之施工期請再評估。 5. P.8-3，使用 20M×22M×22.5M 之沉箱，請分析沉箱加高及拖航浮游穩定性，如有安全顧慮請修正。另北側為淤積帶，0.5~	1. 遵照辦理修正。 2. 依過去北堤延伸後海岸地形變遷監測成果，堤頭沖刷現象仍將出現，本案已特別加強堤頭保護。至於北堤淤積對堤體結構安全將有正面助益，無需再作堤基保護 3. 將依行政院審議結論辦理修正。 4. 將依行政院審議結論辦理修正。 5. 本計畫建議之沉箱規模並無安全顧慮，但施工時必須配合實施壓艙。堤體基礎北側將來設計時可考慮改用河床劈裂大卵石，建議於細部設計時列入考量。 6. 依本計畫建議之沉箱規模，沉箱個數並無誤。將來設計時如未提高工期穩定度，可進一步考慮加大沉箱長度以減少沉箱數量。

期末報告書面審查意見及答覆

審 查 意 見	處 理 情 形
1T 之塊石，請評估改用河床劈裂大卵石之可行性，以疏緩塊石來源困難度。 6. P.9-1，沉箱個數請再檢討。 7. P.9-6，沉箱回填料如在工地海域取沙，受到水深及風浪影響，不易取得，建請改在北側淤沙區。 8. P.9-9，沉箱製作及儲存場另外新闢，其對整個工期之影響及沉箱拖航時間及線路對航運船隻之影響均請評估。 9. P.9-9，石料裝船碼頭宜設於北堤，以免影響船隻進出安全。	7. 遵照辦理修正。 8. 本計畫建議之工期已考慮沉箱製作及儲存場興建時間。 9. 考量北防波堤後線較欠缺施工用地(除非北淤沙區第二期整治工程可先完成部份填區)，本計畫係建議主要施工場地設置在西碼頭區後線，裝船碼頭亦就近配合設在南防波堤北側，主要施工期間確實作好協調管制措施，預期將不致對船隻進出安全造成影響。
五、工務組： 1. 「台中港進出港指南」在港口第二期擴建後應如何修正，須於報告內提出建議，俾供本局參考。 2. P.7-29，圖 7-2-6 中改善佈置一、二並未於報告內說明。 3. P.7-38，FAST-TIME 操船模擬成果之比較係以零方案及方案一、六、七、八之成果，惟並未將零方案之船跡圖顯示出，請補充以求完整。 4. P.7-74 第三段文字提及：「主航道浚深至 -16 公尺後，不宜再繼續浚深」，是否確切，請再予審慎研究。 5. P.8-9，圖 8-1-7 中之消波塊型狀，請以標準型塊繪製。 6. P.8-10，8A 碼頭活動擋水牆設施是否可行，請再詳予研究。 7. P.9-4，比較塊石價格均以一噸以上塊石價格為基準，惟本計畫所使用之塊石均在一噸以下，請再詳實評估。 8. P.9-7，利用西 8、西 9 碼頭後線做為施工場地及施工所，惟西 8 碼頭及後線即將開放民間投資，請考量。	1. 遵照辦理修正。 2. 相關資料另整理於附冊中。將配合貴局各單位審查意見一併修正。 3. 遵照辦理修正。 4. 本計畫根據南、北防波堤現有堤體斷面，配合浚挖深度分析後，發現部份堤段過於接近浚深後之航道，堤體基礎穩定將受影響，故建議主航道不再繼續浚深。修正時將對該段文字加強說明。 5. 遵照辦理修正。 6. 經進一步檢討，民國 85 年港內碼頭區淹水為暴潮位達 6.48m 所導致(賀伯颱風)，且為現況即存在之問題。由於發生機率即低，活動擋水牆設施將予修正刪除。 7. 將配合調整修正。 8. 目前西 8 碼頭及後線並未有民間投資，該處仍可作為本計畫用地，將來執行時，如西 8 碼頭及後線確定興建後，可改以西 9、西 10 碼頭後線作為施工場地。

期末報告審查會議意見及答覆

審 查 意 見	處 理 情 形
一、經建會汪技正： 1. 台中港自建港以來，港口即為船舶操航問題所在，故改善現有港口應係基於港口現況必須適度改善以因應進港船型需求及現階段進港船型不同於以往之考量，且改善現有港口相較於新建二港口，在工程費及時程上更為經濟有效，當然以改善現有港口為先，何況二港口是二十年後的事情。 2. 港務局應具體說明港口改善後之船舶操航安全度為何，俾讓航商了解，以提昇港務局形象。 3. 港口二期擴建完成後，船舶進港方向是否須調整？ 4. 報告內應就港口擴建後對航商、業者、地方、國家及港務局有何利益予以說明。	1. 遵照辦理。 2. 遵照辦理。 3. 港口二期擴建後，船舶進港方向仍依現有操航方式。 4. 遵照辦理。
二、交通部劉科長： 1. 船舶種類可否列入各方案考量評估？台中港未來主要來港船舶種類為何？ 2. 台中港港口二期擴建工程完成後，如何說服外界及航商對於領港登輪及操船安全性之疑慮？ 3. 領港登輪地點僅在距港 2 哩是否足夠因應 Capesize 船舶起錨用車及進港操船時間需求？ 4. 因應未來大型船舶出入狹窄水域，漁船與商船進出港時，如何藉由 VTMS 予以管理或研擬可行的管理辦法。	1. 依台中港營運資料及國際海運發展趨勢，未來台中港船舶將以貨櫃輪為主，但最大型船將為進出工業泊渠之 12.5 萬載重噸級散貨輪。此二類型船及受風面大之汽車船均為本計畫評估之目標。 2. 目前陽明海運每周有一艘 3200TEU 貨櫃輪靠泊本港，可作為將來本港擴建成效之說明範例，建議 貴局將來配合本計畫成果製作文宣資料，主動提供給航商業者參考。 3. Capesize 船舶登輪區於東北季風期間建議設在船舶備便區，其距離足夠領港登輪及船舶接近港口操航需求。 4. 建議 貴局於 VTMS 採購規範中列入考量。
三、蔡領港： 1. 港口擴建之目的應係為保障船舶進出港安全，北防波堤延長 480 公尺將可提昇大型船進港安全及促進港區未來發展，深具正	1. 略 2. 本計畫經以水工試驗及數值模式驗證，港口擴建對港內靜穩影響仍在可接受範圍內，且本計畫為降低

期末報告審查會議意見及答覆

審 查 意 見	處 理 情 形
面成效。 2. 擴建港口時應特別注意港內靜穩度之需求。 3. 目前進港航路係經過數千次之進港經驗評估後所研訂。	對靜穩影響，已擬定有靜穩改善措施。 3. 略
四、立榮海運公司： 1. 如何讓領港儘早順利登輪是航商最重視與關心的，領港艇之改善請再詳予探討。 2. 防風林減風深具可行性，惟植樹由小而大需十數年，是否可研究以移植方式加速成林。	1. 本計畫已建議未來購置高性能拖船兼領港艇，並增設登輪平台，以提高領港登輪穩定性，降低領港落水之機率。目前日本地區有領港艇加設傾斜網狀登輪索之案例，可列為將來購置高性能拖船(領港艇)之必要配備，對領港登輪安全性將有一定程度之提昇。 2. 適合本港植生之防風林以木麻黃樹種為主，該類植物長成後移植之存活率甚低。
五、中鋼運通公司： 1. 改善領港登輪方式之建議：4000TEU 大型貨櫃船及海岬型散裝船領港登輪位置設於備便區，大型船舶有較大緩衝空間迴旋，且大船船長也能依領港指示作有效的遮蔽區(MAKE A GOOD LEE)方便領港登輪；領港艇並可仿倣日本大阪灣領港艇，其速度快、耐波性強，尤其設計之傾斜網狀登輪索安全性高，建請前往觀摩。 2. 船舶進港受漁船或小型工作船干擾危害航行安全建議：比照日本東京灣超過 200M 以上之船舶設前導船，可以方便航道通行，及兼具活動式導航浮標，為領港或船長操航船位之參考，前導船可由資深領港艇或拖船船長擔任。 3. 大型船舶夜間航行之可行性，應及早評估實施，鑒於高雄港導航設施及照明設備受限，海岬型大型散裝船無法夜航，致使船舶進出港時間延滯，導致航商成本增加，因此建議：夜航除導航設施外，碼頭法線	1. 本計畫所建議大型船登輪位置與貴公司建議相同。領港艇配置傾斜網狀登輪索可列為購置高性能領港艇(拖船)之要項。 2. 建請 貴局將前導船納入營運機制。至於活動式導航浮標，可考慮設在港外航道與錨泊區交界處。 3. 碼頭夜間照明如屬公用碼頭部份，建議 貴局配合本計畫設置。

期末報告審查會議意見及答覆

審 查 意 見	處 理 情 形
增加照明及識別，以利船舶靠泊之安全性，並可減少冬季港外候席錨泊船舶 危險性。 4. 航行安全設備之建議：比照日本關門海峽及名古屋等港口，設立當日該時潮汐狀況，例如：水流流速、流向及潮高等資料顯示，以供船舶操航安全。	4. 建請 貴局於辦理即時海氣象資訊系統設計時納入考量。
六、林銘崇教授：(書面意見) 1. 該研究於規劃過程同時採用數值模擬及水工試驗進行驗證，亦兼顧軟硬體設施改善成效，所研提之港口擴建計畫思慮周延，贊同該報告所研提之擴建方案。 2. 該研究已就拆除南外堤對漁港及商港水域靜穩之影響進行詳細分析評估，並有相關驗證成果可支持其論點。為避免施工期間漁民因不瞭解而進行抗爭，建議施工前應先與漁會幹部先行溝通，並於適當時機辦理公開說明會，去除漁民之疑慮，爭取漁民之支持。 3. 北防波堤再延長可能會加速北側淤沙區之淤積速度，淤積範圍亦會擴大，應分析舊有北外防波堤在堤體外側(北面)沙土淤高後，其結構是否仍能安全穩定？如安全上有疑慮，應如何處理應提出對策。 4. 由操船試驗成果圖顯示少數幾次之操試(Test Run)仍發生失敗或有危險顧慮，建議應說明其產生失敗之原因，並提出對策。在報告中建議未來將配合領港對擴建後操船環境之熟悉程度，逐步加大進港船型，以確保操船安全，本人深表贊同，但未來應擬定一個執行計畫。	1. 略 2. 建議 貴局納入考量。 3. 舊有北防波堤經評估在第一期擴建 850 公尺延長段前之堤體，因原設計水深較淺，如北側淤沙或填地高程不超過胸牆高度，將不置影響堤體安全。至於 850 公尺延長段除非將來以人工方式填高，依淤沙趨勢研判，可能淤積厚度尚不致影響堤體安全。 4. 本計畫真時操船試驗委請有台中港領港參加操演，對操航過程中失敗或有危險顧慮之境均能掌握，其產生原因主要係操眼人員嘗試以可能之操航方式所產生。為確保將來營運安全，建議 貴局將操航方式詳細列載於「台中港進出港指南」。
七、局長： 1. 報告內營運量分析所採用之數據請以 87 年資料予以更正。 2. 北防波堤延長 850 公尺不完全為領港登輪之需求，係考量當時進港船型需要予以規劃。 3. 將來拖船應採 4000HP 以上並能兼具領港艇功能。	1. 遵照辦理。 2. 略 3. 略 4. 防風林移植之存活率甚低，本計畫建議以加高北淤沙區整治第二期工程填區高程之方式因應。 5. 略。

期末報告審查會議意見及答覆

審 查 意 見	處 理 情 形
4. 北淤沙區整治第二期之區域種植防風林確屬必要，惟以移植方式恐有困難。 5. 航道浚深至-16M，拓寬至 400M，將在四~五年內完成，加上夜航設備改善後，即可逐步放寬夜航限制。 6. 客輪(如麗星郵輪)進出港之安全性及可行性請研究。 7. 現階段燈標設施改善，請領港提供尚須改善處俾本局參考。	6. 本計畫所評估之大型散貨輪及 4000TEU 貨櫃輪操航特性已涵蓋客輪需求，其安全性及可行性並無問題。 7. 略
八、總工程司： 1. 南內外堤之拆除應有強有力之說詞及理由，報告內容應予加強說明。	1. 遵照辦理。
九、港務組： 1. 本組號誌課有關號燈改善建議將會採納加速逐步改善。VTMS 之建議事項，已略做修正將送書面資料。本港夜航規定已有很大放寬，待港灣及號燈改善後將更進一步改善至全面開放尺度。 2. 有關第五章第二節利用大型拖船送引水人員理論可行，但須實際檢討後方能有實際之執行成果彰顯。	1. 貴局書面審查資料辦理情形詳前項附錄。 2. 建議未來高性能拖船採購後，俟領港熟悉登輪作業，再擴大實施。
十、環保所： 1. 南內堤拆除 50M 後，依水工模型試驗結果，8A 碼頭在暴潮及颱風期間，碼頭前緣會有加成「越波現象」，研究單位建議在碼頭上吊置 130 個 5T 方塊以形成一道活動擋水牆。惟當船隻繫靠時，是否影響繫纜作業？且 8A 碼頭後線空間原已相當有限，平時儲放大堆方塊，是否影響後線場地使用？又每次吊放後，尚需吊回儲放，除影響該區域裝卸作業外，且吊載工資昂貴，是否妥當？建議另行研擬其他替代方案。 2. 期末報告書 P.3-2 第三行，一期擴建已延長北防波堤 850 公尺(非 750 公尺)，請更正；另 P.5-2 第 17 行有誤，亦請一併修正。	1. 經進一步查證碼頭淹水現象，係因賀伯颱風期間暴潮位達 6.48m 所引起(碼頭面高程平均約 6.5m)，且為現況即已存在之現象。經考量該現象發生機率極低，並無設置活動擋水牆之必要，惟建議 貴局將來應檢討評估港內各碼頭區排水系統，並作好定期維護工作。 2. 遵照辦理修正。
十一、工務組： 1. 導助航設備包括導疊標、燈標、燈浮等有助於操航安全，請規劃單位協助落實。	1. 本計畫已建議 貴局配合港口擴建設置船舶進出港口航行所需之導疊

期末報告審查會議意見及答覆

審 查 意 見	處 理 情 形
2.領港登輪方式之改善，請港研所研究並蒐集相關資料，以提昇安全性。 3.有關海氣象資訊之提供，應配合 VTMS 系統建立，建議港研所於本港建立永久觀測站並將結果納入 VTMS 系統。 4.目前辦理之北側淤沙整治第二期工程，已研究於靠航道側部分予以堆高成土坵再植生之方式，以增加減風效果。	標、防波堤燈塔及夜間照明設施，並已列入工程計畫中。該項工程之執行請 貴局於細部設計時辦理。 2.遵照辦理修正。 3.略。 4.略。
十二、張所長說明： 1.本案研究過程所採用之自然條件均係考量極端惡劣天候狀況，實際上，經本所分析觀測結果發現台中港惡劣天候發生機率極低，更顯示台中港之天然條件並不會比基隆港差。 2.客輪進出台中港應無問題。 3.海氣象觀測本所將會繼續辦理。 4.報告內提及二港口，係為研究一港口改善之極限，藉以評估二港口可能興建之時程。 5.8A 碼頭越波現象在現況即有可能發生，並非本擴建案完成後才會形成，故增設臨時擋水牆設施係考量港口現況予以研提。	
主席結論： 1.各單位意見請港研所納入修正並於四月十日前完成正式報告初稿提送過局。	1.遵照辦理。