

96-62-7276

MOTC-IOT-95-H2EB006

95 年臺北港擴建對港池振盪特性 影響之研究



交通部運輸研究所
國立成功大學
合作辦理

中華民國 96 年 4 月

96-62-7276

MOTC-IOT-95-H2EB006

95 年臺北港擴建對港池振盪特性 影響之研究

著者：廖慶堂、李兆芳、郭義一
郭英助、何良勝

交通部運輸研究所
國立成功大學
合作辦理

中華民國 96 年 4 月

96

95 年臺北港擴建對港池振盪特性影響之研究

交通部運輸研究所

GPN :
定價 元

95 年臺北港擴建對港池振盪特性影響之研究

著 者：廖慶堂、李兆芳、郭義一、郭英助、何良勝

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 96 年 4 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 30 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價： 元

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：95 年臺北港擴建對港池振盪特性影響之研究			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號 96-62-7276	計畫編號 95-H2-EB006
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：何良勝 研究人員：廖慶堂 聯絡電話：04-26587124 傳真號碼：04-26560661	合作研究單位：國立臺灣大學 計畫主持人：李兆芳 研究人員：郭義一、郭英助 地址：臺南市大學路 1 號 聯絡電話：06- 2757575		研究期間 自 95 年 5 月 至 95 年 11 月
關鍵詞：臺北港擴建、港池振盪、數值方法			
摘要： 本報告內容包括，整理臺北港相關自然條件，和臺北港各期規劃的配置情形，作為研究分析的背景資料，同時利用數位檔案畫出臺北港第三期擴建規劃方案之數值計算所要用的圖形，再以港池振盪之邊界元素法數值模式來加以計算模擬。模式的驗證上，由矩形等水深之港池的結果說明本研究港池振盪數值模式的正確性。接著考慮臺北港第三期配置，使用三個波波浪入射方向(WNW、N 與 NNE)與代表性水深(10m)，配合港區碼頭位置的選定，計算入射波浪週期與波高放大因子的關係，同時由共振週期計算港域波浪場的分佈情形，藉以了解臺北港第三期規劃案港池振盪的特性。在數值計算結果上，首先以長週期(T=20sec)三個方向入射波之計算結果說明計算結果趨勢的合理性。在港區碼頭的共振特性上，結果顯示在 WWN 方向入射的波浪有 5 個週期 T=9.8sec、5.4sec、4.1sec、3.6sec、3.2sec 對港區碼頭的共振影響較為顯著，在 N 向與 NNE 向則因為有北堤防的遮蔽，因此對於港區碼頭並沒有共振發生。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
96 年 4 月	94		凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密【限】條件： ☐ 年 月 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Numerical Calculation of the Topography Change in Coastal Area near Taipei Harbor: Fiscal Year 2006			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER 96-62-7276	PROJECT NUMBER 95-H2-EB006
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: He Liang-sheng PROJECT STAFF: Ching Tarnng-liaw PHONE: (04) 26587124 FAX: (04) 26560661			PROJECT PERIOD FROM May 2006 TO November 2006
RESEARCH AGENCY: National Chung Kung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lee, Jaw-Fang PROJECT STAFF: kuo yi-i, kuo ying-chu ADDRESS: No.1, Ta-Hsueh Road, Tainan, 701 Taiwan PHONE: (06) 2757575			
KEY WORDS: Taipei Harbor extended construction, harbor resonance, numerical method			
ABSTRACT: The context of this report includes collection of related metrological information, harbor deployments for each phase of extended constructions, as the background information data for the analysis. The third phase of Taipei Harbor deployment is used to generate meshes for boundary element calculations. The simulation of a rectangular harbor with constant water depth verifies the accuracy of present numerical model. For Taipei Harbor calculations, three incident wave directions, namely, WNW, N and NNE, together with constant water depth of 10m are considered. Applicability of the present model to the Taipei Harbor is further demonstrated by reasonable computational results for long waves with 20-second period. Simulation results indicate that for the Taipei Harbor five wave periods' 9.8sec, 5.4sec, 4.1sec, 3.6sec, and 3.2sec incident in WNW direction having resonant impact. Whereas in N and NNE directions there exist no resonance phenomena due to sheltering effects from the north-side breakwater.			
DATE OF PUBLICATION April 2007	NUMBER OF PAGES 94	PRICE	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要表.....	I
英文摘要表.....	II
目錄.....	
圖目錄.....	IV
表目錄.....	V
第一章 計畫緣起.....	1
第二章 臺北港自然條件和配置.....	2
2.1 自然條件.....	3
2.2 臺北港配置.....	9
第三章 港池振盪數值模式.....	14
3.1 港池振盪數值模式.....	14
3.2 港池振盪模式測試計算.....	23
第四章 臺北港港池振盪計算.....	26
第五章 結論與建議.....	54
參考文獻.....	57
期中報告審查意見處裡情形表.....	59
期末報告審查意見處裡情形表.....	62
期末簡報.....	66

圖目錄

圖 1	臺北港地理位置圖.....	3
圖 2	臺北港發展各期配置圖.....	10
圖 3	臺北港現況配置圖.....	11
圖 4	臺北港第二期規劃配置圖.....	12
圖 5	臺北港第三期規劃配置圖.....	12
圖 6	臺北港遠期規劃配置圖.....	13
圖 7	任意水深港池振盪模式示意圖.....	17
圖 8	矩形等水深港池振盪有限元素格網圖.....	24
圖 9	矩形港池底端中間點波高放大因子圖.....	25
圖 10	臺北港第三期港池振盪數值模擬示意圖.....	30
圖 11	臺北港第三期港池振盪數值模式之邊界條件示意圖.....	31
圖 12	臺北港第三期港池振盪數值模式之計算網格示意圖.....	32
圖 13	入射波波向 WNW 臺北港第三期港池振盪計算模擬結....	33
圖 14	入射波波向 N 臺北港第三期港池振盪計算模擬結果.....	34
圖 15	入射波波向 NNE 臺北港第三期港池振盪計算模擬結果.....	35
圖 16	台北港碼頭編號示意圖.....	36
圖 17	台北港 N1~N3 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..	37
	入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0 岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8	
圖 18	台北港 N4~N6 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..	37
	入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0 岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8	
圖 19	台北港 N7~N9 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖.....	38
	入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0 岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8	

- 圖 20 台北港 E1~E4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..38
入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 21 台北港 E5~E8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..39
入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 22 台北港 S1~S4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..39
入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 23 台北港 S5~S8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..40
入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 24 入射波波向 WNW 臺北港第三期港池振盪計算模擬結果.....40
入射波週期 $T=2.9$ ， $Kh=4.95$ ，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 25 入射波波向 WNW 臺北港第三期港池振盪計算模擬結果.....42
入射波週期 $T=5.4$ ， $Kh=1.6$ ，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 26 入射波波向 WNW 臺北港第三期港池振盪計算模擬結果.....43
入射波週期 $T=4.1$ ， $Kh=2.4$ ，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 27 入射波波向 WNW 臺北港第三期港池振盪計算模擬結果.....44
入射波週期 $T=3.6$ ， $Kh=3.3$ ，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 28 入射波波向 WNW 臺北港第三期港池振盪計算模擬結果.....45
入射波週期 $T=3.2$ ， $Kh=3.9$ ，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 29 台北港 N1~N3 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..46
入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8

- 圖 30 台北港 N4~N6 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..47
入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 31 台北港 N7~N9 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..47
入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 32 台北港 E1~E4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..48
入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 33 台北港 E5~E8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..48
入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 34 台北港 S1~S4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..49
入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 35 台北港 S5~S8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..49
入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 36 台北港 N1~N3 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..50
入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 37 台北港 N4~N6 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..51
入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 38 台北港 N7~N9 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..51
入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 39 台北港 E1~E4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..52
入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8
- 圖 40 台北港 E5~E8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..52
入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0
岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8

圖 41 台北港 S1~S4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..53

入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0

岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8

圖 42 台北港 S5~S8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 關係圖..53

入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0

岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8

表目錄

表 1 淡水油車河口各項潮位統計值.....	7
表 2 台北港第三期港池振盪計算條件表列.....	28
表 3 台北港各碼頭之港池共振 K_h 統計表.....	41
〔 入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0 岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8 〕	

第一章 計畫緣起

臺灣四周環海，航運貿易尤為經濟發展之命脈，因此，港內之穩靜情況關係著船隻碇泊與貨物裝卸作業之管理。而臺灣濱臨太平洋，位處易受颱風或異常波浪侵襲之地區，其波浪作用不僅造成港灣構造物之損壞，亦困擾港內船舶作業與停泊之管理。臺灣東部所規劃的港灣，如花蓮港由於港池為狹長型，港池振盪向來就是一個嚴重的問題，也引起國內許多研究單位的注意。這種港池振盪問題對臺北港而言，由於臺北港擴建後港池形狀也會變成狹長型，是否因此也會造成所謂的港池振盪情形應是值得深入探討，也藉以防範未然。本計畫即是針對臺北港擴建後港池振盪特性，利用數值模式進行研究分析，以提供臺北港後續作業的追蹤探討。本年度先針對臺北港第三期工程計畫之配置方案進行港池波浪振盪特性之數值計算分析與探討；未來再針對臺北港遠期計畫方案，進行相關研究探討。

第二章 臺北港自然條件和配置

為強化台灣全球運籌能力所興建的臺北港第 1 貨櫃儲運中心，已於 93 年 5 月 6 日動土興建。這座首次以 BOT 方式興建的貨櫃儲運中心，完工後將有助紓解業者因北櫃南運所需付出約美金 2 億元的陸運成本壓力，及吸引企業設立高附加價值國際物流中心。臺北港闢建於臺灣北端淡水河入海口西南岸，以觀音山為屏障，濱臨臺灣海峽，東距基隆港 34 浬，南距臺中港 87 浬，西距大陸福州港 134 浬，處於臺北縣八里訊塘村海濱，港區範圍南起瑞樹坑溪出海口之北岸，北至八里污水處理廠之南界，縱深約 1.6 公里，因此臺北港的海運航線相當便捷，發展商港之地理條件十分優越。臺北港地理位置圖如圖 1 所示。臺北港之第一期工程已於民國八十二年度下半年正式開工，並於民國八十六年度完工，第二期工程已在作業動工階段，第三期及遠期計畫亦在籌備中。臺北港為因應未來發展，現有港池擬加以擴建，延長現有防波堤使大型貨輪進泊，增加船公司調派大型貨輪停靠的意願。臺北港過去相關的研究中除了考慮港池穩靜之外，操船安全評估也都有列入考量。



圖 1 臺北港地理位置圖

2.1 自然條件

2.1.1 水文

計畫範圍經過紅水仙溪，該溪發緣起於林口，流經臺北縣，於八里鄉匯入臺灣海峽，其主流長 9.1 公里，流域面積 17.18 平方公里，河床平均坡度約 $1/45$ ，再現期 25 年一次之洪峰流量河口處約 300 立方公尺/秒。淡水河系位於臺灣北部，自桃園入海的大漢溪及基隆入海的基隆河改道流進臺北盆地，匯合形成淡水河流域。距今五千年前左右，原本一片汪洋的臺北盆地海水退去，陸地、沼澤、淡水河系自此成型。

流域內主要包括臺北市全部、臺北縣絕大部份和部份基隆市及桃園縣等行政區域，流域人口約為 6,340,000 人，為臺灣地區第二大河流。其發源地位於標高 3,529 公尺之品田山，共有大漢溪、新店溪、景美溪及基隆河等主要支流。大漢溪在江子翠會合新店溪後，成為淡水河本流。本流至關渡和基隆河匯流，下流至淡水鎮油車口附近，注入臺灣海峽。主流長度（包括本流及大漢溪）為 159 公里。流域面積達 2,726 平方公里，佔全臺灣地區的 7.6%，平均坡降約四十五分之一，38 年至 79 年歷年逕流量為 7,043.97 百萬立方公尺，年平均雨量約 3,001.2 公厘。淡水河系流域位於亞熱帶氣候區，冬季盛行東北季風，因受大陸冷氣團影響，降雨甚多；夏季盛行西南季風，燠熱而多陣雨；颱風期間常降豪雨，易導致水災。根據淡水河流域內各雨量站之月雨量分配而言，全流域雨季(每年五至十月)與乾季(每年十一月至翌年四月)之雨量分配型態，僅基隆河與主流有別，基隆河月雨量分配頗為平均，雨季與乾季不甚明顯。

2.1.2 氣象

本計畫範圍位於淡水河口南岸，屬亞熱帶季風型氣候，冬季受東北季風影響，夏、秋兩季則常有颱風來襲。根據中央氣象局淡水測候

站民國 31 年起即進行長期觀測及本所於臺北港西北側海域進行海氣象觀測資料，經蒐集相關資料，並統計分析各項氣候參數如下所示：

1. 氣溫：

依據氣象局 1943 2005 年氣象年報，計畫地區年平均氣溫約 22 。月平均氣溫以七月最高，約 29 ；二月最低，約 15 。

2. 降雨：

根據氣象局 1943 2005 年資料統計分析，計畫地區年平均降雨量為 2,148 公厘，年總降雨日數為 169 日。平均月降雨量以九月之 225 公厘最高，十二月之 108 公厘最低；最大小時雨量 110 公厘（發生於民國 66 年 9 月 23 日）。

3. 風速風向：

根據臺北港海上觀測樁氣象觀測資料（觀測時間為民國 85 年至民國 95 年止），統計臺北港之風速風向結果可知：

季風：東北季風期間風速以 5m/s - 10m/s 之發生機率最高，約佔 42%；其次為 0 m/s - 5 m/s，約佔 39 %；大於 15 m/s 之風速佔 0.95 %，比例很低。風向以 ENE 方向之發生率最高，約佔 29%；其次為 NE 方

向，約佔 20 %。西南季風期間風速以 0m/s - 5m/s 之發生機率最高，約佔 66%；其次為 5m/s - 10 m/s，約佔 28 %；大於 15 m/s 之風速佔 1.13 %，比例也很小。風向以 S 方向之發生率最高，約佔 12%；其次為 WSW 方向，約佔 10 %。東北季風期間風速最常發生在 5m/s - 10m/s 間，大於西南季風期間最常發生風速 0m/s - 5m/s，而東北季風期間風向主要集中於 ENE 及 NE 方向，合計約佔 49%，西南季風期間風向則較為分散，但以 S 及 WSW 方向發生率較高。

颱風：依據中央氣象局資料，颱風期間風速以 5m/s - 10m/s 之發生機率最高，約佔 36%；其次為 10 m/s - 15 m/s，約佔 28 %；大於 15 m/s 之風速約佔 14 %。風向以 ENE 方向之發生率最高，約佔 14%；其次為 NE 方向，約佔 12 %；再次為 SW 方向，約佔 11 %。颱風期間和東北季風期間之風向主要來自 ENE 及 NE 方向，而西南季風期間之風向主要來自 S 方向。

2.1.3 海象

1. 潮汐：

根據民國 58 - 95 年淡水河口油車口潮位觀測記錄，可將各種潮汐水位換算為陸上系統及低潮系統值，統計臺北港各潮位如表 1-1 所示：

表 1 淡水油車河口各項潮位統計值

潮位名稱	臺北港築港高程系統	水利局中潮位系統
H.H.W.L.	+3.74m	+2.31m
M.H.W.L.	+2.48m	+1.05m
M.W.L.	+1.46m	+0.03m
M.L.W.L.	+0.55m	-0.88m
L.L.W.L.	-0.46m	-1.89m

註：臺北港築港高程系統=中潮位系統+1.43m。

另參考「基隆新港及淡水港調查規劃之淡水港規劃報告」，以該地區長期潮位觀測統計天文潮位調和分析，進行暴潮潮位出現機率分析，推估得 50 年迴歸期暴潮位為+3.82 M。

2.波浪：

根據臺北港海上觀測樁氣象觀測資料，統計臺北港之波浪特性可知：

季風：東北季風期間示性波高以介於 50 cm 100 cm 最多，約佔 32 %，其次為介於 0 cm 50 cm，約佔 23 %，再次為介於 100 cm 150 cm，約佔 20 %。週期主要分佈於 6sec 8sec，約佔 46%，其次分佈於 4sec 6sec，約佔 42%，再次分佈於 8sec 10sec，約佔 9%。西南季風期間示性波高以介於 0 cm 50 cm 最多，約佔 56 %，其次為介於 50 cm 100 cm，約佔 31 %，再次為介於 100 cm 150 cm，約佔 9 %。週期主要分佈於 4sec 6sec，約佔 66%，其次分佈於 6sec 8sec，約佔 20%。

由此可知，東北季風期間臺北港示性波高最常發生在 50 cm ~ 100 cm 間，大於西南季風期間最常發生之示性波高 0 cm ~ 50 cm，而東北季風期間波浪週期主要分佈於 6sec ~ 8sec，高於西南季風期間週期主要分佈範圍 4sec ~ 6sec。

颱風：民國 87 年 10 月之瑞伯颱風產生臺北港 85 年-95 年間之最大波高。其最大波高、相對週期各為 992.1cm、9.2sec；最大示性波高、相對週期各為 875.4cm、10.3sec。颱風期間示性波高以介於 150 cm ~ 200 cm 最多，約佔 23 %；其次為 100 cm ~ 150 cm，約佔 21 %；再次為 50 cm ~ 100 cm，約佔 16 %。週期主要分佈於 6sec ~ 8sec，約佔 57%；其次為 8sec ~ 10sec，約佔 22%；再次為 4sec ~ 6sec，約佔 17%。波向仍以來自 N 向最多，約佔 34%；其次來自 NNE 向，約佔 31%；再其次來自 NNW 向，約佔 10%。

颱風期間及東北季風期間波浪週期主要分佈於 6sec ~ 8sec。西南季風期間波浪週期主要分佈於 4sec ~ 6sec。颱風期間和東北季風期間之波向主要來自 N 及 NNE 方向，而西南季風期間之波向主要來自 WNW 方向。

3.海流：

根據臺北港海上觀測樁於-5m 水深處所觀測海流資料分析,可知臺北港海域海流以潮流為主,流速多在 0.8m/sec 以下,佔 98%,主要流向為 NE ENE、SW WSW 之往復運動。

2.2 臺北港配置

民國 88 年 9 月,交通部核定臺北港港區範圍涵蓋之總面積為 3,102 公頃,港區範圍約為基隆港五倍,港區用地全以填海造地方式取得。

臺北港第一期工程,自八十二年元月開工,為六年國建計畫重要建設,全部工程已於八十七年底完工,計完成南北防波堤、碼頭及新生地等,並自八十六年七月三十一日先期開放營運,至於第二、三期及遠期計畫配置圖如圖 2 所示。港區面積:陸域面積 1,038 公頃;水域面積 2,064 公頃;總面積 3,102 公頃。航道水深:CD-9 公尺。迴船池水深:CD-9 公尺。97 年 3 月前,航道及迴船池水深,將濬深至 CD-14.5 公尺。

至於臺北港各分期開發計畫如下:

(一) 第一期工程計畫:民國 82 年開工,87 年 12 月完成。

(二) 外廓防波堤興建工程計畫:86 年開工,91 年 8 月完成。

(三) 第二期工程計畫：民國 86 年至 100 年止，分三個五年計畫執行。

(四) 第三期工程計畫：預定民國 101 年至 110 年止，本計畫完成後共有碼頭 46 座（營運碼頭 35 座，港勤公務碼頭 11 座），水域面積 2,675 公頃，陸域面積 427 公頃。

(五) 遠期發展計畫：民國 111 年以後，將視未來海運發展需求、經營環境、民間投資意願等通盤檢討修訂。



圖 2 臺北港發展各期配置圖

本研究利用臺北港各期配置數位資料，畫出地理位置圖，分別如圖 3~圖 6 所示。圖 3 為臺北港現況配置圖，圖 4 為臺北港第二期規劃配置圖，圖 5 為臺北港第三期規劃配置圖，圖 6 為臺北港遠期規劃配置圖。利用圖 3~圖 6 的結果，可以提供給港池振盪數值模式藉以圈劃出數值計算所需要的領域範圍。

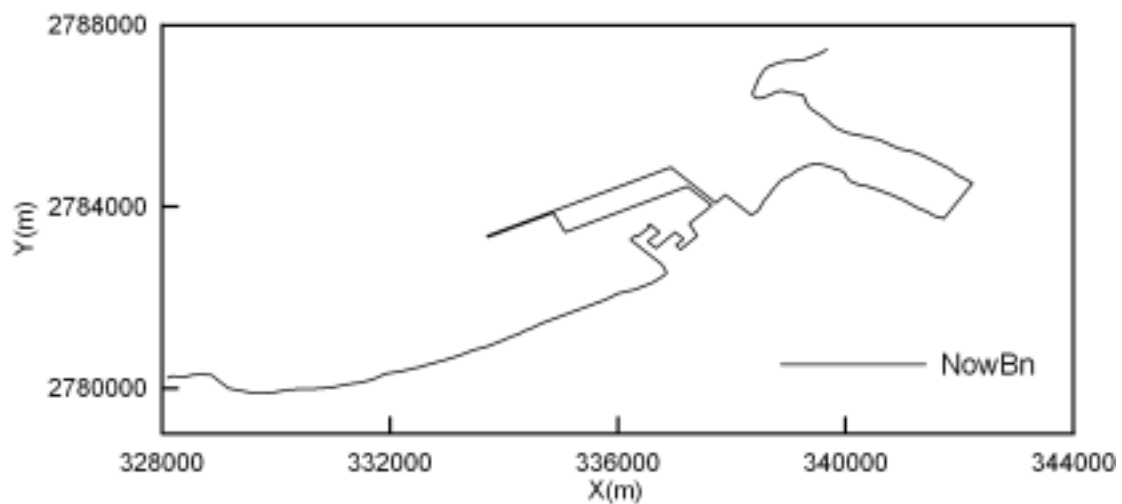


圖 3 臺北港現況配置圖

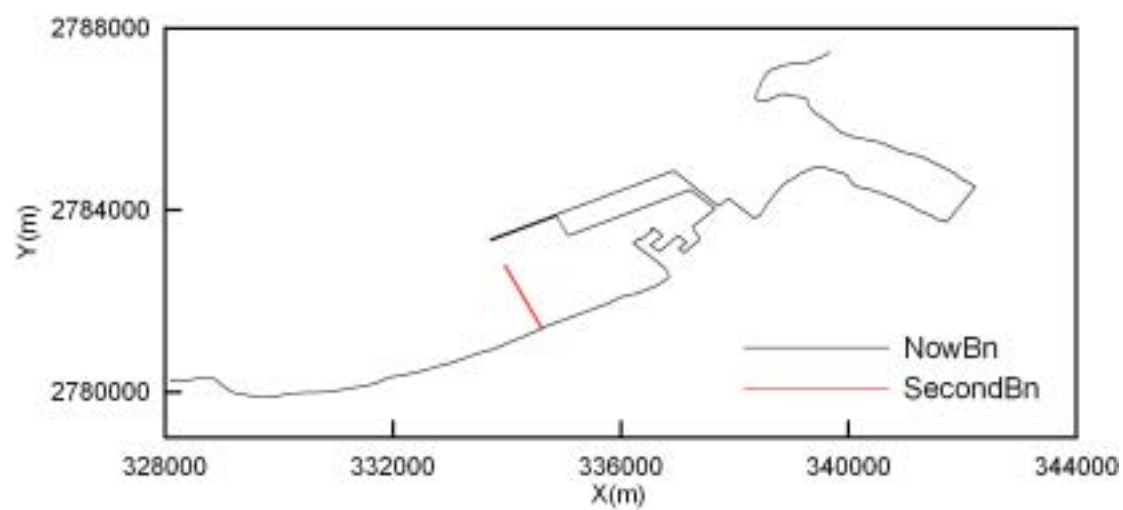


圖 4 臺北港第二期規劃配置圖

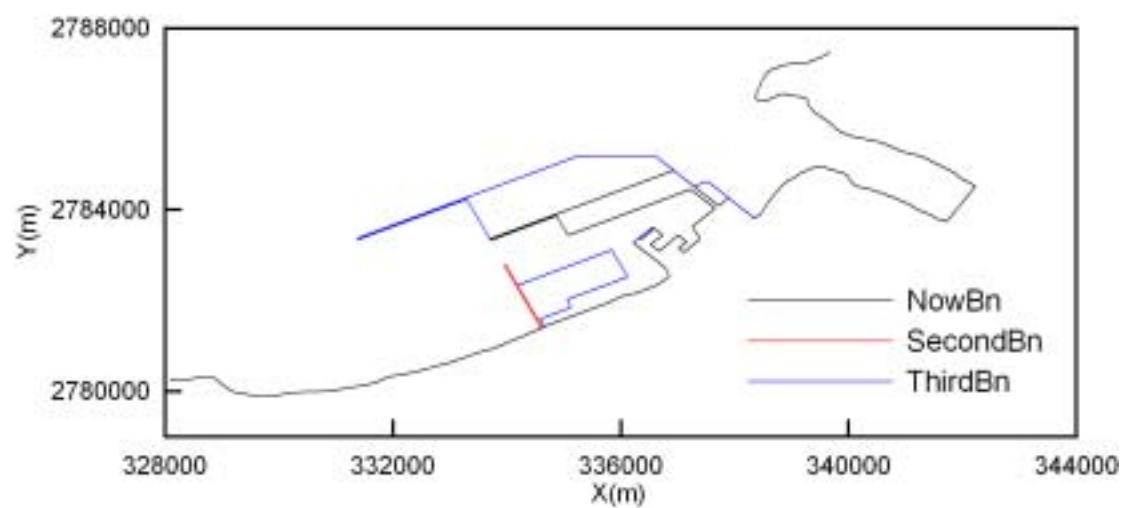


圖 5 臺北港第三期規劃配置圖

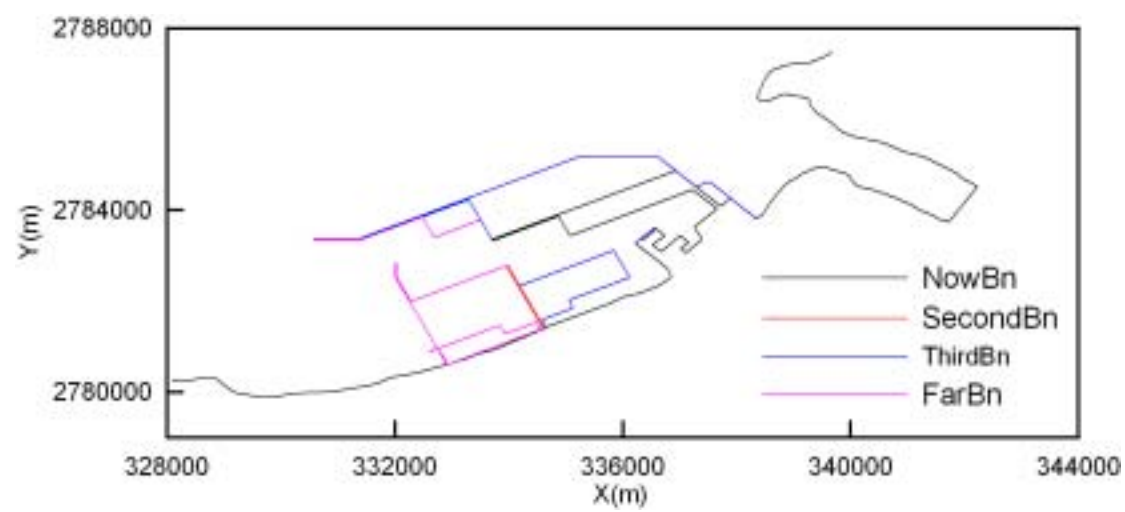


圖 6 臺北港遠期規劃配置圖

第三章 港池振盪數值模式

港池振盪計算主要目的是希望了解入射波浪進入已知港池後，港池內外波浪分佈的情形。波浪在固定幾何形狀港域內之運動，有其一定的振動頻率，如果入射波浪的頻率接近港池的自然頻率，則可能引起所謂的共振問題，引起港域內較大的水位運動。此種較大的水位運動，對於停泊於港域內的船隻以及工作船都有不利的影響。而由於港池一般都是按照當地地形而興建在形狀上都不為規則形狀，因此目前在計算上都利用數值方法如有限元素法或邊界元素法等等數值模式作計算分析。

3.1 港池振盪數值模式

對於港池振盪數值計算一般都由等水深港池的計算入門，這一方面的問題最簡化，而數值計算的概念卻都已經涵蓋在內。數值方法計算等水深港池振盪，一般應有使用有限差分法、有限元素法、以及邊界元素法。而就處理任意幾何形狀的港池而言，後兩者有其方法上先天的優點。而就所發展電腦程式的大小而言，第三者更有其輕薄短小的優點。由於本計畫主要為利用邊界元素法做計算，同時考慮港域水深

為等水深，因此，以下敘述邊界元素法數值模式。而有關邊界元素法數值模式的理論架構 Lee (1969, 1971)和 Lee and Raichlen (1972)使用邊界元素法求解港池振盪問題。藉由 Helmholtz 方程式基本解的使用，配合元素的概念作計算求解。由於所使用基本解已經滿足開放邊界的邊界條件，配合邊界元素法的使用，讓整個問題的計算變得相當簡單。本研究以邊界元素法理論基礎並在全反射的邊界條件上改良為部分反射的邊界條件，使計算模擬結果可作為臺北港港池振盪之相關的參考。

在港池振盪問題計算中，常常遇到的問題為港池地形可能不為等水深，或者港外海域不為等水深。在不等水深海域波浪問題數值模式的計算 Berkhoff (1972)提出所謂緩坡方程式(mild slope equation)之有限元素法計算。Chen and Mei (1974) 即利用這個概念，問題領域內不等水深部份利用有限元素法模擬，而港外海域較遠處視為等水深部份利用邊界元素法模擬作計算，這樣的組合稱為 hybrid element method。

Chen (1986) and Tsay, Zhu and Liu(1989) 在港池振盪計算中則引入海底摩擦效應、岸壁部份反射以及碎波能量損失的效應等等。陳和蔡(1990)在模式的邊界條件上引入所謂局部之輻射邊界條件希望取代過去使用的無限領域之邊界條件。周和林(1986)，周、韓和朱(1992)應用邊界元素法計算港池振盪問題，其所使用的方式則已經延伸到三維的問題

上，控制方程式為 Laplace 方程式。Chwang, Ou and Su (1990)則引用 Lee (1969)之方法並把透水性邊界的特性加入模式中，探討透水性邊界對於港池振盪的影響以及有效應用降低或減輕港池振盪的問題。蘇、蔡和歐(1991)應用所謂局部型式輻射邊界條件在港池振盪的計算中，並探討其對於計算結果的影響。以上文獻僅僅列出一些，國內使用來計算研究計畫仍有相當多。

本研究所使用邊界元素法模式理論基礎則在以下敘述。所考慮的問題為，平直海岸線上有一任意形狀港池，港池為單一開口向外海，外海也考慮等水深海域。當任意角度入射波進入所考慮問題領域，則希望能模擬港池內外波浪分佈的情形。在求解方法上，問題領域分成第(I)區的外海，以及第(II)區的港池，如圖 7 所示。

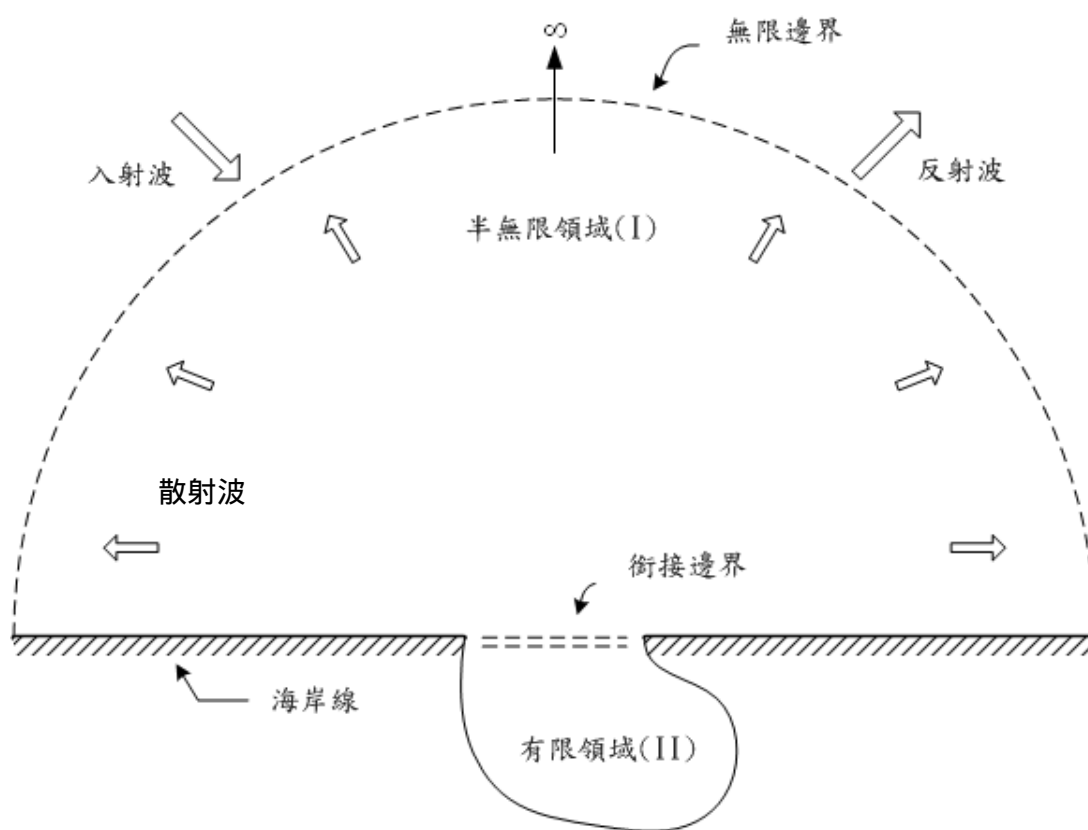


圖 7 等水深港池振盪數值模擬示意圖

問題中的波浪勢函數和水位均表示如下

$$\Phi = \frac{1}{-i\omega} \frac{A_i g \cosh K(z+h)}{\cosh Kh} f(x, y) e^{-i\omega t} \dots\dots\dots(3-1)$$

$$\eta = A_i \cdot f(x, y) \cdot e^{-i\omega t} \dots\dots\dots(3-2)$$

式中 A_i 為入射波浪的振幅， g 為重力常數， ω 為波浪角頻率， K 為波浪周波數，表示式中和平面座標相關的為 $f(x, y)$ ，以下將以此函數描述所要求解的問題。由於所考慮的問題為等水深，因此控制方程式可以表出為 Helmholtz 方程式

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + k^2 f = 0 \quad \dots\dots\dots(3-3)$$

第(I)區含入射波 f_i , 反射波 f_r , 及受到港口影響產生之散射波 f_s , 而所求解的為 f_i 。第(II)區內要求的則為港內之波浪 f_2 。所需邊界條件, 就第(I)區而言, 除港池開口之銜接條件外, 在平直海岸上

$$\frac{\partial f_i}{\partial n} = 0 \quad \dots\dots\dots(3-4)$$

代入 $f_i = f_i + f_r + f_s$, 配合全反射波條件

$$\frac{\partial (f_i + f_r)}{\partial n} = 0 \quad \dots\dots\dots(3-5)$$

則得

$$\frac{\partial f_s}{\partial n} = 0 \quad \dots\dots\dots(3-6)$$

另外, 散射波為離開港口往外海輻射出去, 需符合所謂的 Sommerfeld 輻射條件。

至於第(II)區則控制方程式, 同為 Helmholtz 方程式, 邊界條件除港口之銜接條件外, 則為港池邊界條件。若港池皆為全反射, 則 $C_r = 0$

$$\frac{\partial f_2}{\partial n} = -iC_r K f \quad \dots\dots\dots(3-7)$$

而港口之銜接條件為速度連續及壓力連續可寫出為

$$\frac{\partial (f_i + f_r + f_s)}{\partial n} = \frac{\partial f_2}{\partial n} \quad \dots\dots\dots(3-8)$$

$$f_i + f_r + f_s = f_2 \dots\dots\dots(3-9)$$

以上所列出的為最簡單的情形，實用上各種不同的邊界條件皆可加入數值模式中。

利用邊界元素法求解上述的邊界值問題，基本上這是含有兩個區域的問題，可分別針對各個領域分別列出邊界元素方程式，然後再藉由銜接邊界條件把兩個領域的方程式連接起來。由控制方程式導出邊界積分式，配合使用 Helmholtz 方程式之 Weber 基本解，則第()區港內邊界值問題之邊界積分方程式可寫為

$$f_2^i = -\frac{i}{2} \int_s \left(f_2 \cdot \frac{\partial H_0^{(1)}}{\partial n} - H_0^{(1)} \cdot \frac{\partial f_2}{\partial n} \right) ds \dots\dots\dots(3-10)$$

式中上標 i 表示 source point， $H_0^{(1)}$ 為零階第一種類之 Hankel 函數其為 Helmholtz 方程式之基本解 (fundamental solution)。使用元素的概念，把邊界分成若干元素，同時上述式子 source point f_2^t 計算在各元素上，則可得矩陣式

$$[H]\{f_2\} = [G]\left\{\frac{\partial f_2}{\partial n}\right\} \dots\dots\dots(3-11)$$

式中 $[H]$ 和 $[G]$ 分別為係數矩陣。值得留意的若引入港池邊界之條件，則

$$\left\{ \frac{\partial f_2}{\partial n} \right\}_{N \times 1} = [U_m]_{N \times L} \{C\}_{L \times 1} \dots\dots\dots(3-12)$$

C 表示港口處分成 L 個元素之 $\frac{\partial f_2}{\partial n}$ 值。由此，則

$$\begin{aligned} \{f_2\} &= [H]^{-1} [G] \left\{ \frac{\partial f_2}{\partial n} \right\} \\ &= [H]^{-1} \cdot [G] \cdot [U_m] \cdot \{C\} \\ &= [M] \cdot \{C\} \dots\dots\dots(3-13) \end{aligned}$$

就第()區而言，所要求解之散射波浪其邊界積分式可表示為

$$f_s^i = -\frac{i}{2} \int_s \left(f_s \cdot \frac{\partial H_0^{(1)}}{\partial n} - H_0^{(1)} \frac{\partial f_s}{\partial n} \right) ds \dots\dots\dots(3-14)$$

此時需注意的，積分邊界除港池開口，平直海岸外，亦會有一無限遠之假想邊界。在無限遠之假想邊界上繞射波 f_s 趨近於零，同時 $H_0^{(1)}$ 亦趨近於零。在平直海岸線上，

$$\frac{\partial f_s}{\partial n} = 0 \dots\dots\dots(3-15)$$

且

$$\frac{\partial H_0^{(1)}}{\partial n} = \frac{\partial H_0^{(1)}}{\partial r} \frac{\partial r}{\partial n} = 0 \dots\dots\dots(3-16)$$

因為 $\bar{r}$ 方向和 $\bar{n}$ 方向互相垂直。又在港口邊界

$$\frac{\partial H_0^{(1)}}{\partial n} = 0 \quad \dots\dots\dots(3-17)$$

因此，上述邊界積分式(3-14)可化簡為只剩港口邊界之積分式

$$f_s^i = \frac{i}{2} \int_{\overline{AB}} H_0^{(1)} \cdot \frac{\partial f_2}{\partial n} ds \quad \dots\dots\dots(3-18)$$

上式中 $\overline{AB}$ 表港口開口。在港池開口

$$\frac{\partial f_s}{\partial n} = -\frac{\partial f_2}{\partial n} \quad \dots\dots\dots(3-19)$$

則式子(3-18)可改寫為

$$f_s^i = -\frac{i}{2} \int_{\overline{AB}} H_0^{(1)} \cdot \frac{\partial f_2}{\partial n} ds \quad \dots\dots\dots(3-20)$$

引進前述港口邊界所使用元素之概念，上式可寫出矩陣式

$$\{f_s\}_{L \times 1} = [B]_{L \times L} \{C\}_{L \times 1} \quad \dots\dots\dots(3-21)$$

由第()區之定義 $f_I = f_t + f_r + f_s$ ，則式子(3-21)可寫成

$$\{f_I\} - \{f_t + f_r\} = [B]_{L \times L} \{C\}_{L \times 1} \quad \dots\dots\dots(3-22)$$

再利用港口處壓力連續之條件， $f_I = f_2$ ，則式子(3-22)可寫出矩陣式

$$[M] \cdot \{C\} = [B] \cdot \{C\} + \{f_t + f_r\} \quad \dots\dots\dots(3-23)$$

由移項整理可得

$$\{C\} = ([M] - [B])^{-1} \{f_i + f_r\} \dots\dots\dots(3-24)$$

由上式入射波 f_i 已知，反射波 f_r 由全反射計算出，另由邊界元素法算出係數矩陣 $[M]$ 和 $[B]$ ，則港口邊界上各元素位置之 $C \equiv \frac{\partial f_2}{\partial n}$ 即可計算。而由此，則港池邊界上的 f_2 值即可算出，另外平直海岸之 f_s 值亦可計算出來。

至此，港池內任意位置之函數值亦可算出

$$f_2 = -\frac{i}{4} \int_s \left(f_2 \cdot \frac{\partial H_0^{(1)}}{\partial n} - H_0^{(1)} \frac{\partial f_2}{\partial n} \right) ds \dots\dots\dots(3-25)$$

而波浪的放大因子 (amplification factor)可表出為

$$R = \frac{|\eta_2|}{|A_i(f_i + f_r)e^{-i\omega t}|} = \frac{|A_i f_2 e^{-i\omega t}|}{|A_i(f_i + f_r)e^{-i\omega t}|} = \frac{|f_2|}{|f_i + f_r|} \dots\dots\dots(3-26)$$

式中分母為入射波加上反射波，即以全反射波浪之振幅作為參考值表出港內波浪之變化。而港內和港外之波浪分佈情形皆可算出。至此，則對於利用邊界元素法計算等水深港池振盪問題的描述也告一段落。

以上為描述使用 Weber 基本解，配合邊界元素法，計算等水深港池振盪問題之主要架構，至於其他相關之計算，如元素之選擇以及元

素之積分計算，Hankel 函數之計算等等，可參考 Lee(1969)或其他邊界元素法之參考書籍。

3.2 港池振盪模式測試計算

利用邊界元素法港池振盪數值模式計算相關問題，首先的工作便是進行模式的測試工作，對於港池振盪計算典型的測試計算例子，就是等水深港池，港池長 0.3112m 寬 0.0605m，水深 0.1225m，至於計算比較的位置則在港池底端中間點的位置，如圖 8 中 D 點的位置。圖 8 同時顯示邊界元素法模式計算矩形港池振盪所使用的線性元素格網圖，圖中線性元素之邊長為 0.01m，元素總數為 74 以及節點數為 75。

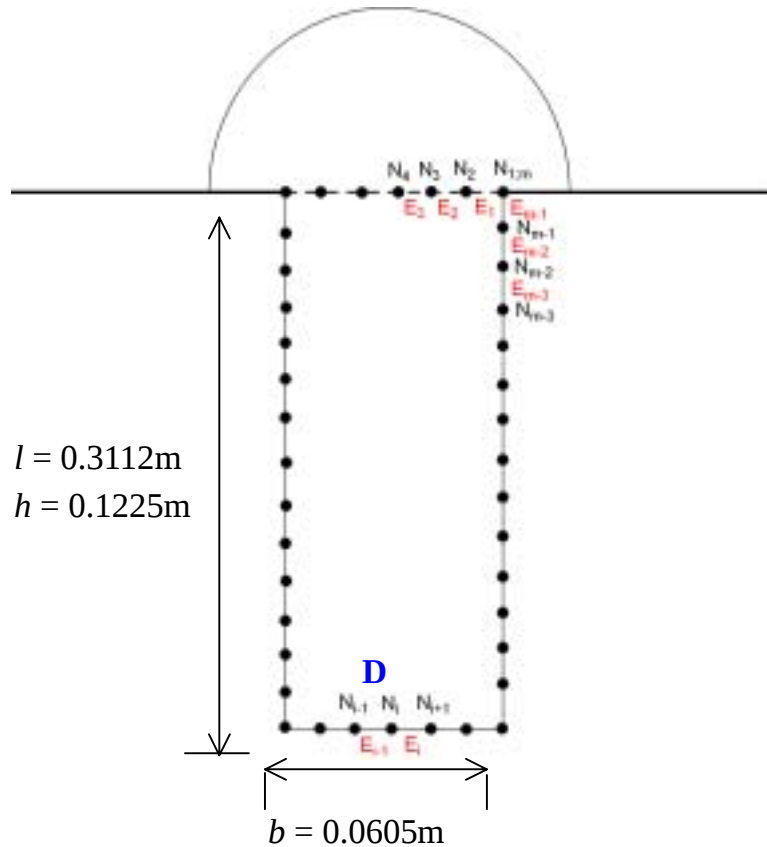


圖 8 矩形等水深港池振盪有限元素格網圖

至於港池振盪計算結果則以矩形港池底端中間點位置的波高放大因子來表示，計算結果的比較包括 Lee(1969)的邊界元素法計算結果和其所做的試驗結果，以及其所引用 Ippen and Goda(1963)的試驗結果，圖中也包括 Tsai and Liu (1969)計算過的有限元素法模式計算結果，由比較結果顯示，相同的數值方法模式計算結果都有很好的一致性，但是邊界元素法和有限元素法數值結果並無法完全一致，其原因仍然有待進一步確認。而數值計算結果和試驗的比較結果也有些差異，特別是在共振頻率位置更為明顯。

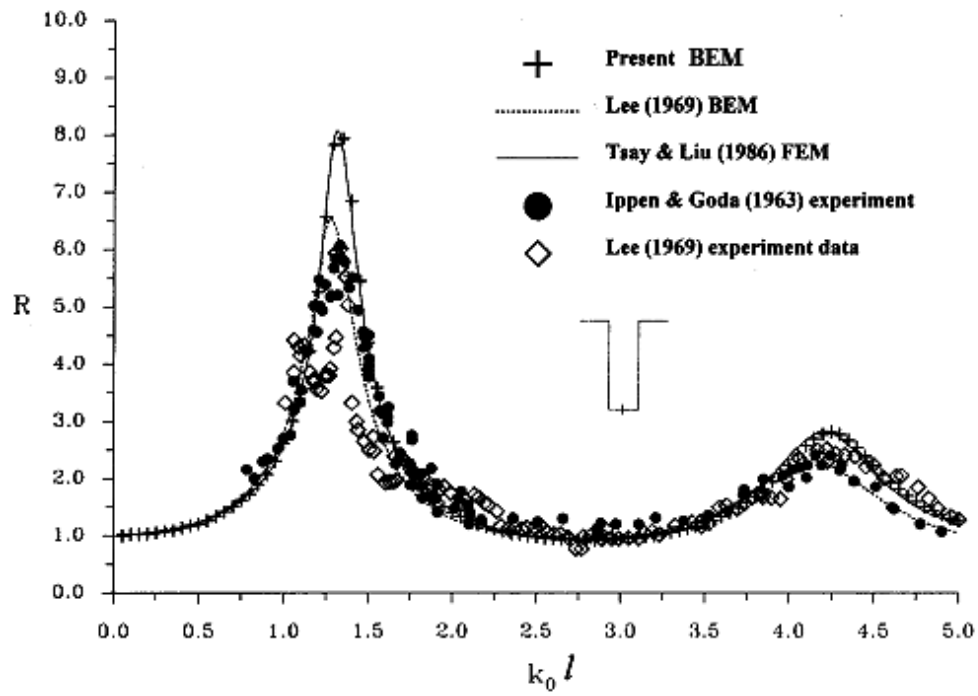


圖 9 矩形港池底端中間點波高放大因子圖

第四章 臺北港港池振盪計算

藉由臺北港各期發展港池配置情形，本研究利用數位資料畫出臺北港第三期規劃配置圖，如圖 5 所示。配合港池振盪邊界元素法數值模式的理論計算架構，對於臺北港第三期港池振盪計算所要使用的計算領域圖，如圖 10 所示，圖形中包含一個半圓形區域與港區內部區域，此半圓形區域為半無限領域(I)包含半圓形的輻射邊界與全反射的海岸線和銜接邊界，在此區域為入射波、反射波與繞射波作用的區域，港區內部區域為有限領域(II)包含部分反射的港區、全反射的港區與銜接邊界。在邊界元素法數值模式中，在入射波已知的條件下透過銜接邊界直接對港區內部進行計算，而港區內部的邊界條件，如圖 11 所示，包含銜接邊界之壓力連續與速度連續邊界條件，和部分反射之邊界條件與全反射之邊界條件。由繪製完成之各邊界條件的二分帶座標，即可開始建立計算所需的網格，在港池振盪之邊界元素數值模式中，本研究以線性元素來計算，因此元素與結點的編號由銜接邊界開始逆時針依序編號，如圖 13 所示，在本研究中為了配合計算上所需波浪場之解析度，且在電腦可容許之最高運算容量上，採用兩種網格的計算，包含元素為 10m 的長度與 6m 的長度，10m 的元素在臺北港第三期的計算上為 3749 個元素，而 6m 的元素在臺北港第三期的計算上為 6265

個元素，透過模式的計算得到待求解的未知數後，則再進行內部點的運算，在本研究中內部點分成 6m 與 3m 格距來計算，其中 6m 為計算整個港區內部，而 3m 則是僅計算碼頭的區域，因此 6m 的格距可以得到 646405 個內部點，而 3m 的格距則可以得到 484989 個內部點

關於臺北港第三期港池震盪計算結果，本研究的計算條件如表 2 所示，首先在入射波 $T = 20 \text{ sec}$ 為例說明，假設港區碼頭為全反射且反射係數為 1.0 與港區岸線為部分反射且反射係數均為 0.9，考慮波浪入射分別從 WNW、N 與 NNW 方向入射，模擬結果如圖 13、圖 14 與圖 15 所示。圖中所示為波浪放大因子 R 之分佈情形，經由放大因子 R 之分佈情形可以瞭解波浪從不同波向入射時對於港內水域之影響以及波高可能放大之區域。由圖 13、圖 14 與圖 15 之比較可知，入射波 WNW 方向與 N 方向和 NNE 方向所導致臺北港第三期港區碼頭以及港區開口處附近之波浪場有所不同，在 N 方向與 NNE 方向的波浪入侵直接前進到港區岸線，進入港區碼頭的波浪較少，因此在港區碼頭並沒有發生重複波，而 WNW 方向波浪入侵則部分波浪偏右垂直港區岸線前進，部分波浪偏右進入港區碼頭，使港區碼頭發生些許的重複波，計算結果顯示臺北港港區配置對於 N 方向與 NNE 方向之入射波浪具有良好的遮蔽效應，對於 WNW 方向之入射波其遮蔽效應較差。基本上，由本

研究所選取之計算領域，港池震盪計算結果除了可以顯示港區碼頭受到防波堤遮蔽之情形外，港區岸線之波浪場的模擬結果則充分表現出包含結構物之繞射、反射以及港區岸線所產生的部分反射之效應，此外，本研究所選取的計算領域可以模擬在東北季風、西南季風與颱風作用下臺北港第三期港區現場之波浪分佈情形。

表 2 臺北港第三期港池振盪計算條件表列

台北港第三期港池振盪計算條件							
波向 條件	Kh	T(sec) [平面波場計算之週期, h=10m]					
WNW	0.1~5	20 (Kh=0.32)	9.8 (Kh=0.7)	5.4 (Kh=1.6)	4.1 (Kh=2.4)	3.6 (Kh=3.3)	3.2 (Kh=3.9)
N	0.1~5	20					
NNE	0.1~5	20					

本文港池振盪計算臺北港第三期港池共振之特性，考慮波浪入射方向為 WNW，假設港區碼頭岸壁邊界之反射係數為 1.0(即全反射之情況)以及港區岸線 α 之反射係數為 0.9 與港區岸線 β 之反射係數為 0.8 之情況下，模擬各種入射波之 Kh (0.1 ~ 4.0)對於臺北港第三期港池振盪之影響。同時選取 25 處碼頭，如圖 16 所示，分別為北碼頭 N1~N9、東碼頭 E1~E8 與南碼頭 S1~S8 之附近波浪計算結果作為檢核點，計算結果如圖 17~圖 23 所示，圖中所示之曲線代表波浪放大因子 R 與入射

波之 Kh 的關係，結果顯示在北碼頭靠近港區開口處之波浪放大因子 R 變化曲線出現較多之峰值，顯示臺北港第三期碼頭 N7、N8 與 N9 較不受港區遮蔽的保護容易發生共振，且北碼頭 N4 與 N5 於 $Kh=4.95$ 會發生最大的峰值，計算結果顯示在東碼頭均不發生共振，顯示臺北港於東碼頭的遮蔽效應最好，在南碼頭的計算上，南碼頭 S4 與 S5 於 $Kh=3.9$ 會發生共振，顯示南碼頭的遮蔽效應良好，將上述的計算結果整理成臺北港第三期各碼頭之港池共振 Kh 統計表，如表 3 所示，隨著港區內部的遮蔽效應，東碼頭的遮蔽效應為最佳，其次為南碼頭，最後則為北碼頭，越靠近港區開口端的碼頭越容易受到港池共振的影響。

透過共振週期的計算統計，本研究針對 5 個不同共振週期 ($T=9.8\text{sec}$ ， $T=5.4\text{sec}$ ， $T=4.1\text{sec}$ ， $T=3.6\text{sec}$ 與 $T=3.2\text{sec}$) 進行平面波浪場的計算模擬，如圖 24~圖 28 所示，由計算的結果顯示波浪繞射進入臺北港第三期港區碼頭之分佈情形，其中於 $T=3.6\text{sec}$ 的波浪分佈對於東碼頭與南碼頭有較顯著的影響。

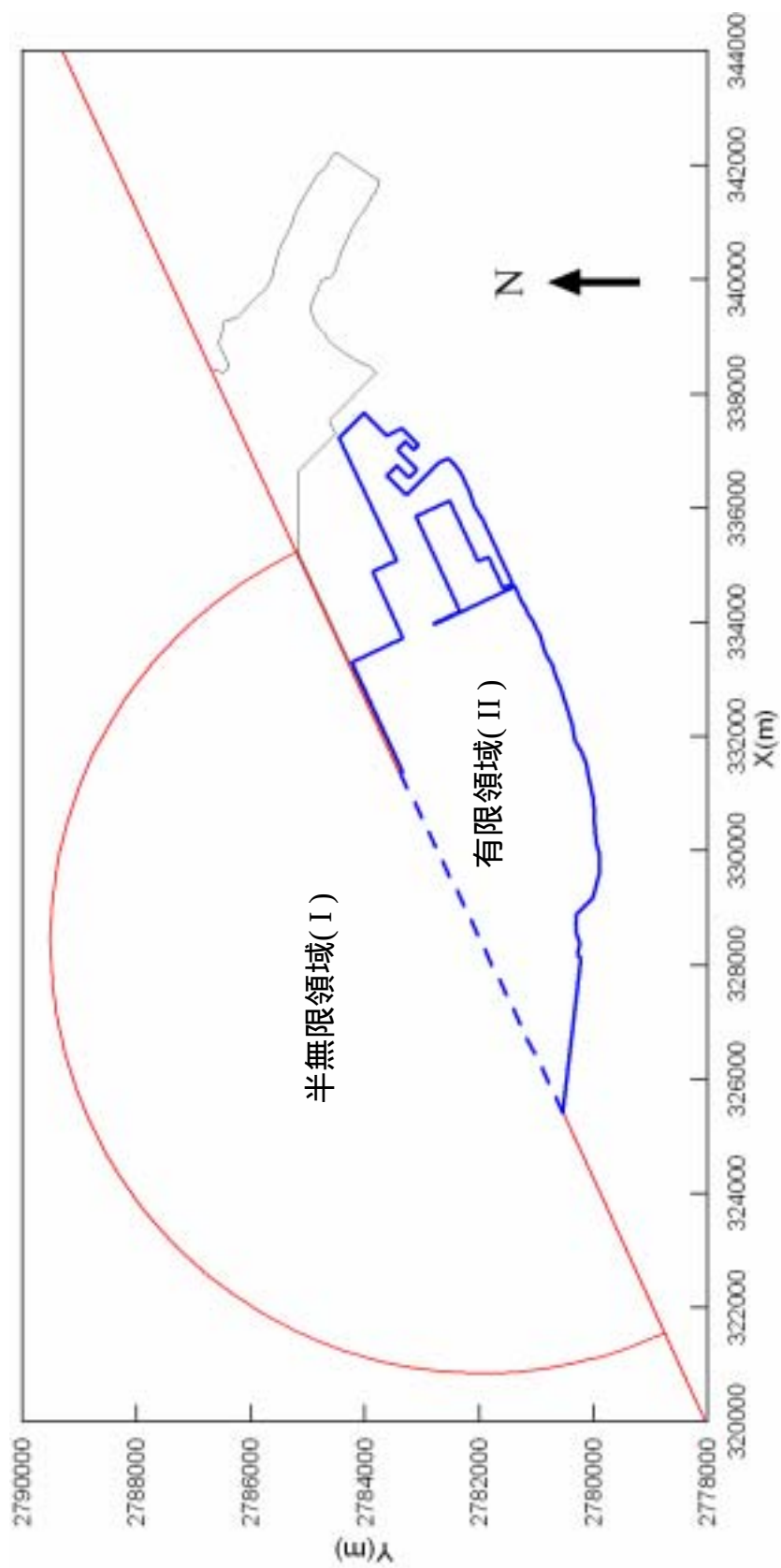


圖 10 臺北港第三期港池振盪數值模擬示意圖

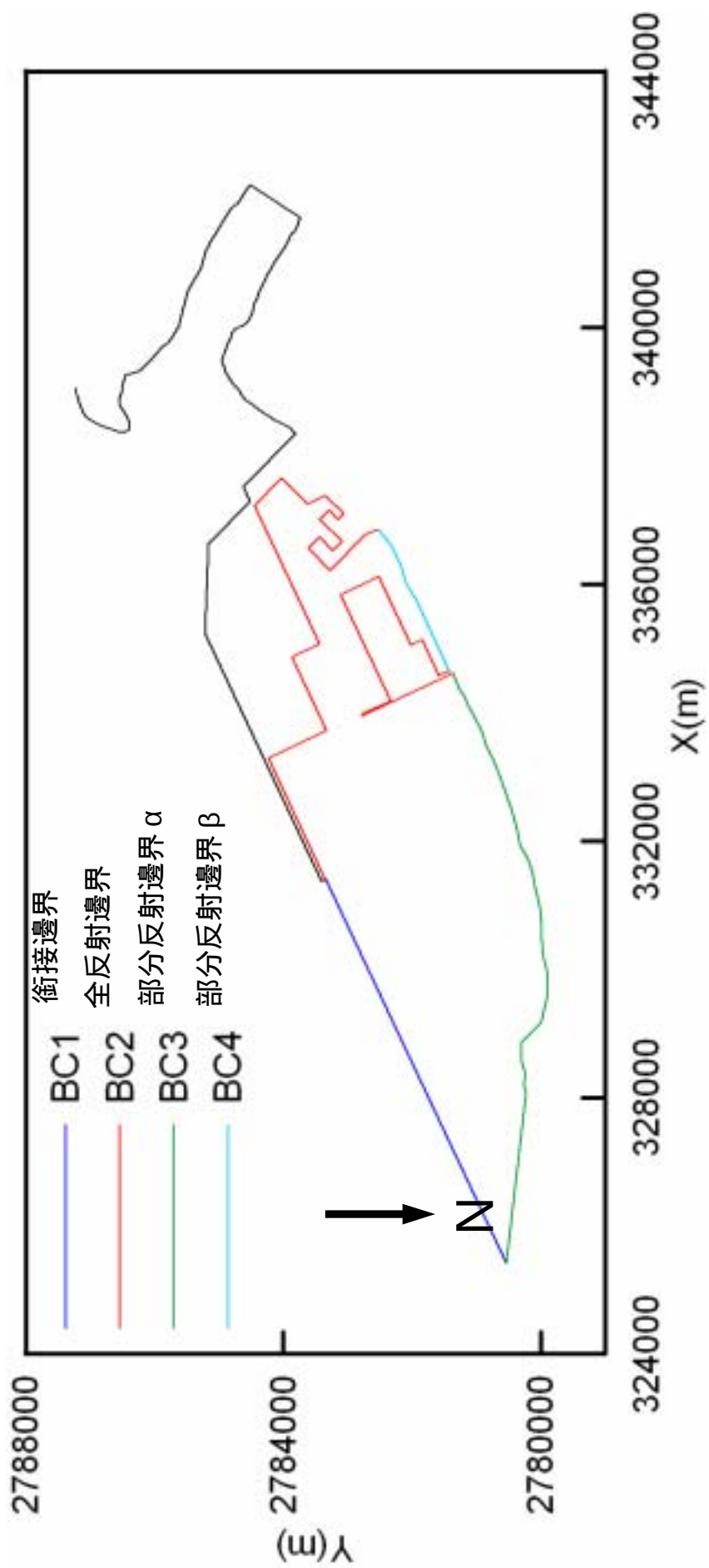


圖 11 臺北港第三期港池振盪數值模式之邊界條件示意圖

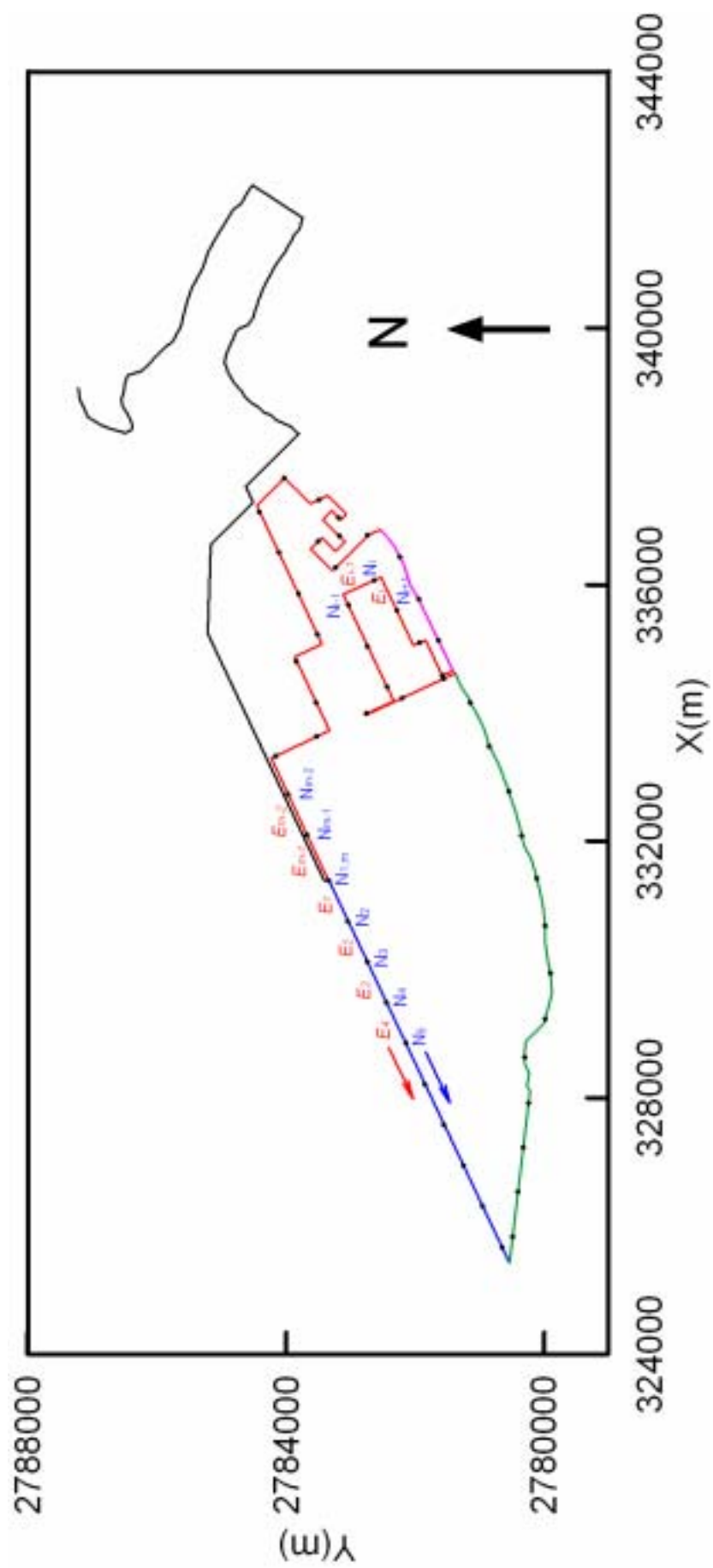


圖 12 臺北港第三期港池振盪數值模式之計算網格示意圖

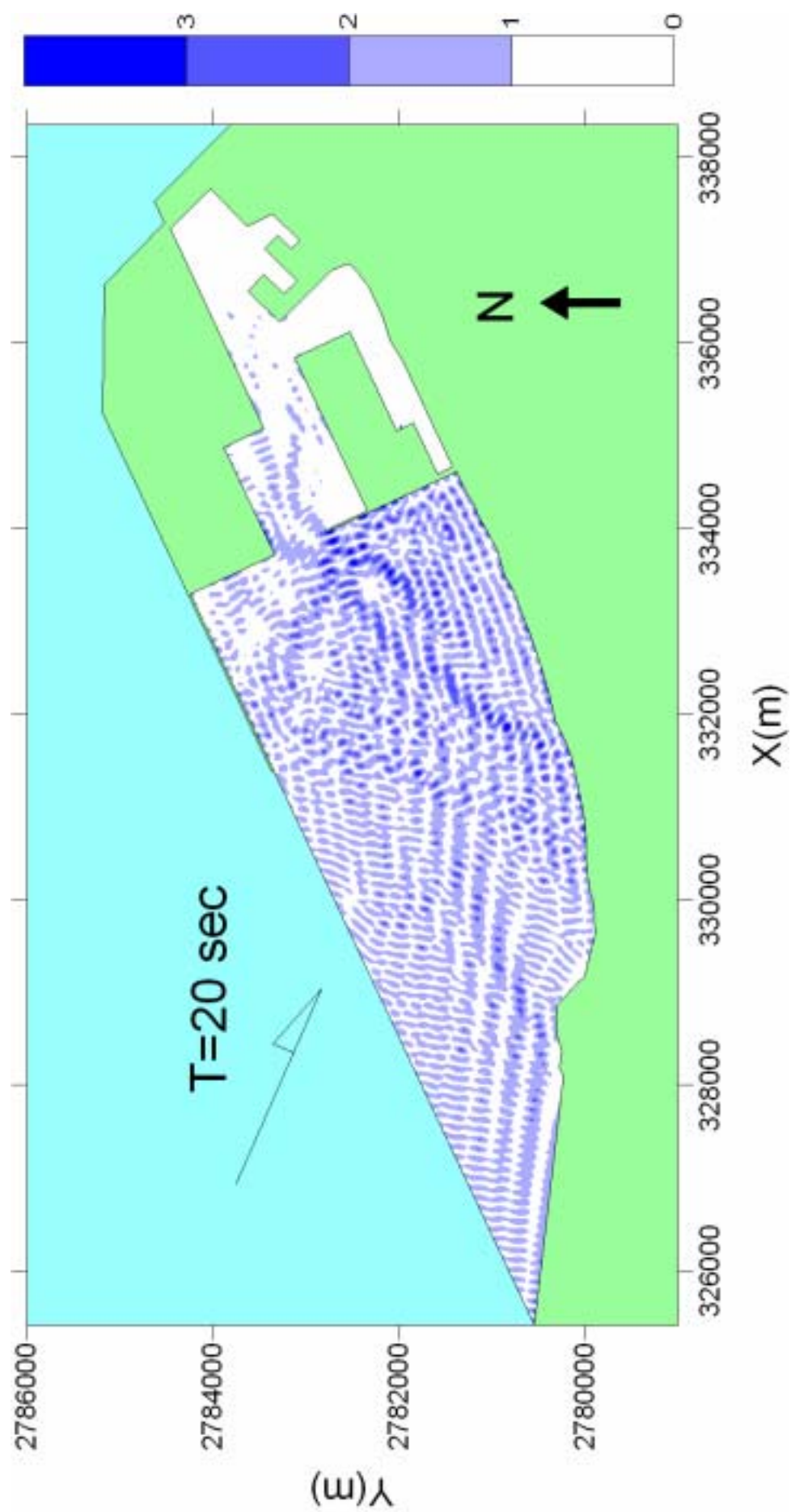


圖 13 入射波波向 WNW 作用下臺北港第三期港池振盪計算模擬結果

(碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

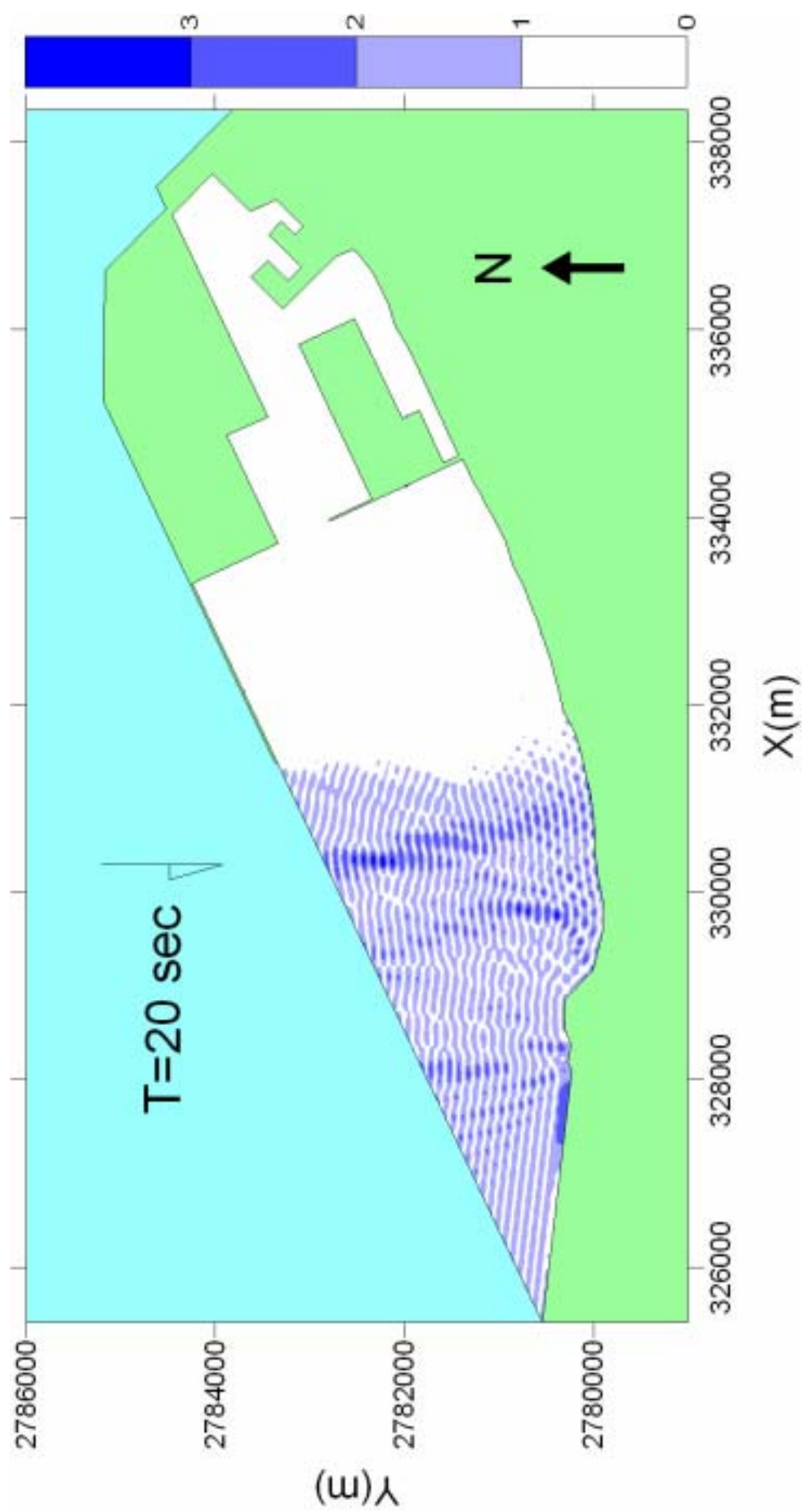


圖 14 入射波波向 N 作用下臺北港第三期港池振盪計算模擬結果

(碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

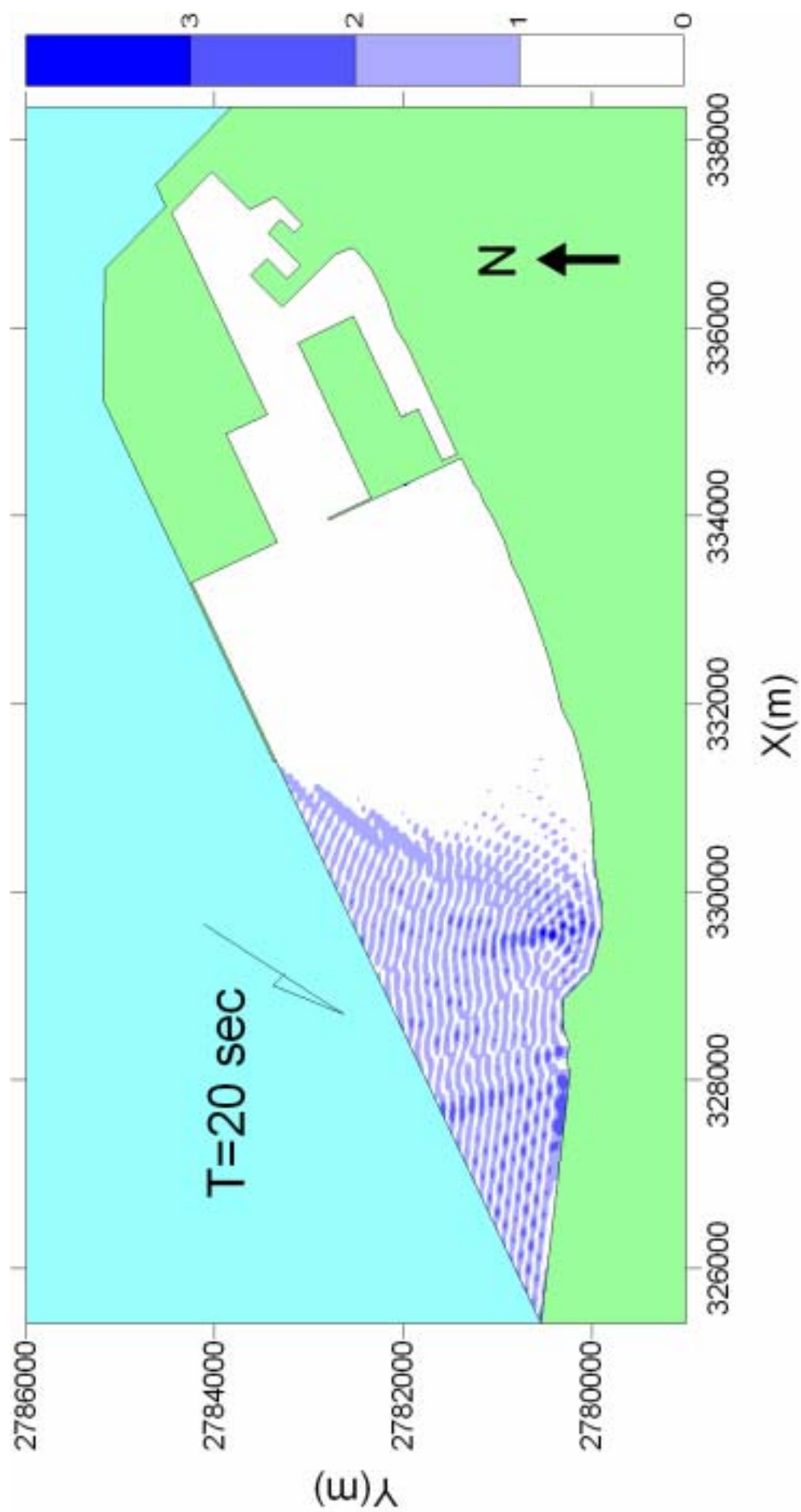


圖 15 入射波波向 NNE 作用下臺北港第三期港池振盪計算模擬結果
(碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

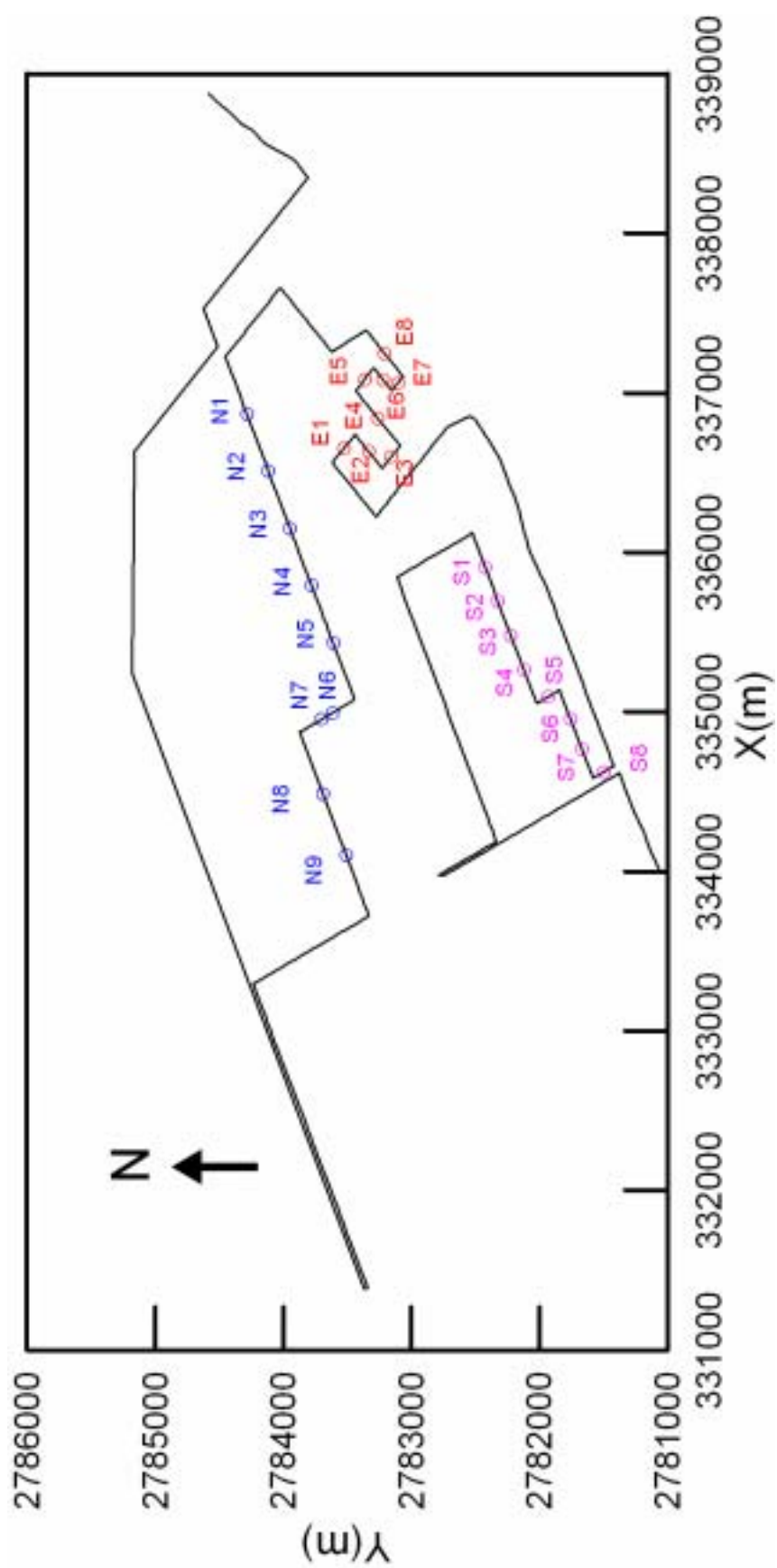


圖 16 臺北港碼頭編號示意圖

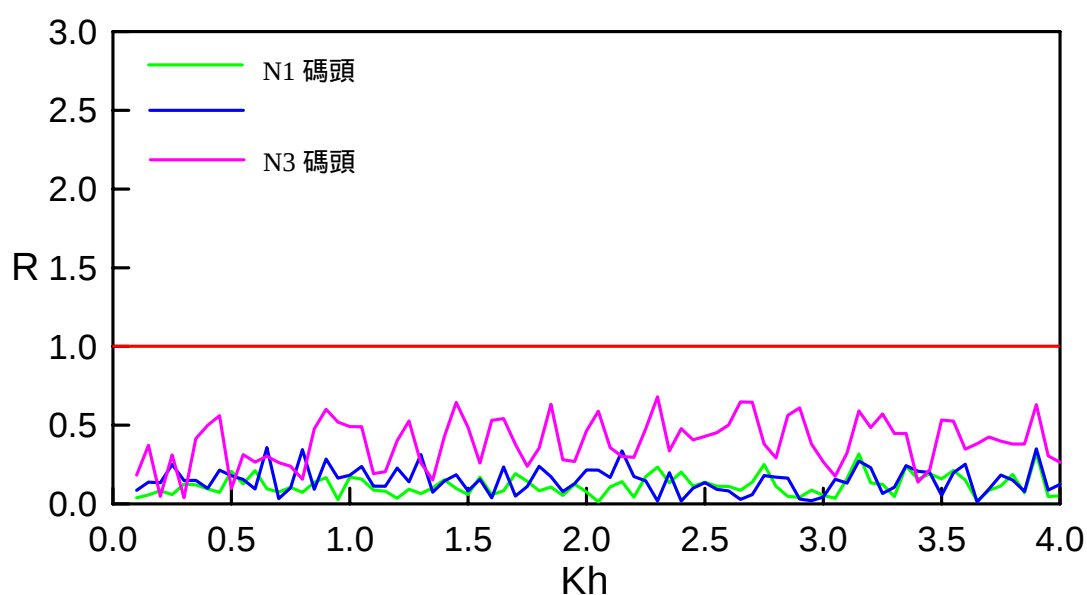


圖 17 臺北港 N1~N3 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
 (入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

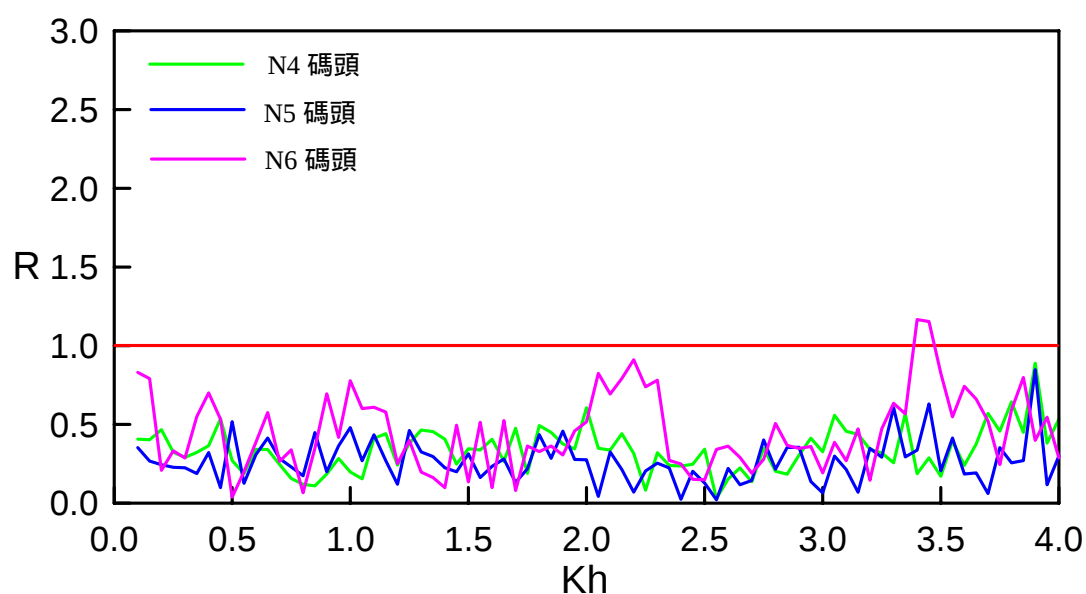


圖 18 臺北港 N4~N6 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
 (入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

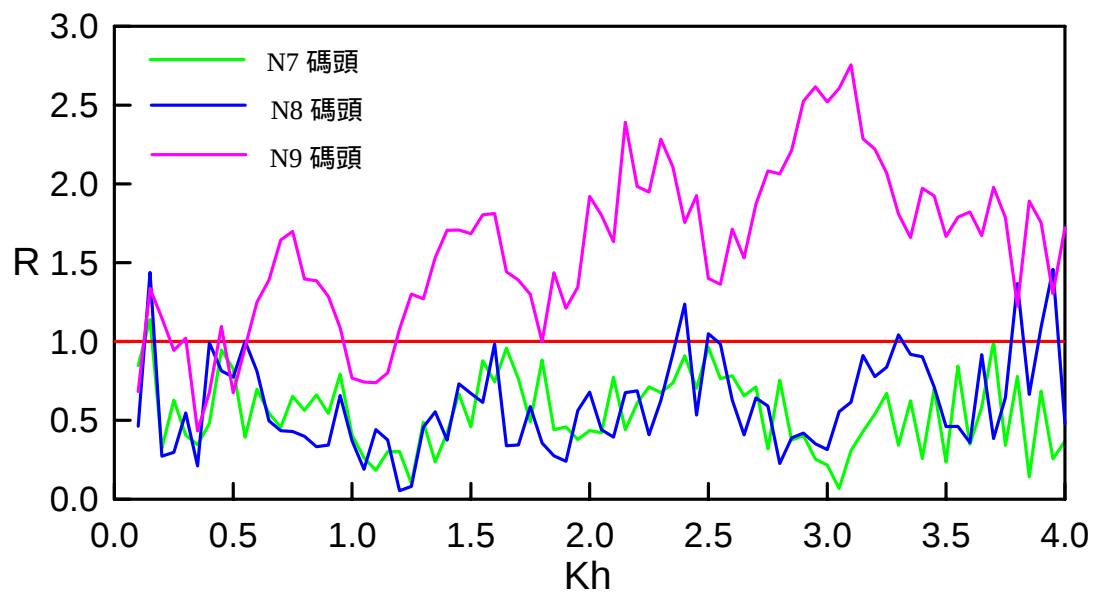


圖 19 臺北港 N7~N9 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖

(入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

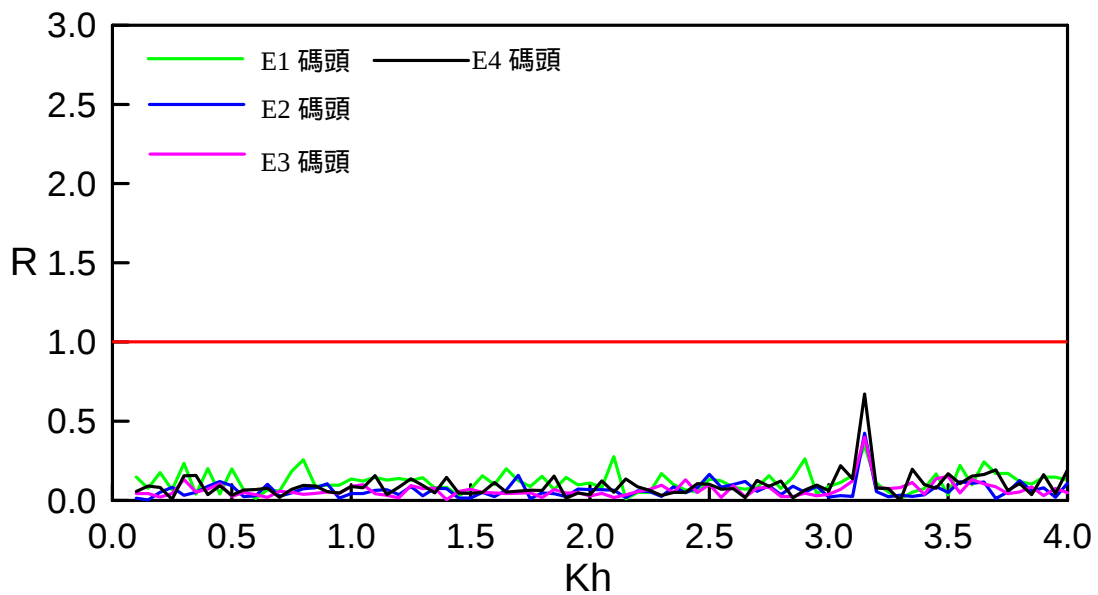


圖 20 臺北港 E1~E4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖

(入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

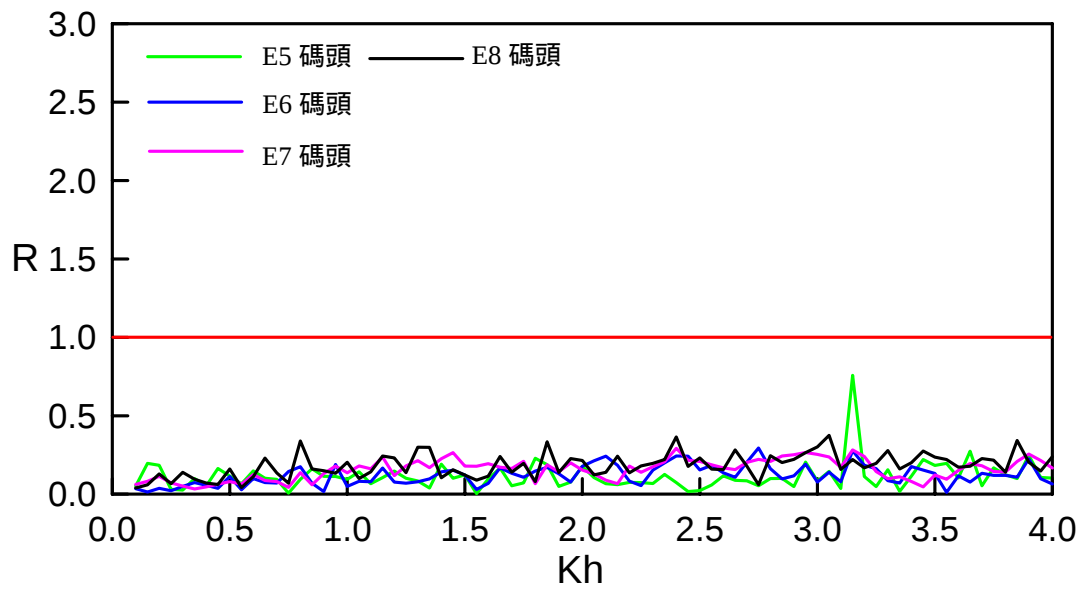


圖 21 臺北港 E5~E8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖

(入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

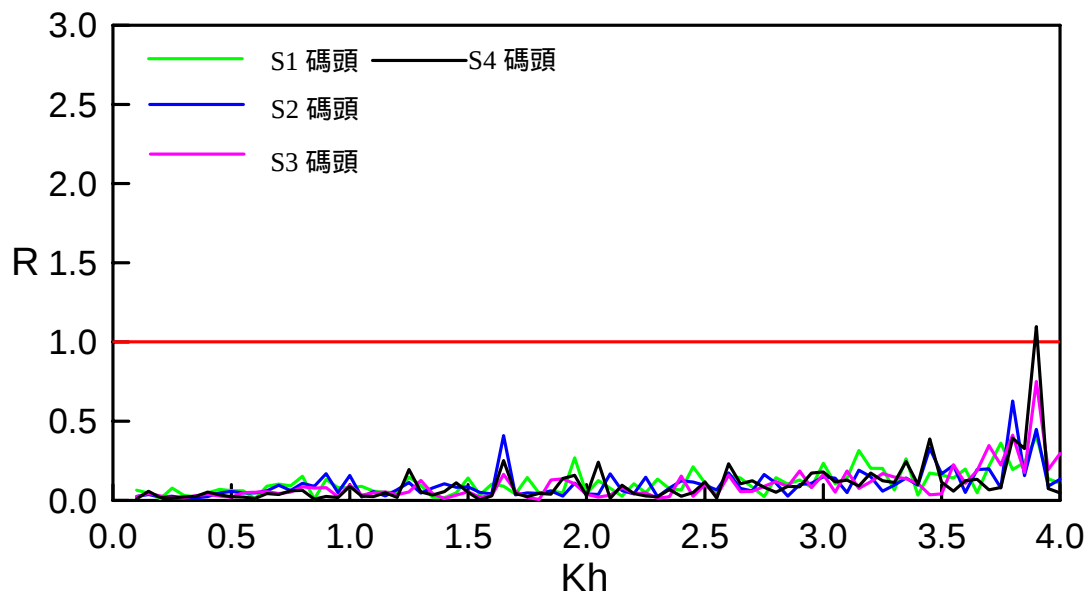


圖 22 臺北港 S1~S4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖

(入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

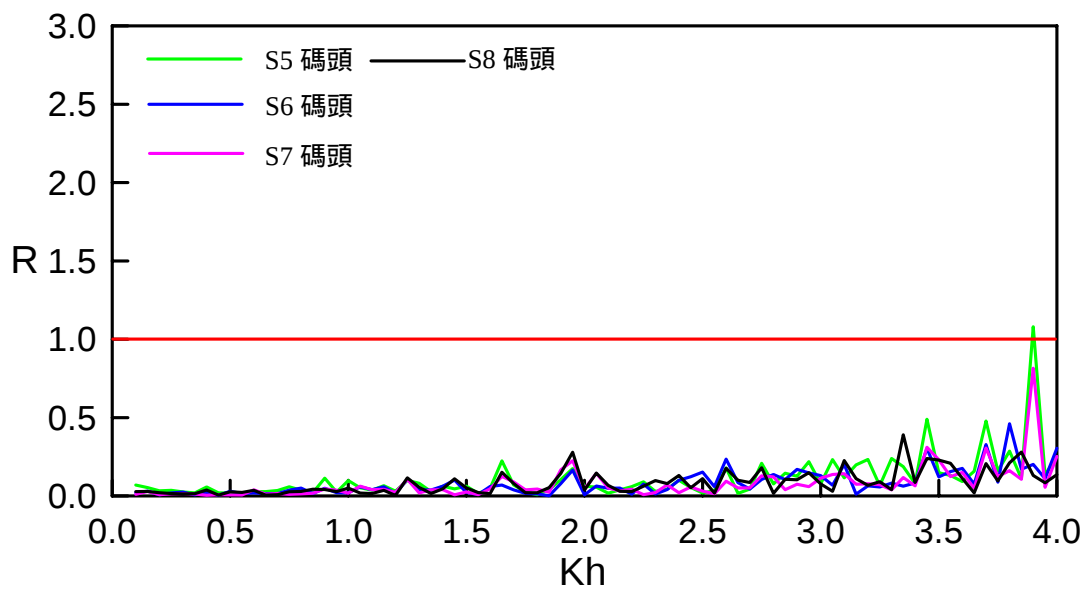


圖 23 臺北港 S5~S8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
(入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

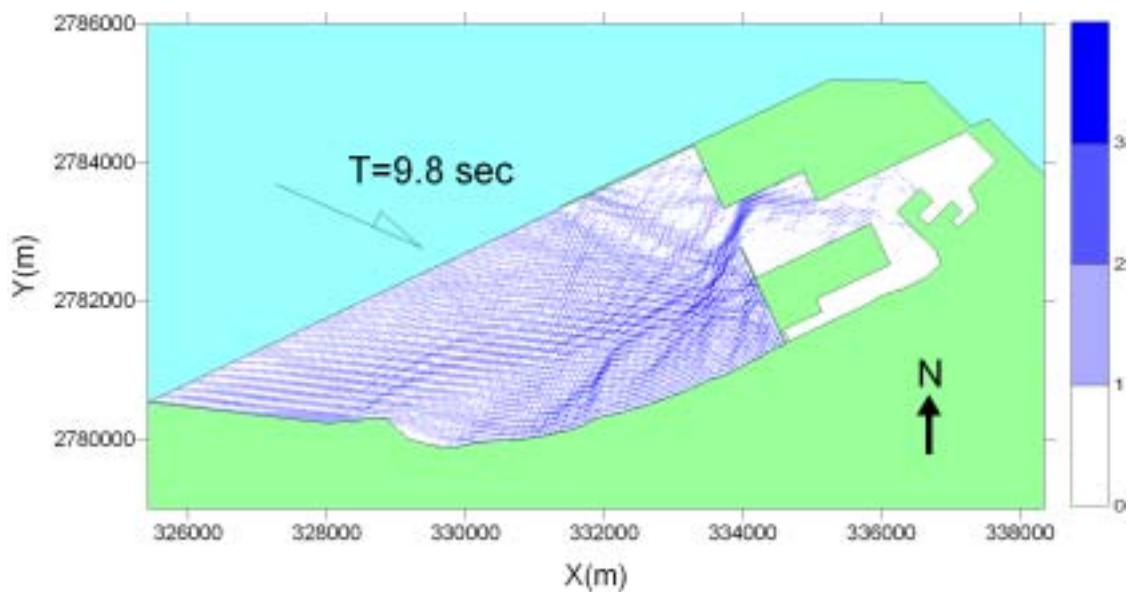


圖 24 入射波波向 WNW 作用下臺北港第三期港池振盪計算模擬結果
(入射波週期 $T=9.8$ ， $Kh=0.7$ ，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

表 3 臺北港各碼頭之港池共振 Kh 統計表(入射波波向 WNW，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

Kh	0.1	0.7	1.6	2.1	2.4	2.5	3.05	3.3	3.45	3.7	3.9
N1											
N2											
N3											
N4											
N5											
N6									●		
N7	●		●			●				●	
N8	●	●	●		●			●			●
N9	●	●	●	●			●				
E1											
E2											
E3											
E4											
E5											
E6											
E7											
E8											
S1											
S2											
S3											●
S4											●
S5											●
S6											
S7											●
S8											
註：「●」為有發生共振。											

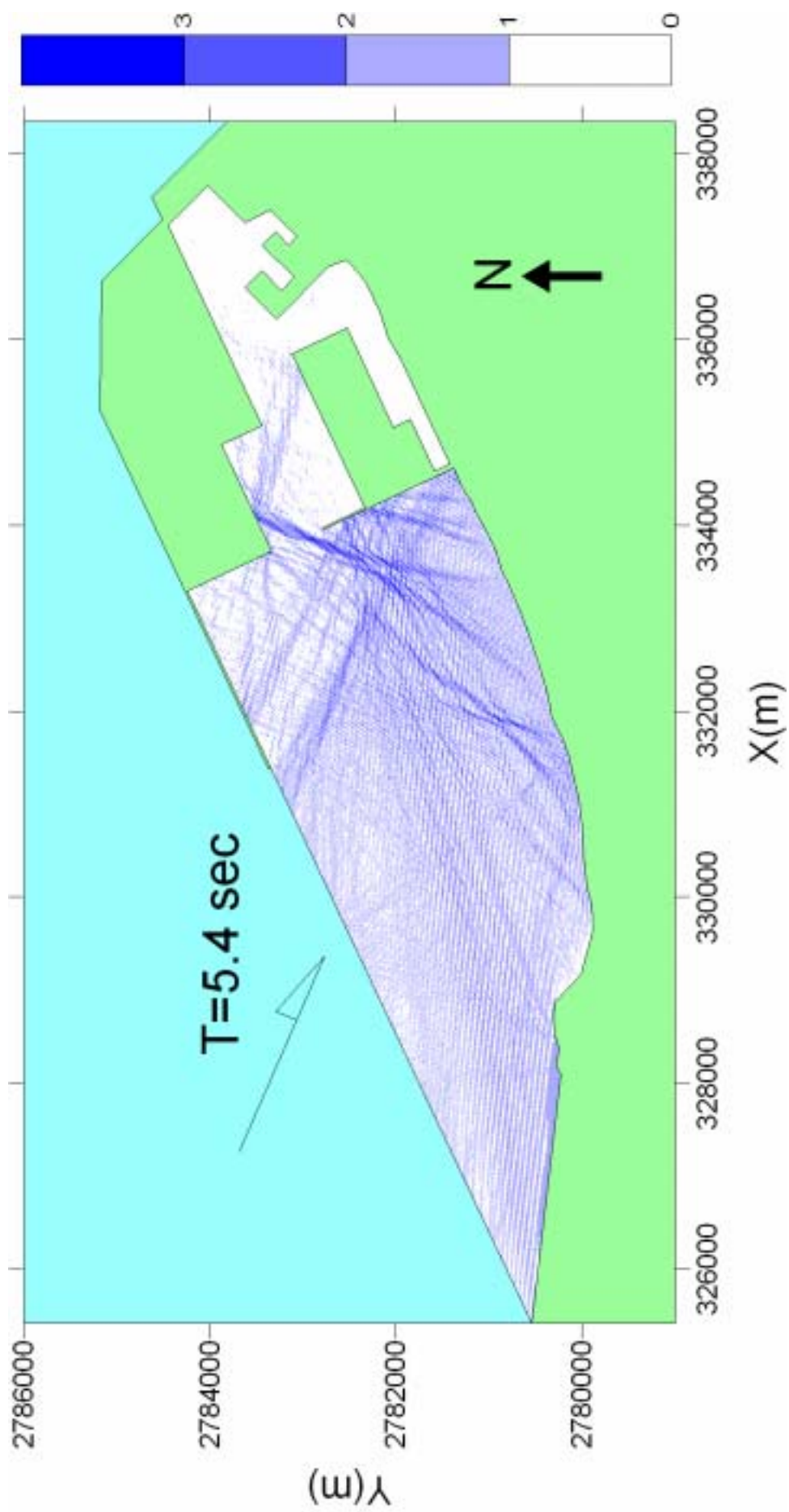


圖 25 入射波波向 WNW 作用下臺北港第三期港池振盪計算模擬結果

(入射波週期 $T=5.4$, $Kh=1.6$, 碼頭岸壁反射係數 1.0 , 岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

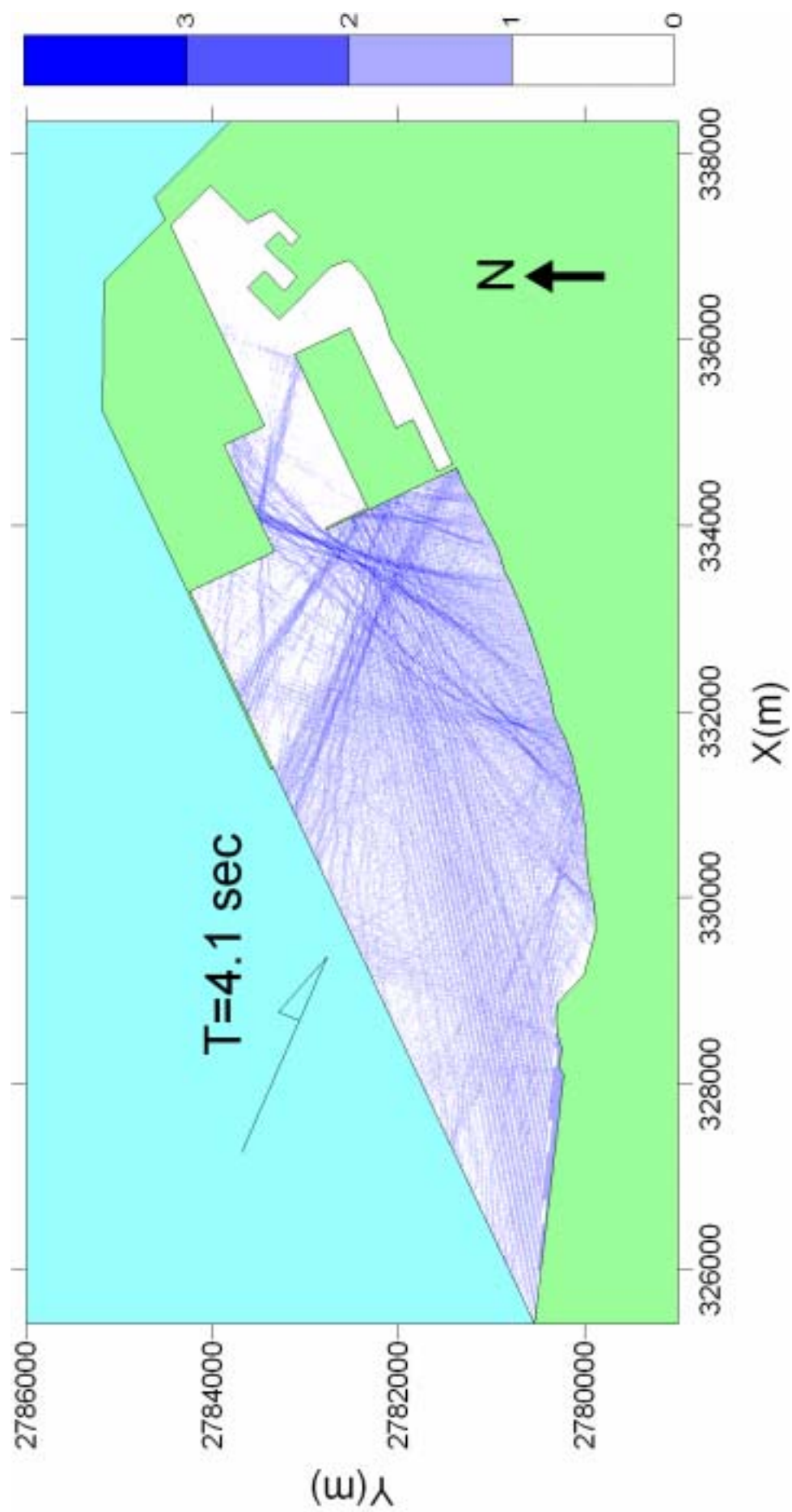


圖 26 入射波波向 WNW 作用下臺北港第三期港池振盪計算模擬結果

(入射波週期 $T=4.1$, $K_h=2.4$, 碼頭岸壁反射係數 1.0, 岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

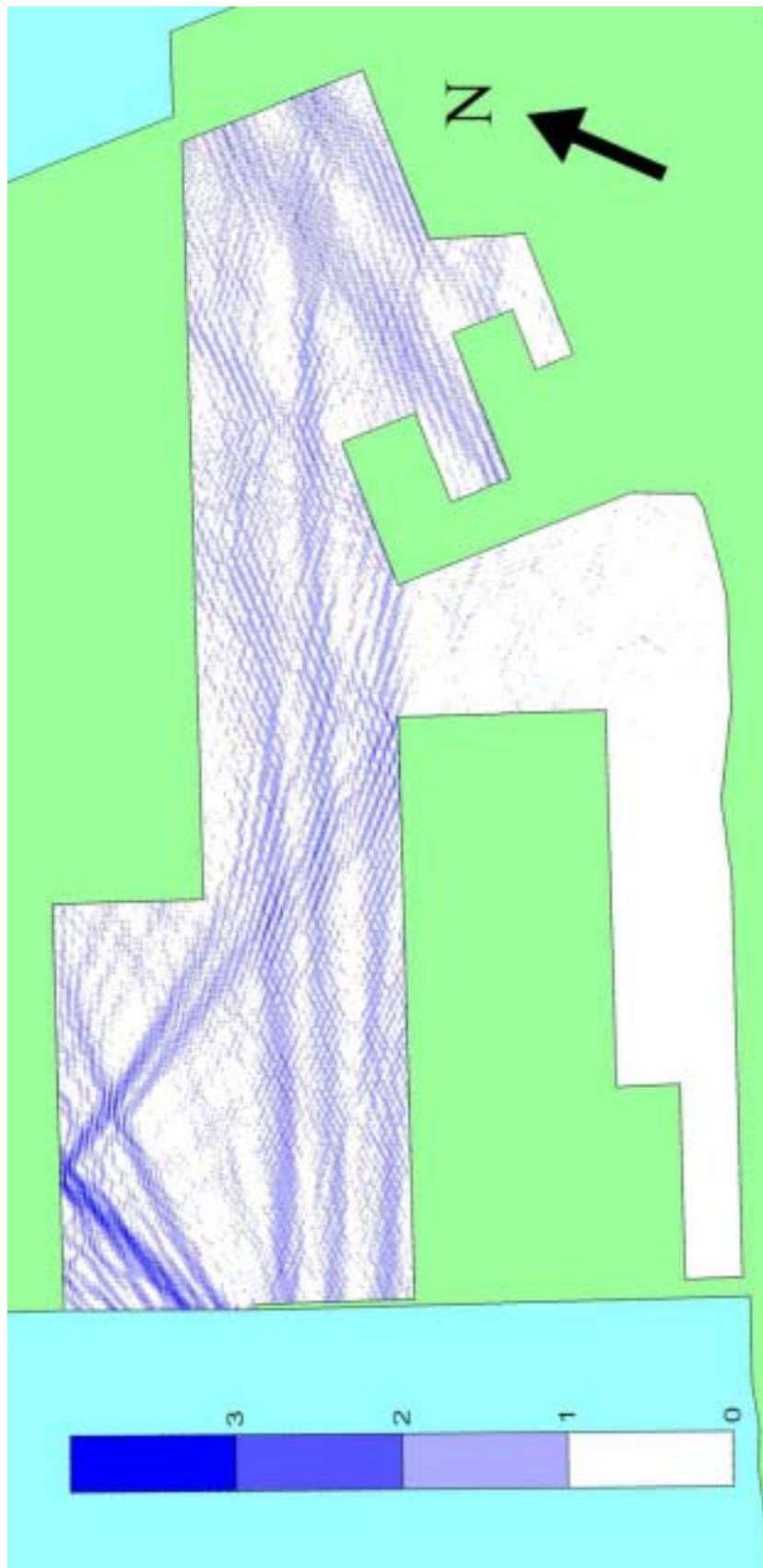


圖 27 入射波波向 WNW 作用下臺北港第三期港池振盪計算模擬結果

(入射波週期 $T=3.6$, $K_h=3.3$, 碼頭岸壁反射係數 1.0 , 岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

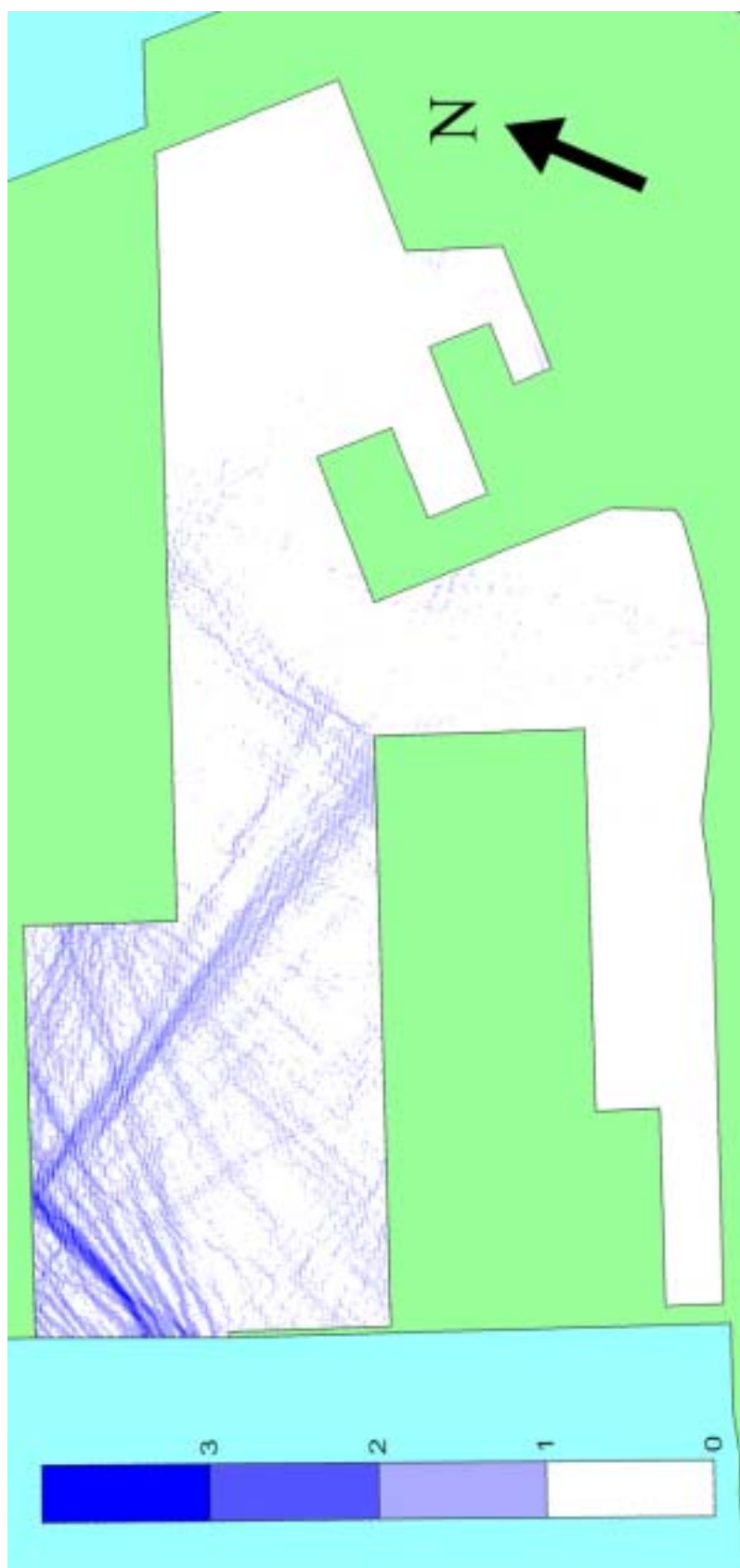


圖 28 入射波波向 WNW 作用下臺北港第三期港池振盪計算模擬結果

(入射波週期 $T=3.2$, $K_h=3.9$, 碼頭岸壁反射係數 1.0 , 岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

本研究對臺北港第三期港池共振之計算，考慮波浪入射方向為 N，假設港區碼頭之反射係數為 1.0(即全反射之情況)以及港區岸線 α 之反射係數為 0.9 與港區岸線 β 之反射係數為 0.8 之情況下，模擬各種入射波之 Kh (0.1 ~ 5.0)對於臺北港第三期之港池振盪的影響。同時選取 25 處碼頭，如圖 16 所示，分別為北碼頭 N1~N9、東碼頭 E1~E8 與南碼頭 S1~S8 之附近波浪計算結果作為檢核點，計算結果如圖 29~圖 35 所示，圖中所示之曲線代表波浪放大因子 R 與入射波之 Kh 的關係，結果顯示均不發生共振，且隨著港區內部的遮蔽效應，東碼頭的遮蔽效應為最佳，其次為南碼頭，最後則為北碼頭。

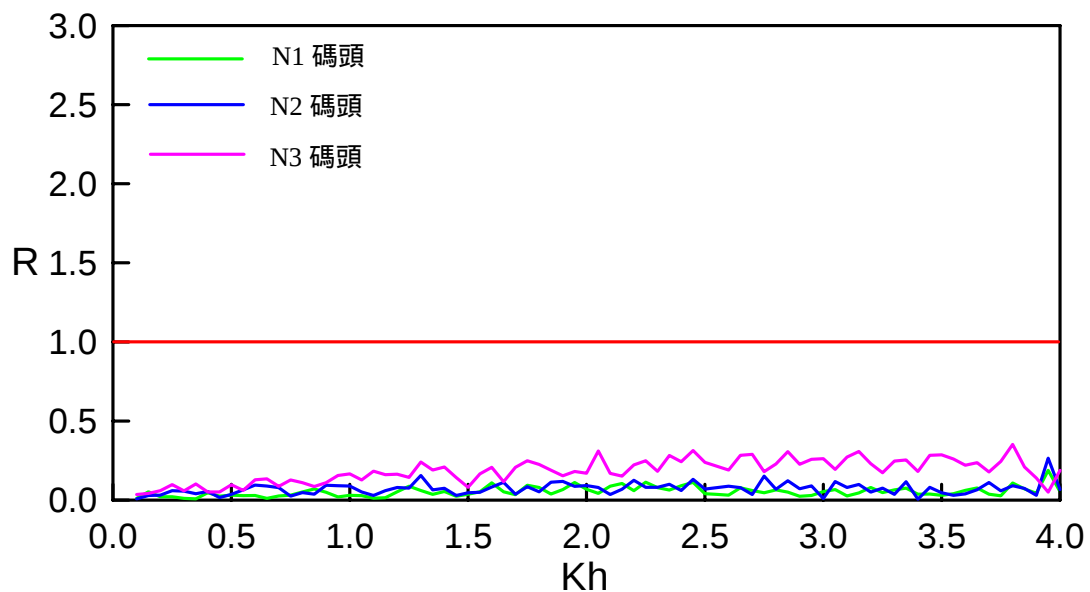


圖 29 臺北港 N1~N3 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
(入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

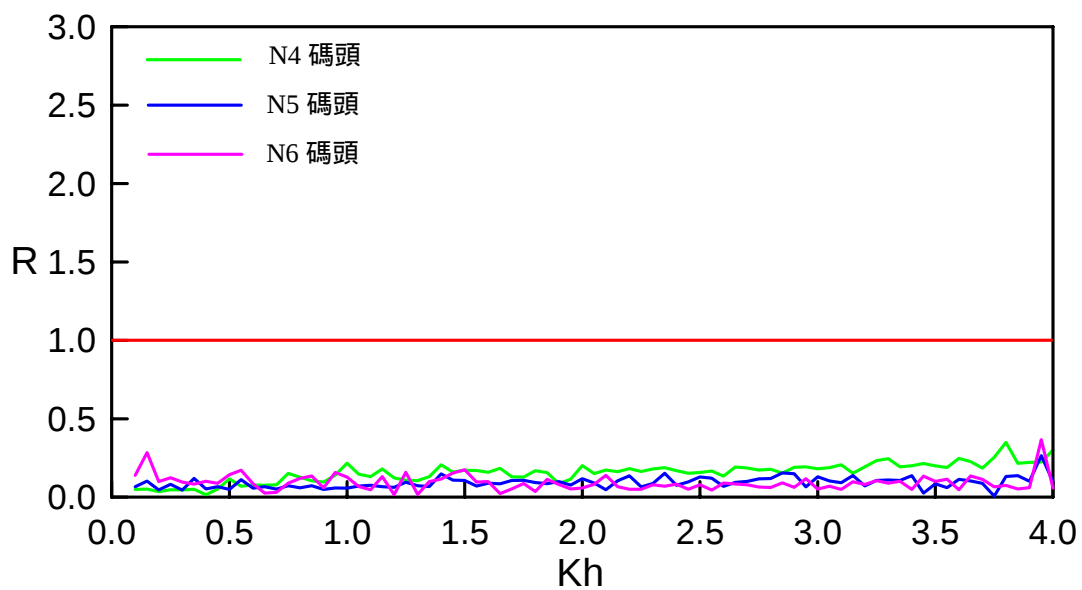


圖 30 臺北港 N4~N6 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖

(入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

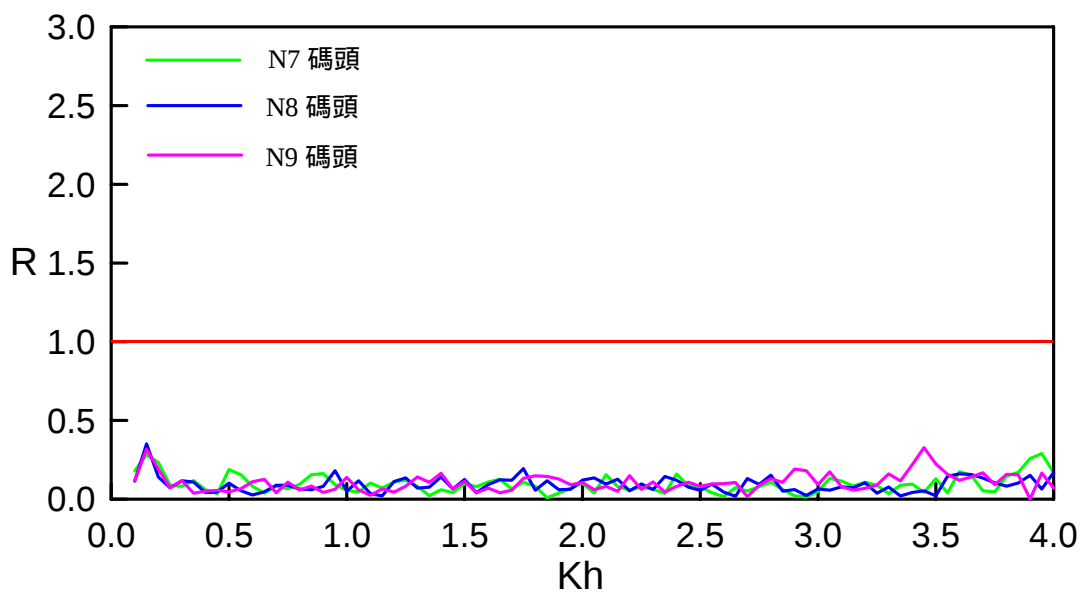


圖 31 臺北港 N7~N9 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖

(入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

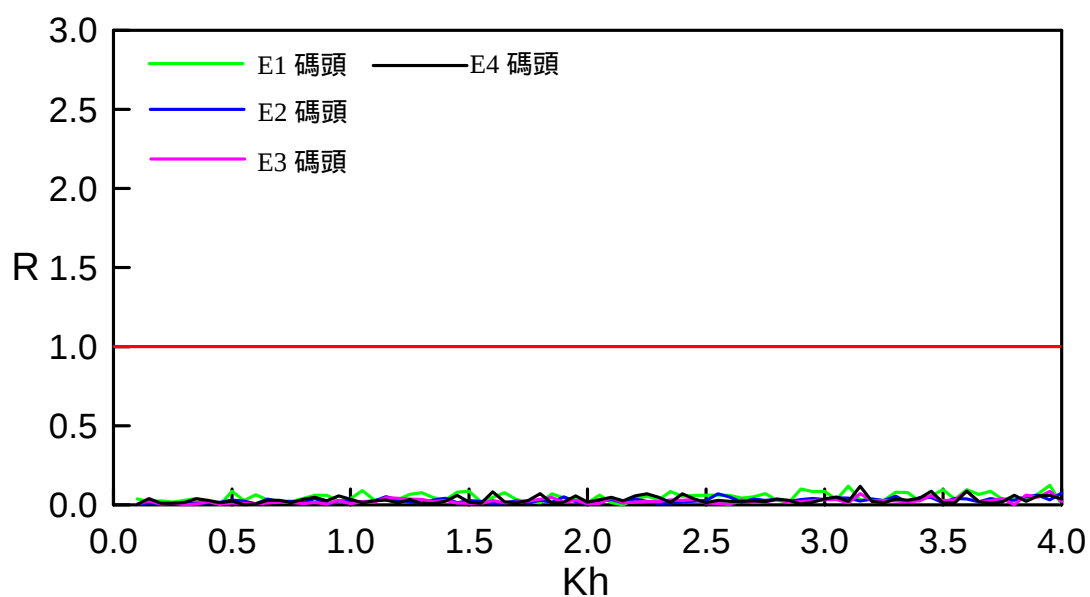


圖 32 臺北港 E1~E4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
 (入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

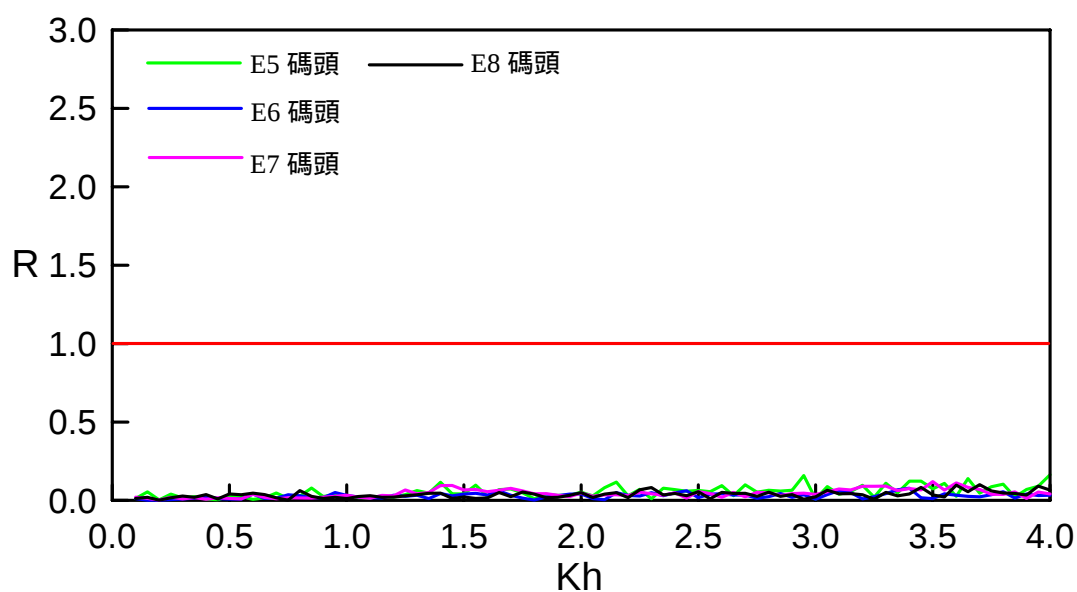


圖 33 臺北港 E5~E8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
 (入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

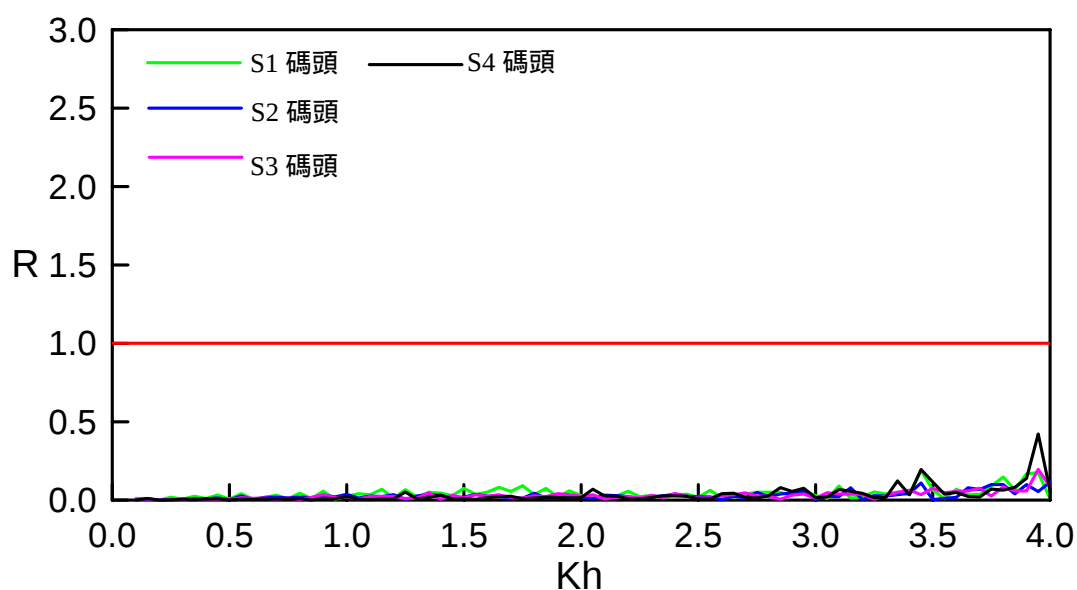


圖 34 臺北港 S1~S4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係 圖
(入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

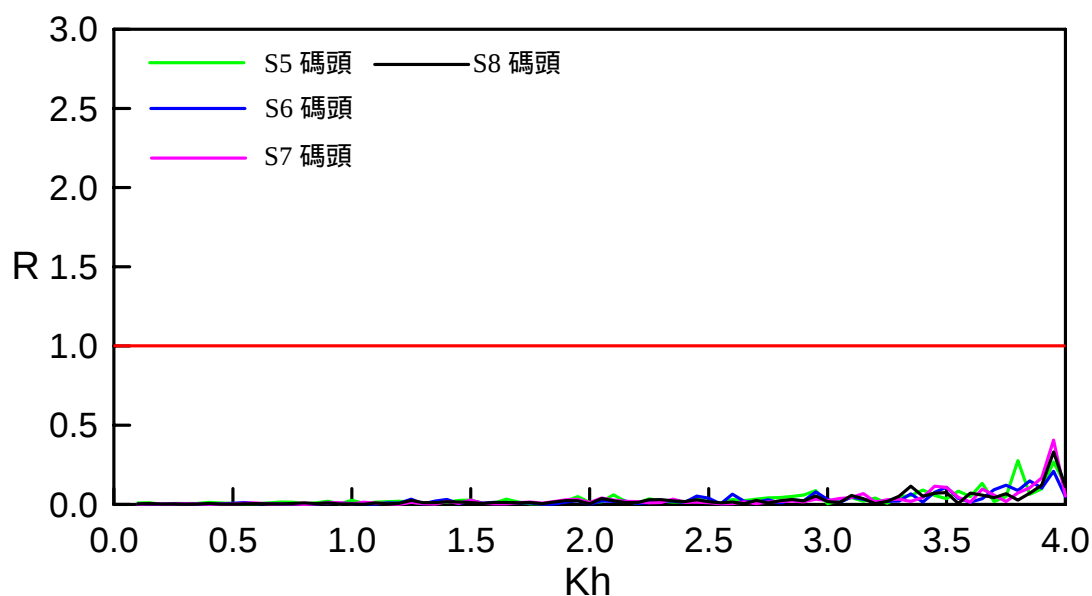


圖 35 臺北港 S5~S8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖(N)
(入射波波向 N，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

本研究針對臺北港第三期港池共振之計算模擬，考慮波浪入射方向為 NNE，假設港內碼頭之反射係數為 1.0(即全反射之情況)以及港區岸線 α 之反射係數為 0.9 與港區岸線 β 之反射係數為 0.8 之情況下，模擬各種入射波之 Kh (0.1 ~ 4.0)對於臺北港第三期港池振盪之影響。同時選取 25 處碼頭，如圖 16 所示，分別為北碼頭 N1~N9、東碼頭 E1~E8 與南碼頭 S1~S8 之附近波浪計算結果作為檢核點，計算結果如圖 36~圖 42，結果顯示均不發生共振。

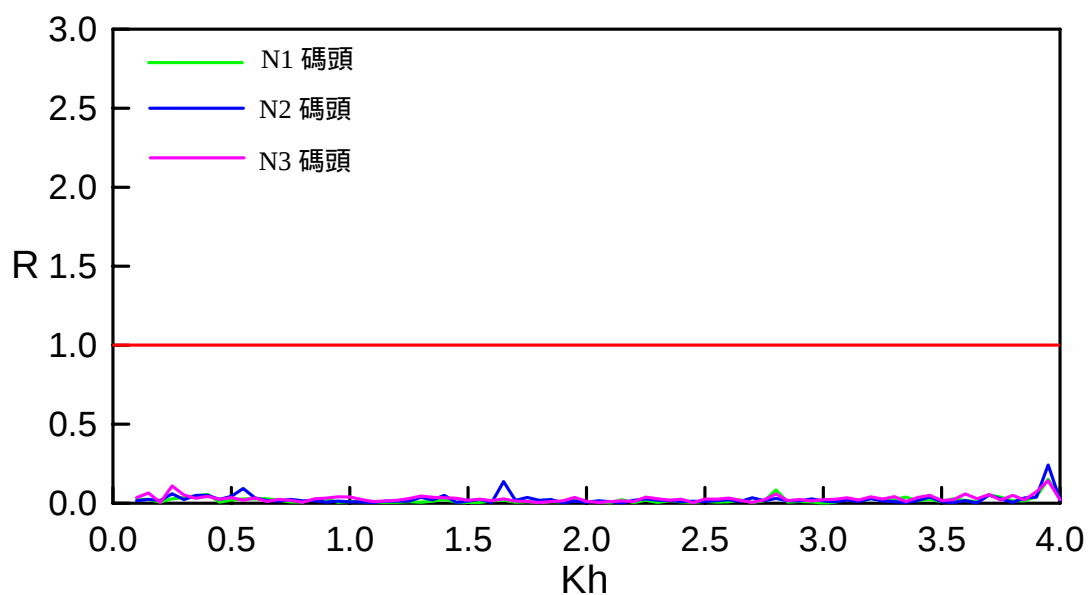


圖 36 臺北港 N1~N3 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
(入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

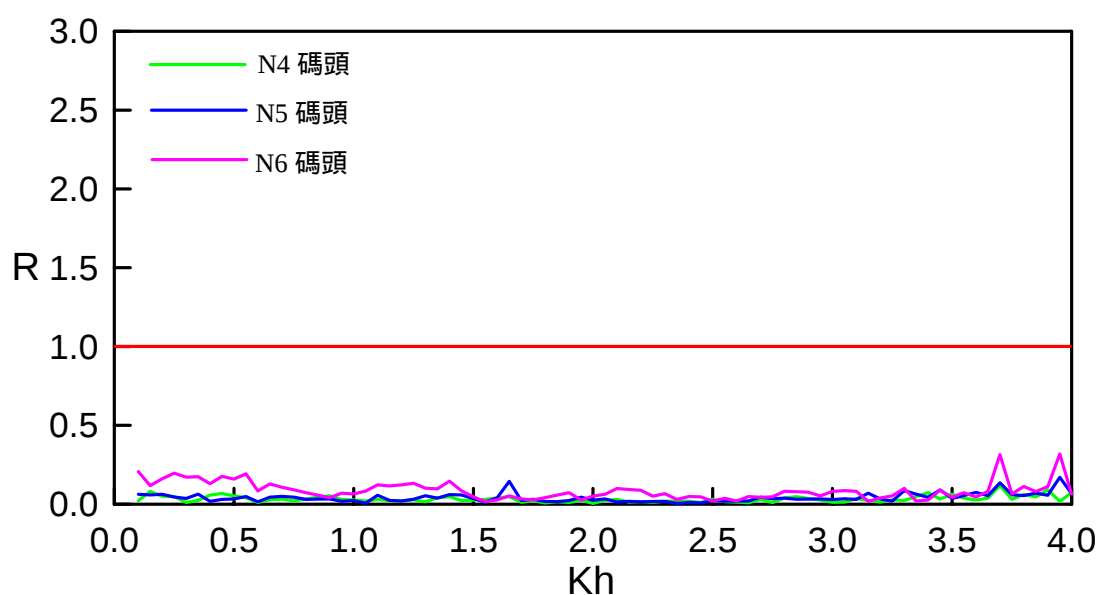


圖 37 臺北港 N4~N6 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
 (入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

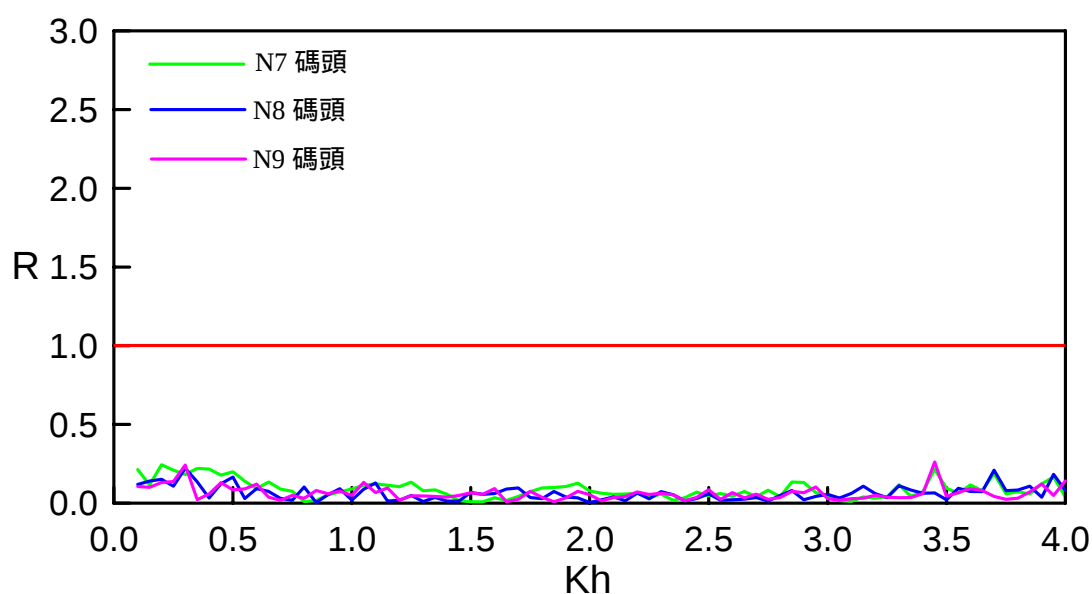


圖 38 臺北港 N7~N9 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
 (入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

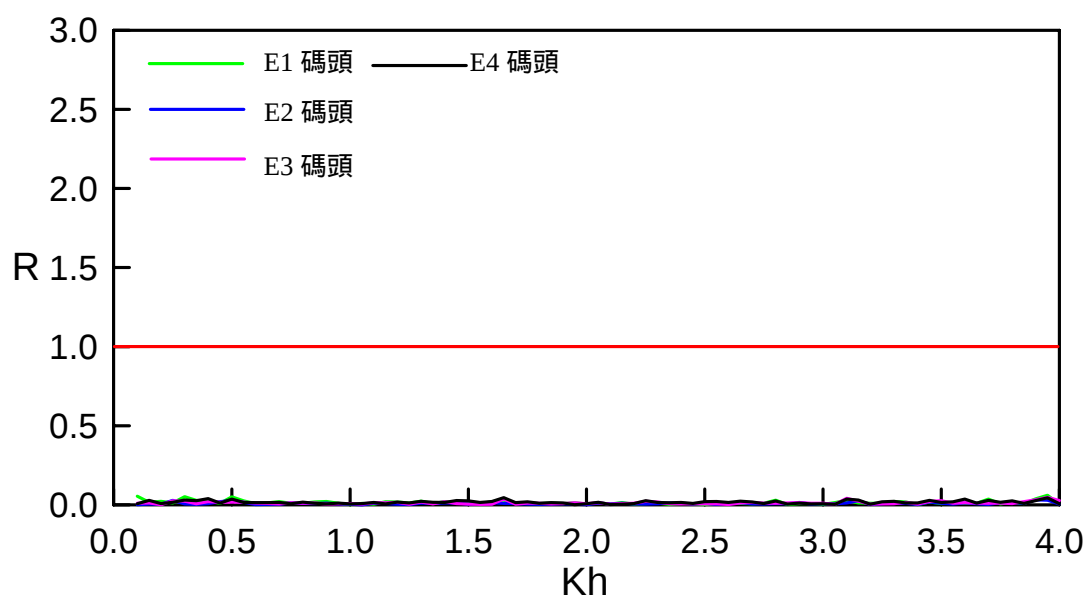


圖 39 臺北港 E1~E4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
(入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

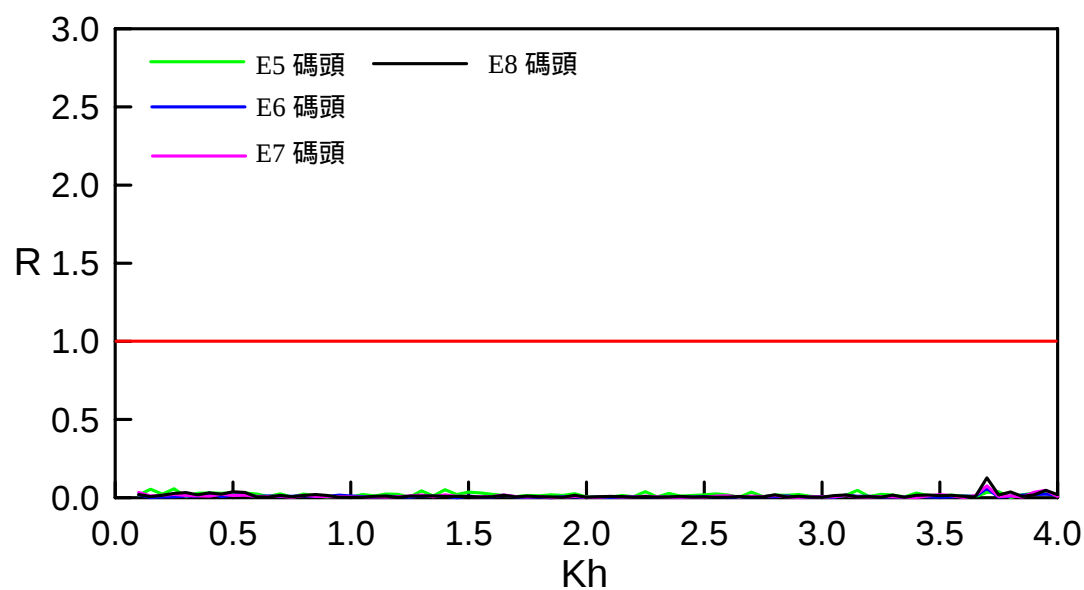


圖 40 臺北港 E5~E8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
(入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

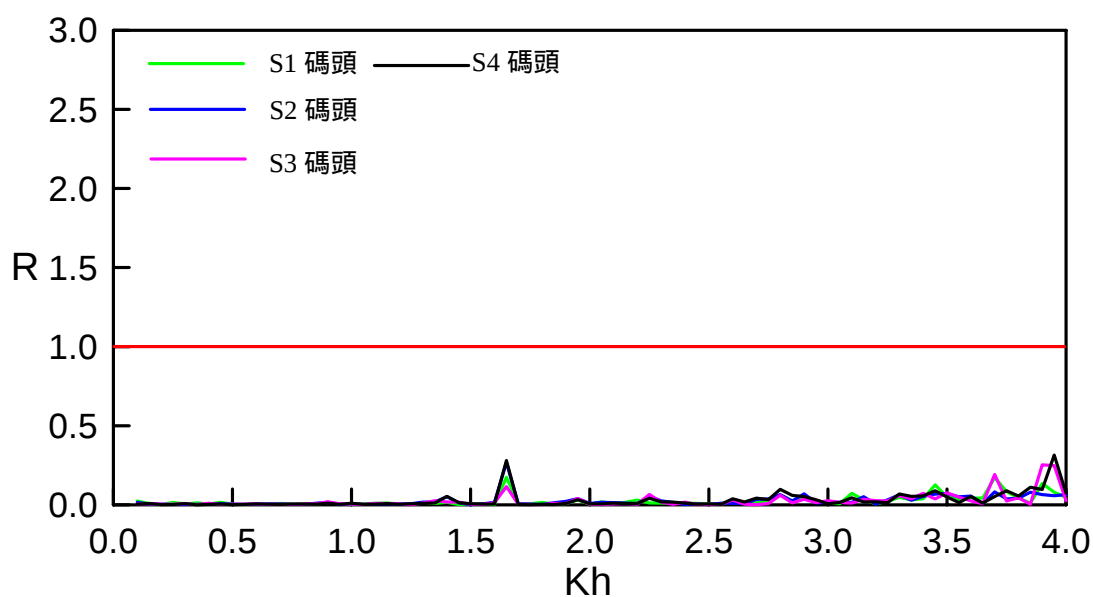


圖 41 臺北港 S1~S4 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
 (入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

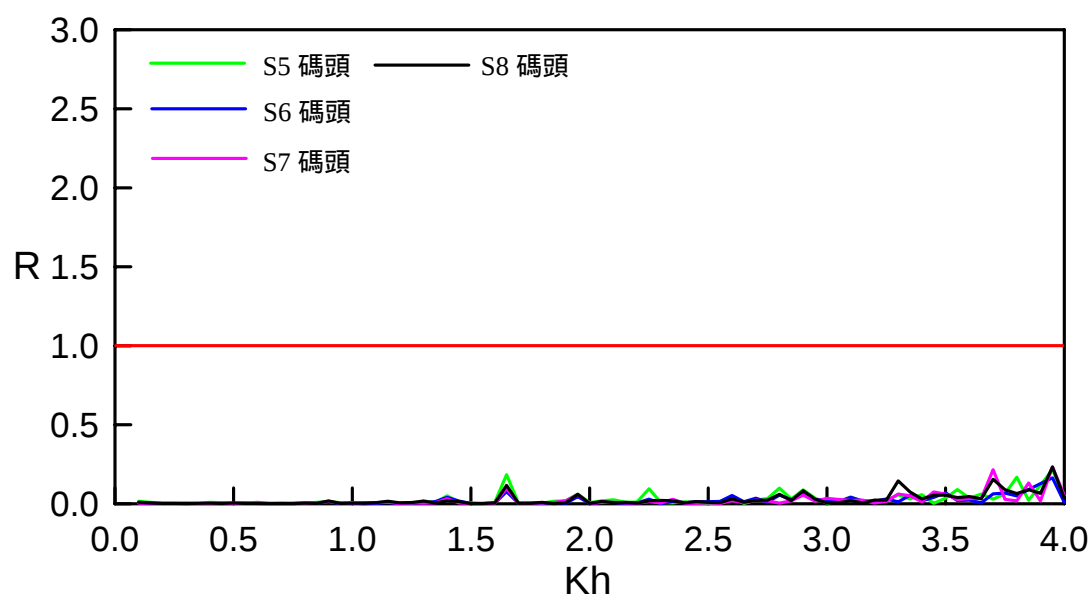


圖 42 臺北港 S5~S8 碼頭處波高放大因子 R 與入射波 Kh 之關係圖
 (入射波波向 NNE，碼頭岸壁反射係數 1.0，岸壁 α 之反射係數 0.9 與岸壁 β 之反射係數 0.8)

第五章 結論與建議

臺北港擴建後港池形狀將會改變成狹長型，是否因此造成所謂的港池振盪為值得探討的主題，也藉以防範未然。本計畫為針對臺北港第三期擴建規劃案之港池振盪特性，利用邊界元素法數值模式進行計算研究，用代表性的水深來計算，先看出港池振盪的趨勢，藉此作為日後進一步研究探討的參考依據。本期末報告內容包括，收集整理臺北港相關自然條件，包括水文、氣象、海象資料，且作為計畫分析的背景資料；臺北港各期規劃的配置情形，同時利用數位檔案藉以畫出臺北港第三期擴建規劃方案之數值計算所要用的圖形，再以港池振盪之邊界元素法數值模式來加以計算模擬。

模式的驗證上，由矩形等水深之港池的結果說明本研究港池振盪數值模式的正確性。本研究之港池振盪數值模式計算臺北港第三期規劃案乃參考臺北港相關水文、氣象、海象資料，建立計算模擬的數值條件，考慮臺北港之季風與颱風的波浪資料計算三個波波浪入射的方向(WNW、N 與 NNE)與臺北港的水深資料(depth=10m)，同時配合港區北碼頭、東碼頭與南碼頭之位置的選定，計算入射波浪週期與共振的

關係，再透過共振週期計算港區碼頭的波浪場的分佈，藉以計算模擬臺北港第三期規劃案對於港池振盪的影響。

對於數值計算模擬的結果，首先以長週期($T=20\text{sec}$)三個方向入射波之計算結果來說明其趨勢的合理性，在 N 向與 NNE 向因為北堤防的屏蔽效應，所以在港區碼頭並沒有共振的情況，但是在 WNW 向入射的波浪，因波浪在港區岸線上的反射造成港區碼頭的共振。本研究在各種入射波週期對於港區碼頭的共振計算上，從結果顯示在 WNW 方向入射的波浪會在 11 個週期發生共振，其中由本研究計算模擬的 5 個週期 $T=9.8\text{sec}$ 、 5.4sec 、 4.1sec 、 3.6sec 與 3.2sec 在港區碼頭平面波場的共振影響較為顯著，在 N 向與 NNE 向因為有北堤防的屏蔽，因此在此種入射波週期對於港區碼頭的共振計算上並沒有其他共振週期的發生。

本研究計算臺北港第三期規劃案之結果顯示在臺北港海象資料中主要的季風風向與颱風風向為 N 向與 NNE 向且週期主要分佈於 $T=4\text{sec} \sim T=6\text{sec}$ ，由此海象條件中對於本研究計算臺北港第三期的配置均沒有發生共振的現象，但是於次要的海象條件中，即西南季風之 WNW 波向則會在週期 $T=4\text{sec} \sim T=10\text{sec}$ 於港區碼頭發現較明顯的共振反應，

此結果本研究建議在未來的研究上可以考慮實際水深的地形變化與臺北港遠期擴建規劃方案來加以探討。

參考文獻

- 1、周宗仁和林炤圭，應用邊界元素法解析任意地形及水深之港池水面波動問題，第八屆海洋工程研討會論文集，第 111-129 頁，1986.
- 2、陳柏旭和蔡丁貴，局部輻射邊界條件在水波數值模式上的應用，中華民國第十二屆海洋工程研討會論文集，第 1-18 頁，1990.
- 3、蘇青和、蔡丁貴和歐善惠，數值方法及輻射邊界在港池共振應用之探討，中華民國第十三屆海洋工程研討會論文集，第 23-37 頁，1991.
- 4、周宗仁、韓文育和朱忠一，消波式碼頭對港內水面振動之影響，第六屆水利工程研討會論文集，第 668-679 頁，1992.
- 5、Berkhoff, J.C.W., Computation of Combined Refraction Diffraction, Proc. 13th Coastal Engineering Conference, 1972.
- 6、Chen, H.S., Effects of Bottom Friction and Boundary Absorption on Water Wave Scattering, Applied Ocean Research, Vol.8, pp.99-104, 1986.
- 7、Chen, H.S. and Mei, C.C., Oscillations and Waves Forces in an Offshore Harbor, Ralph M. Parsons Laboratory, Report No.190, MIT, 1974.
- 8、Chwang, A.T., Ou, S.H. and Su, C.H., Wave Oscillations inside Porous Wall Harbors, Proc. the 5th Conference on Hydraulic Engineering, Taiwan, ROC, pp.853-868, 1990.
- 9、Lee, J.J., Wave-Induced Oscillations in Harbors of Arbitrary Shape,

Report KH-R-20, W.M. Kerk Laboratory of Hydraulics and Water Resources, California, Institute of Technology, Berkeley, California, 1969.

- 10、 Lee, J.J., Wave-Induced Oscillations in Harbors of Arbitrary Geometry, J.F.M., Vol.45, pp.375-394, 1971.
- 11、 Lee, J.J. and Raichlen, F., Oscillations in Harbors with Connected Basins, J. Waterways, Ports, Coastal and Ocean Engineering Division, ASCE, Vol.98, No.Ww3,pp.311-332,1972
- 12、 Tsay, T.K., Zhu, W. and Liu, P.L-F., A Finite Element Model for Wave Refraction, Diffraction, Reflection and Dissipation, Applied Ocean Research, Vol.11, No.1, pp.33-38, 1989.

■ 期中□期末報告審查意見處理情形表

執行單位：國立成功大學

59

三、建議模式建立過程中，加入數值收斂性之檢定，包含元素大小、假想邊界之範圍延伸等。	研究中可以考慮加入考慮。 3、這是很好的建議，將進行數值結果收斂性的討論，並於期末報告增加。	符合規定
陳冠宇教授		
一、page 4：共振模擬所採用之潮位請一併說明。	1、模式計算的潮位基準於期末報告將加入說明。	符合規定
二、page 5：共振模擬所採用之波向請一併說明。	2、計算所用的波向將於期末報告加入說明。	符合規定
三、page 11 圖 7：「繞射波」應改為「散射波」(SCATTERING WAVE)。	3、這是現象的問題，可以把繞射波改為散射波。	符合規定
四、page 18-20：半圓形計算區域之選取一般以與散射波(SCATTERING WAVE)之方向垂直為原則，但本報告之取法似乎未考慮散射波之方向。	4、在計算上是以港池開口為中心，作為繞射波浪的中心畫出半圓，意即繞射波浪以這個中心向外繞射出去。	符合規定
五、page 22-23：第二作者以後應先寫 FIRST NAME 再寫 LAST NAME。	5、將於期末報告予以改進。	符合規定
蘇青和研究員		
一、圖 13 數值計算半圓位置與防波堤太接近，建議擴大計算區	1、將加大半圓，同時討論半圓大小對結果的影響，並於期末報告提出。	符合規定

域。 二、海岸線反射率，港池內岸壁之反射係數設定決定共振現象發生之重要因素。建議配合本中心港內波浪觀測，做較正確率定。	2、建議在後續計畫中加入考慮。	符合規定
三、建議先採用元素分割較快速之邊界元素法模式預估臺北港共振曲線，再採用有限元素法模式作較完整分析。	3、將採用這樣的建議，繼續完成本計畫。	符合規定
曾相茂研究員		
一、本計畫執行進度已達預期且符合計畫所期望及結果是被肯定的。	1、感謝委員的肯定	符合規定
二、可能是筆誤，第 9 頁倒數第五行“海底摩差效應”是否應為“擦”。	2、將於期末報告予以改正。	符合規定
三、第 6 頁圖 2 之各期配置圖跟第 7 頁圖 3、4、5 及第 19、20 頁之圖 10、11、12、13，如圖 4 與圖 11 同樣是第二期但顯然不一樣，請修正。	3、將於期末報告予以改正。	符合規定

交通部運輸研究所合作研究計畫
 □期中 ■ 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：95 年臺北港擴建對港池振盪特性影響之研究

執行單位：國立成功大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
林銘崇教授		
未出席與會		
黃良雄教授		
未出席與會		
林炤圭教授		
一、圖 3 至 6 各規劃配置圖中線條之區分不明，建議改善。	遵照辦理。	符合規定
二、P10.第一段最後之文句語意不明。第二段文句亦不通暢。	已予更正。	符合規定
三、本研究雖以等水深模式進行臺北港各期工程之港灣波動模擬，就臺北港之平坦地形特性而言，其模擬結果應相當具參考性。	已如期中審查委員建議事項辦理。	符合規定
四、建議後續工作是否考慮進行不規則波模擬。	建議港研中心規劃考慮。	符合規定
五、為能印證及掌握臺北港內的振盪情形，建議港研中心評估在臺北港各水域進行長期之	建議港研中心規劃考慮。	符合規定

長時間觀測。		
六、邊界之反射率再檢討，因為目前模擬結果之波動都還很大。	已經把短週期波浪計算結果去除。	符合規定
七、建議增加各期工程之港池波動變化之討論。	已建議港研中心規劃考慮。	符合規定
陳冠宇教授		
一、式(3.3)、(3.4) ft：應改為 fi , i, I 容易搞混。	已予更正。	符合規定
二、臺北港是否可以假設為等深？是否有地形佐證？	已如期中審查委員意見辦理。	符合規定
三、本研究採用 7 種週期 (2.7~20sec) 的原因為何？19 頁最後一段“透過共振週期的計算統計”似乎過於籠統。	考慮臺北港冬夏季節會有的波浪條件。在計算上可以考慮更長週期。	符合規定
四、圖 17~41、48~97，採用 Kh 為座標，相當於多少週期？一般對週期較有概念。	已經另外建製對照表。	符合規定
五、若入射週期太短，一船隻可能船自首與尾端，運動方向不同，互相抵消之結果，影響其停泊之效應不大，似應考慮較長的波。	太短週期之計算結果已經去除。	符合規定

蘇青和研究員		
一、建議正式報告增加中英文摘要。	已按照報告格式製作。	符合規定
二、港區任一點之 $K_h(X$ 軸)對 $R_5(Y$ 軸)之關係曲線圖，3 種入射波(WNW、N、NNW)可繪製於同一張圖，或取同一種 Y 軸上標，以方面比對，另 X-軸最好改為週期 T。	已經改為相同格式畫出。	符合規定
三、本文計算之入射波條件週期 $T_{1/3}$ 小於 3 秒之波浪實際發生機率甚小，應非研究探討重點，況且短週期與長週期之反射係數設定也應不同，才不至於發生短週期波浪共振甚大現象。	已經將過短週期計算結果去除。	符合規定
四、建議下年度增加比較不同期港池配置之共振特性差異，水深效應及底床能量消散部份也可納入考慮。另建議中心視經費及人力許可條件下，於颱風期間於港內進行波浪量測，可作為模式計算比較及驗證。	已建議港研中心列入規劃考慮。	符合規定
五、正式報告請依本所規格撰寫，例如每個章節頁碼應以 2-3,4-1....編號。	已按照報告格式更正。	符合規定

曾相茂研究員		
一、研究結果與內容相當豐富且具體，是可肯定的。	謝謝委員肯定。	符合規定
二、在期中報告中本人所提到的意見在期末報告皆已執行且回應。	謝謝委員肯定。	符合規定

臺北港擴建對港池振盪特性 影響之研究

報告人:李兆芳

95年12月14日

交通部運輸研究所合作研究計畫，期中報告審查意見處理情形表

計畫名稱：95年臺北港擴建對港池振盪特性影響之研究

執行單位：國立成功大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
林銘崇教授		
一、應用之數值模式係以緩坡方程式(3-4)為主。是否有必要引入底床消散效應？ 二、整體而言，初步報告內容合理良好。	1、本計畫先以大方向探討臺北港擴建後港池的振盪特性，至於其他影響因素，則可以考慮後續計畫更進一步研究時加以考慮。 2、謝謝委員的肯定	
黃良雄教授		
未出席與會		

林烱圭教授		
一、由於臺北港之海岸地形屬於砂性海床，建議加入底床摩擦損失之考慮與測試，相關資料可參考 Chen(1986)。 二、臺北港之海床坡度較緩，可能導致計算假想邊界上之入射波高與波向，因淺化與折射而不同，也就是說與假設外海為等水深不合，建議加入檢討。 三、建議模式建立過程中，加入數值收斂性之檢定，包含元素大小、假想邊界之範圍延伸等。	1、本計畫先以大方向探討臺北港擴建後港池的振盪特性，至於其他影響因素，則可以考慮後續計畫更進一步研究時加以考慮。 2、把外海波浪實際的水深變化加入考慮可以得到更精確的結果，本研究所考慮的結果，則是相對於銜接邊界位置入射波浪的結果。在未來後續的研究中可以考慮加入考慮。 3、這是很好的建議，本研究作法先就模式驗證，然後用足以代表解析度的格網來計算。	

陳冠宇教授		
一、page 4：共振模擬所採用之潮位請一併說明。 二、page 5：共振模擬所採用之波向請一併說明。 三、page 11 圖7：「繞射波」應改為「散射波」(SCATTERING WAVE)。 四、page 18-20：半圓形計算區域之選取一般以與散射波 (SCATTERING WAVE) 之方向垂直為原則，但本報告之取法似乎未考慮散射波之方向。 五、page 22-23：第二作者以後應先寫FIRST NAME 再寫LASTNAME。	1、模式計算的潮位基準於期末報告將加入說明。 2、計算所用的波向將於期末報告加入說明。 3、這是現象的問題，可以把繞射波改為散射波。 4、在計算上是以港池開口為中心，作為繞射波浪的中心畫出半圓，意即繞射波浪以這個中心向外繞射出去。 5、將於期末報告予以改進。	

蘇青和研究員		
一、圖13數值計算半圓位置與防波堤太接近。建議擴大計算區域。 二、海岸線反射率，港池內岸壁之反射係數設定決定共振現象發生之重要因素。建議配合本中心港內波浪觀測，做較正確率定。 三、建議先採用元素分割較快速之邊界元素法模式預估臺北港共振函線。再採用有限元素法模式作較完整分析。	1、將加大半圓。同時討論半圓大小對結果的影響，並於期末報告提出。 2、建議在後續計畫中加入考慮。 3、將採用這樣的建議，繼續完成本計畫。	

曾相茂研究員		
一、本計畫執行進度已達預期且符合計畫所期望及結果是被肯定的。 二、可能是筆誤，第9頁倒數第五行“海底摩差效應”是否應為“擦”。 三、第6頁圖2之各期配置圖跟第7頁圖3、4、5及第19、20頁之圖10、11、12、13，如圖4與圖11同樣是第二期但顯然不一樣，請修正。	1、感謝委員的肯定 2、將於期末報告予以改正。 3、將於期末報告予以改正。	

研究背景及動機

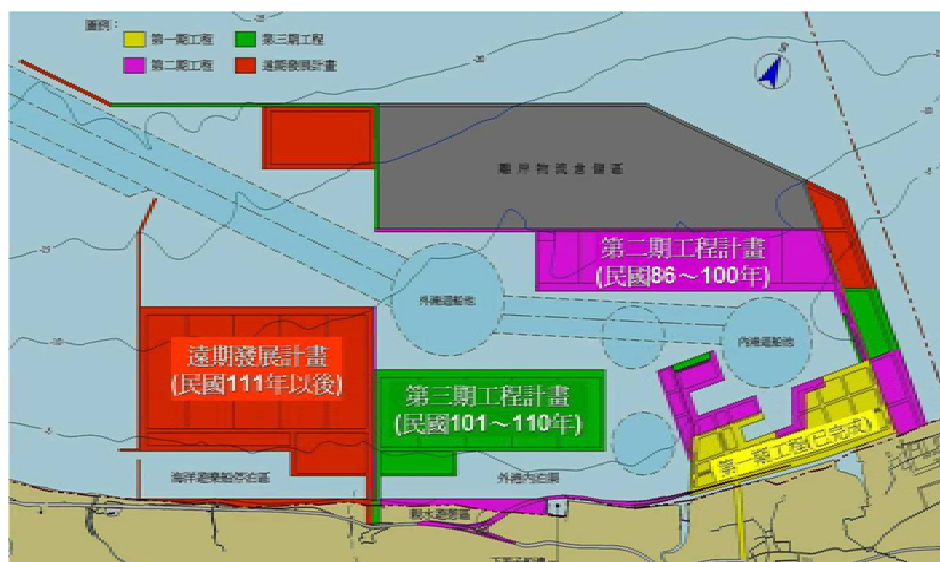
臺灣東部花蓮港由於港池為狹長型，港池振盪向來為值得探討的問題，也獲得國內許多研究方面的注意。

對臺北港而言，由於擴建後港池形狀也會變成狹長型，是否因此也會造成港池振盪情形是值得探討。

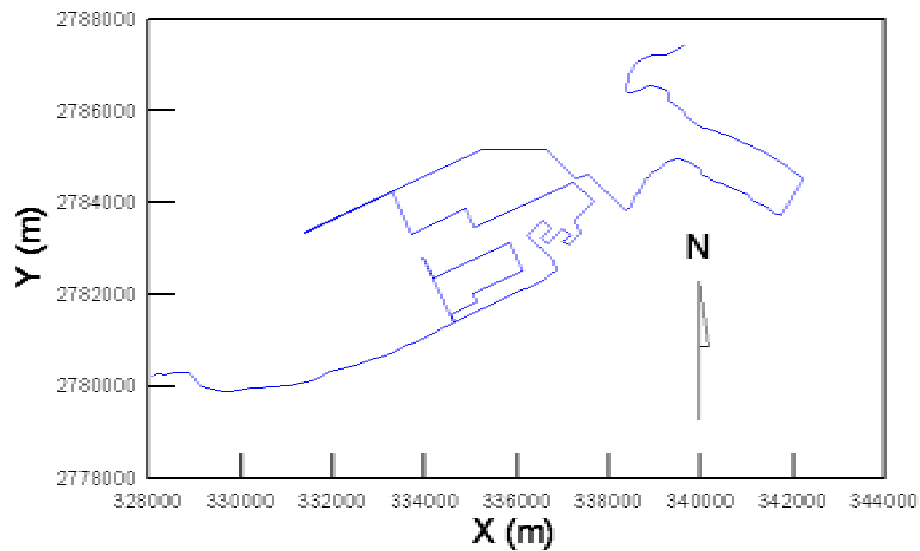
本研究乃針對此問題為防範於未然而提出，對臺北港擴建後港池的振盪特性作研究。

臺北港分期發展計畫圖

(臺北港之第一期工程已於民國八十六年度完工，第二期工程已在作業動工階段，第三期及遠期計畫亦在籌備中。)



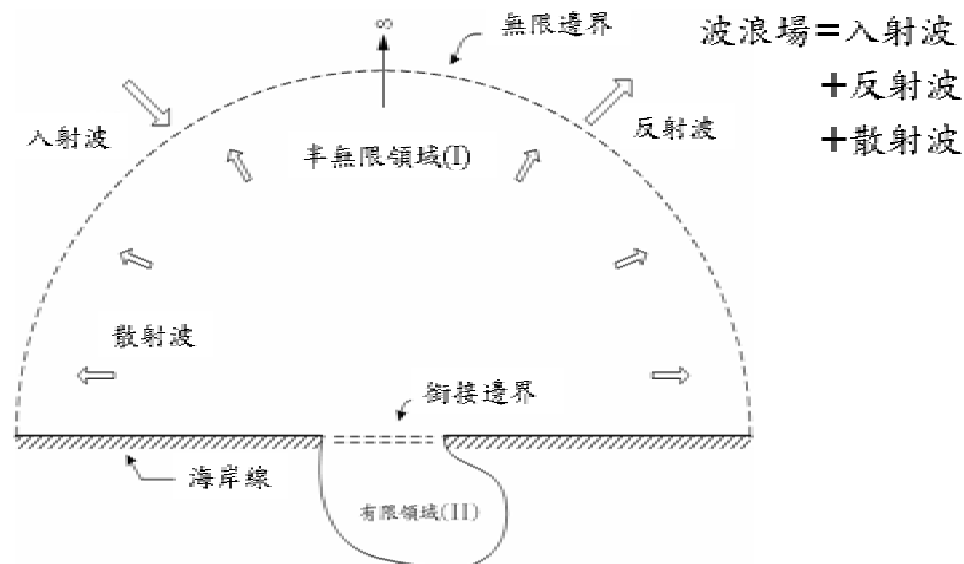
臺北港第三期配置圖



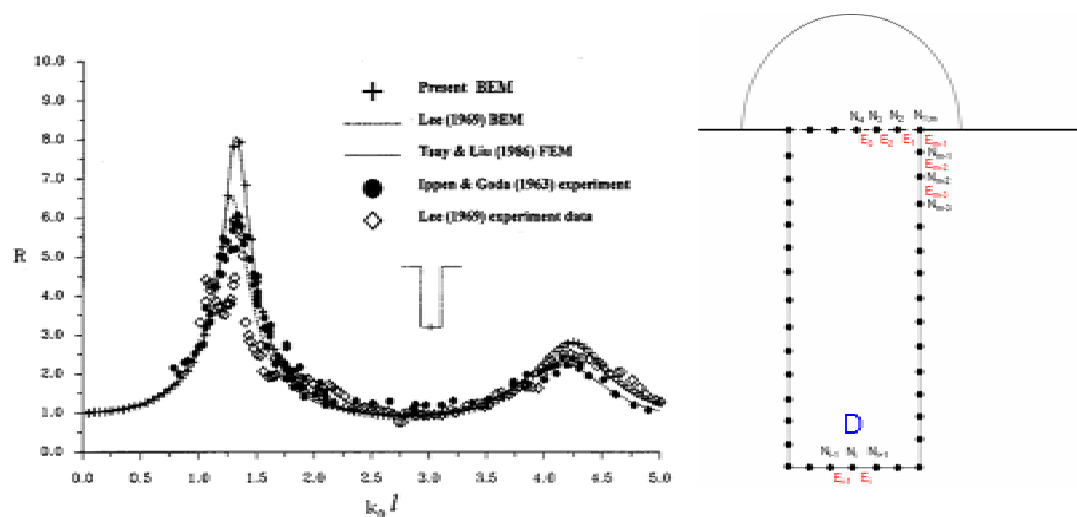
研究方法

- 一、對於台北港港池振盪問題之數值計算，本研究為考慮第三年擴建方案的配置。
- 二、由於本研究為先作特性分析，因此港域為考慮等水深，同時在數值模式的使用上，使用計算上較為簡單的邊界元素法模式。

港池振盪模式理論架構

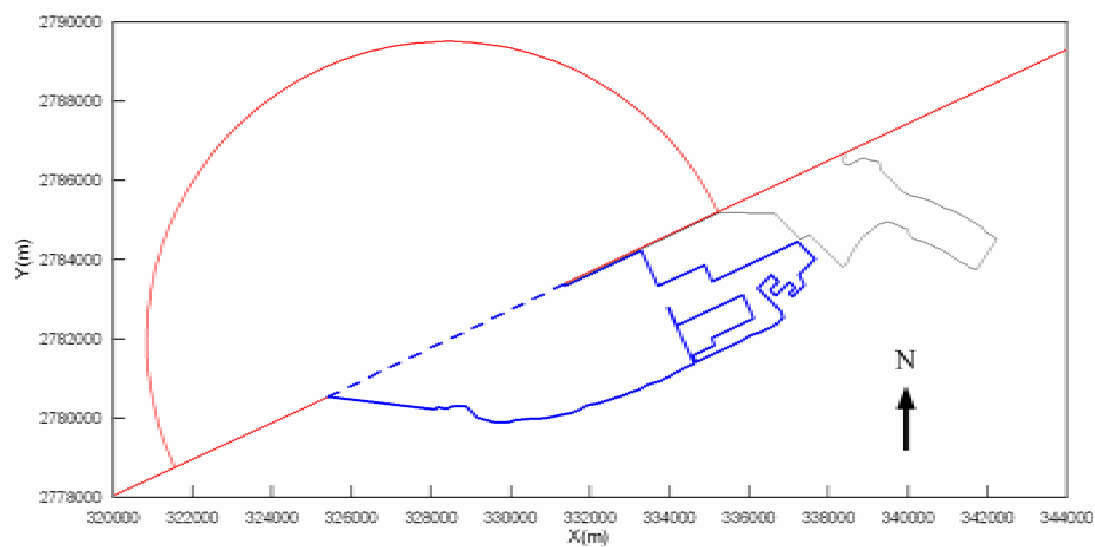


標準測試例子

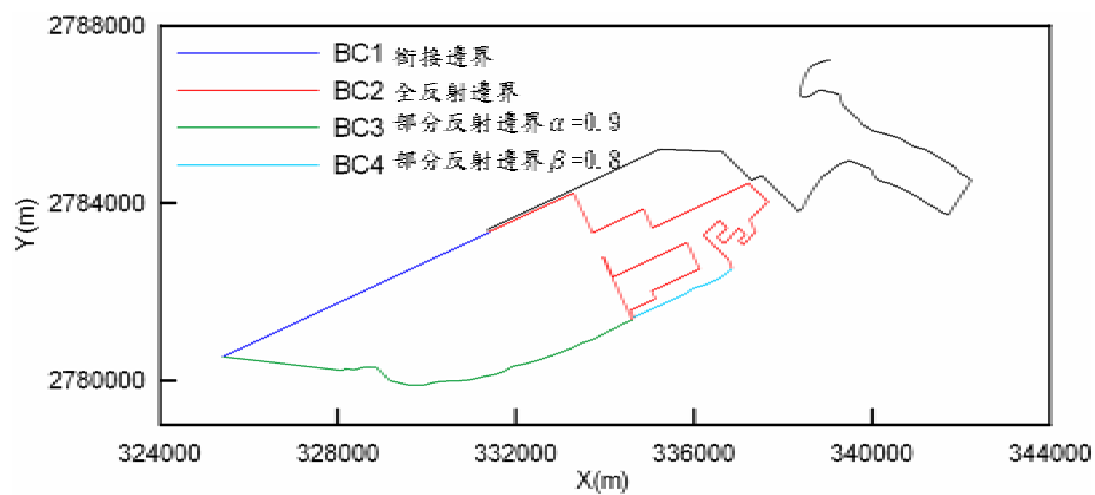


矩形港池端點處波浪參數 $1/L$ 與放大係數 R 相關曲線圖

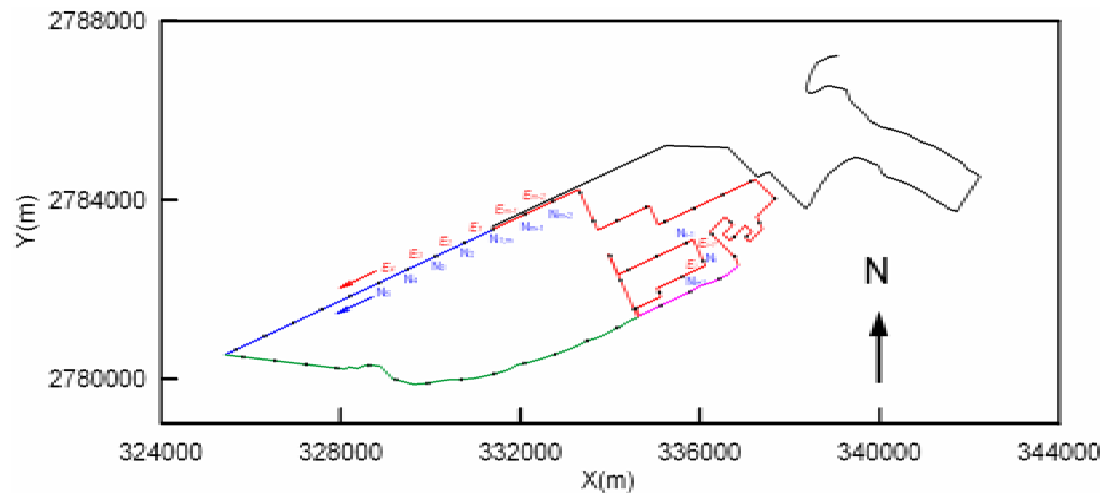
臺北港第三期港池振盪數值模擬計算領域



臺北港第三期港池振盪數值模式之邊界條件



臺北港第三期港池振盪數值模式之計算網格



數值模式之計算精度

(1)元素長度有兩種：

- a. 10m $\rightarrow$ 3749個元素
- b. 6m $\rightarrow$ 6265個元素

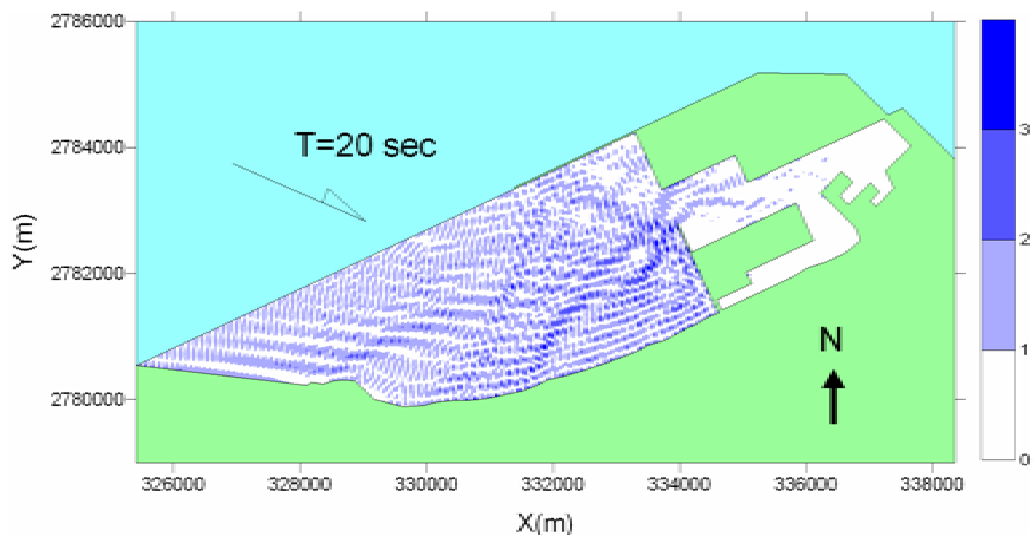
(2)內部點間距有兩種：

- a. 6m $\rightarrow$ 646405個內部點
- b. 3m $\rightarrow$ 484989個內部點
(3m格距僅計算港區內部)

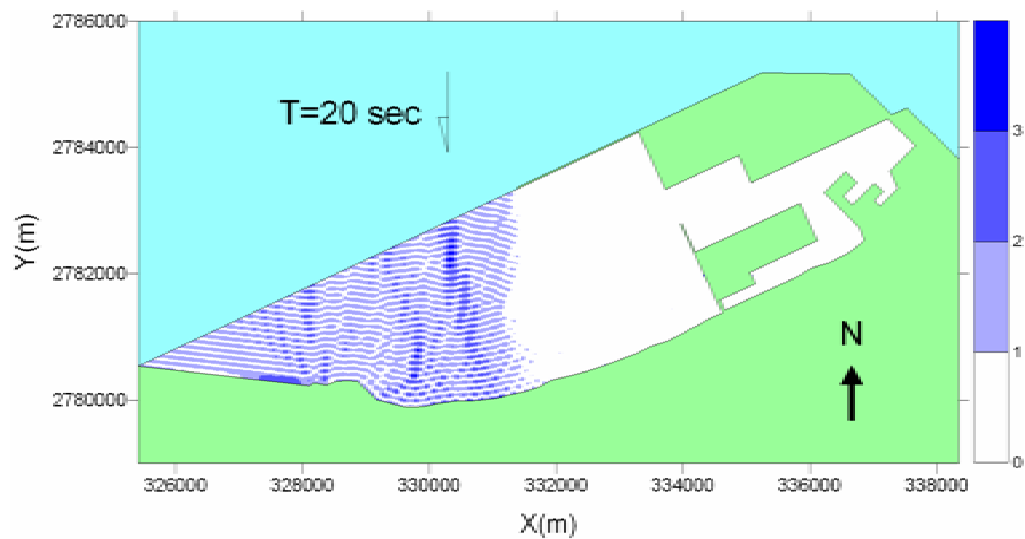
台北港第三期港池振盪計算條件							
波向 \ 條件	Kh	T (sec) [平面波場計算之週期, h=10m]					
WNW	0.1~5	20 (Kh=0.32)	9.8 (Kh=0.7)	5.4 (Kh=1.6)	4.1 (Kh=2.4)	3.6 (Kh=3.3)	3.2 (Kh=3.9)
N	0.1~5	20					
NNE	0.1~5	20					

1. 計算T=20sec平面波場，檢驗模擬的合理性。
2. 計算25個碼頭在Kh=0.1~4.0之放大率，與共振週期。
3. 計算共振週期之平面波場。

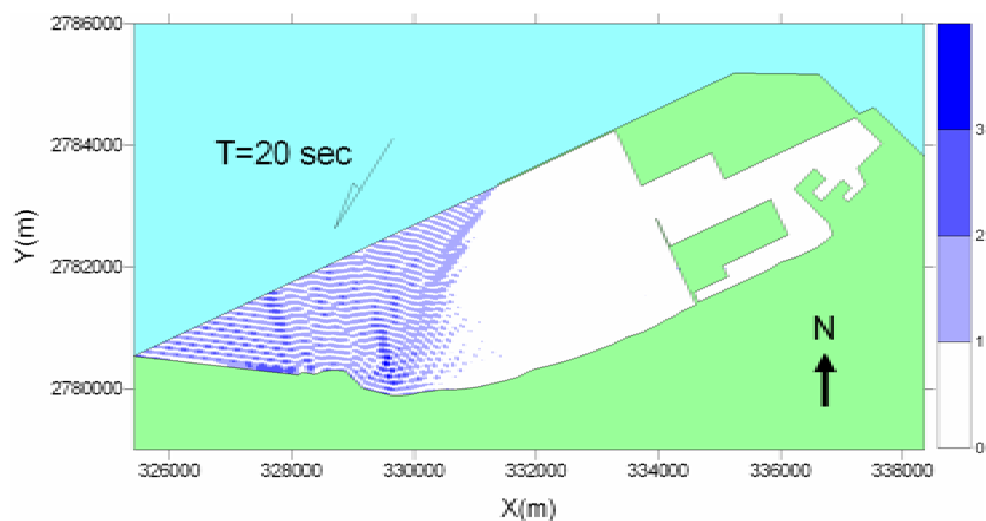
台北港第三期港池震盪計算結果 (T=20sec, h=10m, 波向: WNW)



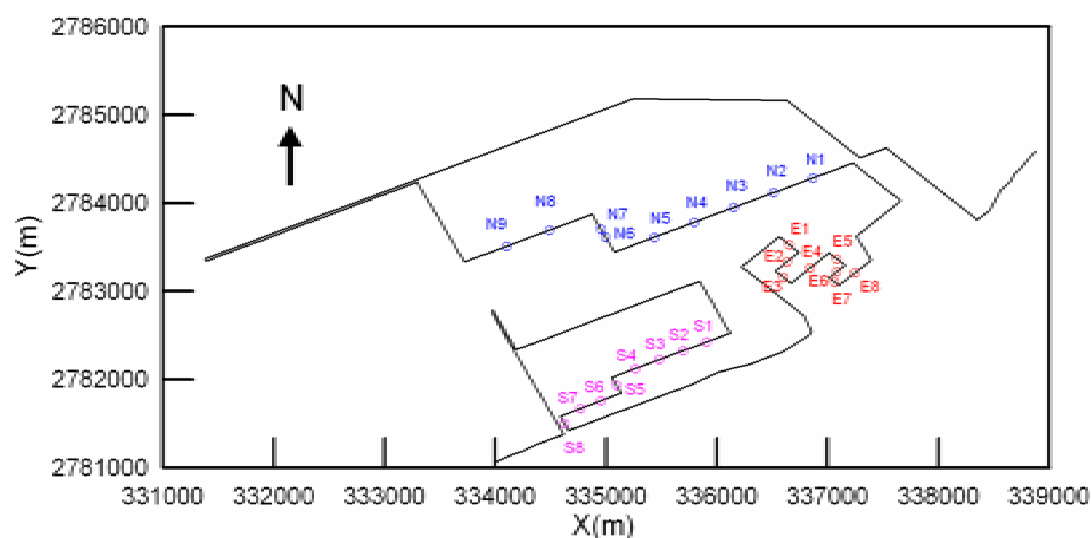
台北港第三期港池震盪計算結果 (T=20sec, h=10m, 波向: N)



台北港第三期港池震盪計算結果 (T=20sec, h=10m, 波向: NNE)

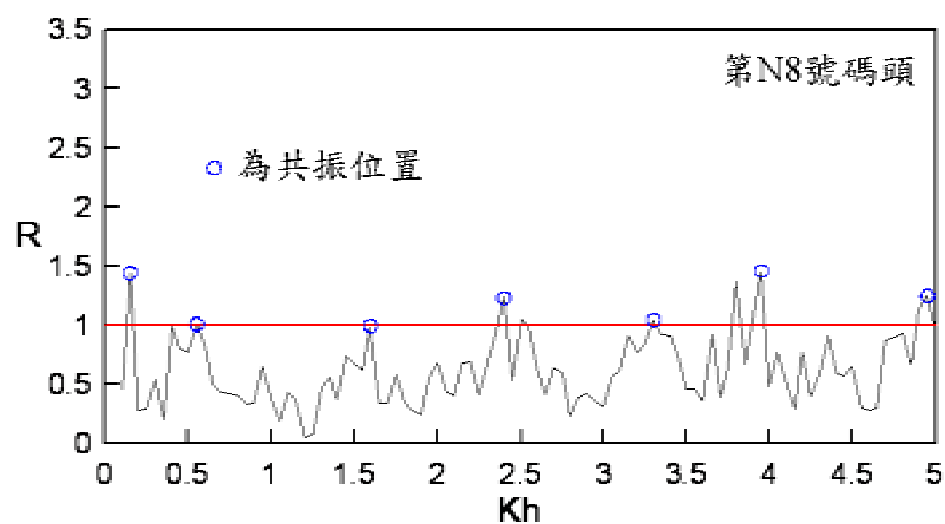


台北港港池振盪數值模式之25個港區碼頭編號示意



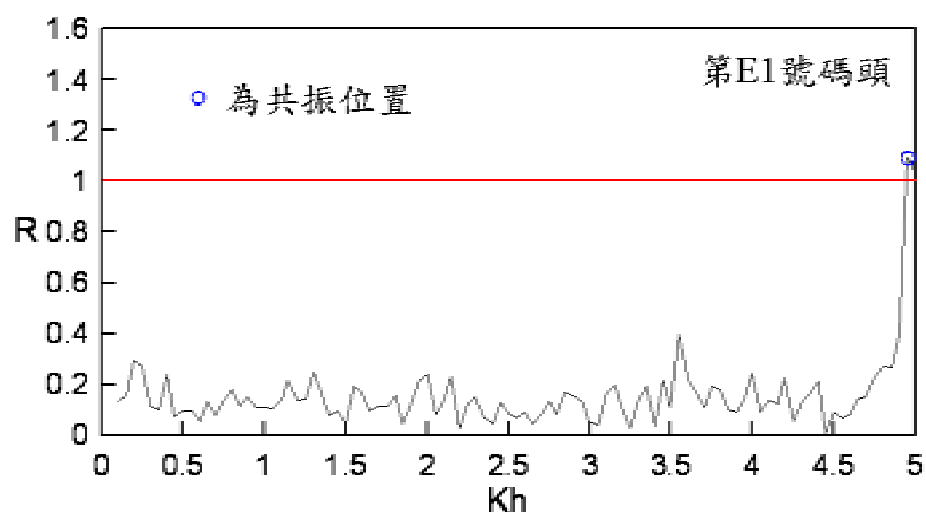
台北港N8碼頭處波高放大因子R與入射波Kh之關係

(入射波波向WNW，碼頭岸壁反射係數1.0，岸壁 α 之反射係數0.9
與岸壁 β 之反射係數0.8)



台北港E1碼頭處波高放大因子R與入射波Kh之關係

(入射波波向WNW，碼頭岸壁反射係數1.0，岸壁 α 之反射係數0.9與岸壁 β 之反射係數0.8)



台北港各碼頭之港池共振Kh統計表 (波向: WNW)

Kh	0.1	0.7	1.6	2.1	2.4	2.5	3.05	3.3	3.45	3.7	3.9	4.5	4.95
N1													•
N2													•
N3													•
N4													•
N5													•
N6									•				•
N7	•		•			•				•			•
N8	•	•	•		•			•			•		•
N9	•	•	•	•			•					•	•

Kh	0.1	0.7	1.6	2.1	2.4	2.5	3.05	3.3	3.45	3.7	3.9	4.5	4.95
E1													•
E2													•
E3													
E4													
E5													
E6													
E7													
E8													

Kh	0.1	0.7	1.6	2.1	2.4	2.5	3.05	3.3	3.45	3.7	3.9	4.5	4.95
S1													•
S2													•
S3											•		•
S4											•		•
S5											•		
S6													•
S7											•		•
S8													•

台北港各碼頭之港池共振Kh統計表 (波向：N與NNE)

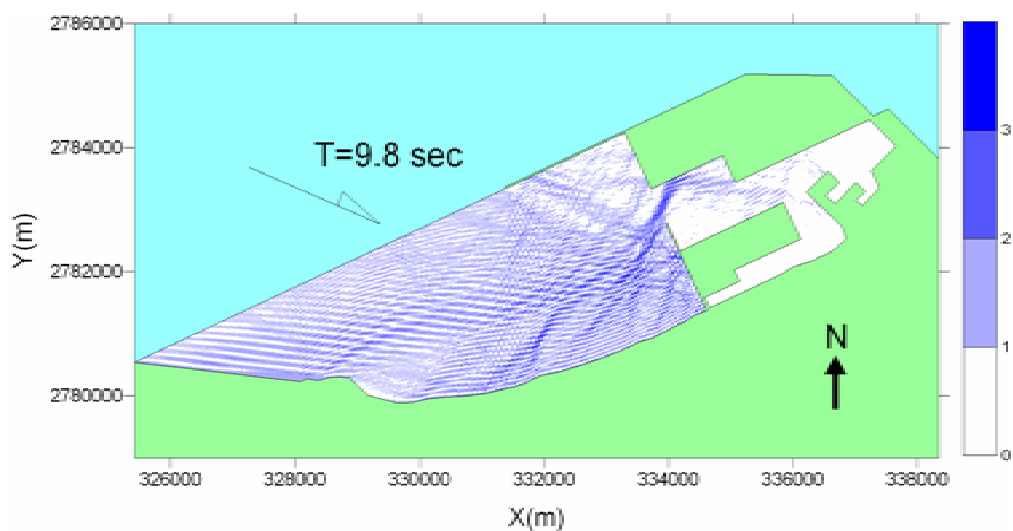
Kh	0.1	0.7	1.6	2.1	2.4	2.5	3.05	3.3	3.45	3.7	3.9	4.7	5.0
N1													 
N2													 
N3													 
N4													 
N5													 
N6													 
N7													 
N8													 
N9													 

Kh	0.1	0.7	1.6	2.1	2.4	2.5	3.05	3.3	3.45	3.7	3.9	4.7	5.0
E1													 
E2													 
E3													 
E4													 
E5													
E6													
E7													 
E8													 

Kh	0.1	0.7	1.6	2.1	2.4	2.5	3.05	3.3	3.45	3.7	3.9	4.7	5.0
S1												●	●
S2												●	●
S3													●
S4													●
S5												●	●
S6												●	●
S7													●
S8													●

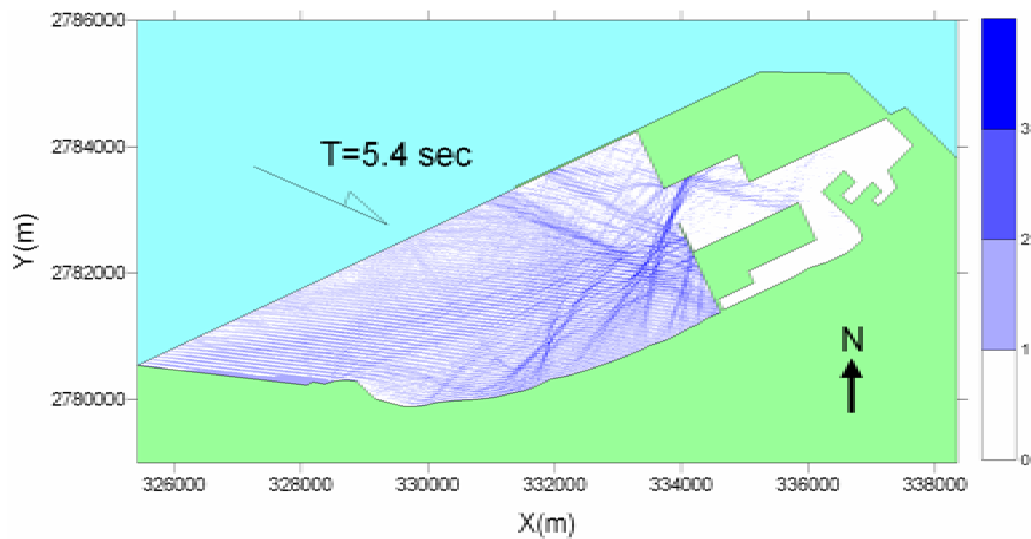
台北港第三期港池共振平面波場圖

(波向WNW，入射波週期 $T=9.8$ ， $h=10\text{m}$ ， $Kh=0.7$ ，碼頭岸壁反射係數1.0，岸壁 α 之反射係數0.9與岸壁 β 之反射係數0.8)



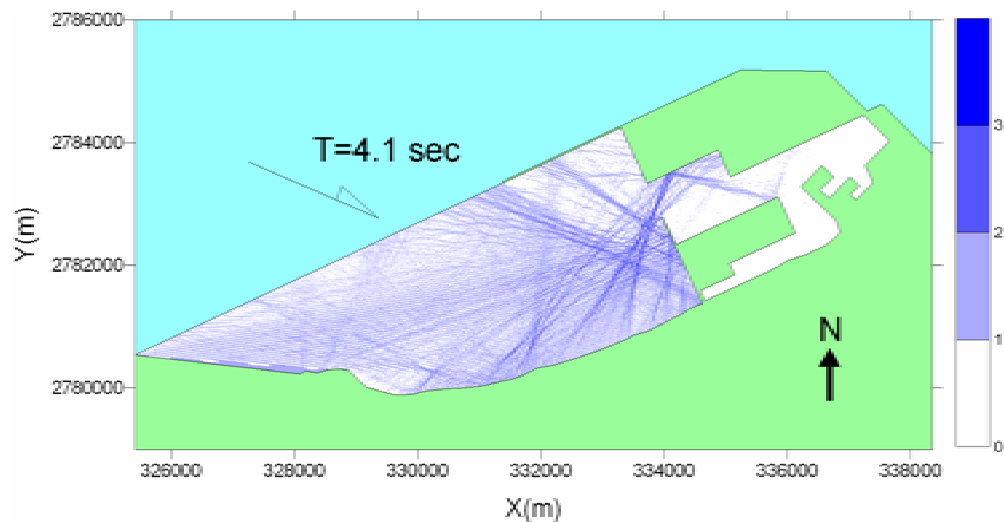
台北港第三期港池共振平面波場圖

(波向WNW，入射波週期 $T=5.4$ ， $h=10\text{m}$ ， $Kh=1.6$ ，碼頭岸壁反射係數1.0，岸壁 α 之反射係數0.9與岸壁 β 之反射係數0.8)



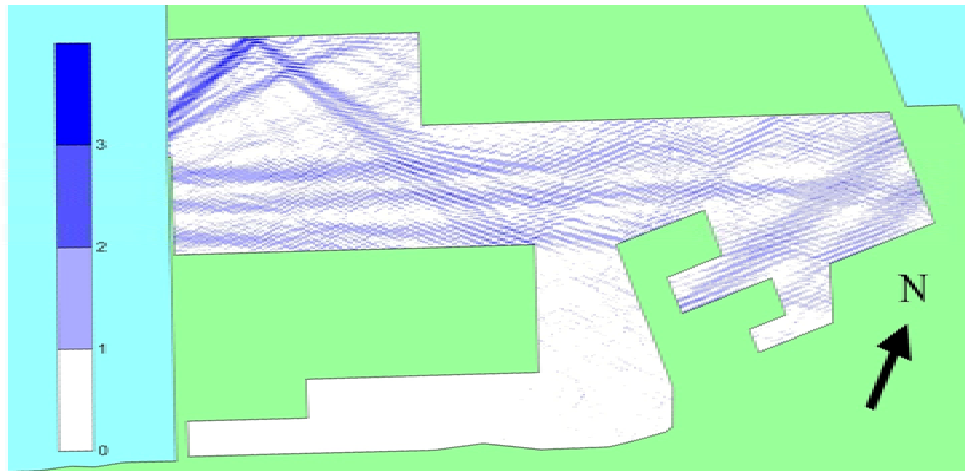
台北港第三期港池共振平面波場圖

(波向WNW，入射波週期 $T=4.1$ ， $h=10\text{m}$ ， $Kh=2.4$ ，碼頭岸壁反射係數1.0，岸壁 α 之反射係數0.9與岸壁 β 之反射係數0.8)



台北港第三期港池共振平面波場圖

(波向WNW，入射波週期 $T=3.6$ ， $h=10\text{m}$ ， $Kh=3.3$ ，碼頭岸壁反射係數1.0，岸壁 α 之反射係數0.9與岸壁 β 之反射係數0.8)



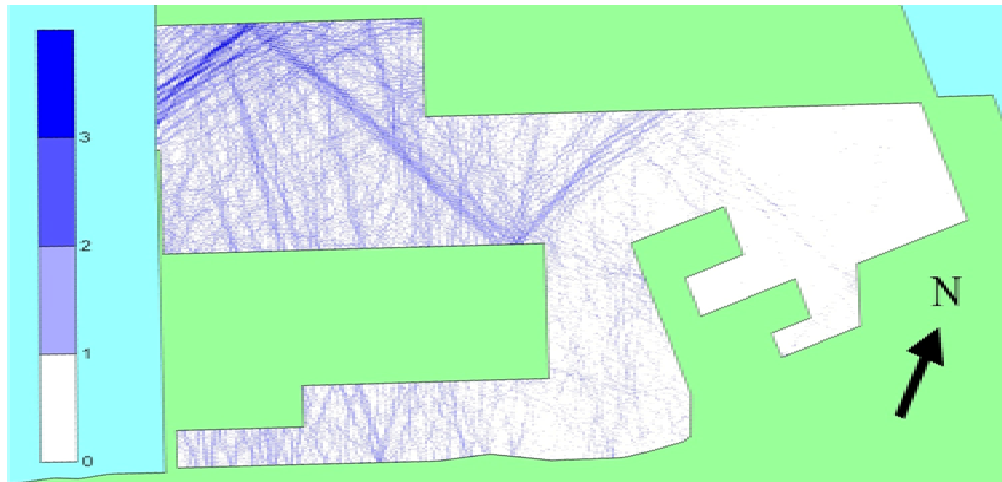
台北港第三期港池共振平面波場圖

(波向WNW，入射波週期 $T=3.2$ ， $h=10\text{m}$ ， $Kh=3.9$ ，碼頭岸壁反射係數1.0，岸壁 α 之反射係數0.9與岸壁 β 之反射係數0.8)



台北港第三期港池共振平面波場圖

(波向WNW，入射波週期 $T=2.9$ ， $h=10\text{m}$ ， $Kh=4.95$ ，碼頭岸壁反射係數1.0，岸壁 α 之反射係數0.9與岸壁 β 之反射係數0.8)



結論與建議

- 台北港擴建後港池形狀將會改變成狹長型，是否因此造成所謂的港池振盪為值得探討的主題，也藉以防範未然。本計畫為針對台北港第三期擴建規劃案之港池振盪特性，利用邊界元素法數值模式進行計算研究，用代表性的水深來計算，先看出港池振盪的趨勢，藉此作為日後進一步研究探討的參考依據。

-
- 模式的驗證上，由矩形等水深之港池的結果說明本研究港池振盪數值模式的正確性。本研究之港池振盪數值模式計算台北港第三期規劃案，乃考慮台北港之季風與颱風的波浪資料計算三個波浪入射的方向(WNW、N與NNE)與台北港的水深資料(depth=10m)，同時配合港區北碼頭、東碼頭與南碼頭之位置的選定，計算入射波浪週期與共振的關係，再透過共振週期計算港區碼頭的波浪場的分佈，藉以計算模擬台北港第三期規劃案對於港池振盪的影響。

-
- 對於數值計算模擬的結果，首先以長週期(T=20sec)三個方向入射波之計算結果來說明其趨勢的合理性，在N向與NNE向因為北堤防的屏蔽效應，所以在港區碼頭並沒有共振的情況，但是在WNW向入射的波浪，因波浪在港區岸線上的反射造成港區碼頭的共振。

-
- 本研究在各種入射波週期對於港區碼頭的共振計算上，在WNW方向入射的波浪會在11個週期發生共振，其中由本研究計算模擬的5個週期
T=9.8sec、5.4sec、4.1sec、3.6sec與3.2sec在港區碼頭平面波場的共振影響較為顯著，在N向與NNE向因為有北堤防的屏蔽，因此在港區碼頭的共振計算上並沒有其他共振週期的發生。

-
- 本研究計算台北港第三期規劃案之結果，顯示在季風風向與颱風風向為N向與NNE向且週期主要分佈於T=4 sec ~ T=6 sec，對於台北港第三期的配置均沒有發生共振的現象，但是於西南季風之WNW波向則會在週期T=3sec~T=10sec於港區碼頭發現較明顯的共振反應，此結果本研究建議在未來的研究上可以考慮實際水深的地形變化與台北港遠期擴建規劃方案來加以探討。

**報告結束
謝謝！**