

96-60-7274  
MOTC-IOT-95-H2EB005

# 95 年臺北港波浪條件推算及 設計波高基準之探討



交通部運輸研究所  
財團法人中華顧問工程司  
合作辦理

中華民國 96 年 4 月

96-60-7274  
MOTC-IOT-95-H2EB005

# 95 年臺北港波浪條件推算及 設計波高基準之探討

著者：徐如娟、張欽森、劉勁成、朱志誠、何良勝

交通部運輸研究所  
財團法人中華顧問工程司  
合作辦理

中華民國 96 年 4 月

96

95年臺北港波浪條件推算及設計波高基準之探討

交通部運輸研究所

GPN :  
定價 元

95 年臺北港波浪條件推算及設計波高基準之探討

著 者：徐如娟、張欽森、劉勁成、朱志誠、何良勝

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：臺北市敦化北路 240 號

網 址：[www.ihmt.gov.tw](http://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港灣技術研究中心網站

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 年臺北港波浪條件推算及設計波高基準之探討			
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 96-60-7274	計畫編號 95-H2EB005
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：徐如娟 聯絡電話：04-26587125 傳真號碼：04-26571329	合作研究單位：財團法人中華顧問工程司 計畫主持人：張欽森 研究人員：劉勁成、朱志誠 地址：臺北市 10637 辛亥路二段 185 號 26 樓 聯絡電話：02-27363567		研究期間 自 95 年 5 月 至 95 年 12 月
關鍵詞：臺北港、波浪條件推算、設計波高			
<p>摘要：</p> <p>臺北港肇建之初，現場觀測資料較為缺乏，自民國 85 年起，交通部運輸研究所港灣技術研究中心持續接受基隆港務局委託，辦理臺北港附近海域之海氣象觀測調查及分析工作，相關海氣象實測資料頗具豐碩，實有必要利用此實測資料重新探討臺北港之波浪設計條件，並對既有之結構物提出必要之因應對策。依據實測資料分析結果，以不同極值函數所推算出來的示性波高並不相同，且透過超量取樣及 LSM 法來推估 Weibull 分布為最適，有最高的 r 值，相對有最低的 MIR 值，以超量取樣法來推估迴歸期之結果較以最大值取樣者小，故 Weibull 分布及 LSM 推估參數法較能正確推估迴歸期之波浪。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
96 年 4 月	107		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費價購。
<p>機密等級：</p> <p>密 機密 極機密 絕對機密</p> <p>（解密條件： 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）</p> <p>普通</p>			
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**

<b>TITLE: Wave Forecast and Design Wave Condition in Taipei Harbor</b>			
ISBN (OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER 96-60-7274	PROJECT NUMBER 95-H2EB005
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ho Liang-shang PROJECT STAFF: Hsu Ju-chuan PHONE: 04-26587125 FAX: 04-26571329			PROJECT PERIOD FROM May 2006 TO December 2006
RESEARCH AGENCY: China Engineering Consultants, Inc. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang Chin-shen PROJECT STAFF: Liou Jin-cheng, Chu Jyh-cheng ADDRESS: 26Fl., 185, Sec. 2, Shinhai Road, Taipei 10637, TAIWAN PHONE: 886-2-27363567			
KEY WORDS: Taipei port, Wave forecasting, Design wave height			
ABSTRACT:  <p style="text-align: center;">From the start of building Taipei Harbor, it was deficient in the observation data. Since 1996, Keelung Harbor Bureau has commissioned Harbor and Marine Technology Center constantly to conduct the survey near the Taipei Harbor, and nowadays the data is fairly abundant. It is really necessary to probe the originally designed conditions of the Taipei Harbor, so that the emergency strategy can be supplied. This is a proposal for two years. In the first year, the major scheme includes a probe into the originally designed conditions of the Taipei Harbor and the data analysis of the proper designed condition according to the result. In the second year, the scheme includes the probe into the original designed condition of Taipei Harbor, the safe properties of the structures and the supply of emergency strategy.</p>			
DATE OF PUBLICATION April 2007	NUMBER OF PAGES 107	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	-----	I
英文摘要	-----	II
圖目錄	-----	V
表目錄	-----	VI
<b>第一章 前言</b>		
1.1 計畫緣起	-----	1-1
1.2 計畫目的	-----	1-2
1.3 研究流程	-----	1-3
<b>第二章 臺北港海氣象資料蒐集分析</b>		
2.1 氣象	-----	2-1
2.1.1 風	-----	2-1
2.1.2 颱風	-----	2-4
2.2 海象	-----	2-6
2.2.1 潮汐	-----	2-6
2.2.2 波浪	-----	2-6
2.2.3 海流	-----	2-12
<b>第三章 臺北港波浪設計條件探討</b>		
3.1 臺北港實測資料分析	-----	3-1
3.1.1 極值統計資料	-----	3-1
3.1.2 極值分布函數	-----	3-1
3.1.3 極值分布參數推定	-----	3-3
3.1.4 信賴檢定	-----	3-5

3.1.5 推估值之標準偏差	3-6
3.1.6 極值分析結果	3-7
3.2 颱風波浪推算法	3-13
3.2.1 井島武士法	3-13
3.2.2 數值推算法	3-13
3.3 臺北港原有波浪設計條件	3-15
3.4 推算波浪設計條件差異性分析	3-18
3.5 實測與推算波浪設計條件比對	3-21
3.6 颱風波浪推算結果	3-25
<b>第四章 結論</b>	<b>4-1</b>
<b>參考文獻</b>	<b>參-1</b>
<b>附錄一 期中報告審查意見處理意見表</b>	<b>附 1-1</b>
<b>附錄二 期末報告審查意見處理意見表</b>	<b>附 2-1</b>
<b>附錄三 期中報告簡報</b>	<b>附 3-1</b>
<b>附錄四 期末報告簡報</b>	<b>附 4-1</b>

## 圖 目 錄

圖 1.3-1	本計畫研究流程圖	1-4
圖 2.1-1	臺北港 85 年 94 年各季及全年風速、風向玫瑰圖	2-3
圖 2.1-2	侵襲臺灣之颱風路徑統計圖(1897 2005)	2-5
圖 2.2-1	臺北港 85 年 94 年各季及全年波高、波向玫瑰圖	2-10
圖 2.2-2	臺北港 85 年 94 年各季及全年流速、流向玫瑰圖	2-14
圖 3.1-1	最大值 MOM 法極值 I 型的機率分布	3-9
圖 3.1-2	最大值 MOM 法 Weibull 的機率分布	3-9
圖 3.1-3	最大值 LSM 法極值 I 型的機率分布	3-10
圖 3.1-4	最大值 LSM 法 Weibull 的機率分布	3-10
圖 3.1-5	超量 MOM 法極值 I 型的機率分布	3-11
圖 3.1-6	超量 MOM 法 Weibull 的機率分布	3-11
圖 3.1-7	超量 LSM 法極值 I 型的機率分布	3-12
圖 3.1-8	超量 LSM 法 Weibull 的機率分布	3-12
圖 3.3-1	計算目標區與觀測樁相關位置	3-17
圖 3.5-1	艾莉颱風路徑圖(第一路徑)	3-22
圖 3.5-2	瑞伯颱風路徑圖(第四路徑)	3-22
圖 3.5-3	溫妮颱風路徑圖(第七路徑)	3-23
圖 3.5-4	艾莉颱風觀測值與推算值比較	3-23
圖 3.5-5	瑞伯颱風觀測值與推算值比較	3-24
圖 3.5-6	溫妮颱風觀測值與推算值比較	3-24

## 表 目 錄

表 2.1-1	臺北港 85 年	94 年間風速、風向聯合分布統計表	-----	2-1
表 2.1-2	臺北港 85 年	94 年間夏季風速、風向聯合分布統計表	-	2-2
表 2.1-3	臺北港 85 年	94 年間秋季風速、風向聯合分布統計表	-	2-2
表 2.1-4	臺北港 85 年	94 年間冬季風速、風向聯合分布統計表	-	2-2
表 2.1-5	臺北港 85 年	94 年間風速、風向聯合分布統計表	-----	2-2
表 2.1-6	侵臺颱風次數統計表(1897 2005)	-----	-----	2-4
表 2.2-1	臺北港 85 年	94 年間春季波高、週期聯合分布統計表	-	2-7
表 2.2-2	臺北港 85 年	94 年間夏季波高、週期聯合分布統計表	-	2-7
表 2.2-3	臺北港 85 年	94 年間秋季波高、週期聯合分布統計表	-	2-8
表 2.2-4	臺北港 85 年	94 年間冬季波高、週期聯合分布統計表	-	2-8
表 2.2-5	臺北港 85 年	94 年間波高、週期聯合分布統計表	-----	2-8
表 2.2-6	臺北港 85 年	94 年間春季波高、波向聯合分布統計表	-	2-8
表 2.2-7	臺北港 85 年	94 年間夏季波高、波向聯合分布統計表	-	2-9
表 2.2-8	臺北港 85 年	94 年間秋季波高、波向聯合分布統計表	-	2-9
表 2.2-9	臺北港 85 年	94 年間冬季波高、波向聯合分布統計表	-	2-9
表 2.2-10	臺北港 85 年	94 年間波高、波向聯合分布統計表	-----	2-9
表 2.2-11	臺北港 85 年	94 年所測得颱風波浪統計表	-----	2-11
表 2.2-12	臺北港 85 年	94 年間春季流速、流向聯合分布統計表	-	2-12
表 2.2-13	臺北港 85 年	94 年間夏季流速、流向聯合分布統計表	-	2-12
表 2.2-14	臺北港 85 年	94 年間秋季流速、流向聯合分布統計表	-	2-13
表 2.2-15	臺北港 85 年	94 年間冬季流速、流向聯合分布統計表	-	2-13
表 2.2-16	臺北港 85 年	94 年間流速、流向聯合分布統計表	-----	2-13
表 3.1-1	各極值分布相關統計量之特性	-----	-----	3-4

表 3.1-2	計算樣本順位機率之 $a$ 及 $b$ 值 -----	3-5
表 3.1-3	相關係數殘差平均值公式之係數 $\bar{a}$ 、 $\bar{b}$ 及 $\bar{c}$ 值 -----	3-6
表 3.1-4	迴歸期推算量之標準偏差公式中之係數 -----	3-7
表 3.1-5	推估臺北港之波高及其標準偏差 -----	3-8
表 3.3-1	「淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫」颱風波 高推算表 -----	3-15
表 3.3-2	「臺北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程 規劃」颱風波高推算表 -----	3-16
表 3.3-3	50 年迴歸期推算波高相對誤差 -----	3-17
表 3.3-4	颱風模式計算條件差異表 -----	3-18
表 3.4-1	引用不同資料年份差異表 -----	3-18
表 3.4-2	不同計算目標區差異表 -----	3-19
表 3.4-3	不同滯留風速與傾度風速比值差異表 -----	3-19
表 3.4-4	湧浪考慮與否差異表 -----	3-20
表 3.4-5	極值分析中考慮不同分布函數差異表 -----	3-20
表 3.5-1	觀測值與推算值比較表 -----	3-25
表 3.6-1	模式推算臺北港之波高及其標準偏差 -----	3-26
表 3.6-2	影響臺北港附近海域之颱風統計表 -----	3-26
表 3.6-3	影響臺北港附近海域之颱風波浪推算波高值統計表 -----	3-29
表 3.6-4	各迴歸期之颱風波浪推算表 -----	3-31

# 第一章 前言

## 1.1 計畫緣起

臺北港位於淡水河出海口南岸之八里地區，以觀音山為屏障，濱臨臺灣海峽，東距基隆港 34 哩，南距臺中港 87 哩，西距大陸福州港 134 哩，海運航線便捷，地理條件優越。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。

臺灣位於副熱帶和熱帶地區，每年夏秋之交常受颱風侵襲，颱風強烈的暴風吹襲海面會產生長週期且大波高之波浪，經由近岸地形的淺化效應使波高變更大，此結果不僅影響漁撈、航運及道路交通，且常使沿岸結構物及動、植物遭受損害，甚至造成人民財產之損失。海堤與護岸具有保護海岸背後腹地之使命，而防波堤則為確保港口營運安全之結構物，故海象設計條件之選定非常重要。一般近岸結構物之設計年限為 50 年或 100 年，而 50 年或 100 年重現期之設計波高至少需有 30 年以上資料，經極端值統計分析方有可靠性。對 50 年使用年限的海岸結構物之設計條件，需要利用相當長的波浪實測資料方能分析，但實際上可能常因現有記錄的時間不足，無法達成。此時，需要藉由統計方法，利用有限長度的資料，去推估重現期之波浪特性，此分析技巧稱為極值統計。然而，往昔以極值統計決定設計波浪之方法為由每年颱風最低氣壓，先推估 50 年重現期之最低氣壓，以此最低氣壓假設從固定方向之模型颱風前進通過推算點，再利用數值方法推算該點之歷時波浪，其最高者即為該方向之重現期設計波浪，而目前多採用實際颱風路徑之氣壓值進行波浪推算，並依據各颱風推算值以極端值迴歸方法，求得各方向之重現期設計波浪。

臺灣地區往往因實測資料短缺，需依據以往海氣象紀錄來推算，由波浪推算結果，以極端值統計分析求得重現期之深水波波高和週期，接著考慮波浪從深水進入到結構物設置點前的波浪變形所

引起之改變來決定設計波浪。然臺北港肇建之初，現場觀測資料較為缺乏，自民國 85 年起，交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱港研中心)持續接受基隆港務局委託辦理臺北港附近海域之海氣象觀測調查工作，相關海氣象實測資料頗具豐碩，實有必要重新探討臺北港原有之波浪設計條件，用以提供必須之因應對策。因此，本計畫首先將分析臺北港原有波浪設計條件之安全性，接著透過歷年海氣象觀測資料，檢討臺北港應有的波浪設計條件，最後再針對既有結構物之安全性提出因應對策。

## 1.2 研究內容

一、本計畫擬以二年時程辦理，各年之工作內容如下：

1. 歷年臺北港海氣象實測資料蒐集整理分析。
2. 彙整分析臺北港原有之波浪設計條件。
3. 依據海氣象實測資料探討分析臺北港應有的波浪設計條件。
4. 初步探討比對臺北港原有和實測資料分析之波浪設計條件。

二、第二年研究內容：

1. 持續蒐集彙整臺北港海氣象資料。
2. 檢核比對臺北港原有和實測資料分析之波浪設計條件。
3. 探討臺北港原有波浪設計條件既有結構物之安全性並提出因應措施。

## 1.3 研究流程

依據本計畫工作項目之相關性及其作業程序，研擬本計畫之研究流程圖，如圖 1.3-1 所示。

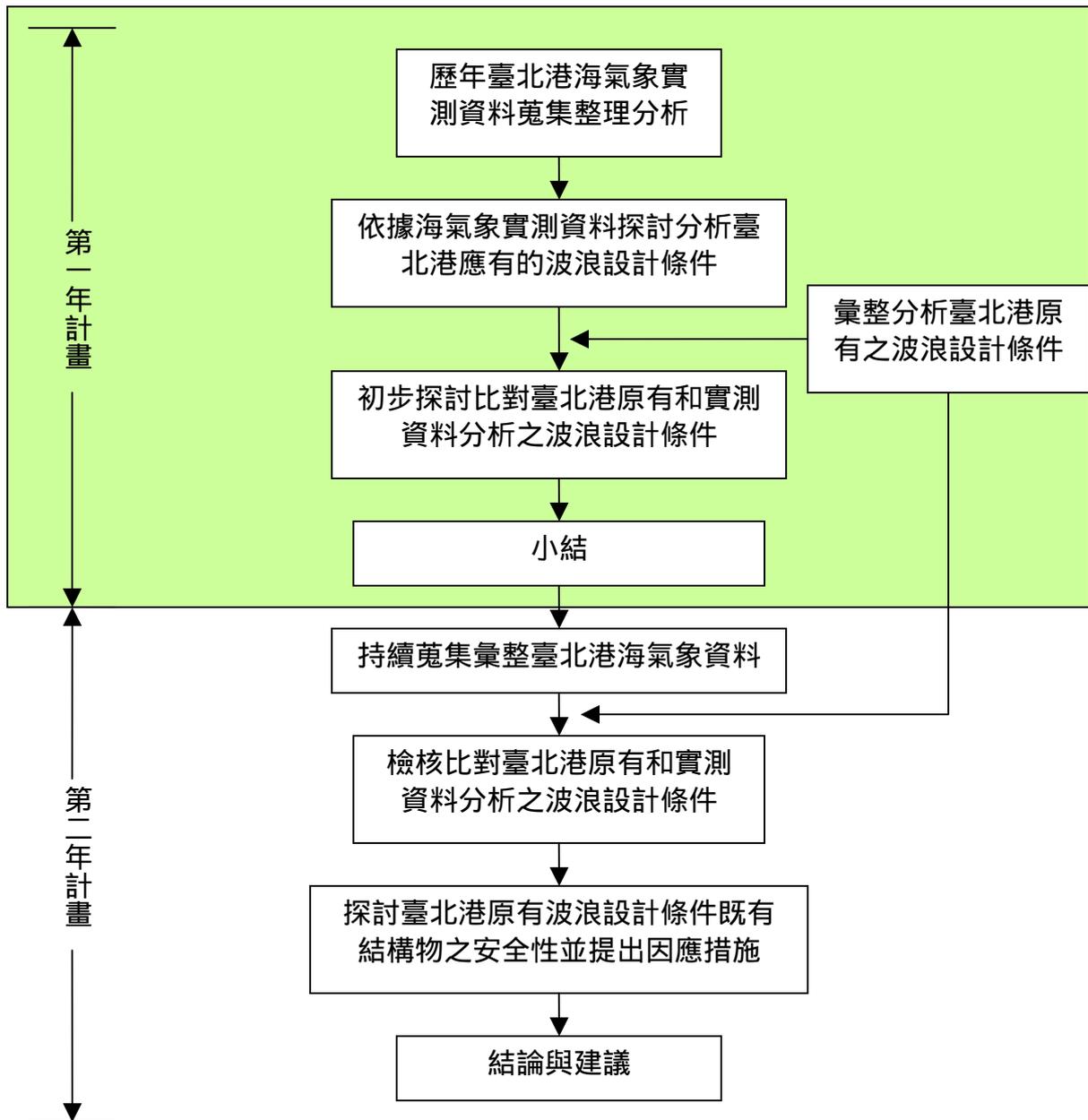


圖 1.3-1 本計畫研究流程圖

## 第二章 臺北港海氣象資料蒐集分析

### 2.1 氣象

#### 2.1.1 風

參考本所民國 85 年 94 年於臺北港觀測風力之資料，得風速、風向聯合分布表如表 2.1-1 表 2.1-5 所示，而其風玫瑰圖如圖 2.1-1 所示。由表可知，臺北港於民國 85 年 94 年間，全年之風向主要集中在 NE 與 ENE 二個方向，共約佔 36.6%，其他方向所佔百分比比較小。另在風速分布上，全年平均風速 6.1m/s，風速小於 5m/sec 佔 45.5%，介於 5 10m/sec 佔 36.7%，風速大於 10m/sec 佔 17.8%。

春季風向主要集中在 NE 與 ENE 二個方向，共約佔 36.7%，其他方向所佔百分比比較小。春季平均風速 5.4m/s，風速小於 5m/s 佔 53.2%，介於 5 10m/s 佔 33.7%，風速大於 10m/s 佔 13.1%。

夏季風向主要集中在 S WSW 及 W 等三個方向，共約佔 30.4%，其他方向所佔百分比比較小，呈現典型的夏季西南季風型態。夏季平均風速 4.8m/s，風速小於 5m/s 佔 62.6%，介於 5 10m/s 佔 29.0%，風速大於 10m/s 佔 8.4%。

秋季風向主要集中在 NE 與 ENE 二個方向，共約佔 45.6%，其他方向所佔百分比比較小。秋季平均風速 6.8m/s，風速小於 5m/s 佔 35.1%，介於 5 10m/s 佔 43.7%，風速大於 10m/s 佔 21.2%。

表 2.1-1 臺北港 85 年 94 年間春季風速、風向聯合分布統計表

風速 m/sec	風 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0.0 5.0	2.4	3.2	4.9	4.8	3.2	3.2	3.3	3.8	4.5	2.9	2.2	2.5	2.8	3.1	2.5	2.0	51.2
5.0 10.0	0.5	1.2	7.3	10.5	1.6	1.5	3.8	0.9	0.4	0.2	0.8	1.1	1.9	1.1	0.5	0.3	33.7
10.0 15.0	—	0.4	4.4	4.8	0.2	0.4	0.6	—	—	—	0.2	0.6	0.8	0.1	—	—	12.9
>15.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1
小計	2.9	4.9	16.6	20.1	5.1	5.2	7.9	4.6	4.9	3.3	3.3	4.1	5.6	4.4	3.0	2.2	98.1

資料來源：港研中心

冬季風向亦主要集中在 NE 與 ENE 二個方向，共約佔 56.7%，其他方向則較小，呈現典型的冬季東北季風型態。冬季平均風速 7.5m/s，風速小於 5m/s 佔 29.1%，介於 5 10m/s 佔 41.4%，風速大於 10m/s 佔 29.5%。

表 2.1-2 臺北港 85 年 94 年間夏季風速、風向聯合分布統計表

風速 m/sec	風 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0.0 5.0	2.1	2.7	3.2	2.6	2.3	2.8	3.5	5.3	10.1	6.4	5.0	3.8	2.9	3.1	2.7	1.9	60.5
5.0 10.0	0.2	0.8	2.5	2.3	0.8	1.8	2.5	1.0	0.4	0.3	1.5	4.6	4.7	4.6	0.6	0.2	29.1
10.0 15.0	—	0.2	0.6	0.5	0.1	0.5	0.8	0.3	—	—	0.2	1.4	2.0	0.3	—	—	7.2
>15.0	0.1	—	0.1	—	—	—	0.2	—	—	—	—	0.1	0.1	—	—	0.1	1.3
小計	2.6	3.7	6.3	5.5	3.2	5.2	7.1	6.7	10.7	6.8	6.7	10.0	9.7	8.2	3.3	2.2	97.9

資料來源：港研中心

表 2.1-3 臺北港 85 年 94 年間秋季風速、風向聯合分布統計表

風速 m/sec	風 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0.0 5.0	1.2	1.5	2.5	4.2	4.6	4.4	2.7	2.2	2.7	1.4	1.1	1.5	0.9	1.0	1.1	0.8	33.9
5.0 10.0	0.5	2.3	7.6	16.9	5.8	3.1	3.4	0.9	0.3	0.1	0.7	1.1	0.3	0.4	0.4	—	43.7
10.0 15.0	0.4	1.6	4.5	9.5	0.8	0.6	0.6	0.2	—	—	0.8	0.7	0.1	—	0.2	0.1	20.2
>15.0	0.1	—	0.1	0.1	—	0.1	—	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—	0.9
小計	2.1	5.4	15.0	30.6	11.2	8.2	6.8	3.2	3.1	1.8	2.7	3.2	1.5	1.4	1.6	1.1	98.7

資料來源：港研中心

表 2.1-4 臺北港 85 年 94 年間冬季風速、風向聯合分布統計表

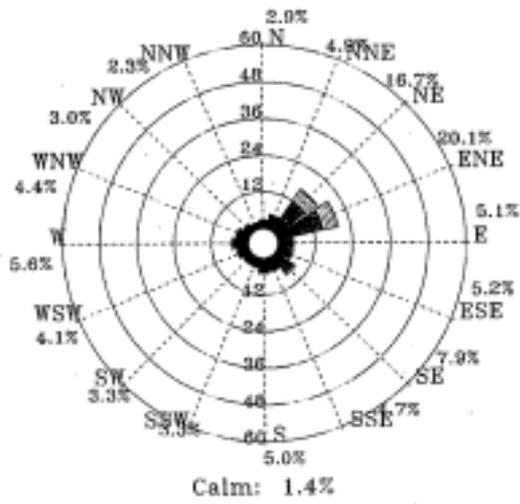
風速 m/sec	風 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0.0 5.0	1.3	1.8	2.8	2.8	2.8	2.5	1.7	1.8	1.5	1.2	1.0	1.2	1.7	1.9	1.0	1.1	28.1
5.0 10.0	0.7	3.2	12.1	15.0	4.3	2.0	2.0	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.1	—	41.4
10.0 15.0	0.2	3.2	12.4	11.0	0.9	0.4	0.6	0.1	—	—	0.1	—	—	—	—	—	29.1
>15.0	—	0.1	0.3	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5
小計	2.1	8.2	27.7	29.0	8.0	5.0	4.3	2.3	1.6	1.4	1.2	1.6	2.1	2.2	1.1	1.2	99.0

資料來源：港研中心

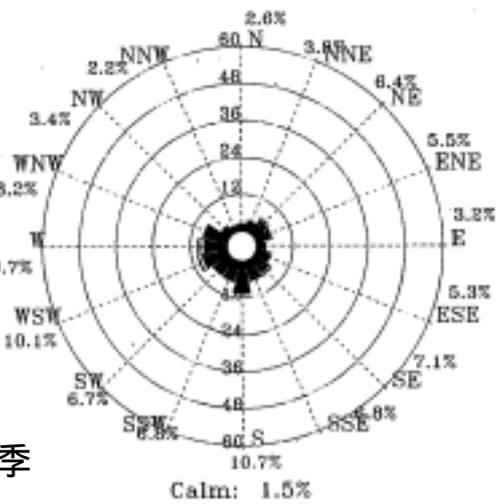
表 2.1-5 臺北港 85 年 94 年間風速、風向聯合分布統計表

風速 m/sec	風 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0.0 5.0	1.7	2.4	3.3	3.7	3.2	3.2	2.8	3.4	4.9	3.2	2.4	2.4	2.2	2.4	1.8	1.4	43.9
5.0 10.0	0.4	1.9	7.1	11.9	3.1	2.1	3.1	0.9	0.3	0.1	0.8	1.9	1.9	1.7	0.5	0.3	36.7
10.0 15.0	0.3	1.5	5.1	6.2	0.5	0.5	0.7	0.1	—	—	0.4	0.7	0.7	0.1	—	—	17.0
>15.0	—	—	0.1	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.7
小計	2.6	5.7	15.8	20.8	6.8	5.9	6.5	4.3	5.2	3.4	3.6	4.9	4.8	4.1	2.3	1.8	98.4

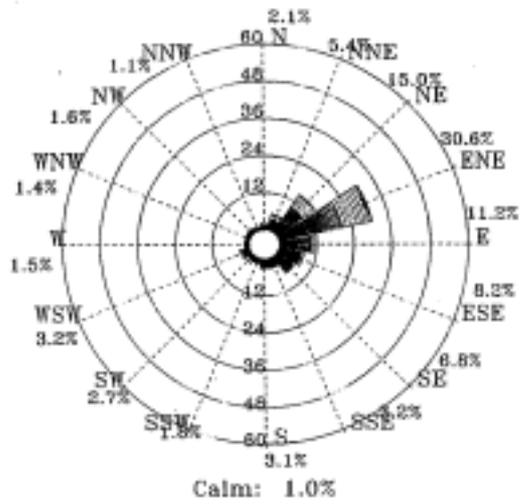
資料來源：港研中心



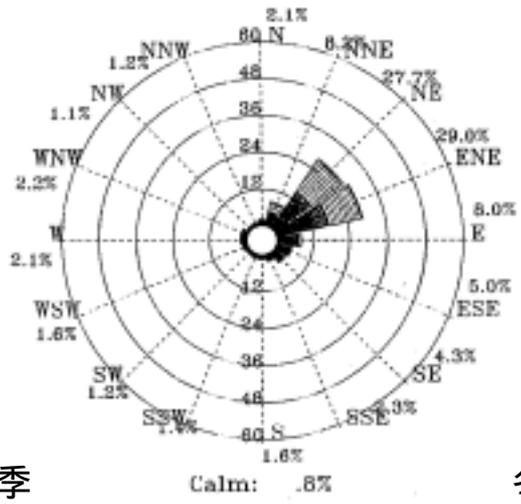
春季



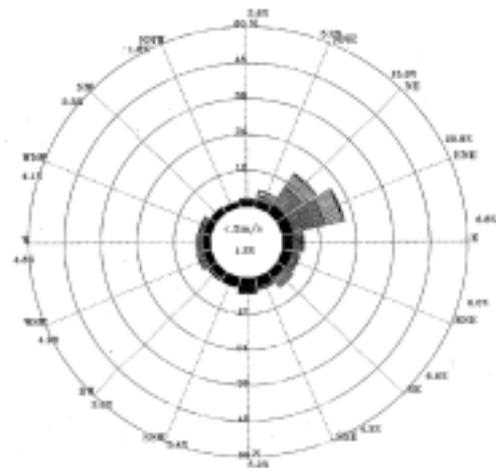
夏季



秋季



冬季



資料來源：港研中心

2 - 5m/s    5 - 10m/s    10 - 15m/s    15 - 20m/s    > 20m/s



圖 2.1-1 臺北港 85 年 94 年各季及全年風速、風向玫瑰圖

## 2.1.2 颱風

颱風為威脅臺灣地區最嚴重之自然災害，歷年來因颱風而損失之生命財產實不可勝數，尤其當颱風直接襲擊時，不僅影響海上船隻之作業，更對海岸結構物造成極大之衝擊，故對颱風之各項資料及特性，需詳予蒐集分析。以下根據中央氣象局發佈之最新統計資料加以說明分析。

### 1. 颱風之發生

熱帶地區發生之強烈低氣壓稱為熱帶性低氣壓，其與寒帶發生者不同，常挾帶豪雨與強風，破壞力極大。凡介於東經 115° 180°、北緯 5° 30°，即西太平洋海面自菲律賓東方迄日本南方海面所發生熱帶性低氣壓均稱為颱風，其發源地多在馬利安納群島與菲律賓群島之間，南海地區次之。

### 2. 颱風侵臺之頻率

依據中央氣象局氣象研究科技中心彙整統計民國前 15 年至民國 94 年，共計 108 年間侵襲臺灣及其附近海域之颱風資料，得各月侵臺颱風總次數及頻率如表 2.1-6 所示。

表 2.1-6 侵臺颱風次數統計表(1897 2005)

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	合計
次數	0	0	0	2	14	28	92	116	88	34	9	1	384
百分比(%)	0	0	0	0.5	3.6	7.3	24.0	30.2	22.9	8.9	2.3	0.3	100
年平均次數	0	0	0	0.02	0.13	0.26	0.84	1.06	0.81	0.31	0.08	0.01	3.52

資料來源：中央氣象局氣象研究科技中心

### 3. 侵臺颱風路徑

中央氣象局將侵臺颱風路徑歸納為 7 類，據以統計過去 108 年(1897 2005 年)間之侵臺颱風，其路徑詳如圖 2.1-2 所示。本計畫區位於臺灣北海岸，因此，侵臺颱風中之第 1、4 與第 5 路徑將直接或間接侵襲其鄰近海域；依圖 2.1-2 之統計結果，可得侵臺颱風中約有 44.8% 將影響計畫區附近海域，亦即平均每年約有 1.72

個颱風將影響計畫區附近海域。

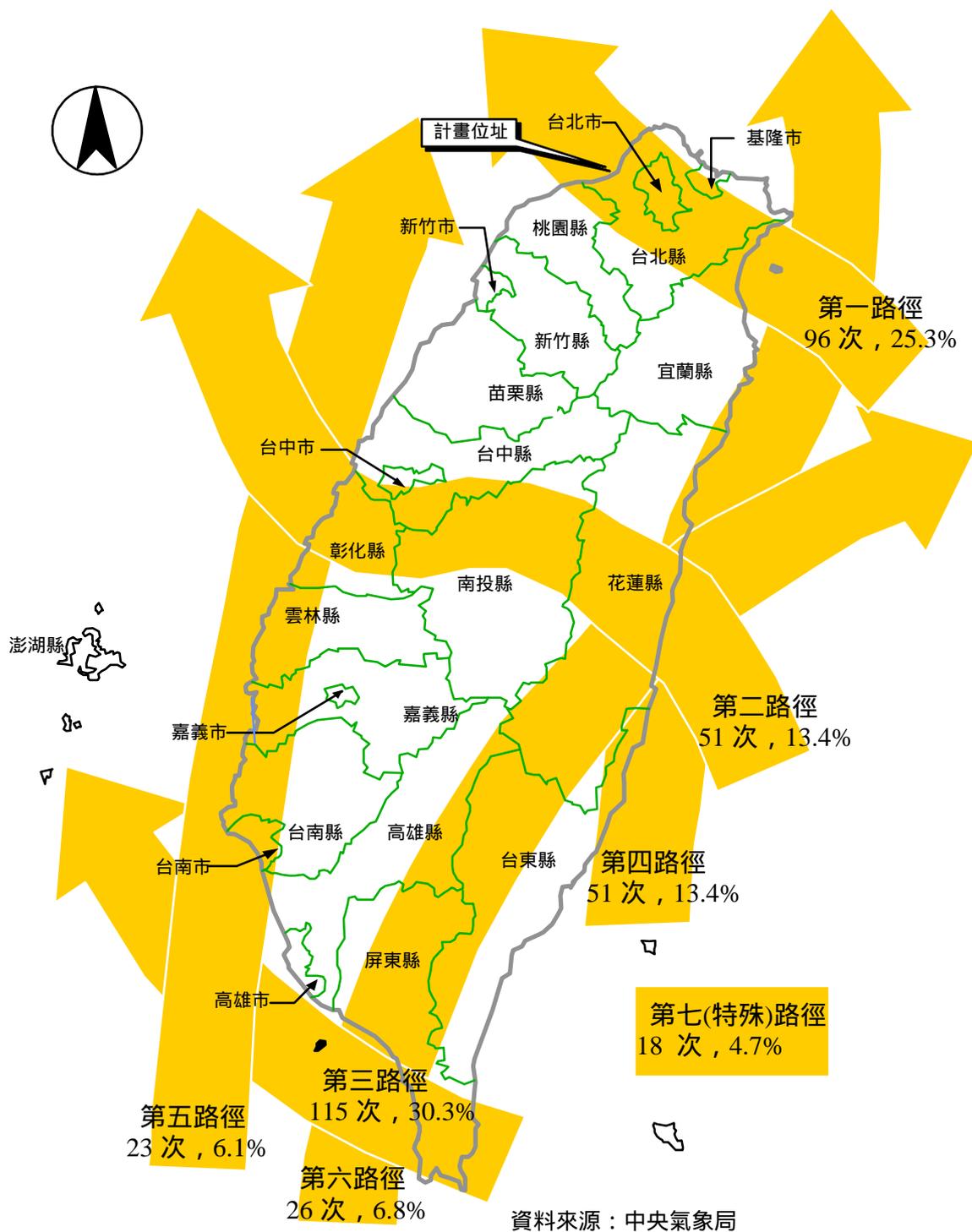


圖 2.1-2 侵襲臺灣之颱風路徑統計圖(1897 ~ 2005)

## 2.2 海象

### 2.2.1 潮汐

潮汐之成因主要為天體萬有引力作用於海面，並因海底及海岸地形之影響；海灣河口之共振；地球自轉所生之力等作用，使海面水位發生週期性變化之現象。由基隆港務局自民國 58 年至 72 年設於油車口潮位觀測站所測得之資料，統計可得計畫區附近各種潮汐水位如下：

H.H.W.L.	+3.74m (EL:+2.31m)
M.H.W.L.	+2.48m (EL:+1.05m)
M.W.L.	+1.46m (EL:+0.03m)
M.L.W.L.	+0.55m (EL:-0.88m)
L.L.W.L.	-0.46m (EL:-1.89m)
水準零點高程	+1.43m (EL:±0.00m)

括號( )部份為內政部陸上水準系統

上述各水位中，最高高潮位為+3.74m，發生於民國 61 年 8 月 17 日貝蒂颱風侵襲臺灣北部海域，又適逢漲潮之故；最低低潮位為-0.46m，則發生於民國 64 年 1 月 28 日，農曆 12 月 17 日之朔望大潮期間。此外，依據「基隆新港及臺北港調查規劃之臺北港規劃報告」，推估臺北港之 50 年迴歸期暴潮位為+3.82m。

### 2.2.2 波浪

#### 1. 季風波浪

統計分析本所民國 85 年 94 年間，於臺北港所觀測之波浪資料，得觀測之波高、週期聯合分布詳如表 2.2-1 表 2.2-5 所示；由表中可知，春、夏及秋三季之示性波高以介於 0 0.5m 間最多，分別約佔 44.1%、64.2%及 32.9%，冬季之示性波高則以介於 0.5m 1.0m 間為最多，約佔 26.8%；春、夏兩季週期主要皆分布於 4sec 6sec 間，分別約佔 50.5%、56.0%，秋、冬兩季週期較長，主要分布於 6sec 8sec 間，分別約佔 47.7%、63.6%。全年示性波高以

介於 0 0.5m 間為最多，約佔全年波浪之 42.1%，其次為 0.5m 1.0m 間，約佔全年之 28.5%，週期主要分布於 6sec 8sec 間，約佔全年之 45.2%，其次為 4sec 6sec 間，約佔全年之 39.5%。

表 2.2-6 表 2.2-10 為波高、波向聯合分布表，而圖 2.2-1 為波向玫瑰圖，由表及圖可知，春季季風波浪之波向以來自 NNE 向最多，N 向次之，分別約佔全年之 31.6% 及 27.6%；夏季季風波浪之波向以來自 WNW 向最多，約佔全年之 15.9%；秋季季風波浪之波向以來自 N 最多，約佔全年之 34.1%，NNE 向次之，約佔全年之 30.1%；冬季季風波浪之波向則以 N 向最多，約佔全年之 41.4%，NNE 向次之，約佔全年之 32.8%。就全年度而言，以來自 N 向之波浪最多，約佔全年之 26.8%，其次為 NNE 向，約佔全年之 26.7%。

表 2.2-1 臺北港 85 年 94 年間春季波高、週期聯合分布統計表

波高 (m)	週 期 (sec)								小計
	0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	> 14	
0 0.5	—	2.1	24.7	14.0	2.8	0.3	0.2	—	44.1
0.5 1.0	—	0.5	18.8	12.4	0.8	—	—	—	32.7
1.0 1.5	—	—	5.8	7.9	0.5	—	—	—	14.3
1.5 2.0	—	—	1.0	4.3	0.4	—	—	—	5.7
2.0 3.0	—	—	0.1	2.0	0.8	—	—	—	2.9
3.0 4.0	—	—	—	0.2	0.1	—	—	—	0.3
> 4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
小計	—	2.7	50.5	40.8	5.5	0.3	0.2	—	100.0

資料來源：港研中心

表 2.2-2 臺北港 85 年 94 年間夏季波高、週期聯合分布統計表

波高 (m)	週 期 (sec)								小計
	0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	> 14	
0 0.5	—	3.1	34.6	20.4	5.5	0.4	0.1	—	64.2
0.5 1.0	—	0.8	16.0	7.4	1.4	0.2	0.1	0.1	26.1
1.0 1.5	—	0.1	4.1	2.0	0.2	—	0.1	—	6.5
1.5 2.0	—	—	0.9	0.7	0.2	—	—	—	1.8
2.0 3.0	—	—	0.3	0.4	0.1	—	—	—	0.8
3.0 4.0	—	—	—	0.1	0.1	—	—	—	0.3
> 4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2
小計	—	4.1	56.0	31.1	7.5	0.7	0.3	0.3	100.0

資料來源：港研中心

表 2.2-3 臺北港 85 年 94 年間秋季波高、週期聯合分布統計表

波高 (m)	週 期 (sec)									小計
	0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	> 14		
0 0.5	—	0.6	12.1	13.3	6.2	0.5	0.1	—	32.9	
0.5 1.0	—	0.2	11.1	12.8	4.6	0.3	0.1	—	29.1	
1.0 1.5	—	—	5.2	9.4	2.5	0.2	—	—	17.4	
1.5 2.0	—	—	1.4	6.9	1.6	0.1	0.1	—	10.3	
2.0 3.0	—	—	0.4	4.5	2.6	0.2	0.2	0.1	8.0	
3.0 4.0	—	—	—	0.6	0.8	0.2	0.2	0.1	1.9	
> 4.0	—	—	—	—	0.2	0.2	—	—	0.4	
小計	—	0.9	30.3	47.7	18.5	1.6	0.8	0.4	100.0	

資料來源：港研中心

表 2.2-4 臺北港 85 年 94 年間冬季波高、週期聯合分布統計表

波高 (m)	週 期 (sec)									小計
	0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	> 14		
0 0.5	—	—	4.8	8.3	1.8	0.3	0.1	—	15.3	
0.5 1.0	—	0.1	10.1	14.6	2.0	—	—	—	26.8	
1.0 1.5	—	—	4.5	17.6	2.7	—	—	—	24.8	
1.5 2.0	—	—	1.6	13.1	2.5	—	—	—	17.3	
2.0 3.0	—	—	0.5	9.3	4.2	—	—	—	14.0	
3.0 4.0	—	—	—	0.6	1.0	—	—	—	1.7	
> 4.0	—	—	—	—	0.1	—	—	—	0.1	
小計	—	0.1	21.5	63.6	14.4	0.3	0.1	—	100.0	

資料來源：港研中心

表 2.2-5 臺北港 85 年 94 年間波高、週期聯合分布統計表

波高 (m)	週 期 (sec)									小計
	0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	> 14		
0 0.5	—	1.5	19.8	15.7	4.5	0.4	0.1	—	42.1	
0.5 1.0	—	0.4	13.5	11.9	2.4	0.1	—	—	28.5	
1.0 1.5	—	—	4.6	8.2	1.5	0.1	—	—	14.6	
1.5 2.0	—	—	1.1	5.5	1.2	0.1	—	—	7.9	
2.0 3.0	—	—	0.3	3.5	1.8	0.1	0.1	—	5.7	
3.0 4.0	—	—	—	0.3	0.5	0.1	—	—	1.0	
> 4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2	
小計	—	2.0	39.5	45.2	12.1	0.8	0.3	0.1	100.0	

資料來源：港研中心

表 2.2-6 臺北港 85 年 94 年間春季波高、波向聯合分布統計表

波高 (m)	波 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0.0 0.5	9.2	8.8	3.5	1.8	0.9	0.7	0.8	0.6	0.7	0.6	0.7	1.7	1.8	2.3	3.1	4.8	41.8
0.5 1.0	9.1	12.2	3.4	0.9	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	1.0	1.3	1.2	2.2	33.7
1.0 1.5	4.9	6.5	1.0	0.3	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.2	0.6	0.5	0.2	0.6	15.1
1.5 2.0	2.4	2.9	0.2	0.1	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.2	0.1	—	0.1	6.0
2.0 3.0	1.8	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.1
3.0 4.0	0.2	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3
> 4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
小計	27.6	31.6	8.2	3.0	1.2	1.0	1.1	0.8	0.9	0.9	1.1	2.5	3.6	4.1	4.5	7.7	100.0

資料來源：港研中心

表 2.2-7 臺北港 85 年 94 年間夏季波高、波向聯合分布統計表

波高 (m)	波 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0.0 0.5	7.6	6.6	3.3	1.6	1.6	2.3	1.5	1.4	1.3	1.6	2.1	3.9	7.1	9.7	8.0	6.5	66.0
0.5 1.0	3.5	4.6	1.6	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6	1.5	3.2	4.9	2.1	1.9	25.6
1.0 1.5	0.7	1.1	0.3	0.1	—	—	—	—	0.1	0.1	0.2	0.5	0.9	0.9	0.3	0.3	5.4
1.5 2.0	0.2	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.2	0.2	0.2	—	0.1	1.5
2.0 3.0	0.3	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.1	—	0.1	0.8
3.0 4.0	0.2	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.3
>4.0	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2	0.3
小計	12.6	13.0	5.3	2.3	1.8	2.5	1.6	1.6	1.5	2.0	3.1	6.2	11.4	15.9	10.4	8.9	100.0

資料來源：港研中心

表 2.2-8 臺北港 85 年 94 年間秋季波高、波向聯合分布統計表

波高 (m)	波 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0.0 0.5	6.0	5.8	2.2	1.0	0.8	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.1	1.6	2.3	3.7	30.7
0.5 1.0	9.1	10.1	2.5	0.6	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.9	2.5	29.6
1.0 1.5	7.4	7.1	1.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	1.2	18.5
1.5 2.0	5.1	3.9	0.2	0.1	—	0.1	—	—	0.1	—	—	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	10.4
2.0 3.0	5.0	2.8	0.1	—	—	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—	0.1	0.3	8.5
3.0 4.0	1.3	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	2.0
>4.0	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3
小計	34.1	30.1	6.0	1.9	1.3	1.3	1.4	1.6	1.7	1.4	1.2	1.5	1.7	2.7	3.8	8.3	100.0

資料來源：港研中心

表 2.2-9 臺北港 85 年 94 年間冬季波高、波向聯合分布統計表

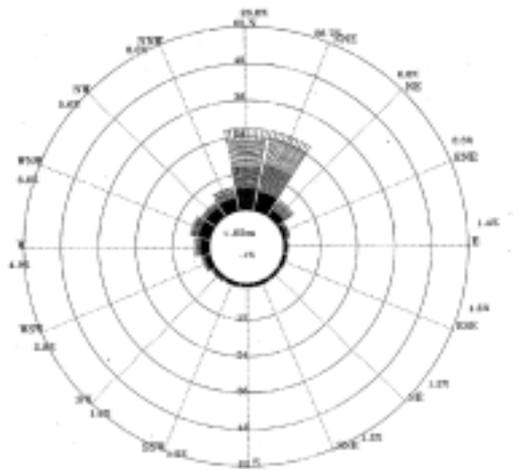
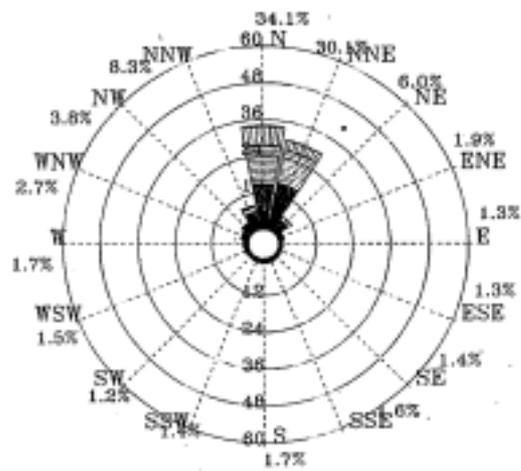
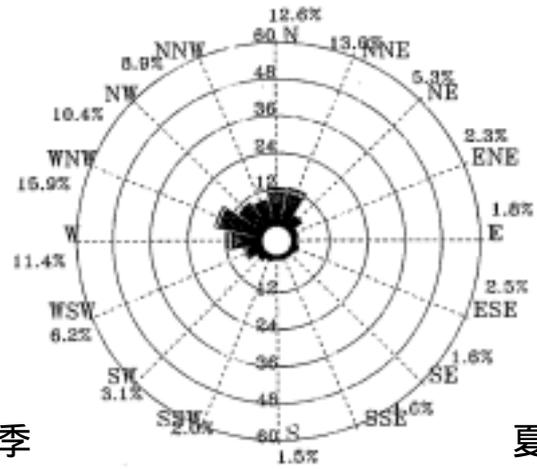
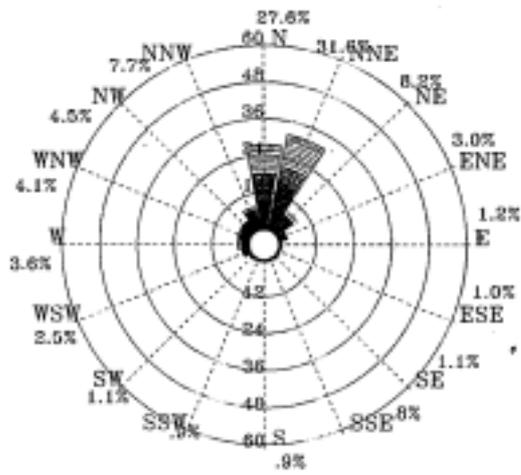
波高 (m)	波 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0.0 0.5	4.3	3.4	1.0	0.5	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	1.2	2.0	15.2
0.5 1.0	8.7	8.5	1.8	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6	0.7	0.9	3.2	26.8
1.0 1.5	10.0	8.5	1.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.3	0.5	2.4	25.0
1.5 2.0	8.6	6.8	0.4	0.1	—	—	—	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	17.3
2.0 3.0	7.5	5.2	0.1	—	—	—	0.1	0.1	0.2	0.1	—	—	—	—	—	0.5	13.9
3.0 4.0	1.2	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.7
>4.0	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1
小計	40.4	32.8	4.9	1.4	0.8	0.7	0.5	0.7	1.0	0.7	0.7	0.8	1.5	1.6	2.8	8.7	100.0

資料來源：港研中心

表 2.2-10 臺北港 85 年 94 年間波高、波向聯合分布統計表

波高 (m)	波 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0.0 0.5	7.1	6.6	2.8	1.4	1.0	1.1	0.9	0.8	0.9	0.9	1.1	1.9	2.9	3.9	3.9	4.5	41.7
0.5 1.0	7.2	8.9	2.5	0.7	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	1.4	2.0	1.3	2.2	28.7
1.0 1.5	5.0	5.7	1.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.5	0.5	0.3	0.8	14.6
1.5 2.0	3.5	3.2	0.2	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	7.9
2.0 3.0	3.2	2.1	0.1	—	—	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—	0.2	5.8
3.0 4.0	0.6	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.0
>4.0	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2
小計	26.8	26.7	6.6	2.3	1.4	1.5	1.2	1.2	1.3	1.3	1.6	2.9	4.9	6.6	5.6	8.0	100.0

資料來源：港研中心



資料來源：港研中心

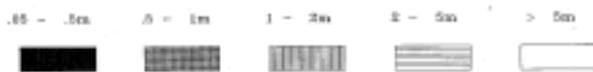


圖 2.2-1 臺北港 85 年 94 年各季及全年波高、波向玫瑰圖

## 2. 颱風波浪

於民國 85 年 94 年間，本所於臺北港進行波浪觀測中，所記錄颱風期間之最大示性波高、對應週期及波向(最大示性波高大於 2.5m 者)，如表 2.2-11 所示。由表中可知，觀測期間最大示性波發生在 1998 年 10 月 13 日 17 日瑞伯颱風來襲期間，其最大示性波高為 8.8m，示性週期為 10.3sec；其次為 2001 年 10 月 15 日 16 日海燕颱風來襲期間，其最大示性波高為 6.5m，示性週期為 9.1sec，波向 N；以及 1997 年 8 月 16 日 19 日來襲之溫妮颱風，其最大示性波高亦為 6.5m，示性週期為 11.5sec，波向 NW。

表 2.2-11 臺北港 85 年 94 年所測得颱風波浪統計表

編號	颱風名稱	發生時間	最大示性波高(m)	週期(sec)	波向	路徑
1	溫妮(WINNIE)	1997/08/16 1997/08/19	6.5	11.5	NW	7
2	楊妮(YANNI)	1998/09/27 1998/09/29	3.2	7.5	NNW	4
3	瑞伯(ZEB)	1998/10/13 1998/10/17	8.8	10.3	-	4
4	芭比絲(BABS)	1998/10/25 1998/10/27	3.5	9.3	-	5
5	巴比倫(PRAPIROON)	2000/08/27 2000/08/30	2.7	8.2	NNW	1
6	寶發(BOPHA)	2000/09/08 2000/09/10	4.3	8.8	NNE	7
7	納莉(NARI)	2001/09/08 2001/09/19	4.6	7.9	ESE	7
8	利奇馬(LEKIMA)	2001/09/23 2001/09/28	3.3	8.8	N	2
9	海燕(HAIYAN)	2001/10/15 2001/10/16	6.5	9.1	N	-
10	辛樂克(SINLAKU)	2002/09/04 2002/09/08	3.5	12.8	-	1
11	米勒(MELOR)	2003/11/02 2003/11/03	2.6	7.3	NNE	4
12	敏督利(MINDULLE)	2004/06/28 2004/07/03	2.6	6.1	ENE	4
13	蘭寧(RANANIM)	2004/08/10 2004/08/13	3.3	6.6	N	-
14	艾莉(AERE)	2004/08/23 2004/08/26	6.1	7.3	N	1
15	海馬(HAIMA)	2004/09/11 2004/09/13	3.6	7.4	NNE	4
16	海棠(HAITANG)	2005/07/16 2005/07/20	4.0	6.3	NNE	1
17	馬莎(MATSA)	2005/08/03 2005/08/06	5.0	5.4	SSW	1
18	泰利(TALIM)	2005/08/30 2005/09/01	4.1	6.2	N	2
19	卡努(KHANUN)	2005/09/09 2005/09/11	3.2	5.7	NNE	-
20	龍王(LONGWANG)	2005/09/30 2005/10/03	3.0	5.3	NEE	2

### 2.2.3 海流

於民國 85 年 94 年間，港研中心於臺北港進行海流觀測，依其報告統計值顯示，歷年之春季平均流速為 36.2cm/sec、最大流速為 134.5cm/sec，夏季平均流速為 33.7cm/sec、最大流速為 130.9cm/sec，秋季平均流速為 39.4cm/sec、最大流速為 125.1cm/sec，冬季平均流速為 35.1cm/sec、最大流速為 116.5cm/sec，因此，四季相差不大，顯示海流大小與季節變化並不明顯。觀測之流速、流向聯合分布如表 2.2-12 表 2.2-16 所示，海流玫瑰圖則詳圖 2.2-2 所示。由表及圖中可知，各季之流速集中於 0 50cm/sec 間，所佔百分比均達 70.0%以上，其中以介於 30 40cm/sec 間為最多，所佔百分比均約於 20.0%上下，全年之資料亦有相同之趨勢；各季之流向則集中於 NE ENE 及 WSW SW，所佔百分比均達 70.0%以上，約與海岸線平行。由此可知，流向優勢分明，顯示此處海流主要受潮流影響。

表 2.2-12 臺北港 85 年 94 年間春季流速、流向聯合分布統計表

流速 (cm/sec)	流 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0 10	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.9	0.8	0.8	0.7	0.3	0.2	0.2	9.3
10 20	0.1	0.6	1.4	1.9	1.3	0.7	0.6	0.5	0.8	1.5	2.3	2.4	0.9	0.3	0.2	—	15.5
20 30	0.1	0.5	2.3	2.8	1.0	0.5	0.2	0.1	0.2	0.6	2.8	4.0	0.9	0.1	—	—	16.4
30 40	—	0.4	3.0	3.8	1.0	0.3	—	—	—	0.1	2.5	5.0	0.6	—	—	—	16.8
40 50	—	0.3	3.6	4.1	0.6	0.2	—	—	—	0.1	2.1	5.0	0.4	—	—	—	16.5
50 60	0.1	0.2	3.1	4.0	0.5	0.1	0.1	—	—	—	1.9	3.0	0.2	—	—	—	13.1
60 70	—	0.1	2.5	2.2	0.2	—	—	—	—	—	0.9	1.1	0.1	—	—	—	7.1
70 80	—	0.1	1.5	0.8	—	—	—	—	—	—	0.3	0.2	—	—	—	—	2.9
> 80	—	—	1.3	0.7	—	—	—	—	—	—	—	0.1	—	—	—	—	2.1
小計	0.8	2.5	19.2	20.8	5.5	2.5	1.7	1.4	1.9	3.3	13.7	21.5	3.6	0.9	0.4	0.3	100.0

資料來源：港研中心

表 2.2-13 臺北港 85 年 94 年間夏季流速、流向聯合分布統計表

流速 (cm/sec)	流 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0 10	0.5	0.4	0.5	0.6	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	9.2
10 20	0.3	0.5	1.2	2.2	1.9	1.0	0.9	0.7	1.1	1.7	2.4	2.9	1.1	0.4	0.3	0.2	17.9
20 30	0.2	0.4	2.2	4.0	1.5	0.7	0.4	0.3	0.4	1.0	2.9	3.4	1.7	0.4	0.2	—	19.5
30 40	0.2	0.4	2.8	5.2	0.8	0.4	0.2	0.1	0.2	0.7	2.8	3.7	1.2	0.1	0.2	0.1	19.0
40 50	—	0.3	2.9	5.0	0.6	0.2	—	—	0.2	0.4	2.4	2.3	0.7	—	—	—	15.0
50 60	—	0.3	2.3	2.8	0.6	0.1	—	—	—	0.3	1.8	1.2	0.3	—	—	—	9.7
60 70	—	0.2	1.3	1.7	0.3	—	—	—	—	0.1	1.0	0.5	0.2	—	—	—	5.2
70 80	—	0.1	0.7	0.8	0.1	—	—	—	—	0.1	0.5	0.2	0.1	—	—	—	2.6
> 80	—	—	0.5	0.7	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	—	—	—	—	1.8
小計	1.3	2.4	14.4	23.2	6.6	3.0	2.3	1.9	2.8	5.1	14.7	13.8	5.5	1.2	1.0	0.7	100.0

資料來源：港研中心

表 2.2-14 臺北港 85 年 94 年間秋季流速、流向聯合分布統計表

流速 (cm/sec)	流 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0 10	0.3	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	7.6
10 20	0.3	0.7	1.3	1.7	1.4	0.8	0.5	0.5	0.8	1.7	1.9	1.0	0.6	0.3	0.1	0.1	13.5
20 30	0.2	0.7	1.9	2.1	1.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.7	3.6	2.1	0.7	—	—	—	14.7
30 40	0.1	0.7	2.5	2.9	1.1	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	3.6	3.1	0.7	—	—	—	16.3
40 50	—	0.5	2.7	3.3	1.2	0.4	0.1	0.1	—	0.1	3.3	3.8	0.4	—	—	—	16.1
50 60	—	0.5	2.4	2.9	1.2	0.3	0.1	—	—	—	2.7	3.6	0.3	—	—	—	14.0
60 70	—	0.3	2.2	2.6	0.8	0.2	0.1	0.1	—	—	1.4	2.4	0.2	—	—	—	10.4
70 80	—	0.1	1.1	1.5	0.3	0.1	—	—	—	—	0.5	0.8	0.1	—	—	—	4.6
> 80	—	—	0.7	1.2	0.1	—	—	—	—	—	0.3	0.3	0.1	—	—	—	2.8
小計	1.1	4.1	15.5	18.9	7.7	3.0	1.9	1.5	1.9	3.5	17.9	17.7	3.4	0.9	0.5	0.5	100.0

資料來源：港研中心

表 2.2-15 臺北港 85 年 94 年間冬季流速、流向聯合分布統計表

流速 (cm/sec)	流 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0 10	0.5	0.6	0.8	0.7	0.7	0.4	0.5	0.4	0.7	0.6	0.8	0.9	0.6	0.4	0.5	0.4	9.3
10 20	0.1	0.8	1.2	2.4	1.1	0.5	0.5	0.6	0.6	0.9	1.7	2.1	0.9	0.2	0.1	0.1	13.9
20 30	0.1	0.6	1.6	3.6	1.0	0.5	0.4	0.3	0.3	0.6	2.7	3.7	1.4	0.1	—	—	16.9
30 40	0.1	0.6	2.0	4.8	1.2	0.6	0.4	0.3	0.2	0.3	2.3	6.1	1.4	—	—	—	20.3
40 50	0.2	0.4	2.2	4.8	1.2	0.4	0.2	0.1	0.1	—	1.9	5.7	0.9	—	—	—	18.2
50 60	0.1	0.1	2.2	3.5	0.7	0.2	0.1	—	—	—	1.3	3.7	0.3	—	—	—	12.3
60 70	0.1	0.1	1.4	1.7	0.2	0.1	—	—	—	—	0.5	1.6	0.2	—	—	—	5.9
70 80	—	—	0.6	0.5	0.1	—	—	—	—	—	0.1	0.4	0.2	—	—	—	2.0
> 80	—	—	0.4	0.3	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.1	—	—	1.3
小計	1.1	3.2	12.4	22.4	6.4	2.9	2.1	1.6	1.9	2.5	11.3	24.2	6.0	0.8	0.7	0.5	100.0

資料來源：港研中心

表 2.2-16 臺北港 85 年 94 年間流速、流向聯合分布統計表

流速 (cm/sec)	流 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0 10	0.5	0.4	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	8.9
10 20	0.2	0.6	1.3	2.0	1.4	0.7	0.7	0.5	0.8	1.5	2.2	1.8	0.9	0.3	0.2	0.1	15.3
20 30	0.2	0.6	2.0	3.2	1.2	0.6	0.4	0.2	0.3	0.7	3.1	3.3	1.2	0.2	—	—	17.0
30 40	0.2	0.4	2.6	4.3	1.0	0.4	0.2	0.1	0.2	0.3	2.8	4.5	0.9	—	—	—	18.1
40 50	—	0.4	2.8	4.4	0.9	0.2	0.1	—	0.1	0.2	2.4	4.2	0.5	—	—	—	16.4
50 60	0.1	0.3	2.5	3.3	0.7	0.2	0.1	—	—	0.1	1.9	2.8	0.2	—	—	—	12.2
60 70	—	0.2	1.9	2.0	0.3	0.1	—	—	—	—	0.9	1.3	0.1	—	—	—	7.0
70 80	—	0.1	1.0	0.9	0.1	—	—	—	—	—	0.3	0.4	0.1	—	—	—	3.0
> 80	—	—	0.8	0.8	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.1	—	—	—	2.0
小計	1.1	3.0	15.5	21.4	6.5	2.9	2.0	1.6	2.1	3.7	14.3	19.1	4.7	0.9	0.7	0.5	100.0

資料來源：港研中心

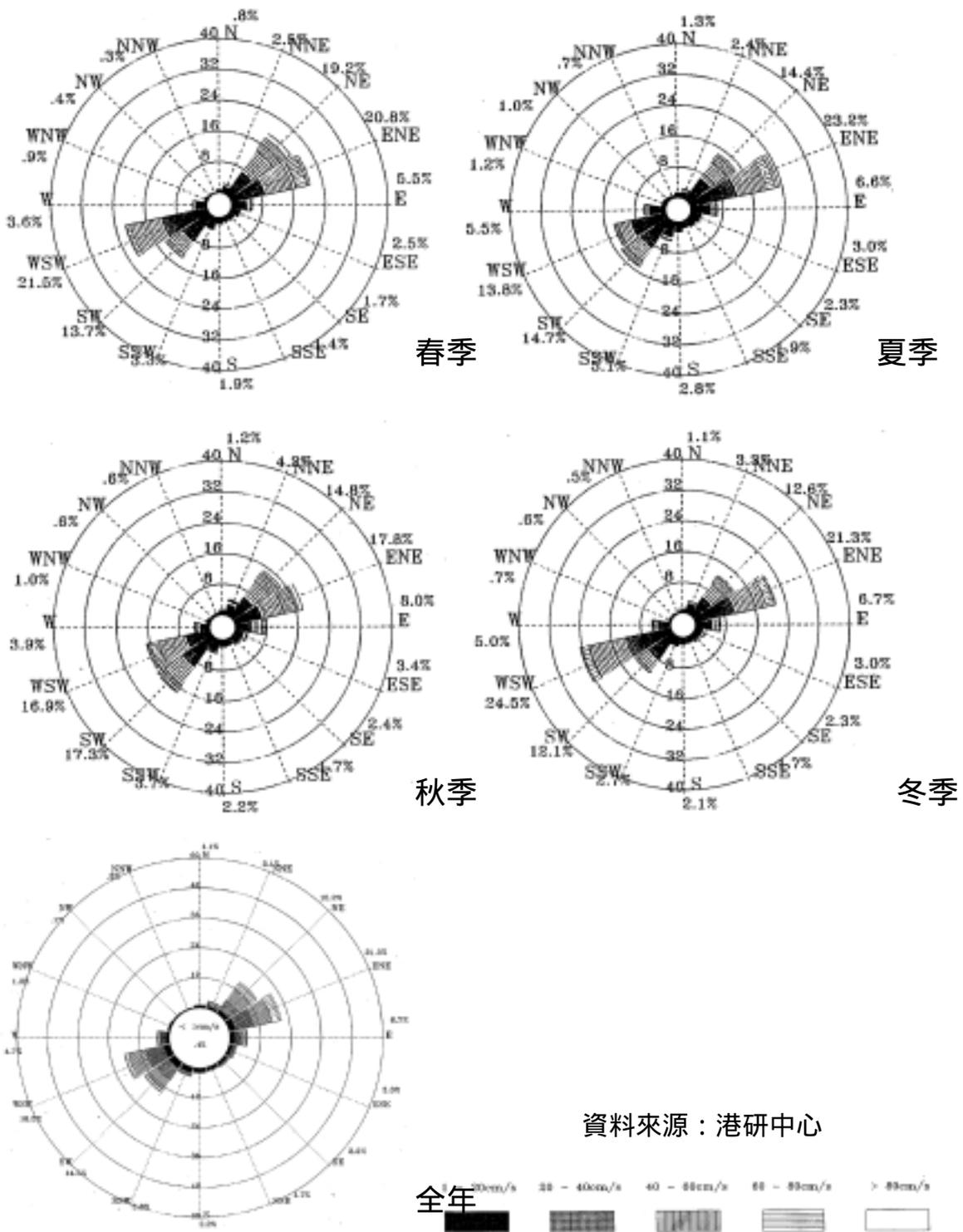


圖 2.2-2 臺北港 85 年 94 年各季及全年流速、流向玫瑰圖

## 第三章 臺北港設計條件探討

### 3.1 臺北港實測資料分析

對長時間使用年限的海岸結構物之設計條件，需要利用相當長的波浪實測資料方能分析，但實際上可能常因現有紀錄時間不足，無法分析出所需之資料。此時需藉由統計方法，利用有限期間之資料，去推估各種迴歸期之波浪特性，此分析技巧稱為極值統計 (extreme statistics)。處理極值統計需先準備資料，由選擇合適之機率密度函數決定其中之參數後，再行推估出各迴歸期之值。

#### 3.1.1 極值統計資料

一般波浪資料之來源有兩種，包括現場的量測數據或波浪推算結果。極值統計所採用的資料，基本上須滿足獨立性、等質性及分布性等三項要求。所謂獨立性係指兩個事件的發生是不相關的；等質性為事件出現在空間或者時間上的機會是相等的；分布性是說資料數據大小滿足某種分布型態。

極值分布之推定，首先必須將原始資料作基本之選取及排序。極值資料選取之方法有兩種：(1)極端值選用法 (extreme-value series)：此法乃利用現有記錄，在每一固定期間內僅取一個最大值為樣本來進行統計分析。此法依期限長短分為年計選用法 (annual series) 及非年計選用法 (non-annual series)。前者係以每年僅取出一個極端值來分析，而後者選取之期間不為一年。(2)超量選用法 (partial-duration series)：此方法為以某一基本量為基準來選取資料，而不考慮其發生時間間隔之長短。

#### 3.1.2 極值分布函數

Fisher 和 Tippett(1928)提出三種適合極值資料之機率分布的函數為

### 1. 極值 型分布(FT- 型分布)

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-B}{A}}}, -\infty < x < \infty \dots\dots\dots(3.1-1a)$$

$$f(x) = \frac{1}{A} e^{-\frac{x-B}{A}} e^{-\frac{x-B}{A}} \dots\dots\dots(3.1-1b)$$

### 2. 極值 型分布(FT- 型分布)

$$F(x) = e^{-\left(1 + \frac{x-B}{kA}\right)^{-k}}, B - kA \leq x < \infty \dots\dots\dots(3.1-2a)$$

$$f(x) = \frac{1}{A} \left(1 + \frac{x-B}{kA}\right)^{-(1+k)} e^{-\left(1 + \frac{x-B}{kA}\right)^{-k}} \dots\dots\dots(3.1-2b)$$

### 3. 極值 型分布 (FT- 型分布)

$$F(x) = e^{-\left(\frac{B-x}{A}\right)^k}, -\infty \leq x \leq B \dots\dots\dots(3.1-3a)$$

$$f(x) = \frac{k}{A} \left(\frac{B-x}{A}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x-B}{A}\right)^k} \dots\dots\dots(3.1-3b)$$

式(3.1-1)至式(3.1-3)中，x 為樣本變數，f(x)為機率密度函數 (probability density function)，F(x)為累積機率函數 (cumulative probability function)，A、B 為描述機率密度函數形狀之參數，B 與樣本平均值 (mean)有關，稱為位置參數 (location parameter)，而 A 值為變異數 (variance)，稱為尺度參數 (scale parameter)，k 為形狀常數，k 值大小決定機率函數之尖扁形狀。

另外其他極值分布有

### 4. Weibull 分布

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-B}{A}\right)^k}, B \leq x < \infty \dots\dots\dots(3.1-4a)$$

$$f(x) = \frac{k}{A} \left(\frac{x-B}{A}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x-B}{A}\right)^k} \dots\dots\dots(3.1-4b)$$

## 5. 對數常態分布 (lognormal distribution)

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t)dt, \quad 0 < x < \infty \dots\dots\dots(3.1-5a)$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi Ax}} e^{-\frac{(\ln x - B)^2}{2A^2}} \dots\dots\dots(3.1-5b)$$

式(3.1-4)為 Weibull(1939)研究材料破壞強度分布所提出的極值分布函數。

對波浪波高分布特性，波高永遠大於零，故上述分布特性中，僅 FT- $\alpha$ ，FT- $\beta$ ，Weibull 及對數常態分布四種符合波高為正值之基本需求。根據 CEM (Coastal Engineering Manual, 2002) 之建議，長期波浪極值之適合累積機率分布函數為極值 I 型分布(FT-I 型分布)和 Weibull 分布，因此，本計畫將選用此兩種極值分布函數來進行極值分析。

### 3.1.3 極值分布參數推定

當資料選取方法及極值分布函數決定後，極值分布中參數如何推定，有不同的方法。一般極值分布參數推定法，有力矩法 (MOM)、最小二乘法 (LSM)、最大概似法 (MLM)、加權機率力矩法 (PWM)等。其中，MOM 法為最簡單之參數推定法；LSM 為最常用之推定法；當資料多時，MLM 法推定結果較接近於真值，比其他方法有較最小之平方誤差，但 MLM 在小樣本時，對長迴歸期之預測有低估的偏差；PWM 法利用加權將機率密度函數積分，得到不同力矩條件後，來求取參數。本計畫利用 MOM 法和 LSM 法來推估參數，二種方法之介紹如下：

#### 1. 力矩法 (MOM)

力矩法利用所有(極值)數據求出樣本平均值和樣本變異數，再依表 3.1-1 中的關係，即可求出各種分布參數。

表 3.1-1 各極值分布相關統計量之特性

分布函數	眾數	平均值	變異數
極值 型分布	$B$	$B + A\gamma$	$\pi A/\sqrt{6}$
Weibull 分布	$B + A\left(1 - \frac{I}{k}\right)^{1/k}, k > 1$	$B + A\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$	$A\left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)\right]^{1/2}$

註： $\Gamma(\ )$  為 Gamma 函數， $\gamma$  為 Euler 數， $\gamma = 0.5772\dots$ 。

由計算樣本的平均值  $\bar{X}$  與變異數  $S_x$ ，以表 3.1-1 中極端 型分布為例

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = B + A\gamma \dots\dots\dots (3.1-6)$$

$$S_x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2 = \pi A/\sqrt{6} \dots\dots\dots (3.1-7)$$

由式 (3.1-6) 及式 (3.1-7) 可知當  $\bar{X}$  及  $S_x$  求得後，極值分布的 A 及 B 即可決定，特別注意當 N 值趨近於無窮大時所推估之值較為準。

## 2. 最小二乘法 (LSM)

最小二乘法為最常用之推定法，而其值得注意的是如何決定排序資料之機率而不導致偏態的結果，即是給予適當的劃位 (plotting position)。Barnett (1975) 提出極值 I 型分布的劃位，Goda (2000) 提出不同極值分布之劃位，當選取 N 個資料，首先將 N 個資料依大小順序排列，再計算第 m 順位之值的累積機率  $F_m$ ，其計算公式如下

$$F_m = 1 - \frac{m - \alpha}{N + \beta}, \quad m = 1, 2, \dots, N \dots\dots\dots (3.1-8)$$

在計算  $F_m$  時， $\alpha$  及  $\beta$  值在不同分布函數其值不同 (Goda, 2000)，示如表 3.1-2。在極值分布函數中，Weibull 分布有形狀參數 k，k 一般有 4 個固定值，在 Weibull 分布  $k=0.75, 1.0, 1.4$  及 2.0 等 4 種。

利用最小二乘法將排序為  $m$  之極值(樣本值) $x_m$  與基準化變量  $y_m$  線性迴歸成

$$x_m = ay_m + b \dots\dots\dots(3.1-9)$$

式中之  $a$ 、 $b$  分別為直線迴歸之斜率及截距，而基準化變量  $y_m$  與機率  $F_m$  依不同分布有下列關係存在

極值 型分布： $y_m = -\ln(-\ln F_m) \dots\dots\dots(3.1-10)$

Weibull 分布： $y_m = [-\ln(1 - F_m)]^{1/k} \dots\dots\dots(3.1-11)$

由上述可知，推算迴歸期值之精準與(1)資料之選擇方法、(2)機率分布的函數、(3)參數推定方法、(4)資料累積機率之計算等有關。

表 3.1-2 計算樣本順位機率之  $\alpha$  及  $\beta$  值

分布函數	$\alpha$ 值	$\beta$ 值
極值 型分布	0.44	0.12
Weibull 分布	$0.20 + 0.27/\sqrt{k}$	$0.20 + 0.23/\sqrt{k}$

資料來源：Goda(2000), Random Seas and Design of Maritime Structures, pp.387.

### 3.1.4 信賴檢定

檢定樣本的統計特性是否適用於所選極值分布函數，一般使用卡方檢定 (Chi-squared test)及相關係數檢定 (correlation coefficient test)。然而，二者均不易比較出不同極值分布之適用性的優劣，所以 Goda (2000)提出 MIR 法 (minimum ratio of residual correlation coefficient) 來當做判斷之基準。另由式(3.1-9)最小二乘法所得直線函數，可推算出累積機率  $F_m$  下之  $x_m$  的推算值，由實際樣本值及推算值可計算出二者相關係數  $r$ ，若定義相關係數殘差為  $r=1-r$  時，Goda (2000)提出不同極值分布函數之相關係數殘差之理論平均值為

$$\Delta \bar{r} = e^{\bar{a} + \bar{b} \ln N + \bar{c} (\ln N)^2} \dots\dots\dots(3.1-12)$$

式(3.1-12)中  $N$  為樣本個數係數， $\bar{a}$ 、 $\bar{b}$  及  $\bar{c}$  值依不同分布分別示如表 3.1-3。式(3.1-12)說明雖然樣本個數相同，但使用不同極值分布函數時，其相關係數殘差之理論平均值是不同的。Goda (2000)提出

$MIR = \Delta r / \Delta \bar{r}$  為相對相關係數殘差之概念，MIR 值愈小，代表樣本較適合此極值分布。

表 3.1-3 相關係數殘差平均值公式之係數  $\bar{a}$ 、 $\bar{b}$  及  $\bar{c}$  值

分布函數	係數 $\bar{a}$	係數 $\bar{b}$	係數 $\bar{c}$
極值 型	-2.310	-0.3122	-0.044
Weibull 分布( $k=0.75$ )	-2.603	-0.1009	-0.047
( $k=1.0$ )	-2.355	-0.2612	-0.043
( $k=1.4$ )	-2.221	-0.3668	-0.044
( $k=2.0$ )	-2.047	-0.4767	-0.041

資料來源：Goda(2000), Random Seas and Design of Maritime Structures, pp.393.

### 3.1.5 推估值之標準偏差

利用極值分析所推算出的各種限期之物理值，因為收集到的數據不可能完全符合選擇之分布函數，故所推算之結果必含有變動性，亦即推算結果僅是機率上之平均值，其偏差量大小應要予以估算。

極值 型分布之估算值之標準偏差量為

$$\sigma(x_R) = \frac{1}{\sqrt{N}} \left[ 1 + 0.885(y_R - \gamma) + 0.6687(y_R - \gamma)^2 \right]^{1/2} \sigma_x \dots\dots\dots (3.1-13)$$

式(3.1-13)中  $\sigma_x$  為樣本  $x$  之標準偏差， $y_R$  為迴歸期之基準化變量， $x_R$  為迴歸期之推算值。其他分布並無簡易公式推定，Goda (2000)提出以補助統計量的標準偏差  $\sigma_z$  乘以樣本  $x$  之標準偏差  $\sigma_x$ ，當做推算偏差量

$$\sigma(x_R) = \sigma_x \cdot \sigma_z \dots\dots\dots (3.1-14)$$

極值 型及 Weibull 分布之標準偏差  $\sigma_z$  為

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{N}} \left[ 1.0 + \hat{A}(y_R - c)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (3.1-15)$$

而  $\hat{A}$  值在極值型及 Weibull 分布為

$$\hat{A} = a_1 e^{a_2 N^{-1.3}} \dots\dots\dots (3.1-16)$$

式(3.1-15)及式(3.1-16)中，各係數如表 3.1-4 所示

表 3.1-4 迴歸期推算量之標準偏差公式中之係數

分布函數	$a_1$	$a_2$	$\kappa$	$c$
極值型	0.64	9.0	0.93	0
Weibull 分布( $k=0.75$ )	1.65	11.4	-0.63	0.0
( $k=1.0$ )	1.92	11.4	0.00	0.3
( $k=1.4$ )	2.05	11.4	0.69	0.4
( $k=2.0$ )	2.24	11.4	1.34	0.5

資料來源：Goda(2000), Random Seas and Design of Maritime Structures, pp.408.

### 3.1.6 極值分析結果

本計畫透過上述的分析方式，利用臺北港 86 年至 94 年的實測資料，分別以最大值選用法及超量選用法進行資料選取，並根據 CEM(coastal engineering manual, 2002)建議長期波浪極值之適合累積機率分布函數為極值 I 型和 Weibull 分布，依照力矩法(MOM)和最小二乘法(LSM)推定參數，由於觀測年限僅 9 年，故僅推估至 20 年的迴歸期，颱風資料如表 2.2-11 所示，若全部選用則表示使用超量選用法，由表 2.2-5 的波高、週期聯合機率表可知，季風波浪大多在 2.5m 以下，超過 2.5m 的波高僅佔 1.2%，因此認定超過 2.5m 的波高即為颱風波浪，故本計畫將基準量定為 2.5m；若僅選取表 2.2-11 中灰底部分的颱風波浪，即每年僅選取一場颱風，則表示使用年計的極端值選用法。極值統計分析結果如表 3.1-5 示，其中  $r$  為相關係數，MIR 為相對相關係數殘差，各種資料選用法及推定參數法所得的機率分布圖如圖 3.1-1 3.1-8 所示，圖中實線為推測值的機率分布，實心圓點為實測值的機率分布。由表 3.1-5 中可知，以不同極值函數所推算出來的示性波高並不相同，且透過超量取樣及 LSM 法來推估 Weibull 分布為最適，有最高的  $r$  值，相對有最低的 MIR 值，亦可由圖 3.1-8 看出，實測值與推測值的機率分布相當接近。另由表

中可看出以超量取樣法來推估迴歸期之結果較以最大值取樣者小。由上述結果可知，Weibull 分布及 LSM 推估參數法較能正確推估迴歸期之波浪。

Muir 和 El-Shaarawi (1986)歸納極值統計的方法，指出並無肯定的極值統計方法適合所有的狀況，須視資料本身的特性而定。另外，選擇不同的極值函數及不同的推定方法，所推算出來的迴歸期均不相同，所以，為確保工程設計安全起見，多蒐集及觀測波浪及相關高品質的資料是積極迫切的且重要的基本研究工作。

表 3.1-5 推估臺北港之波高及其標準偏差

指標		極值 I 型		Weibull 分布	
		最大值	超量	最大值	超量
r	MOM	0.972	0.969	0.979	0.988
	LSM	0.979	0.971	0.982	0.990
MIR(%)	MOM	0.64	1.19	0.52	0.42
	LSM	0.48	1.12	0.44	0.33
5 年迴歸期(m)	MOM	6.63±1.25	6.48±0.83	6.84±1.31	6.50±1.24
	LSM	6.79±1.25	6.55±0.83	6.92±1.31	6.64±1.24
10 年迴歸期(m)	MOM	7.80±1.75	7.38±1.04	7.94±1.65	7.63±1.62
	LSM	8.04±1.75	7.48±1.04	8.07±1.65	7.83±1.62
20 年迴歸期(m)	MOM	8.91±2.26	8.27±1.26	8.87±1.96	8.75±2.00
	LSM	9.24±2.26	8.39±1.26	9.05±1.96	9.01±2.00

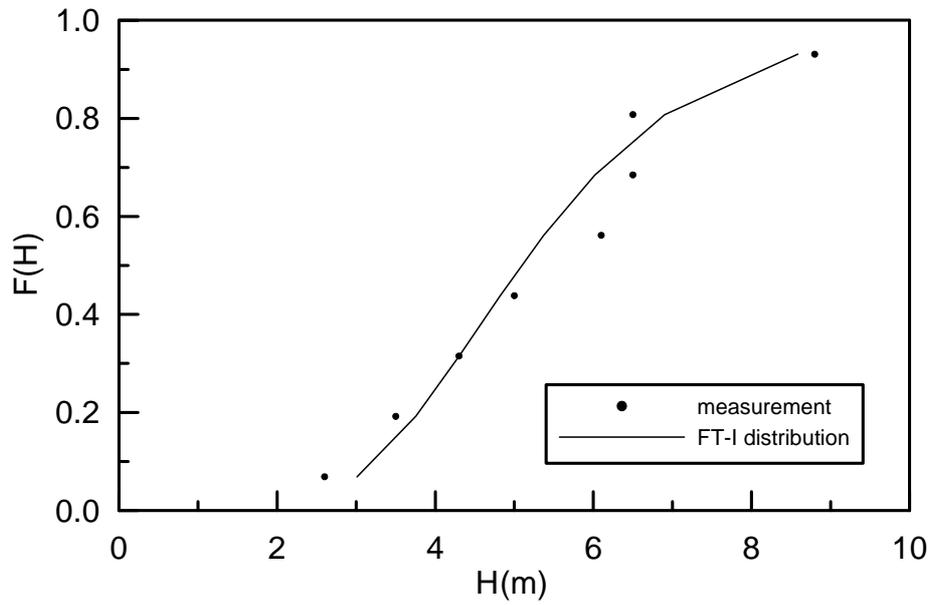


圖 3.1-1 最大值 MOM 法極值 I 型的機率分布

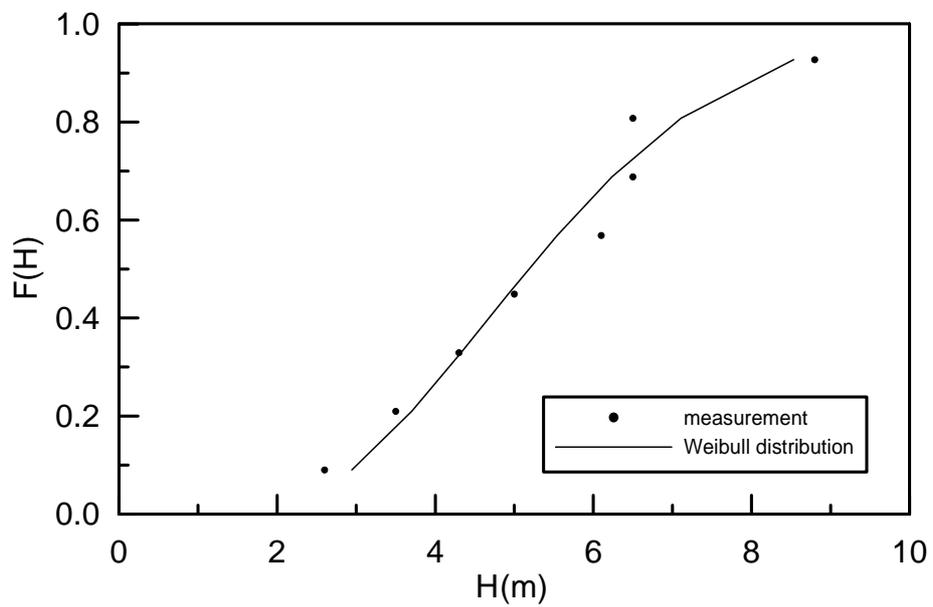


圖 3.1-2 最大值 MOM 法 Weibull 的機率分布

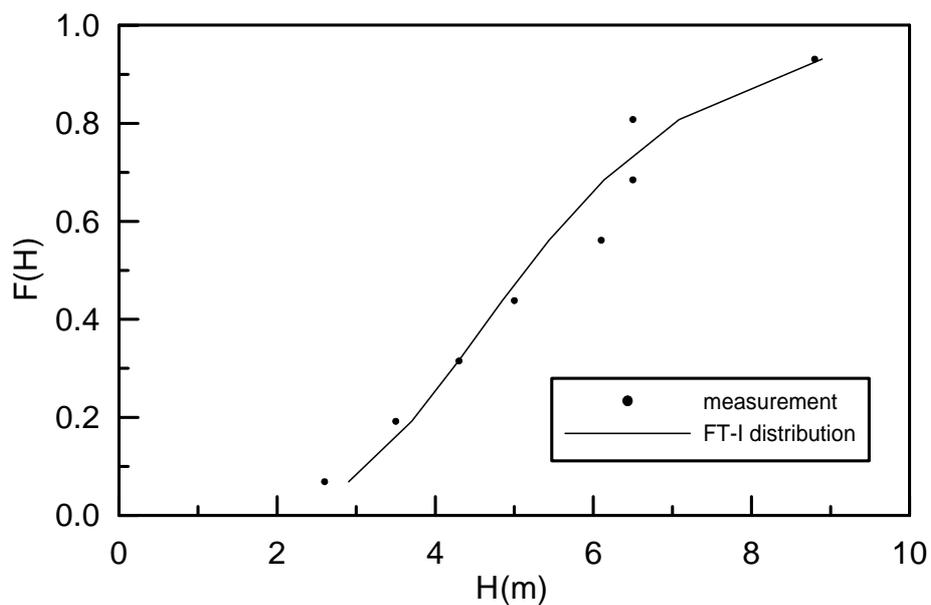


圖 3.1-3 最大值 LSM 法極值 I 型的機率分布

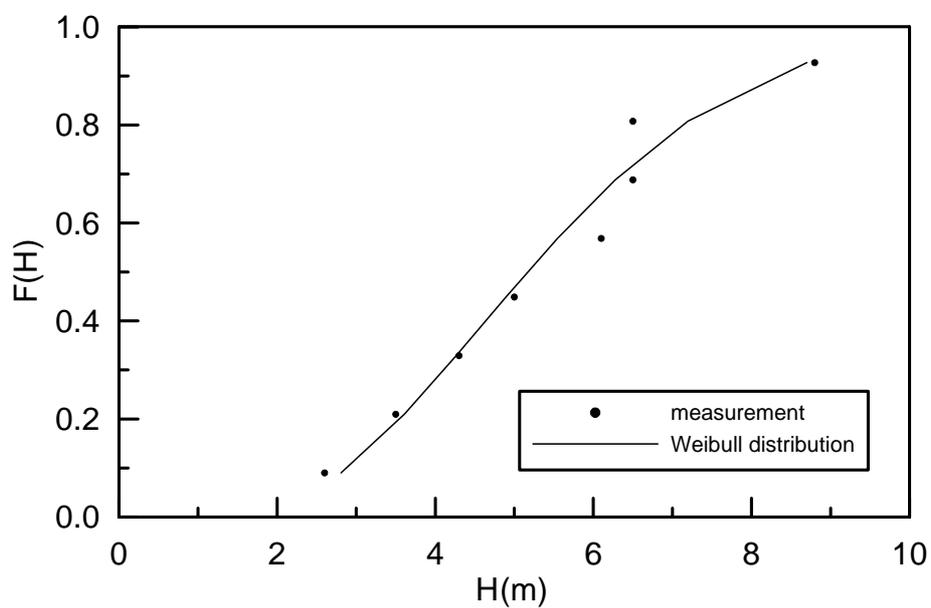


圖 3.1-4 最大值 LSM 法 Weibull 的機率分布

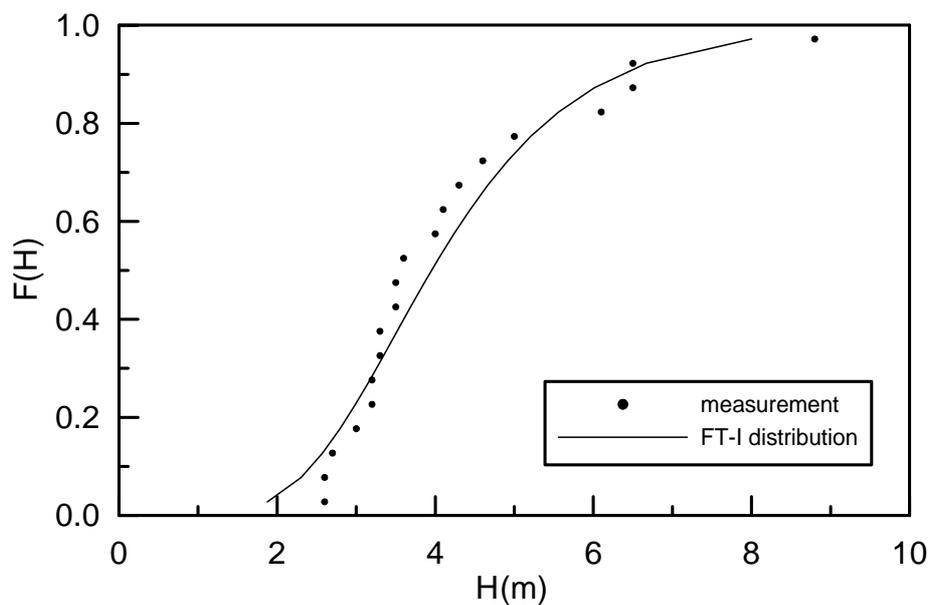


圖 3.1-5 超量 MOM 法極值 I 型的機率分布

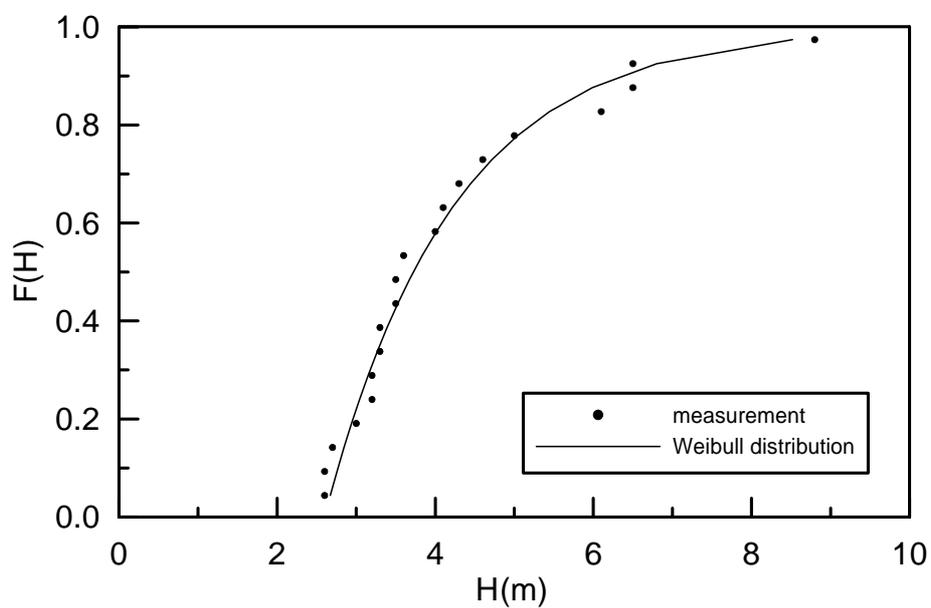


圖 3.1-6 超量 MOM 法 Weibull 的機率分布

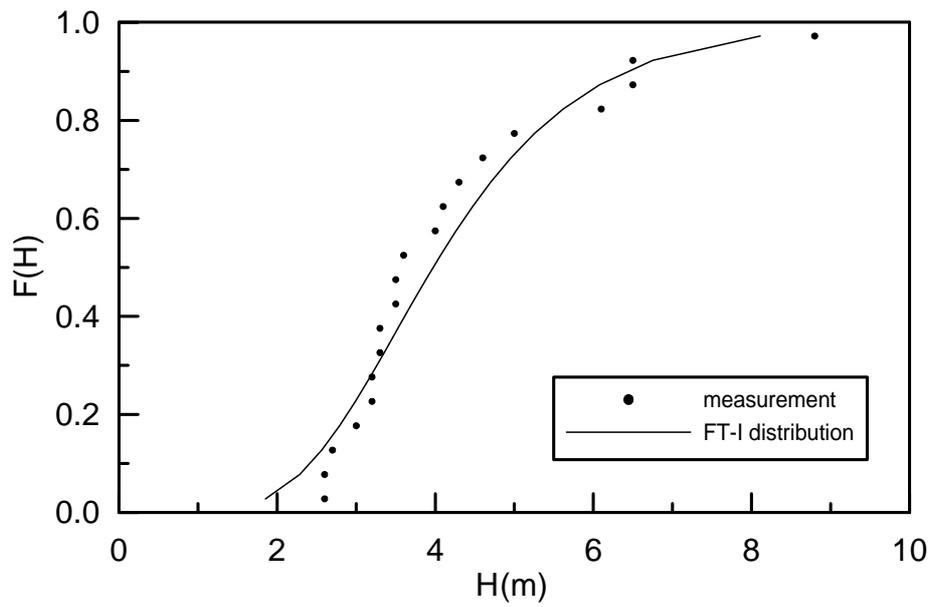


圖 3.1-7 超量 LSM 法極值 I 型的機率分布

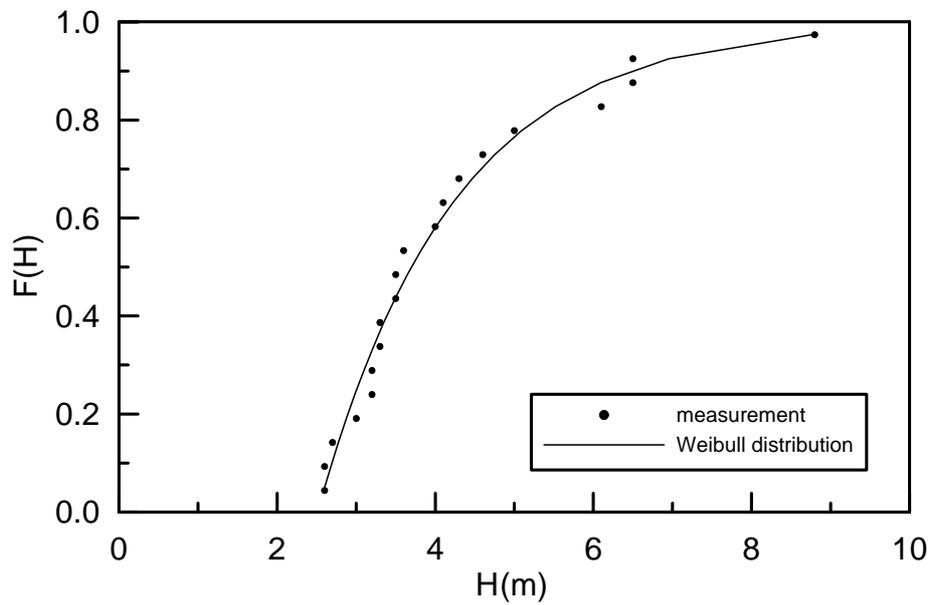


圖 3.1-8 超量 LSM 法 Weibull 的機率分布

## 3.2 颱風波浪模式推算

### 3.2.1 井島武士法

井島武士之颱風波浪追蹤法，其推算原理乃依據 Wilson 之移動風域法而將之直接變化為數值計算而成，井島武士直接由移動風域內之風速分布(即考慮區內各點之吹風情況)來推算，綜合淺海中之風浪關係、海底摩擦之影響、湧浪之推算法及碎波後波浪計算法，直接從氣象資料，推算移動風域中海岸前任何水深地點之波浪狀況。

### 3.2.2 數值推算法

波浪推算方法由 SMB 法起演進至近代，因為高速電子計算機之快速成長，及對風浪關係之瞭解較多，許多學者便嚐試建立數值推算波浪模式。

風浪數值推算之數學模式乃以波浪平衡方程式為基礎，視海上波浪各頻率成份波在某方位角度之能量，在時間變化率及空間變化率與外界之能量傳入、消散及成份波間交互作用來平衡而達能通率守恆。能量平衡方程式為：

$$\frac{\partial S(f, \theta)}{\partial t} + \frac{\partial c_g(f) S(f, \theta)}{\partial s} = G(f, \theta) \dots \dots \dots (3.2-1)$$

式(3.2-1)中， $S(f, \theta)$ 為波譜， $c_g(f)$ 為群波速度， $s$ 為波浪推算之路徑長度， $G(f, \theta)$ 為能量授受之能源 (source function)。 $G(f, \theta)$ 包括三種能量授受行為，第一為風與成份波間的能量交換率，第二為波浪成份波間因非線性交互作用，成份波之能量彼此傳遞的結果，第三為因各種機構之波能損失，如碎波、逆風效應、底床摩擦力。

如果能精確瞭解時間及空間上的能量授受，輸入適當邊界條件及初期條件，以數值計算可求得時空變化之波譜特性。若將推算海域分成許多格網點，計算出各點之波譜的時間變化之方法稱為格點法，若僅對某特定點依波浪傳播路徑逐步計算其波譜變化者，稱為一點法或者經路法。

經 SWAMP (Sea Wave Modeling Project) 評估比較以往計算颱風之模式，而將波浪數值推算法分為三種類型。

### **1. DP 模式 (Decoupled Propagation model)**

此係一種線性模式，視方向波譜中之各成份波為獨立傳播，能量平衡方程式中不包括非線性交互作用，以經驗提出的成熟波譜，如 P-M 波譜，為其上限，波浪不再發達。此模式雖未直接考慮非線性成份波之能量傳遞，但風能量輸入項係由實測資料所歸納出之公式來計算。

### **2. CH 模式 (Coupled Hybrid model)**

CH 模式為利用波譜形狀參數隨風浪的發達呈規則變化的特性，推算波譜的形狀參數，反求出發達中風浪每一階段的波譜。此種基本波譜已將能量授受之三種效應混合。波譜相似參數推定法只能用於風浪的發達階段，當風浪與湧浪同時存在，或者波浪轉變為湧浪時，必須併用 DP 模式，故稱此種模式為混合模式 (hybrid model)。

### **3. CD 模式 (Coupled Discrete model)**

CD 模式與 DP 模式一樣將構成波浪方向波譜的成份波的發達與減衰分別計算，並採用某一種計算成份波間的非線性能量傳輸。此模式與 CH 模式較 DP 模式難，一般以非線性能量傳輸的自由度較多者，歸屬於 CD 模式，反之則屬於 CH 模式。

前述波浪推算模式，若以年代分類，將 1960 年代後期至 1970 年代初期所開發的 DP 模式稱為第一代，1970 年代後期至 1980 年代出現的 CH 模式、CD 模式稱為第二代。由 SWAMP 比較二代模式發現第二代模式並非比第一代模佳，其原因為第二代之非線性波浪能量交互作用之預測不夠正確，因而近年發展出能夠較精準計算非線性波浪交互作用之第三代波浪推算模式。

未來之波浪推算應再配合高科技之技術，如人造衛星及雷射光遙測，來測量全球的風及海洋波浪，有了精準的風及海洋波資料，

除可幫助模式之建立外，更能深入探討風波交互作用間的關係。

### 3.3 臺北港原有設計條件

本計畫收集臺北港不同時期的兩本規劃報告，並分析此兩本規劃報告中所使用的推算方式與設定參數，以瞭解其迴歸期的差異性。

#### 1. 淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫

該報告依據井島武士及湯麟武博士之波浪追蹤法理論進行颱風波浪推算，計算通過 119°18' 123°18'E, 23°24' 27°24'N 範圍之颱風，篩選出 67 個(1940-1990)對本區影響較大之颱風，進行颱風波浪推算，並選用極值 I 型為分布函數，進行極值統計分析，週期則採用  $T_s=4.2$  Hs 計算求得，分析結果如表 3.3-1 所示。

表 3.3-1 「淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫」颱風波高推算表

迴歸期 波向	100		50		25		20		15		10		5	
	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts
NE	11.0	13.9	9.7	13.1	8.4	12.2	8.0	11.9	7.4	11.4	6.6	10.8	5.2	9.6
NNE	10.0	13.3	8.8	12.5	7.6	11.6	7.3	11.3	6.7	10.9	6.0	10.3	4.7	9.1
N	8.5	12.3	7.5	11.5	6.5	10.7	6.2	10.5	5.7	10.1	5.1	9.5	4.0	8.4
NNW	7.3	11.3	6.4	10.6	5.5	9.9	5.3	9.7	4.9	9.3	4.4	8.8	3.4	7.8
NW	5.8	10.1	5.1	9.5	4.4	8.8	4.2	8.6	3.9	8.3	3.5	7.8	2.7	6.9
WNW	4.8	9.2	4.2	8.6	3.6	8.0	3.5	7.8	3.2	7.5	2.9	7.1	2.3	6.3
W	4.7	9.1	4.1	8.5	3.6	7.9	3.4	7.7	3.1	7.4	2.8	7.0	2.2	6.2
WSW	5.3	9.7	4.7	9.1	4.1	8.5	3.9	8.3	3.6	8.0	3.2	7.5	2.5	6.7

註：1.引用資料之年份：1940~1990；目標區為 121°18'E, 25°24'N

2.資料來源：淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫

#### 2. 臺北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃

該報告依井島武士及湯麟武博士之理論進行颱風波浪推算，經篩選通過 121°20'E, 25°13'N 為中心，於南北、東西向各兩個

經緯度範圍內，且颱風中心氣壓小於或等於 970mb 者，篩選出 97 個(1940~2001)對本區影響較大之颱風進行颱風波浪推算，並將其各方向可能發生之最大示性波高以極端值統計法推算各迴歸期之波高，如表 3.3-2 所示。依據本計畫測試可知，該報告的滯留風速與傾度風速比值採用 0.63，計算網格大小為 0.1×0.1 度，模式推算時同時考慮湧浪的效應，極端值統計法則分別測試極值 I 型和 Weibull 分布，依照最小二乘法(LSM)推定參數，獲得 Weibull 分布(k=2)為最適合的分布函數，週期則採用  $T_s=4.2$   $H_s$  計算求得。

表 3.3-2 「臺北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃」  
颱風波高推算表

迴歸期 波向	250		200		100		50		25		20		10	
	Hs	Ts	Hs	Ts										
ENE	15.5	16.5	15.2	16.4	14.1	15.8	12.9	15.1	11.6	14.3	11.2	14.1	9.7	13.1
NE	15.7	16.6	15.3	16.4	14.1	15.8	12.8	15.0	11.4	14.2	10.9	13.9	9.3	12.8
NNE	11.5	14.2	11.2	14.1	10.3	13.5	9.3	12.8	8.3	12.1	7.9	11.8	6.7	10.9
N	10.4	13.5	10.1	13.4	9.2	12.7	8.2	12.0	7.2	11.3	6.8	11.0	5.6	9.9
NNW	9.0	12.6	8.8	12.5	8.0	11.9	7.1	11.2	6.1	10.4	5.8	10.1	4.7	9.1
NW	8.5	12.2	8.3	12.1	7.5	11.5	6.7	10.9	5.8	10.1	5.5	9.9	4.5	8.9
WNW	8.3	12.1	8.0	11.9	7.3	11.4	6.6	10.8	5.7	10.0	5.4	9.8	4.5	8.9
W	8.3	12.1	8.1	12.0	7.3	11.4	6.5	10.7	5.7	10.0	5.4	9.8	4.4	8.8
WSW	8.2	12.0	8.0	11.9	7.3	11.4	6.5	10.7	5.6	9.9	5.3	9.7	4.3	8.7
SW	5.8	10.1	5.6	9.9	5.2	9.6	4.7	9.1	4.1	8.5	3.9	8.3	3.3	7.6

註：1.引用資料之年份：1940~2001；目標區為 121°20'E，25°13'N

2.資料來源：臺北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃

由表 3.3-3 可知，兩本報告中之設計條件有稍大的差異，以 50 年迴歸期推算結果來看，最大相對誤差可達 36.92%，實有深入探討的必要。而其推算目標區與觀測樁的相關位置如圖 3.3-1 所示，由圖中可知，「淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫」的推算目標區距離觀測樁最遠。表 3.3-4 為兩本報告颱風模式計算條件的差異，其差異包括：

1. 引用的資料年份長度
2. 颱風模式計算目標區中心位置
3. 颱風模式參數設定(滯留風速與傾度風速比值)
4. 颱風模式中考慮湧浪特性與否
5. 極值統計時採用的分布函數

本計畫將針對這些差異性，於下一節進行深入的探討，並與實測分析結果比對，以釐清何種設定方式較能滿足實際狀況。

表 3.3-3 50 年迴歸期推算波高相對誤差

	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW
淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫	9.7	8.8	7.5	6.4	5.1	4.2	4.1	4.7
臺北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃	12.8	9.3	8.2	7.1	6.7	6.6	6.5	6.5
相對誤差(%)	24.22	5.38	8.54	9.86	23.88	36.36	36.92	27.69

資料來源：本計畫整理



圖 3.3-1 計算目標區與觀測樁相關位置

表 3.3-4 颱風模式計算條件差異表

報告 項目	淡水港第二期工程細部 規劃及遠期發展計畫	臺北港北淤沙區、碼頭堤防、 親水遊憩區等整建工程規劃
引用資料年份	1940~1990	1940~2001
計算目標區	121°18'E, 25°24'N	121°20'E, 25°13'N
滯留風速與傾 度風速比值	0.61	0.63
湧浪	不考慮	考慮
極值分析	極值 I 型	分別測試極值 I 型和 Weibull 分布，選擇最適合的分布函數

### 3.4 推算波浪設計條件差異性分析

本計畫選用 50 年迴歸期，透過如 3.3 節所提出各種不同參數的說明，測試在不同設定下其間的誤差百分比。

#### 1. 引用資料年份

本計畫將計算目標區定於 121°20'E, 25°13'N，滯留風速與傾度風速比值設為 0.63，颱風波浪推算過程中考慮湧浪的影響，極值分析分別測試極值 I 型和 Weibull 分布，選擇最適合的分布函數，選用兩種不同資料長度，分別為 1940-1972(33 年)和 1940-2005(66 年)來瞭解引用不同資料年份長度的差異，由表 3.4-1 可知，各方向相對誤差介於 1.33%~11.27%，最小相對誤差發生在 NNW 向，最大相對誤差發生在 WSW 向，且引用資料年份較短的波高大多高於年份較長的波高。

表 3.4-1 引用不同資料年份差異表

	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW
33 年(m)	13.5	9.7	8.8	7.5	7.4	7.1	7.2	7.1
66 年(m)	12.6	9.2	8.4	7.6	6.7	6.6	6.5	6.3
誤差(%)	6.67	5.15	4.55	1.33	9.46	7.04	9.72	11.27

## 2. 計算目標區

本計畫引用資料長度為 1940 ~ 2005(66 年)，滯留風速與傾度風速比值設為 0.63，颱風波浪推算過程中考慮湧浪的影響，極值分析分別測試極值 I 型和 Weibull 分布，選擇最適合的分布函數，計算目標區分別定於 121°20'E，25°13'N 和 121°18'E，25°24'N 來瞭解不同計算目標區的差異，由表 3.4-2 可知，各方向相對誤差介於 0.00% ~ 7.14%，最小相對誤差發生在 NW 和 WSW 向，最大相對誤差發生在 NE 向。

表 3.4-2 不同計算目標區差異表

	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW
121°20'E 25°13'N (m)	12.6	9.2	8.4	7.6	6.7	6.6	6.5	6.3
121°18'E 25°24'N (m)	11.7	9.6	8.7	7.2	6.7	6.7	6.3	6.3
誤差(%)	7.14	4.35	3.57	5.26	0.00	1.52	3.08	0.00

## 3. 滯留風速與傾度風速比值

本計畫將計算目標區定於 121°20'E，25°13'N，引用資料長度為 1940 ~ 2005(66 年)，颱風波浪推算過程中考慮湧浪的影響，極值分析分別測試極值 I 型和 Weibull 分布，選擇最適合的分布函數，滯留風速與傾度風速比值分別設為 0.60 和 0.65 來瞭解不同滯留風速與傾度風速比值的差異，由表 3.4-3 可知，各方向相對誤差介於 7.50% ~ 12.82%，最小相對誤差發生在 N 向，最大相對誤差發生在 NE 向，且波高會隨著此比值的增加而增大。

表 3.4-3 不同滯留風速與傾度風速比值差異表

	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW
0.60(m)	11.7	8.9	8.0	7.3	6.3	6.2	6.0	5.7
0.65(m)	13.2	9.9	8.6	8.1	6.8	6.8	6.6	6.4
誤差(%)	12.82	11.24	7.50	10.96	7.94	9.68	10.00	12.28

#### 4. 湧浪

本計畫將計算目標區定於 121°20'E, 25°13'N, 引用資料長度為 1940-2005(66年), 滯留風速與傾度風速比值設為 0.63, 極值分析分別測試極值 I 型和 Weibull 分布, 選擇最適合的分布函數, 颱風波浪推算過程中分別考慮湧浪和未考慮湧浪的影響來瞭解湧浪考慮與否的差異, 由表 3.4-4 可知, 各方向相對誤差介於 0.00%~23.81%, 最小相對誤差發生在 NW、WNW 和 WSW 向, 最大相對誤差發生在 NE 向, 且考慮湧浪的波高會較未考慮湧浪的波高大。

表 3.4-4 湧浪考慮與否差異表

	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW
考慮湧浪(m)	12.6	9.2	8.4	7.6	6.7	6.6	6.5	6.3
未考慮湧浪(m)	9.6	8.6	7.8	7.3	6.7	6.6	6.4	6.3
誤差(%)	23.81	6.52	7.14	7.89	0.00	0.00	1.54	0.00

#### 5. 極值分析

本計畫將計算目標區定於 121°20'E, 25°13'N, 引用資料長度為 1940-2005(66年), 颱風波浪推算過程中考慮湧浪的影響, 滯留風速與傾度風速比值設為 0.63, 極值分析選用不同分布函數來瞭解其間的差異, 由表 3.4-5 可知, 各方向相對誤差介於 1.32%~5.56%, 最小相對誤差發生在 NNW 向, 最大相對誤差發生在 NE 向, 且同時考慮極值 I 型和 Weibull 分布的波高會較僅考慮極值 I 型的波高小。

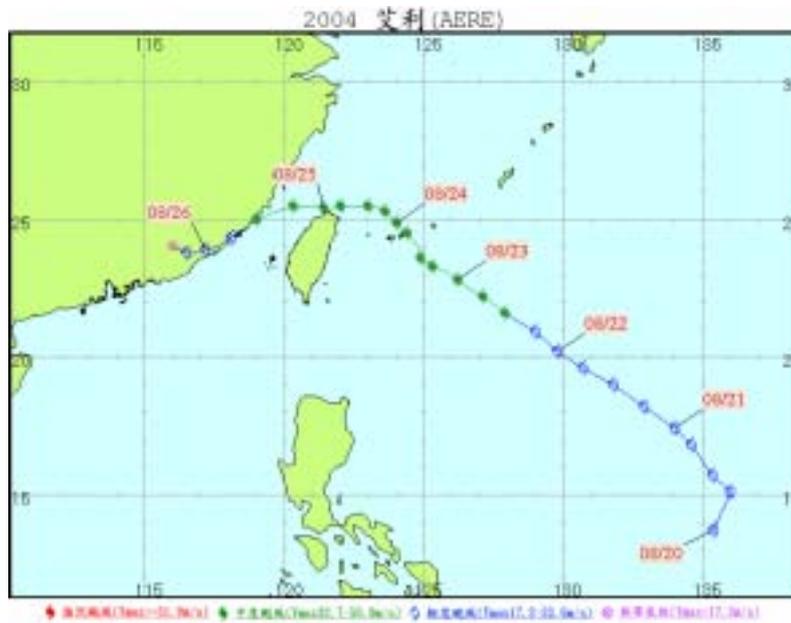
表 3.4-5 極值分析中考慮不同分布函數差異表

	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW
考慮極值 I 型和 Weibull 分布(m)	12.6	9.2	8.4	7.6	6.7	6.6	6.5	6.3
僅考慮極值 I 型(m)	13.3	9.6	8.7	7.7	6.8	6.7	6.6	6.4
誤差(%)	5.56	4.35	3.57	1.32	1.49	1.52	1.54	1.59

透過上述不同參數設定之比較可知，考慮湧浪與否對波高的推算有較大的影響，滯留風速與傾度風速比值設定次之，其他參數之影響約在 10% 以下，但除了引用資料年份的長度之外，各參數的改變皆在 NE 向有最大的差異。

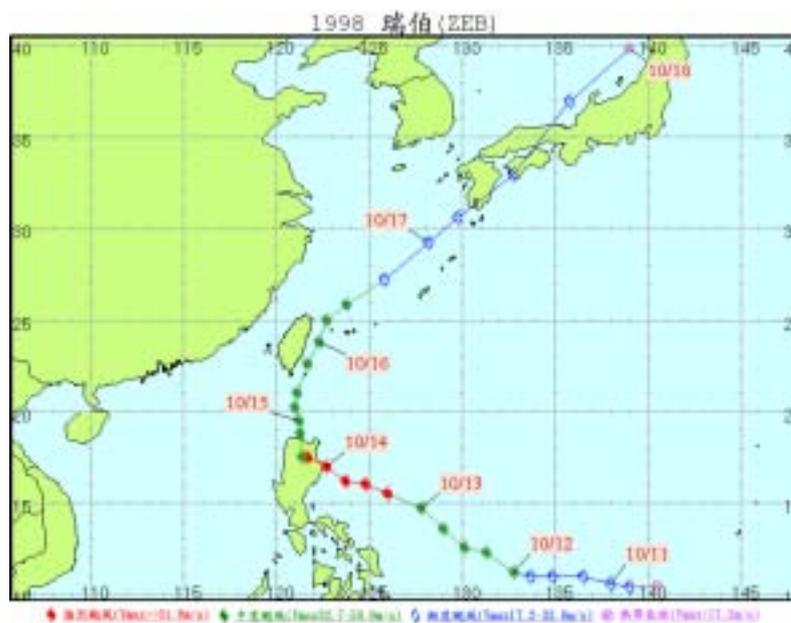
### 3.5 實測與推算波浪設計條件比對

中央氣象局將侵臺颱風路徑歸納為 7 類，臺北港位於臺灣北海岸，因此，本計畫分別選擇三個對臺北港影響較大的路徑中的颱風資料進行觀測資料與推算結果比對，各颱風路徑如圖 3.5-1~3.5-3 所示。井島武士之颱風波浪追蹤法，模式設定中的滯留風速與傾度風速比值一般皆設定在 0.60~0.65 之間，本計畫將計算目標區定於 121°20'E, 25°13'N, 引用資料長度為 1940~2005(66 年)，颱風波浪推算過程中考慮湧浪的影響，滯留風速與傾度風速比值選取 0.60 和 0.65 分別測試，以瞭解其觀測值與推算值的差異，各颱風的比較如圖 3.5-4~3.5-6 所示。由圖中可知，改變滯留風速與傾度風速比值，對颱風最大波高發生的時間及波高影響並不大，由表 3.5-1 可知，艾莉、瑞伯及溫妮颱風其最大波高推算值(滯留風速與傾度風速比值為 0.60)與實測值的誤差分別為 21%、2% 及 11%。由此可知，採用井島武士的波浪模式推算值多較實測值為高，推斷模式計算與實測差異之主因，可能因模式計算之波高是以目標點為中心，東西南北向各 6km 的 12km×12km 範圍，選取此區域內之最大值，而觀測數據僅為一點之波高值，其相對關係詳圖 3.3-1 所示，由圖中可知，海上觀測樁因水深之限制，無法設置於較深之外海，故無法以觀測樁之波高值代表臺北港全區之波浪條件，但其觀測波浪值則可供模式檢核之參考。



資料來源：中央氣象局

圖 3.5-1 艾莉颱風路徑圖(第一路徑)



資料來源：中央氣象局

圖 3.5-2 瑞伯颱風路徑圖(第四路徑)

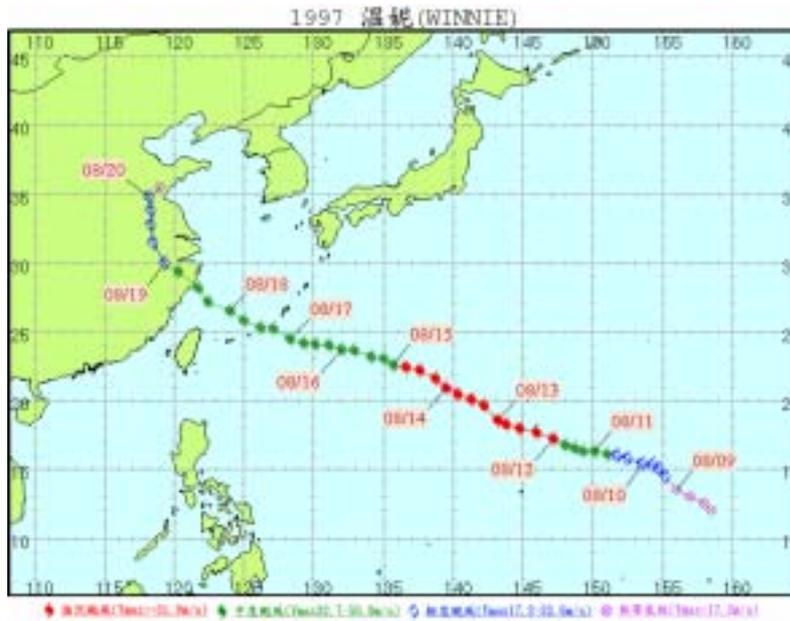
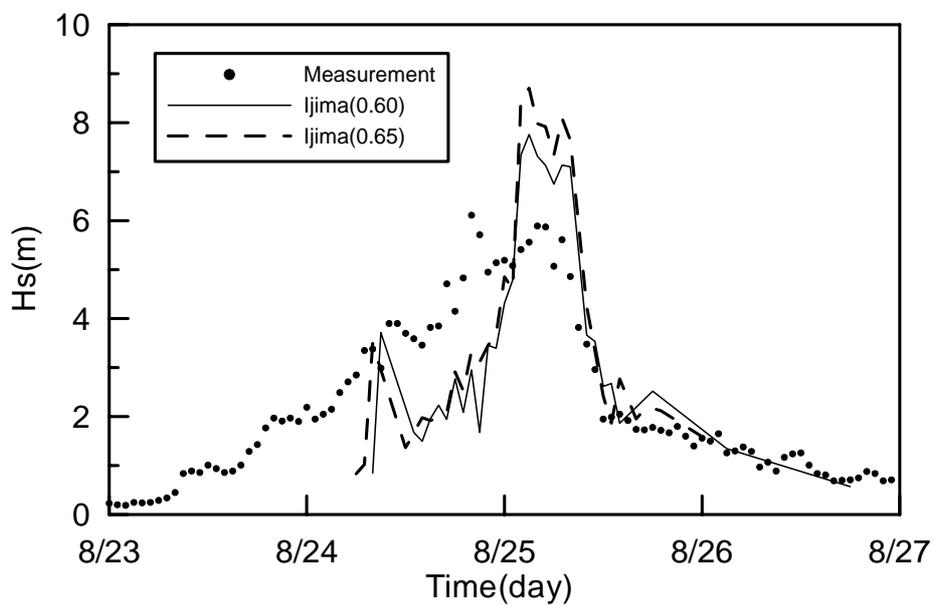


圖 3.5-3 溫妮颱風路徑圖(第七路徑)



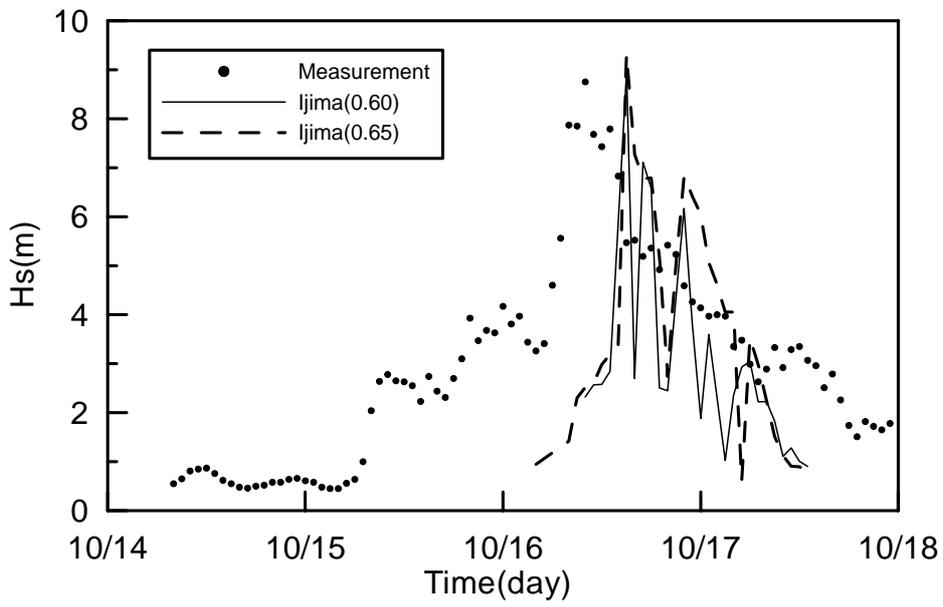


圖 3.5-5 瑞伯颱風觀測值與推算值比較

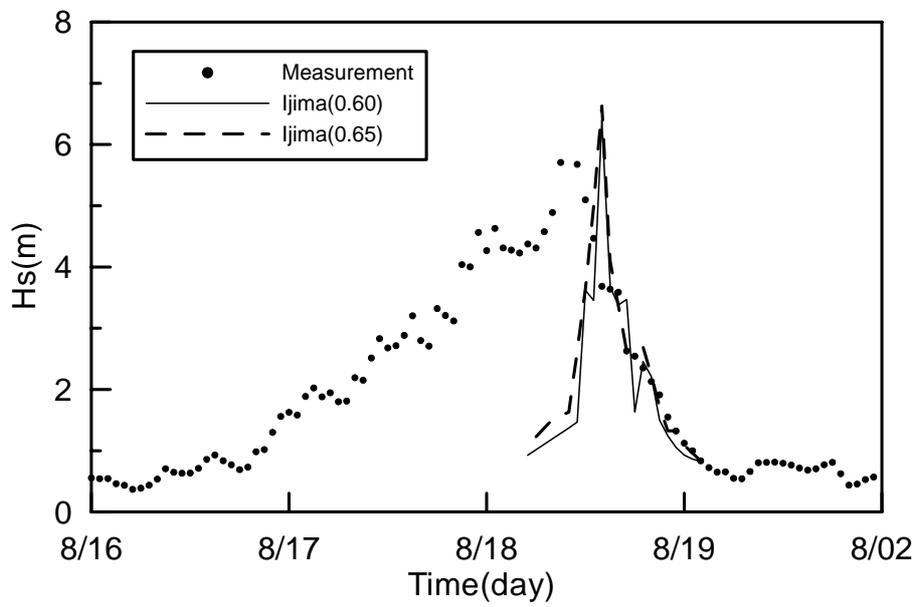


圖 3.5-6 溫妮颱風觀測值與推算值比較

表 3.5-1 觀測值與推算值比較表

颱風名稱	實測波高(m)	Ijima(0.60)推算波高(m)	Ijima(0.65)推算波高(m)	Ijima(0.60)推算波高與實測波高相對誤差(%)
艾莉	6.11	7.76	8.70	21
瑞伯	8.75	8.96	9.33	2
溫妮	5.71	6.40	6.63	11

### 3.6 颱風波浪推算結果

本計畫依井島武士及湯麟武博士之理論進行颱風波浪推算，為瞭解何種設定條件所得之推算結果與實測資料較為接近，因此，首先率除推算結果的方向性，將推算結果的波高值如同實測資料般進行極值統計分析，透過不同參數設定獲得較接近實測分析的結果如表 3.6-1 所示。由表 3.1-5 的實測結果與表 3.6-1 的推算結果比較可知，以實測結果中 20 年迴歸期採用 Weibull 分布與超量選用法為例，其波高值為  $9.01 \pm 2.00\text{m}$ ，即設計波高介於 7.01m 11.01m 皆屬合理，而推算波高值為  $10.12 \pm 0.63\text{m}$ ，即設計波高介於 9.49m 10.74m，推算結果皆包含於實測結果的區間中，故本計畫考慮採用此種參數設定條件，參數設定建議以  $121^{\circ}20'E$ ， $25^{\circ}13'N$  為中心，於南北、東西向各兩個經緯度範圍內，且颱風中心氣壓小於或等於 970mb 者，篩選出 109 個(1940 2005)(如表 3.6-2 所示)對本區影響較大之颱風進行颱風波浪推算，颱風波浪推算過程中考慮湧浪的影響，滯留風速與傾度風速比值選取 0.63，其推算結果如表 3.6-3 所示，另將其各方向可能發生之最大示性波高以極端值統計法推算各迴歸期之波高，極值分析分別測試極值 I 型和 Weibull 分布，選擇最適合的分布函數，如表 3.6-4 所示。由表 3.6-4 中可知，計畫區附近之外海颱風波浪以 ENE 向最大，颱風波浪在表 3.6-3 中所顯示較具威脅之颱風均呈湧浪現象有關，此乃因颱風無法直接侵襲計畫區附近海域，而到達計畫區之波浪多為風浪與湧浪組合之現象。

表 3.6-1 模式推算臺北港之波高及其標準偏差

指標		極值 I 型		Weibull 分布	
		最大值	超量	最大值	超量
5 年迴歸期(m)	MOM	7.11±0.52	7.45±0.47	7.36±0.55	7.70±0.45
	LSM	7.14±0.52	7.48±0.47	7.38±0.55	7.72±0.45
10 年迴歸期(m)	MOM	8.73±0.72	8.85±0.62	8.98±0.68	8.99±0.54
	LSM	8.78±0.72	8.90±0.62	9.02±0.68	9.01±0.54
20 年迴歸期(m)	MOM	10.23±0.93	10.19±0.77	10.31±0.81	10.09±0.63
	LSM	10.30±0.93	10.26±0.77	10.37±0.81	10.12±0.63

表 3.6-2 影響臺北港附近海域之颱風統計表

編號	名稱	起始時間	終止時間	最低氣壓
1	4023	08/25/40	09/03/40	947
2	4036	09/24/40	10/02/40	953
3	4309	07/02/43	07/12/43	960
4	4311	07/13/43	07/20/43	945
5	4319	08/14/43	08/29/43	960
6	4413	08/10/44	08/18/44	960
7	4515	09/05/45	09/14/45	970
8	4518	09/26/45	10/03/45	970
9	4619	09/21/46	09/29/46	960
10	4722	12/23/47	12/28/47	970
11	4806 PEARL	07/02/48	07/08/48	960
12	4822 JACKIE	09/08/48	09/21/48	960
13	5201 CHARLOTTE	06/09/52	06/17/52	960
14	5221 BESS	11/10/52	11/15/52	915
15	5302 JUDY	05/31/53	06/07/53	945
16	5304 KIT	06/29/53	07/08/53	910
17	5307 NINA	08/12/53	08/19/53	885
18	5415 MARIE	09/20/54	09/26/54	964
19	5519 IRIS	08/19/55	08/26/55	965
20	5603 THELMA	04/17/56	04/25/56	940
21	5611 DINAH	08/30/56	09/05/56	970
22	5614 GILDA	09/18/56	09/23/56	945
23	5705 VIRGINIA	06/20/57	06/26/57	910
24	5810 WINNIE	07/11/58	07/18/58	925
25	5819 GRACE	08/30/58	09/06/58	905
26	5905 BILLIE	07/11/59	07/17/59	970
27	5909 JOAN	08/26/59	09/02/59	885
28	5911 LOUISE	08/30/59	09/07/59	965
29	5921 FREDA	11/14/59	11/20/59	945

表 3.6-2 影響臺北港附近海域之颱風統計表(續 1)

編號	名稱	起始時間	終止時間	最低氣壓
30	6008 SHIRLEY	07/27/60	08/06/60	910
31	6009 TRIX	08/02/60	08/11/60	930
32	6104 BETTY	05/21/61	05/28/61	947
33	6116 LORNA	08/19/61	08/28/61	960
34	6120 PAMELA	09/07/61	09/13/61	930
35	6206 KATE	07/18/62	07/25/62	970
36	6210 OPAL	08/01/62	08/08/62	910
37	6217 AMY	08/31/62	09/07/62	940
38	6307 WENDY	07/12/63	07/20/63	930
39	6314 GLORIA	09/05/63	09/15/63	925
40	6405 BETTY	07/02/64	07/07/64	960
41	6509 DINAH	06/13/65	06/20/65	935
42	6518 MARY	08/14/65	08/23/65	950
43	6616 ALICE	08/30/66	09/04/66	938
44	6618 CORA	08/31/66	09/09/66	918
45	6621 ELSIE	09/09/66	09/19/66	945
46	6708 CLARA	07/07/67	07/12/67	960
47	6737 GILDA	11/14/67	11/19/67	910
48	6805 NADINE	07/20/68	07/28/68	970
49	6908 BETTY	08/04/69	08/11/69	960
50	6911 ELSIE	09/23/69	10/01/69	895
51	6912 FLOSSIE	09/27/69	10/09/69	960
52	7118 NADINE	07/21/71	07/26/71	900
53	7127 BESS	09/17/71	09/23/71	905
54	7213 BETTY	08/12/72	08/18/72	910
55	7503 NINA	08/01/75	08/04/75	900
56	7613 BILLIE	08/03/76	08/11/76	910
57	7704 THELMA	07/21/77	07/26/77	950
58	7705 VERA	07/28/77	08/02/77	930
59	7817 IRMA	09/10/78	09/16/78	970
60	7823 ORA	10/09/78	10/15/78	940
61	8012 NORRIS	08/24/80	08/29/80	950
62	8104 IKE	06/09/81	06/14/81	965
63	8105 JUNE	06/17/81	06/22/81	963
64	8210 ANDY	07/22/82	07/30/82	915
65	8212 CECIL	08/06/82	08/15/82	914
66	8506 JEFF	07/22/85	08/02/85	967
67	8510 NELSON	08/18/85	08/24/85	961
68	8519 BRENDA	09/30/85	10/05/85	964
69	8605 NANCY	06/22/86	06/25/86	960
70	8612 WAYNE	08/18/86	09/05/86	955
71	8613 ABBY	09/17/86	09/20/86	915
72	8708 ALEX	07/24/79	07/28/79	970
73	8714 GERALD	09/06/87	09/10/87	965
74	8802 SUSAN	05/30/88	06/03/88	965

表 3.6-2 影響臺北港附近海域之颱風統計表(續 2)

編號	名稱	起始時間	終止時間	最低氣壓
75	8919 SARAH	09/06/89	09/13/89	952
76	9003 MARIAN	05/15/90	05/19/90	965
77	9017 DOT	09/04/90	09/09/90	960
78	9005 OFELIA	06/18/90	06/25/90	970
79	9012 YANCY	08/14/90	08/20/90	960
80	9215 OMAR	09/03/92	09/05/92	960
81	9405 TIM	07/09/94	07/11/94	945
82	9413 DOUG	08/06/94	08/09/94	930
83	9415 FRED	08/19/94	08/22/94	935
84	9416 GLADYS	08/31/94	09/02/94	970
85	9427 SETH	10/07/94	10/11/94	925
86	9515 RYAN	09/20/95	09/23/95	940
87	9607 GLORIA	07/24/96	07/27/96	965
88	9608 HERB	07/29/96	08/02/96	920
89	9714 WINNIE	08/16/97	08/19/97	945
90	9717 AMBER	08/27/97	08/29/97	945
91	9810 ZEB	10/14/98	10/17/98	920
92	0004 KAI-TAK	07/06/00	07/09/00	965
93	0010 BILIS	08/21/00	08/23/00	930
94	0020 XANGSANE	10/30/00	11/01/00	960
95	0102 CHEBI	06/22/01	06/24/01	965
96	0108 TORAJI	07/28/01	07/31/01	962
97	0110 NARI	09/13/01	09/19/01	960
98	0119 LEKIMA	09/23/01	09/28/01	965
99	0216 SINLAKU	09/04/02	09/07/02	955
100	0407 MINDULLE	06/29/04	07/03/04	942
101	0413 RANANIM	08/10/04	08/12/04	955
102	0417 AERE	08/23/04	08/26/04	960
103	0424 NOCK-TEN	10/23/04	10/26/04	945
104	0427 NANMADOL	12/03/04	12/04/04	958
105	0505 HAITANG	07/16/05	07/20/05	912
106	0509 MATSA	08/03/05	08/06/05	955
107	0513 TALIM	08/30/05	09/01/05	920
108	0515 KHANUN	09/09/05	09/11/05	950
109	0519 LONGWANG	09/30/05	10/03/05	925

表 3.6-3 影響臺北港附近海域之颱風波浪推算波高值統計表

名稱	ENE	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW
4023	4.13	1.55	—	—	—	—	—	—	—	3.64@
4036	—	—	—	—	—	3.23	2.92	1.99	1.08@	1.95@
4309	1.85	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4311	5.73@	9.72@	—	6.52@	6.02@	6.36	6.22	5.90	5.40	2.74@
4319	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4413	3.10	0.67	—	—	—	—	—	—	—	—
4515	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.85@
4518	1.58	1.60	1.60	—	—	—	—	—	2.40@	2.26@
4619	3.57	1.80	—	—	—	—	—	—	1.29	2.16@
4722	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4806 PEARL	9.22@	5.14@	3.35@	3.18	3.49	3.12	3.16	3.42	3.64	3.16
4822 JACKIE	8.11@	6.45	4.82	1.56	—	—	—	—	—	1.35@
5201 CHARLOTTE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.55@
5221 BESS	1.83@	—	1.61	1.91	2.29	2.67	2.61	—	—	2.04@
5302 JUDY	0.95@	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5304 KIT	3.37	2.27	—	—	—	—	—	—	1.79@	0.71@
5307 NINA	3.17@	5.88@	6.00@	—	1.21	1.89	3.26	3.53	3.42	1.05@
5415 MARIE	0.69@	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5519 IRIS	1.20	—	—	—	—	—	—	—	1.57@	1.53@
5603 THELMA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5611 DINAH	4.65	2.60	—	—	—	—	—	—	—	0.99@
5614 GILDA	1.49	—	—	—	—	—	—	—	0.89@	—
5705 VIRGINIA	4.73@	4.51	3.80	3.50	3.06	3.09	3.29	3.24	—	—
5810 WINNIE	3.94	2.21	—	—	—	—	—	—	—	—
5819 GRACE	12.61@	11.98@	7.36@	6.55@	5.89@	5.70	5.93	5.99	5.81	5.11
5905 BILLIE	5.41@	7.90@	4.13@	3.14@	2.82	3.82	3.29	3.23	3.25	0.75
5909 JOAN	4.53	3.42	0.73	—	—	—	—	—	—	2.28@
5911 LOUISE	3.84	0.60	—	—	—	—	—	—	—	2.84@
5921 FREDA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6008 SHIRLEY	8.95@	7.75	6.40	0.94	—	—	—	—	0.51@	0.77@
6009 TRIX	8.82@	9.65@	8.37	7.81	5.30	0.90	—	1.68@	1.30@	—
6104 BETTY	1.14	—	1.18@	2.46@	1.22@	—	—	4.97	5.02	2.53@
6116 LORNA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6120 PAMELA	6.72@	5.73	3.57	1.56	—	—	—	—	—	2.75@
6206 KATE	0.53	—	2.68@	2.39@	2.21@	2.20	2.46	2.81	3.44	2.05@
6210 OPAL	6.45	4.30	—	—	—	—	—	—	1.40@	3.02@
6217 AMY	6.90	4.21	0.76	—	—	—	—	—	—	0.99@
6307 WENDY	7.53	5.19	2.26	—	—	—	—	—	3.04@	3.66@
6314 GLORIA	9.57@	9.03@	8.68	7.52	6.69	6.35	6.03	5.67	5.66	1.15
6405 BETTY	5.03@	4.94@	3.92@	—	—	1.45	1.89	1.72	—	—
6509 DINAH	1.16	—	—	1.65	1.50	1.59	1.71	2.53	0.78	—
6518 MARY	5.82	5.15	3.76	1.77	—	—	—	—	—	1.66@
6616 ALICE	2.31@	6.14@	4.97@	1.77@	—	1.65	2.78	3.06	2.75	—
6618 CORA	4.57@	8.58@	6.57@	5.60@	4.29@	4.22	4.42	4.21	4.33	1.92@
6621 ELSIE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6708 CLARA	5.14	3.81	2.40	—	—	—	—	—	—	2.93@
6737 GILDA	3.67	2.33	—	—	—	—	—	1.41@	2.57@	—
6805 NADINE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6908 BETTY	9.39@	8.70@	4.93@	4.24@	3.96	4.06	3.92	3.81	3.65	1.93
6911 ELSIE	6.10@	5.20	3.23	1.39	—	—	—	—	—	—
6912 FLOSSIE	0.59@	1.48	2.17	1.80	—	—	—	—	—	—
7118 NADINE	2.15	1.12	—	—	—	—	—	—	0.82@	2.08@
7127 BESS	5.18	3.80	2.06	—	—	—	—	0.99@	—	—
7213 BETTY	8.60@	12.17@	6.30@	5.96@	4.33	5.48	5.99	5.95	5.63	4.13@
7503 NINA	6.60	6.80	5.06	—	—	—	—	—	—	1.65@
7613 BILLIE	10.97@	8.47	6.31	3.86	—	—	—	—	—	—
7704 THELMA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.15@
7705 VERA	12.46@	10.06	8.35	6.09	0.92	—	—	—	0.83@	0.57@
7817 IRMA	2.54@	3.30@	—	—	—	1.26	0.89	—	—	—
7823 ORA	4.48@	0.99	2.12	3.17	3.75	3.14	—	—	—	—

註：.@ 表示湧浪，表格資料為波高，單位：m

表 3.6-3 影響臺北港附近海域之颱風波浪推算波高值統計表(續)

名稱	ENE	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW
8012 NORRIS	7.67	5.60	3.63	—	—	—	—	—	—	—
8104 IKE	1.69@	1.30	1.28	1.66	—	—	1.24	—	—	—
8105 JUNE	5.46@	5.43	4.93	4.36	3.70	3.52	3.46	3.09	—	—
8210 ANDY	1.62	1.15	—	—	—	—	—	—	—	—
8212 CECIL	6.78@	6.44@	4.72@	3.23	3.41	3.87	3.95	3.24	—	—
8506 JEFF	4.34@	4.84@	3.55@	—	—	1.45	1.78	1.89	2.00	1.19@
8510 NELSON	8.55@	8.90@	6.64@	7.07@	6.08@	5.92	5.20	4.65	3.28@	2.41@
8519 BRENDA	3.58@	3.00@	—	0.50	1.70	1.99	2.63	2.74	1.07@	—
8605 NANCY	2.78@	2.61	2.63	2.43	—	1.88	1.56	0.60	1.22@	0.85@
8612 WAYNE	3.05	3.19	3.38@	2.53	1.83	—	—	—	—	—
8613 ABBY	4.53	1.66	—	—	—	—	—	—	—	—
8708 ALEX	5.05	4.63	2.94	3.24	3.49	3.24	3.16	3.25	3.61	2.44@
8714 GERALD	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.19@
8802 SUSAN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8919 SARAH	5.78@	5.20@	4.97	4.47	3.81	3.59	3.52	3.41	—	—
9003 MARIAN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9017 DOT	2.53	1.15	—	—	—	—	—	—	—	0.68@
9005 OFELIA	2.88	0.59	—	—	—	—	—	—	4.20	4.01
9012 YANCY	8.09	6.36	4.98	2.59	—	—	—	1.19@	1.34@	0.92@
9215 OMAR	2.50	1.73	—	—	—	—	—	—	—	—
9405 TIM	1.78	—	—	—	—	—	—	—	—	1.15@
9413 DOUG	10.72@	7.17@	6.40@	5.90	6.30	5.53	5.45	5.36	4.99	—
9415 FRED	10.45@	9.91@	4.89@	1.73	1.74	2.66	2.92	3.24	2.59	—
9416 GLADYS	5.59	3.50	0.93	—	—	—	—	0.76@	—	1.50@
9427 SETH	6.63@	7.93@	4.72@	3.10	3.91	4.19	3.98	3.22	—	—
9515 RYAN	0.83@	—	0.93	—	1.38	—	—	—	—	—
9607 GLORIA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.27@
9608 HERB	9.87	8.14	5.89	3.19	—	—	—	—	4.37@	3.70@
9714 WINNIE	6.11@	—	1.69@	—	—	1.54	1.76	1.82	2.51	—
9717 AMBER	3.59	0.65	—	—	—	—	—	—	—	2.77@
9810 ZEB	4.40@	2.35	2.83	3.20	3.28	2.82	2.01	—	—	—
0004 KAI-TAK	—	—	2.74	2.38	—	—	2.01	—	—	—
0010 BILIS	3.06	1.17	—	—	—	—	—	—	—	2.19@
0020 XANGSANE	1.89@	1.50@	1.07@	0.84@	1.79	2.04	2.37	—	—	—
0102 CHEBI	—	—	—	—	—	—	—	—	1.35@	2.70@
0108 TORAJI	3.71	1.11	—	—	—	—	—	—	0.97@	1.05@
0110 NARI	6.38	6.61@	6.69@	6.36	4.74	1.88	—	—	—	—
0119 LEKIMA	1.24	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0216 SINLAKU	5.02@	7.03@	4.46@	1.78@	—	2.09	2.50	2.73	2.80	—
0407 MINDULLE	5.75	4.48	1.32@	2.49@	0.76@	—	3.58@	4.31	2.69	—
0413 RANANIM	6.69@	—	2.71@	—	—	0.93	1.17	1.82	0.94@	—
0417 AERE	7.81@	8.30@	7.21@	7.63	7.72	1.17	1.07	4.19@	—	3.63@
0424 NOCK-TEN	7.68	5.58	4.38	5.49	4.66	4.89	5.32	4.10	1.24	0.59
0427 NANMADOL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0505 HAITANG	7.50	5.92	3.43	—	—	—	—	—	1.40@	1.39@
0509 MATSA	5.98@	6.08@	4.20@	1.13	2.71	2.78	2.87	2.63	2.39	—
0513 TALIM	5.64	5.55	3.92	—	—	—	—	—	2.52@	—
0515 KHANUN	8.38@	4.94@	2.05@	1.23@	1.31	1.97	2.08	—	—	—
0519 LONGWANG	5.78	4.48	2.40	—	—	—	—	—	—	1.51@

註：@ 表示湧浪，表格資料為波高，單位：m

表 3.6-4 各迴歸期之颱風波浪推算表

迴歸期 波向	250		200		100		50		25		20		10	
	Hs	Ts	Hs	Ts										
ENE	15.4	16.5	15.1	16.3	14.0	15.7	12.9	15.1	11.6	14.3	11.2	14.1	9.8	13.1
NE	15.3	16.4	15.0	16.3	13.8	15.6	12.6	14.9	11.3	14.1	10.8	13.8	9.3	12.8
NNE	11.3	14.1	11.0	13.9	10.1	13.3	9.2	12.7	8.2	12.0	7.9	11.8	6.7	10.9
N	10.6	13.7	10.4	13.5	9.4	12.9	8.4	12.2	7.3	11.3	7.0	11.1	5.8	10.1
NNW	9.7	13.1	9.4	12.9	8.5	12.2	7.6	11.6	6.5	10.7	6.2	10.5	5.0	9.4
NW	8.5	12.2	8.2	12.0	7.5	11.5	6.7	10.9	5.8	10.1	5.5	9.8	4.6	9.0
WNW	8.2	12.0	8.0	11.9	7.3	11.3	6.6	10.8	5.8	10.1	5.5	9.8	4.6	9.0
W	8.1	12.0	7.9	11.8	7.2	11.3	6.5	10.7	5.7	10.0	5.4	9.8	4.5	8.9
WSW	8.0	11.9	7.7	11.7	7.0	11.1	6.3	10.5	5.5	9.8	5.2	9.6	4.3	8.7
SW	5.8	10.1	5.7	10.0	5.2	9.6	4.7	9.1	4.1	8.5	3.9	8.3	3.3	7.6

註：1.目標區為 121°20'E，25°13'N，水深-32.5m

2. Hs 為代表波高，單位為 m；Ts 為代表週期=4.2√Hs，單位為 sec

## 第四章 結論

1. 本計畫透過實測資料分析可知，以不同極值函數所推算出來的示性波高並不相同，且透過超量取樣及 LSM 法來推估 Weibull 分布為最適，有最高的  $r$  值，相對有最低的 MIR 值，以超量取樣法來推估迴歸期之結果較以最大值取樣者小，故 Weibull 分布及 LSM 推估參數法較能正確推估迴歸期之波浪。
2. 本計畫透過引用的資料年份長度、颱風模式計算目標區中心位置、滯留風速與傾度風速比值、颱風模式中考慮湧浪特性與否及極值統計時採用的分布函數五種不同參數的設定可知，在針對台北港推算颱風波浪過程中，考慮湧浪與否對波高的推算有較大的影響，除了引用資料年份的長度之外，其餘參數的改變皆在 NE 向有最大的差異。
3. 本計畫在實測與推算波浪設計條件比對過程中發現，改變滯留風速與傾度風速比值，對颱風最大波高發生的時間及波高影響並不大，而艾莉、瑞伯及溫妮颱風其最大波高推算值(滯留風速與傾度風速比值為 0.60)與實測值的誤差分別為 21%、2%及 11%。由此可知，採用井島武士的波浪模式推算值，由於推算目標區範圍較海上觀測樁單點範圍大，故多較實測值為高。
4. 經過本計畫對各參數設定的比較可知，參數設定建議將計算目標區定於  $121^{\circ}20'E$ ， $25^{\circ}13'N$ ，引用資料長度為 1940—2005(66 年)，颱風波浪推算過程中考慮湧浪的影響，滯留風速與傾度風速比值設為 0.63，極值分析分別測試極值 I 型和 Weibull 分布，選擇最適合的分布函數。
5. 本計畫目前僅能進行模式參數的探討，若要瞭解台北港兩個設計條件何者與實測值較接近，需取得「淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫」該報告針對每場颱風的推算波高值做進一步的分析比對，然目前尚無法獲得該筆資料，故本計畫無法說明何者較接近實測值，期望第二年可獲得此筆推算資料加以分析比對。

## 參考文獻

1. 宇泰工程顧問有限公司，「淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫」，基隆港務局，1997。
2. 張憲國，「波浪推算」，海岸工程學，郭一羽主編，第四章，文山書局，第一版，2001。
3. 蘇青和，「臺北港海氣地象觀測資料專刊」，交通部運輸研究所，2003。
4. 交通部運輸研究所，「臺北港海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷監測作業」，基隆港務局，2004。
5. 財團法人中華顧問工程司，「臺北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃」規劃報告書，基隆港務局，2006。
6. Fisher, R.A. and Tippett, L.H.C., "Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample," Proceedings of Cambridge Philosophical Society, Vol. 24, No. 2, pp. 180, 1928.
7. Barnett, V., "Possibility plotting methods and order statistics," Applied Statistics, Vol. 24, pp. 95-108, 1975.
8. Muir, L.R. and El-Shaarawi, A.H., "On the calculation of extreme wave heights: a review," Ocean Engineering, Vol. 13, No. 1, pp. 93-118, 1986.
9. Goda, Y., Random seas and design of marine structures, World Scientific, 2000.
10. Coastal engineering manual, "Hydro-dynamic analysis and design conditions," Chapter 8, 2002.

**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 年臺北港波浪條件推算及設計波高基準之探討

執行單位：中華顧問工程司

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
<p>一、郭一羽教授：</p> <p>1.如何利用 10 年實測資料來選擇最佳的波浪預測模式是重點之一。</p> <p>2.如何利用 10 年實測資料來選擇最佳極值分布，不能直接分析，要用上述方法或校對各既有預測模式中那一種模式所成的極值分布最合適。</p> <p>3.實測資料的正確性要嚴謹考核。</p>	<p>1.本計畫將利用 10 年實測資料來修正模式設定的參數，以獲得較佳的推算成果。</p> <p>2.本計畫將分別針對實測資料及推算資料進行極值統計分析，並測試不同極值分布，選擇最合適極值分布。</p> <p>3.本計畫所引用的實測資料為港研中心歷年在台北港觀測的成果。</p>	<p>符合</p>
<p>二、蔡瑤堂委員：</p> <p>1.實測資料期程僅 9 年，對長時間使用年限的海岸結構物之設計條件，可能無法分析出所需之資料。</p> <p>2.實測無方向？如何與推算比較？</p>	<p>1.本計畫僅利用 10 年實測資料來修正模式設定的參數，並依此設定推算長時間使用年限的海岸結構物之設計條件。</p> <p>2.部分觀測資料並無波向，故目前僅考慮推算與</p>	<p>符合</p>

<p>3.建議將颱風波浪模式推算與實測颱風做一比較。</p> <p>4.超量選用法的基本量如何選取?</p>	<p>實測間波高的差異量。</p> <p>3.本計畫於期末階段將進行模式推算與實測資料的比對。</p> <p>4.本計畫目前所選用的基本量為 2.5m，將來亦會瞭解不同基本量對統計結果之影響。</p>	
<p>三、林坤田委員：</p> <p>1.本計畫就選用的資料是否能滿足統計資料該有的特性(獨立性、等質性、分布性)。</p> <p>2.p2.1 表 2.1-1 風速、風向統計表、蒐集年限請與 2.2-1 等期間 85-93 年一致。</p> <p>3.p3.8 圖 3.1~1 至 3.1~8 是否皆可由"0"開始繪製?</p> <p>4.希望於期末階段好好分析實測與推算設計條件的差異?並提出建議。</p>	<p>1.本計畫選用颱風實際移動路徑作為輸入條件，應可滿足統計資料該有的獨立性、等質性及分布性。</p> <p>2.遵照辦理。</p> <p>3.遵照辦理。</p> <p>4.遵照辦理。</p>	<p>符合</p>
<p>五、簡仲環委員：</p> <p>1.港灣規劃之設計條件包含範圍很廣，就本計畫研究目的而言，似乎僅限於海象條件中之設計波高。因此，報告中應對研</p>	<p>1.遵照辦理。</p>	<p>符合</p>

<p>究範圍加以釐清，勿以籠統之”設計條件”一詞而造成誤解。</p> <p>2.原臺北港設計波高可能存在何種問題？應補充說明。例如 1.統計方法錯誤或不理想 2.資料長度不足 3.資料篩選不當等。</p> <p>3.極值分布參數的推定方法為何採用力矩法（MOM）及最小二乘法（LSM）應加以說明。</p> <p>4.表 3.3-3 是否為本計畫所稱之新建設計條件？同時本表之極值統計方法是否採用 Weibull 分布、LSM 推估參數、超量選用法？應補充說明。原有設計條件之極值統計分析方法，同樣也應有詳細說明。如此才能有較清晰之比較探討。</p> <p>5.後續如何判定設計波高之合理性？其判定準則或依據是什麼？</p>	<p>2.本計畫於期末階段將綜合比較以釐清目前設計波高可能存在的問題。</p> <p>3.極值分布參數的推定方法中，力矩法為最簡單的方法，而最小二乘法為目前最常使用的方法，因此本計畫選用此兩種方式來推定參數。</p> <p>4.本計畫於期末階段將進行實測與推算資料的比對，進而提出一個適合台北港波浪推算模式的設定條件，以獲得合理的波浪設計條件。本表之極值統計方法採用 Weibull 分布、LSM 推估參數、超量選用法。</p> <p>5.由於目前觀測資料僅有 10 年，因此無法提出一個合理的設計條件，僅能利用該資料來修正模式的參數，並依此推算至長期的波浪狀況。</p>	
<p>六、張瑞欣委員書面審查</p> <p>1.有關第二章臺北港實測</p>	<p>1.遵照辦理。</p>	<p>符合</p>

<p>波浪資料蒐集，本計畫期中階段已蒐集到 94 年相當不容易 (p2-7，表 2.2-7)，值得肯定；由於去 (94) 年 7~9 月侵臺之颱風中，海棠、泰利、龍王都是強烈颱風，而有關波高與週期聯合分布統計 (p2-5~p2-6，表 2.2-1~表 2.2~6) 之分析為 85~93 年，建議本計畫後續宜繼續蒐集分析補充。</p>		
<p>2. 有關 p2-7 提及臺北港實測波浪資料中以 87 年 10 月 (瑞柏)、86 年 8 月 (海燕) 之波高最大，其中 87 年 10 月 (瑞柏) 更高達 8.8m，建議有關此兩颱風特性、路徑宜增加說明，並討論其波高最大產生之差異性或原因，如能以此驗證颱風波浪推算法之推估與實測值，應有助於本計畫之研究參考。</p>	<p>2. 遵照辦理。</p>	
<p>3. p3-3 第 12 行，文中提到三方法，但文中只提二種，請檢核；另實測資料分析中超量選用法之基量，期中報告中並未交代，而不同基量對統計結果之影響如何？</p>	<p>3. 本計畫目前所選用的基本量為 2.5m，將來亦會瞭解不同基本量對統計結果之影響。</p>	
<p>4. p3-12 之颱風波浪推算法，期中報告內提到井島武士法及數值推算法，文中只列井島武士法之推</p>	<p>4. 目前業界皆採用井島武士法，其有運算速度快的優點，而 SWAN 模式則正積極引入至實際工程之</p>	

<p>算結果；而數值推算法中雖已介紹 swan 模式理論，但尚無計算結果。</p> <p>5. p3-6 提到 CEM 建議長期波浪極值之累積機率分布函數，適合使用極值 I 型及 Weibull 分布，考量目前臺北港實測資料過十年，而颱風波浪值僅 8 個(部分颱風極值亦小)，是否適合直接應用於臺北港颱風波浪分布型態之決定或選定。</p> <p>6. p3-19，提到臺北港相關計畫中，關於井島武士法中 C 值分別使用 0.61 及 0.63，但並未提本計畫 C 使用多少，建議由歷年實測颱風波浪加以率定。</p>	<p>應用，唯目前尚未完成，故本計畫目前將僅採用井島武士法進行探討。</p> <p>5. 本計畫實測資料分析主要在於建立極值統計分析流程，並透過此流程分析推算成果。</p> <p>6. 本計畫 C 值採用 0.63，期末階段將利用實測颱風波浪加以率定。</p>	
<p>七、陳陽益委員書面審查：</p> <p>1. 有關臺北港原有設計條件內容部份，建議另列專章說明；且可將國內港灣規劃設計常用之方式，一併陳列比較說明。</p> <p>2. 港研中心之海氣象實測資料已連續調查至今，本計畫應可增加相關資料分析之時程；同時應進行相關統計分析之檢定程序，及推定各種條件、各種時期之大波情況；並將新的資料代入原有規劃</p>	<p>1. 期末階段將針對文章結構重新調整。</p> <p>2. 本計畫將於期末階段透過實測資料修正推算模式，並加以說明實測與推算的差異性。</p>	<p>符合</p>

設計計算模式，與實測分析結果作一比較說明。		
-----------------------	--	--

附錄三 期末報告審查意見處理情形表

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 年臺北港波浪條件推算及設計波高基準之探討

執行單位：中華顧問工程司

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
<p>一、陳陽益教授：</p> <p>1. 為何有否考量湧浪所造成的誤差會較大？</p> <p>2. 明顯可看出不管引用何種模式(包括其中參數的推定), 則颱風路徑不同就會有明顯的不同, 且所產生的誤差也有很大的不同, 請如何考量入颱風路徑的因素。</p> <p>3. 不管用何種模式, 其內的各參數推定時, 請先明確的事先將這個推定的參數之每一個其精確度如何, 然後再針對整個模式之推定總值的精確度進行比對, 以利知曉主要誤差的來源, 便於再改進之。</p>	<p>1. 本計畫採用井島武士法推算颱風波浪, 該模式設定為出風域的波浪即為湧浪, 但由於剛出風域時的波浪仍甚大, 因此, 考慮湧浪與否將有較大的誤差。</p> <p>2. 目前實測資料僅有 10 年, 各路徑的颱風資料稍顯不足, 因此目前尚無法考量入路徑的影響。</p> <p>3. 感謝委員建議, 將於明年度加以深入探討。</p>	<p>符合</p>

<p>二、林坤田委員：</p> <p>1.本計畫作極值統計分析時，採用超量選用法，取2.5m作為其準量，其理由何在？適合否？</p> <p>2.結論指出尚無法取得當初規劃台北港波浪設計條件的波高推算值。若明年可取得，可否概略說明如何進行此對波浪設計條件較接近實測值。(資料之取得請港研中心供應)</p>	<p>1.由波高、週期聯合機率表可知，季風波浪大多在2.5m以下，超過2.5m的波高僅佔1.2%，因此認定超過2.5m的波高即為颱風波浪，故本計畫將基準量定為2.5m。</p> <p>2.將如同3.6節說明，先將推算結果的方向性率除，接著如實測資料般進行極值統計分析，再加以確認何者波浪設計條件較接近實測值。</p>	<p>符合</p>
<p>三、蔡瑤堂委員：</p> <p>1.宜把推算值之極值分佈曲線繪出後，再把實測值點入，以瞭解兩者之差異。</p> <p>2.圖3.5-5 瑞伯颱風推算值為何與P.3-27所列數據有明顯差異。</p> <p>3. <math>T_s = 4.2\sqrt{H_s}</math> 可能使週期預測偏大，P.2-11表2.2-11表中，<math>\frac{T_s}{\sqrt{H_s}}</math> 大於4.2之颱風只有8個，其餘均小於</p>	<p>1.本計畫由於尚未取得「淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫」的設定條件，因此仍無法與實測值加以比對。</p> <p>2.此差異主要來自於一個考慮所有方向而一個僅考慮ENE~SW的方向。</p> <p>3.該公式為Goda所提出，此為透過許多波浪資料所統計出的結果，然本計畫目前的實測資料僅有9年，若有更長期的資料應可符合該公式的定義。</p>	<p>符合</p>

<p>4.0。</p> <p>4.對實測資料是否檢對過其觀測方法及分析方法？</p>	<p>4.本計畫實測資料來源為港研中心，該資料已經過港研中心進行基本的檢核工作。</p>	
<p>五、張金機委員：</p> <p>1.台北港鄰近海岸工程設計波浪大致分兩版。</p> <p>(1)第一版NE,NNE,N...波高分別為 9.8m,8.8m,7.1m...採用計畫分別：大台北地區填海計畫(94,10,CECI)、台北港第二期工程...新生地開發計畫(CECI)、淡水國內商港第二期...及遠期計畫(85,09,宇泰)</p> <p>(2)第二版 NE,NNE,N...波高分別為 12.8m,9.6m,8.1m...採用計畫分別為：林口灰塘第二期工程(90,09,CECI)、台北港北淤沙區、碼頭堤...規劃(CECI)</p> <p>本計畫波浪條件推算及設計波高基準探討重點均著重於 CECI 採用第二版之理由(第一版,二版推算假設)</p> <p>2.推算波浪設計條件差異性分析</p> <p>(1)計算標區：偏北約 1NM, 偏西約 12NM 之外海區</p>	<p>1.本計畫乃在研究探討較合理颱風波浪推算方式，以期提供未來設計波浪之依據，審查委員所提第一、二版之波高正確與否，並非計畫研究之目標。由報告之分析可知，湧浪推算之結果是否採用，對設計波高之影響甚大，但基於原井島武士之推算法中，包括湧浪推算之機制，故隨意捨棄較為不妥，唯後續研究將再蒐集東部地區颱風波浪以驗核井島武士方式之精確度。</p> <p>2.所言誤差皆為本計畫針對井島武士之模式進行敏感度分析之結果。</p>	<p>符合</p>

<p>NE 向推算值反而較接近岸區偏小，似乎忽略近岸影響！</p> <p>(2)滯留風與傾度風比值，應採 0.61 與 0.63(表 3-4-2)，結果差異(不能認為是誤差)應在 5%左右非 12.82%超過 10%。</p> <p>(3)考慮湧浪、波浪能量擴散角度，減衰常數，陸地影響如何考慮？</p> <p>3.實測與推算波浪比對</p> <p>(1)台北港歷年最大颱風(p3-7 表 3.1-5)，實測最大示性波高與波高推算值分別為溫妮(實測 6.5m、推算 6.1m(ENE)swell)、瑞伯(實測 8.8m、推算 4.4m(ENE)swell)、寶發(實測 4.3m)、海燕(實測 6.5m)、辛樂克(實測 3.5m、推算 7.03m(NE)swell)、米勒(實測 2.6m)、艾莉(實測 6.1m、推算 8.3m(NE)swell)、馬莎(實測 5.0m、推算 5.98m(ENE)swell)。除瑞伯颱風沿東海岸行進較東北路徑外，其餘推算值均較實測值甚多！本研究計畫應針對此種差異作深入探討才是目標！</p> <p>(2)花蓮港外海觀測資料。花蓮港外海自 74 年觀測至今約 20 年，其中雖曾遭受強風巨浪損毀波高</p>	<p>3. 有關模式與實測之比對，將於下年度計算中，持續蒐集比較。</p>	
--	---------------------------------------	--

<p>計，但仍取得相當可貴資料，但自 74 年至今實測最大示性波高 10.5m。</p> <p>(3) 全台海岸在 1994 年測得最大示性波高分別為台中 6.3m，高雄 7.0m，成功 8.1m，花蓮 10.5m，鼻頭角 9.7m，東吉 7.0m。</p> <p>4. 顧問公司選擇設計條件應嚴謹。Hs = 9.7m 與 Hs = 12.9m，表面上差 3.2m，約 30% 但在波力上則相差約 77%，是否過度設計？</p> <p>5. 小錯誤 P3.20 &amp; 21 颱風與圖名錯置！</p> <p>6. 建議颱風統計表加上颱風路徑！</p>	<p>4. 設計條件選擇之嚴謹正為本計畫之目的，本計畫將於明年度加以探討分析。</p> <p>5. 遵照辦理。</p> <p>6. 遵照辦理。</p>	
<p>六、張瑞欣委員書面審查</p> <p>1. 圖 3.5-1 至圖 3.5-3 颱風路徑與圖名，請校核。</p> <p>2. p3-19 3.5 節之實測與推算波浪設計條件比對中，推算與實測波高差分別為 21%、2% 及 11% 參考表 3.4-4 結果，若台北港颱風波浪推算時不含湧浪，結果是否會較接近實測值。</p> <p>3. 表 3.4-3 誤差介於 7.5% 至 12.82% 之間與 p3-19 倒數</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 由表 3.4-4 湧浪考慮與否差異表可知，若不考慮湧浪將有較大的誤差，且由 3.6 節的比較可知，建議的設定條件應考慮湧浪的效應。</p> <p>3. 設定不同滯留風速與傾度風速比值的最大誤差</p>	<p>符合</p>

<p>第 4、5 行之結果似不相吻合。</p>	<p>約為湧浪考慮與否的最大誤差的一半，由實測資料的比對可知，改變不同滯留風速與傾度風速比值對推算結果的影響並不大。</p>	
<p>七、郭一羽委員書面審查：</p> <p>1. 報告書中到研究目標的達成敘述不夠明確，讀者不易抓到重點。</p> <p>2. 颱風波浪推算不知是否有用較精確的數值推算，交代不清。再討論井島的方法無意義。</p> <p>3. 是否應利用可信度較高的數值方法推算長期間內所發生的颱風波浪，找出最佳極值分佈，再以 9 年的實測值依此分佈去推測 20 年的波浪較合理，只利用 9 年的資料決定極值分佈似乎不佳。(僅供參考)</p>	<p>1. 本計畫主要研究目標為透過目前的實測資料比較台北港的兩個波浪設計條件，瞭解何者較接近實測值。</p> <p>2. 目前業界皆採用井島武士法，其有運算速度快的優點，而 SWAN 模式則正積極引入至實際工程之應用，唯目前尚未完成，故本計畫目前將僅採用井島武士法進行探討。</p> <p>3. 颱風波浪推算可信度較高的數值方法為 SWAN 模式，目前正積極引入至實際工程應用中。</p>	
<p>八、簡仲環委員書面審查：</p> <p>1. 配合表 2.2-11 之颱風波浪說明，請補充溫妮、瑞伯及海燕等三個颱風之相</p>	<p>1. 遵照辦理。</p>	<p>符合</p>

<p>關資料，如路徑圖、中心氣壓、暴風半徑等。</p>		
<p>2.第 3.1.6 節有關實測波浪之極值分析結果部份，對於超量選用法沒有說明該基準量是多少？文中所述超量選用法是使用表 2.2-7 應是誤植，是否應修正為表 2.2-11，同時基準量依此表為最大示性波高大於 2.5m？</p>	<p>2.由波高、週期聯合機率表可知，季風波浪大多在 2.5m 以下，超過 2.5m 的波高僅佔 1.2%，因此認定超過 2.5m 的波高即為颱風波浪，故本計畫將基準量定為 2.5m。</p>	
<p>3.表 3.4-1 建議可加入具 62 年資料長度之「台北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃」計算結果。</p>	<p>3.已列於表 3.3-3。</p>	
<p>4.第 3.5 節有關實測與推算波浪設計條件比對部分，由圖 3.5-4~3.5-6 不易看出誤差分別為 21%、2% 及 11%。建議將最大波高推算值與實測值列表比較。</p>	<p>4.已列於表 3.5-1。</p>	
<p>5.圖 3.5-1 及 3.5-3 之圖說明與圖資料不符合，請修正。</p>	<p>5.遵照辦理。</p>	
<p>6.本計畫颱風波浪推算模式所採用之計算條件，大致與「台北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃」相似，僅資料長度及中心氣壓稍有不同，故其推算結果相</p>	<p>6.本計畫由於尚未取得「淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫」的設定條件，因此無法瞭解其與「台北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃」的差異性，</p>	

<p>近是理所當然。但為何採用此條件，而不採用「淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫」之使用條件？應有補充說明。</p> <p>7.表 3.1-6 之實測波浪極值分析結果應與表 3.6-3 之推算波浪極值分析結果作比較說明，以符合本計畫執行目的。</p>	<p>但本計畫仍於 3.6 節中透過比對，提出一較具合適的波浪設計條件。</p> <p>7.已於 3.6 節加以比較。</p>	
--	---	--



# 95年台北港波浪條件推算及 設計波高基準之探討

## 期中報告

# 簡報

簡報人：劉勁成

CECI  財團法人  
中華顧問工程司

中華民國九十五年八月三日



1



## 簡報內容

- ▲ 計畫緣起
- ▲ 研究目的
- ▲ 研究流程
- ▲ 台北港海氣象資料蒐集分析
- ▲ 台北港設計條件探討



2





## 計畫緣起

- ▲ 早期缺乏實測資料→波浪推算。
- ▲ 民國85年至95年，港研中心持續觀測，已有10年實測資料。
- ▲ 一般近岸結構物之設計年限為50年或100年，而50年或100年重現期之設計波高至少需有30年以上資料，經極端值統計分析方有可靠性。
- ▲ 透過歷年實測資料，檢討台北港的設計條件。



3



## 研究目的

- ▲ 第一年
  - ▲ 透過台北港海氣象實測資料分析其設計條件。
  - ▲ 初步瞭解台北港原有和新建之設計條件的差異。
- ▲ 第二年
  - ▲ 瞭解台北港原有和新建之設計條件的差異。
  - ▲ 瞭解在台北港原有設計條件下之結構物安全性。



4

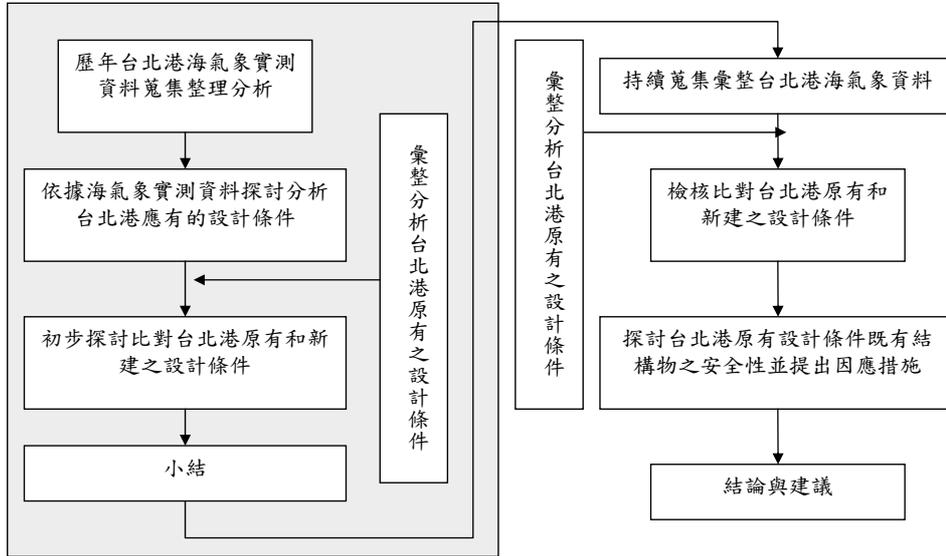




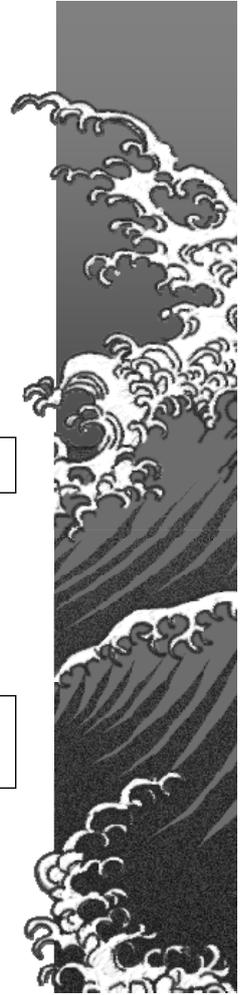
# 研究流程

第一年

第二年



5



# 風速、風向聯合機率表

氣象

台北港海氣象資料蒐集分析

風速 m/sec	風 向																小計
	N	NN E	NE	EN E	E	ESE	SE	SSE	S	SS W	SW	WS W	W	WN W	NW	NN W	
0.0~5.0	1.6	2.3	3.4	3.8	3.4	3.3	3.0	3.2	5.0	3.2	2.3	2.4	2.2	2.4	1.8	1.3	44.2
5.0~10.0	0.4	1.6	7.0	11.8	3.2	2.0	3.2	0.9	0.3	0.1	0.7	1.8	1.9	1.8	0.5	0.1	37.5
10.0~15.0	0.1	0.9	4.7	6.5	0.5	0.4	0.7	0.1	0.0	0.0	0.4	0.6	0.7	0.1	0.0	0.0	16.0
>15.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
小計	2.1	4.8	15.3	22.1	7.1	5.7	6.9	4.4	5.3	3.5	3.4	4.8	4.6	4.3	2.3	1.7	98.2

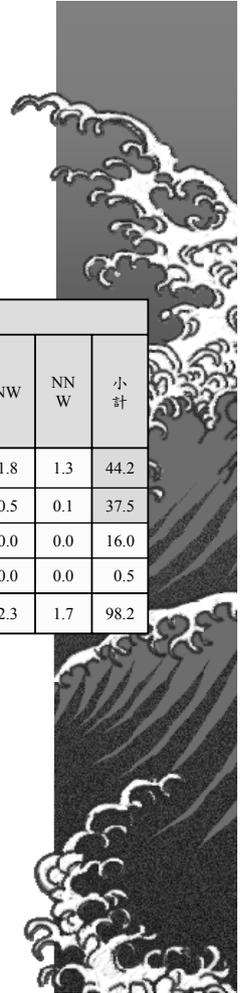
▲85年~92年

▲全年之風向主要集中在NE與ENE二個方向，共約佔37.4%

▲風速小於5m/sec 佔44.2%，介於5~10m/sec 佔37.5%

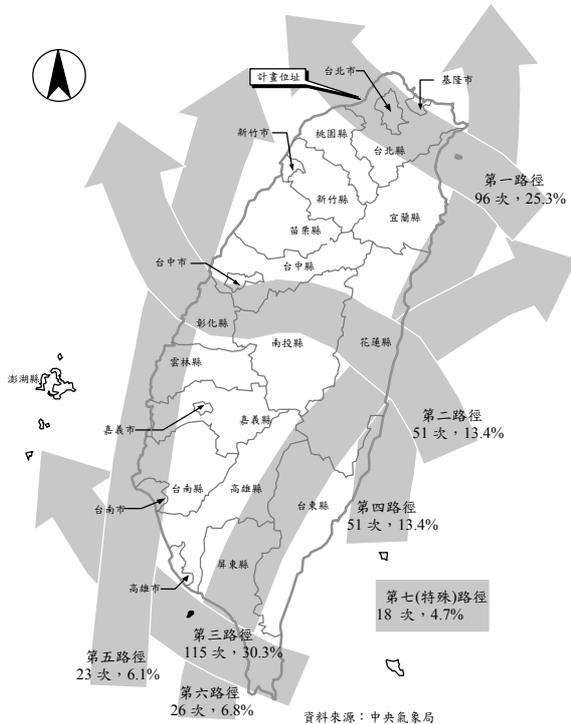


6





# 歷年侵襲計畫區之颱風



▲ 1897~2005(109年)

▲ 384個

▲ 3.5個/年

▲ 1、4和5路徑

▲ 172次

▲ 44.8%

▲ 1.58個/年



# 波高、週期聯合機率表

波高 (m)	週 期 (sec)								小計
	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	>14	
0~0.5	0.0	1.7	19.0	17.3	5.1	0.4	0.1	0.0	43.7
0.5~1.0	0.0	0.4	12.0	12.9	2.6	0.1	0.1	0.0	28.2
1.0~1.5	0.0	0.0	3.5	8.7	1.7	0.1	0.0	0.0	14.0
1.5~2.0	0.0	0.0	0.5	5.5	1.4	0.1	0.0	0.0	7.5
2.0~3.0	0.0	0.0	0.1	3.1	2.0	0.1	0.1	0.0	5.4
3.0~4.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	0.1	0.0	0.0	1.0
4.0~5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
5.0~6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
>6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小計	0.0	2.1	35.1	47.8	13.4	0.9	0.3	0.0	100.0

▲ 85年~93年

▲ 全年示性波高以介於0~0.5m間為最多，約佔全年波浪之43.7%，其次為0.5m~1.0m間，約佔全年之28.2%

▲ 全年示性週期主要分佈於6sec~8sec間，約佔全年之47.8%，其次為4sec~6sec間，約佔全年之35.1%





# 波高、波向聯合機率表

波高 (m)	波 向																小計
	N	NN E	NE	EN E	E	ESE	SE	SSE	S	SS W	SW	WS W	W	WN W	NW	NN W	
0.0~0.5	7.4	6.9	3.0	1.4	1.1	1.2	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.8	2.9	4.2	4.2	4.6	43.4
0.5~1.0	7.2	8.9	2.6	0.7	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	1.3	2.1	1.3	2.2	28.4
1.0~1.5	4.8	5.5	1.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.2	0.7	14.1
1.5~2.0	3.3	3.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	7.4
2.0~3.0	3.1	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	5.5
3.0~4.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
>4.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
小計	26.6	26.7	6.9	1.5	1.5	1.6	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5	2.6	4.7	7.0	5.8	8.7	100

▲85年~93年

▲以來自NNE向之波浪最多，約佔全年之26.7%，其次為N向，約佔全年之26.6%

# 流速、流向聯合機率表

流速 (cm/sec)	流 向																小計
	N	NN E	NE	EN E	E	ESE	SE	SSE	S	SS W	SW	WS W	W	WNW	NW	NN W	
0~10	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	0.3	0.4	9.0
10~20	0.2	0.6	1.3	2.0	1.4	0.8	0.7	0.6	0.8	1.4	2.0	2.0	0.9	0.3	0.2	0.2	15.4
20~30	0.2	0.6	2.0	3.4	1.3	0.6	0.4	0.3	0.3	0.7	2.9	3.5	1.3	0.2	0.1	0.0	17.6
30~40	0.2	0.6	2.4	4.4	1.1	0.5	0.2	0.2	0.2	0.4	2.7	4.6	1.1	0.0	0.0	0.0	18.7
40~50	0.0	0.5	2.5	4.5	1.0	0.3	0.2	0.0	0.2	0.2	2.3	4.2	0.7	0.0	0.0	0.0	16.5
50~60	0.1	0.3	2.1	3.4	0.9	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	1.8	2.6	0.3	0.0	0.0	0.0	12.0
60~70	0.0	0.2	1.5	2.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	6.5
70~80	0.0	0.1	0.7	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	2.6
>80	0.0	0.4	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
小計	1.1	3.2	13.4	21.8	7.1	3.2	2.3	1.7	2.3	3.7	13.8	19.1	5.0	1.0	0.7	0.6	100.0

▲85年~93年

▲流速集中於0~50cm/sec間，所佔百分比達77.2%，其中以介於30~40cm/sec間為最多，所佔百分比約為18.7%

▲流向則集中於NE~ENE及WSW~SW，所佔百分比達68.1%，約與海岸線平行





# 台北港歷次颱風觀測波浪

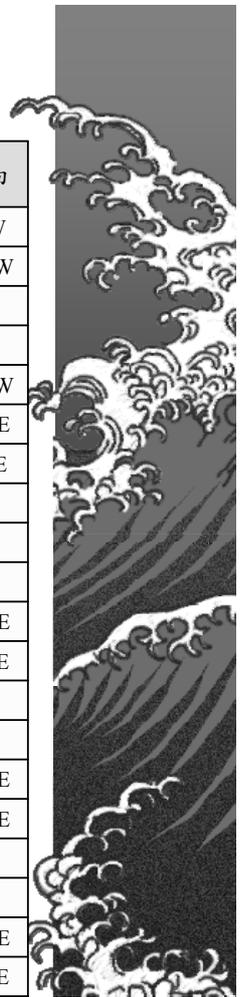
海象

台北港海氣象資料蒐集分析



11

編號	颱風名稱	發生時間	最大示性波高(m)	週期(sec)	波向
1	溫妮(WINNIE)	1997/08/16~1997/08/19	6.5	11.5	NW
2	楊妮(YANNI)	1998/09/27~1998/09/29	3.2	7.5	NNW
3	瑞伯(ZEB)	1998/10/13~1998/10/17	8.8	10.3	—
4	芭比絲(BABS)	1998/10/25~1998/10/27	3.5	9.3	—
5	巴比倫(PRAPIROON)	2000/08/27~2000/08/30	2.7	8.2	NNW
6	寶發(BOPHA)	2000/09/08~2000/09/10	4.3	8.8	NNE
7	納莉(NARI)	2001/09/08~2001/09/19	4.6	7.9	ESE
8	利奇馬(LEKIMA)	2001/09/23~2001/09/28	3.3	8.8	N
9	海燕(HAIYAN)	2001/10/15~2001/10/16	6.5	9.1	N
10	辛樂克(SINLAKU)	2002/09/04~2002/09/08	3.5	12.8	—
11	米勒(MELOR)	2003/11/02~2003/11/03	2.6	7.3	NNE
12	敏督利(MINDULLE)	2004/06/28~2004/07/03	2.6	6.1	ENE
13	蘭寧(RANANIM)	2004/08/10~2004/08/13	3.3	6.6	N
14	艾莉(AERE)	2004/08/23~2004/08/26	6.1	7.3	N
15	海馬(HAIMA)	2004/09/11~2004/09/13	3.6	7.4	NNE
16	海棠(HAITANG)	2005/07/16~2005/07/20	4.0	6.3	NNE
17	馬莎(MATSA)	2005/08/03~2005/08/06	5.0	5.4	E
18	泰利(TALIM)	2005/08/30~2005/09/01	4.1	6.2	N
19	卡努(KHANUN)	2005/09/09~2005/09/11	3.2	5.7	NNE
20	龍王(LONGWANG)	2005/09/30~2005/10/03	3.0	5.3	NEE



台北港實測資料分析

台北港設計條件探討



12

## 極值統計資料

### ▲ 資料特性

- ▲ 獨立性—兩事件發生不相關
- ▲ 等質性—出現在空間或時間上機會相等
- ▲ 分佈性—滿足某種分佈型態

### ▲ 資料選取方式

- ▲ 極端值選用法—年計、非年計
- ▲ 超量選用法





## 極值分佈函數

- ▲ CEM(2002)建議長期波浪極值之適合累積機率分佈函數

- ▲ 極值I型分佈(FT-I型分佈)

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-B}{A}}}, -\infty < x < \infty$$

- ▲ Weibull分布

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-B}{A}\right)^k}, B \leq x < \infty$$



## 極值分佈參數推定

- ▲ 參數推定法

- ▲ 力矩法(MOM)—最簡單
- ▲ 最小二乘法(LSM)—最常用
- ▲ 最大概似法(MLM)—資料多，接近真值

- ▲ 資料劃位方式

- ▲ Goda(2000)

$$F_m = 1 - \frac{m - \alpha}{N + \beta}, m = 1, 2, \dots, N$$





## 信賴檢定

- ▲ Kolmogorov-Smirnov檢定、Anderson-Darling檢定、卡方檢定
- ▲ LSM—相關係數檢定
- ▲ Goda和Kobune(1990)提出相對係數殘差檢定

$$MIR = \Delta r / \Delta \bar{r}$$

$$\Delta \bar{r} = e^{\bar{a} + \bar{b} \ln N + \bar{c} (\ln N)^2}$$

$$\Delta r = 1 - r$$



## 推估值之標準偏差

- ▲ 推估值 $\longleftrightarrow$ 分佈函數
- ▲ Goda(1988)提出估算值的標準偏差量

$$\sigma(x_R) = \sigma_x \sigma_z$$





## 台北港歷年最大颱風資料

編號	颱風名稱	發生時間	$H_{1/3}(m)$	$T_{1/3}(s)$	波向
1	溫妮(WINNIE)	1997/08/16~1997/08/19	6.5	11.5	NW
2	瑞伯(ZEB)	1998/10/13~1998/10/17	8.8	10.3	—
3	寶發(BOPHA)	2000/09/08~2000/09/10	4.3	8.8	NNE
4	海燕(HAIYAN)	2001/10/15~2001/10/16	6.5	9.1	N
5	辛樂克(SINLAKU)	2002/09/04~2002/09/08	3.5	12.8	—
6	米勒(MELOR)	2003/11/02~2003/11/03	2.6	7.3	NNE
7	艾莉(AERE)	2004/08/23~2004/08/26	6.1	7.3	N
8	馬莎(MATSA)	2005/08/03~2005/08/06	5.0	5.4	E



## 極值分析結果

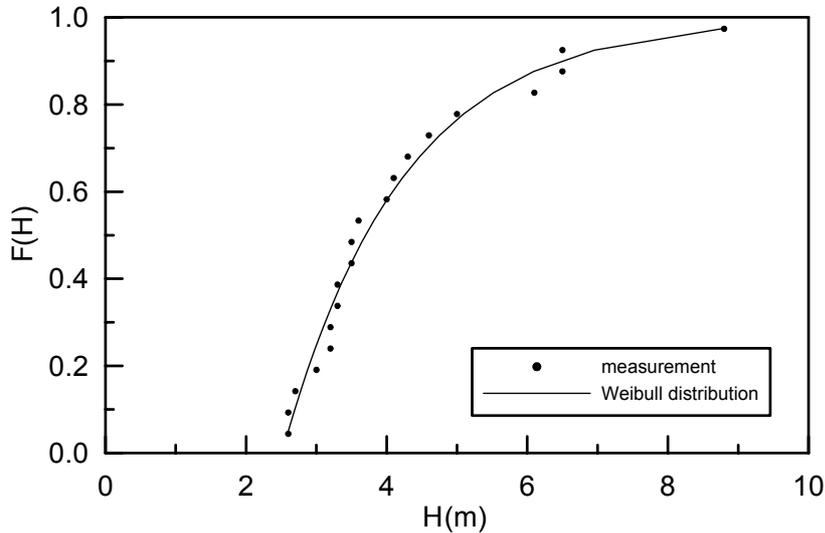
指標		極值I型		Weibull分佈	
		最大值	超量	最大值	超量
r	MOM	0.972	0.969	0.979	0.988
	LSM	0.979	0.971	0.982	0.990
MIR(%)	MOM	0.64	1.19	0.52	0.42
	LSM	0.48	1.12	0.44	0.33
5年迴歸期(m)	MOM	6.63±1.25	6.48±0.83	6.84±1.31	6.50±1.24
	LSM	6.79±1.25	6.55±0.83	6.92±1.31	6.64±1.24
10年迴歸期(m)	MOM	7.80±1.75	7.38±1.04	7.94±1.65	7.63±1.62
	LSM	8.04±1.75	7.48±1.04	8.07±1.65	7.83±1.62

- ▲不同極值函數所推算出來的示性波高並不相同
- ▲透過超量取樣及LSM法來推估Weibull分佈為最適，有最高的r值，相對有最低的MIR值
- ▲以超量取樣法來推估迴歸期之結果較以最大值取樣者小
- ▲Muir和El-Shaarawi (1986)歸納極值統計的方法，指出並無肯定的極值統計方法適合所有的狀況，須視資料本身的特性而定





## 超量LSM法Weibull的機率分佈



## 井島武士法

- ▲ 颱風波浪追蹤法
- ▲ 依據Wilson之移動風域法而將之直接變化為數值計算
- ▲ 由移動風域內之風速分佈(即考慮區內各點之吹風情況)來推算
- ▲ 綜合淺海中之風浪關係、海底摩擦之影響、湧浪之推算法及碎波後波浪計算法
- ▲ 從氣象資料，推算移動風域中海岸前任何水深地點之波浪狀況





## 數值推算法

- ▲ 風浪數值推算之數學模式乃以波浪平衡方程式為基礎
- ▲ SWAMP (Sea WAve Modeling Project) 評估比較以往計算颱風之模式，而將波浪數值推算法分為三種類型
  - ▲ DP模式(Decoupled Propagation model)
  - ▲ CH模式(Coupled Hybrid model)
  - ▲ CD模式(Coupled Discrete model)



## 模式設定

- ▲ 井島武士法
- ▲ 篩選通過 $121^{\circ}20'E$ ， $25^{\circ}13'N$ 為中心，南北、東西向各兩個經緯度範圍
- ▲ 颱風中心氣壓小於或等於 $970\text{mb}$
- ▲ 篩選出109個(1940~2005)對本區影響較大之颱風進行颱風波浪推算
- ▲ 將各方向可能發生之最大示性波高以極端值統計法推算各迴歸期之波高



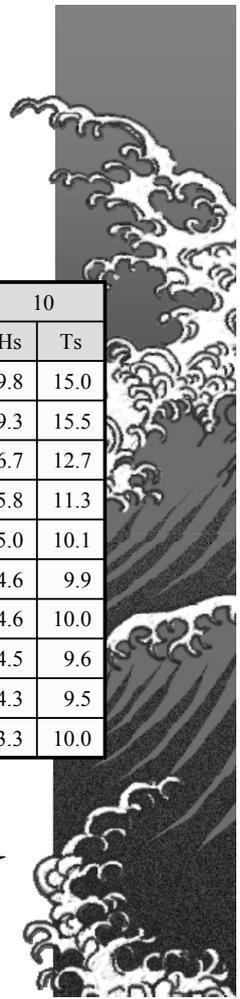


## 各迴歸期之颱風波浪推算表

迴歸期 波向	250		200		100		50		25		20		10	
	Hs	Ts	Hs	Ts										
ENE	15.4	17.8	15.1	17.7	14.0	17.2	12.9	16.6	11.6	16.0	11.2	15.8	9.8	15.0
NE	15.3	20.6	15.0	20.3	13.8	19.4	12.6	18.5	11.3	17.3	10.8	16.9	9.3	15.5
NNE	11.3	15.8	11.0	15.7	10.1	15.1	9.2	14.5	8.2	13.8	7.9	13.6	6.7	12.7
N	10.6	14.8	10.4	14.6	9.4	14.0	8.4	13.4	7.3	12.6	7.0	12.3	5.8	11.3
NNW	9.7	13.1	9.4	13.0	8.5	12.5	7.6	11.9	6.5	11.3	6.2	11.0	5.0	10.1
NW	8.5	13.7	8.2	13.5	7.5	12.9	6.7	12.1	5.8	11.3	5.5	11.0	4.6	9.9
WNW	8.2	13.5	8.0	13.3	7.3	12.7	6.6	12.0	5.8	11.2	5.5	10.9	4.6	10.0
W	8.1	11.5	7.9	11.4	7.2	11.1	6.5	10.7	5.7	10.3	5.4	10.1	4.5	9.6
WSW	8.0	10.5	7.7	10.5	7.0	10.3	6.3	10.1	5.5	9.9	5.2	9.8	4.3	9.5
SW	5.8	11.5	5.7	11.4	5.2	11.2	4.7	10.9	4.1	10.5	3.9	10.4	3.3	10.0

▲ 颱風波浪以ENE向最大

▲ 以一般海岸、港灣結構物設計之50年迴歸期而言，ENE方向之颱風波高為12.9m，其相對週期為16.6sec



## 淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫

- ▲ 井島武士法
- ▲ 篩選通過 $119^{\circ}18'E \sim 123^{\circ}18'E$ ， $23^{\circ}24'N \sim 27^{\circ}24'N$
- ▲ 篩選出67個(1940~1990)對本區影響較大之颱風
- ▲ 選用極值I型為分佈函數，進行極值統計分析
- ▲ 滯留風速與傾度風速比值採用0.61
- ▲ 計算網格大小為 $0.1 \times 0.1$ 度
- ▲ 模式推算時並未考慮湧浪的效應





## 各迴歸期之颱風波浪推算表

迴歸期 波向	100		50		25		20		15		10		5	
	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts
NE	11.0	13.9	9.7	13.1	8.4	12.2	8.0	11.9	7.4	11.4	6.6	10.8	5.2	9.6
NNE	10.0	13.3	8.8	12.5	7.6	11.6	7.3	11.3	6.7	10.9	6.0	10.3	4.7	9.1
N	8.5	12.3	7.5	11.5	6.5	10.7	6.2	10.5	5.7	10.1	5.1	9.5	4.0	8.4
NNW	7.3	11.3	6.4	10.6	5.5	9.9	5.3	9.7	4.9	9.3	4.4	8.8	3.4	7.8
NW	5.8	10.1	5.1	9.5	4.4	8.8	4.2	8.6	3.9	8.3	3.5	7.8	2.7	6.9
NWW	4.8	9.2	4.2	8.6	3.6	8.0	3.5	7.8	3.2	7.5	2.9	7.1	2.3	6.3
W	4.7	9.1	4.1	8.5	3.6	7.9	3.4	7.7	3.1	7.4	2.8	7.0	2.2	6.2
WWS	5.3	9.7	4.7	9.1	4.1	8.5	3.9	8.3	3.6	8.0	3.2	7.5	2.5	6.7

## 台北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃

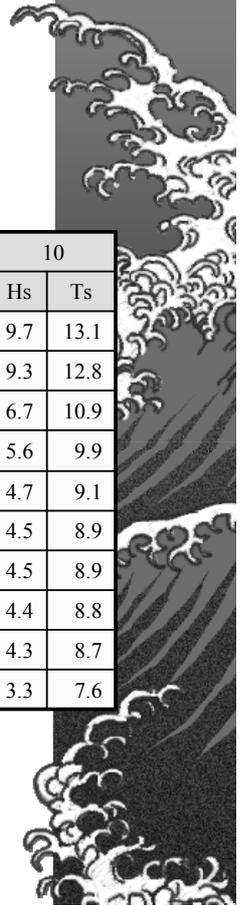
- ▲ 井島武士法
- ▲ 篩選通過 $121^{\circ}20'E$ ， $25^{\circ}13'N$ 為中心，南北、東西向各兩個經緯度範圍
- ▲ 颱風中心氣壓小於或等於970mb
- ▲ 篩選出97個(1940~2001)對本區影響較大之颱風進行颱風波浪推算
- ▲ 將各方向可能發生之最大示性波高以極端值統計法推算各迴歸期之波高
- ▲ 滯留風速與傾度風速比值採用0.63
- ▲ 計算網格大小為 $0.1 \times 0.1$ 度
- ▲ 模式推算時同時考慮湧浪的效應
- ▲ 極端值統計法則分別測試極值I型和Weibull分佈，依照最小二乘法(LSM)推定參數，獲得Weibull分佈( $k=2$ )為最適合的分佈函數





# 各迴歸期之颱風波浪推算表

迴歸期 波向	250		200		100		50		25		20		10	
	Hs	Ts	Hs	Ts										
ENE	15.5	16.5	15.2	16.4	14.1	15.8	12.9	15.1	11.6	14.3	11.2	14.1	9.7	13.1
NE	15.7	16.6	15.3	16.4	14.1	15.8	12.8	15.0	11.4	14.2	10.9	13.9	9.3	12.8
NNE	11.5	14.2	11.2	14.1	10.3	13.5	9.3	12.8	8.3	12.1	7.9	11.8	6.7	10.9
N	10.4	13.5	10.1	13.4	9.2	12.7	8.2	12.0	7.2	11.3	6.8	11.0	5.6	9.9
NNW	9.0	12.6	8.8	12.5	8.0	11.9	7.1	11.2	6.1	10.4	5.8	10.1	4.7	9.1
NW	8.5	12.2	8.3	12.1	7.5	11.5	6.7	10.9	5.8	10.1	5.5	9.9	4.5	8.9
WNW	8.3	12.1	8.0	11.9	7.3	11.4	6.6	10.8	5.7	10.0	5.4	9.8	4.5	8.9
W	8.3	12.1	8.1	12.0	7.3	11.4	6.5	10.7	5.7	10.0	5.4	9.8	4.4	8.8
WSW	8.2	12.0	8.0	11.9	7.3	11.4	6.5	10.7	5.6	9.9	5.3	9.7	4.3	8.7
SW	5.8	10.1	5.6	9.9	5.2	9.6	4.7	9.1	4.1	8.5	3.9	8.3	3.3	7.6



# 計算目標區與觀測樁相關位置





# 颱風模式計算條件差異表

	淡水港第二期工程細部規劃 及遠期發展計畫	台北港北淤沙區、碼頭堤 防、親水遊憩區等整建工程 規劃
引用資料年份	1940~1990	1940~2001
計算目標區	121°18'E, 25°24'N	121°20'E, 25°13'N
滯留風速與傾 度風速比值	0.61	0.63
湧浪	不考慮	考慮
極值分析	極值I型	分別測試極值I型和Weibull分 佈，選擇最適合的分佈函數



# 報告完畢 敬請指正





# 95年台北港波浪條件推算及 設計波高基準之探討

## 期末報告

# 簡報

簡報人：劉勁成

CECI  財團法人  
中華顧問工程司

中華民國九十五年十二月十四日



1



## 簡報內容

- ▲ 計畫緣起
- ▲ 研究目的
- ▲ 研究流程
- ▲ 台北港海氣象資料蒐集分析
- ▲ 台北港設計條件探討



2





## 計畫緣起

- ▲ 早期缺乏實測資料→波浪推算。
- ▲ 民國85年至95年，港研中心持續觀測，已有10年實測資料。
- ▲ 一般近岸結構物之設計年限為50年或100年，而50年或100年重現期之設計波高至少需有30年以上資料，經極端值統計分析方有可靠性。
- ▲ 透過歷年實測資料，檢討台北港的波浪設計條件。



3



## 研究目的

- ▲ 第一年
  - ▲ 透過台北港海氣象實測資料分析其波浪設計條件。
  - ▲ 初步瞭解台北港原有和實測資料分析之波浪設計條件的差異。
- ▲ 第二年
  - ▲ 瞭解台北港原有和實測資料分析之波浪設計條件的差異。
  - ▲ 瞭解在台北港原有設計條件下之結構物安全性。



4

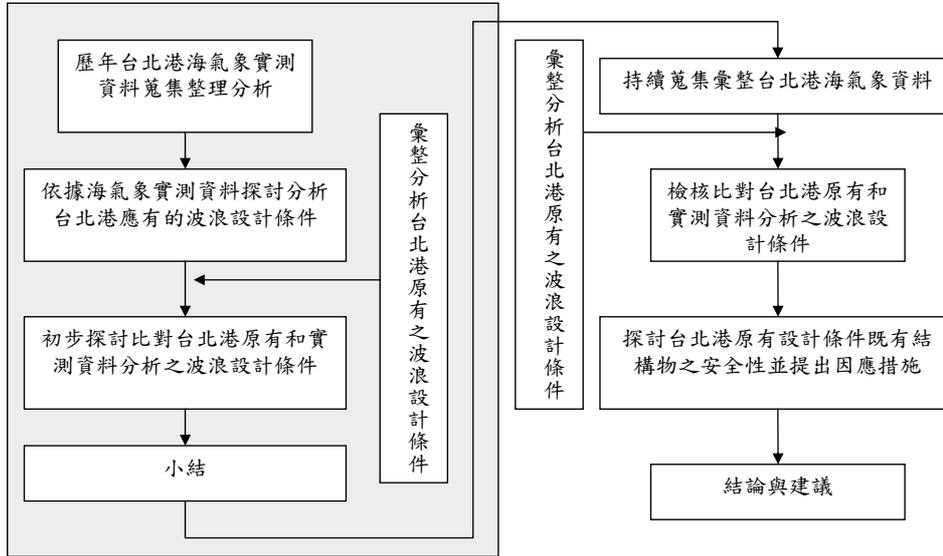




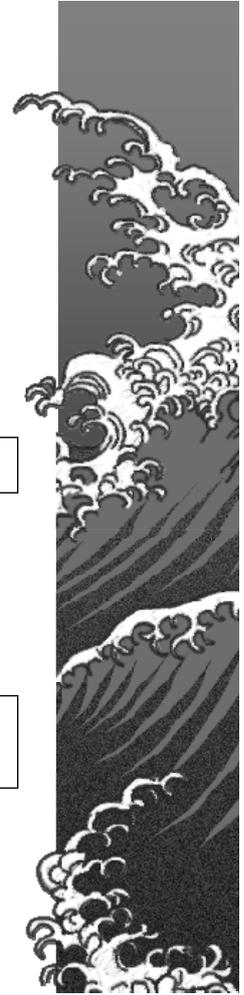
# 研究流程

第一年

第二年



5



氣象

台北港海氣象資料蒐集分析

# 風速、風向聯合機率表

風速 m/sec	風 向																小計
	N	NN E	NE	EN E	E	ESE	SE	SSE	S	SS W	SW	WS W	W	WN W	NW	NN W	
0.0~5.0	1.7	2.4	3.3	3.7	3.2	3.2	2.8	3.4	4.9	3.2	2.4	2.4	2.2	2.4	1.8	1.4	43.9
5.0~10.0	0.4	1.9	7.1	11.9	3.1	2.1	3.1	0.9	0.3	0.1	0.8	1.9	1.9	1.7	0.5	0.3	36.7
10.0~15.0	0.3	1.5	5.1	6.2	0.5	0.5	0.7	0.1	—	—	0.4	0.7	0.7	0.1	—	—	17.0
>15.0	—	—	0.1	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.7
小計	2.6	5.7	15.8	20.8	6.8	5.9	6.5	4.3	5.2	3.4	3.6	4.9	4.8	4.1	2.3	1.8	98.4

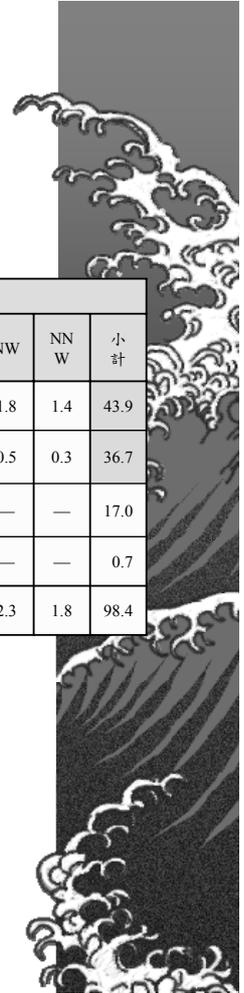
▲85年~94年

▲全年之風向主要集中在NE與ENE二個方向，共約佔36.6%

▲風速小於5m/sec 佔43.9%，介於5~10m/sec 佔36.7%

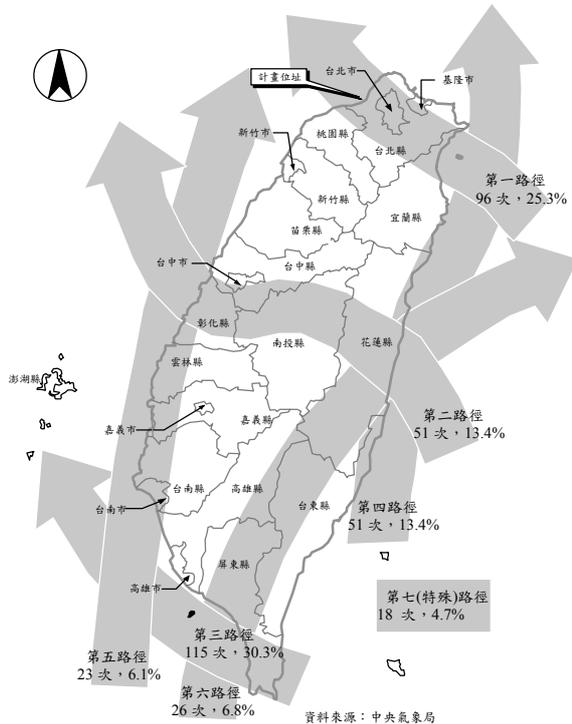


6





# 歷年侵襲計畫區之颱風



▲ 1897~2005(109年)

▲ 384個

▲ 3.5個/年

▲ 1、4和5路徑

▲ 172次

▲ 44.8%

▲ 1.58個/年



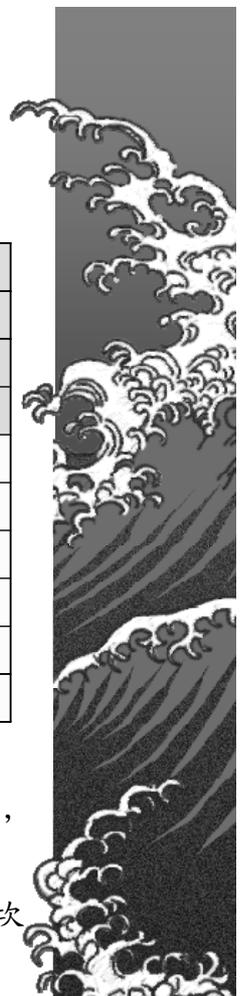
# 波高、週期聯合機率表

波高 (m)	週 期 (sec)								小計
	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	>14	
0~0.5	—	1.5	19.8	15.7	4.5	0.4	0.1	—	42.1
0.5~1.0	—	0.4	13.5	11.9	2.4	0.1	—	—	28.5
1.0~1.5	—	—	4.6	8.2	1.5	0.1	—	—	14.6
1.5~2.0	—	—	1.1	5.5	1.2	0.1	—	—	7.9
2.0~3.0	—	—	0.3	3.5	1.8	0.1	0.1	—	5.7
3.0~4.0	—	—	—	0.3	0.5	0.1	—	—	1.0
>4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2
小計	—	2.0	39.5	45.2	12.1	0.8	0.3	0.1	100.0

▲ 85年~94年

▲ 全年示性波高以介於0~0.5m間為最多，約佔全年波浪之42.1%，其次為0.5m~1.0m間，約佔全年之28.5%

▲ 全年示性週期主要分佈於6sec~8sec間，約佔全年之45.2%，其次為4sec~6sec間，約佔全年之39.5%





# 波高、波向聯合機率表

波高 (m)	波 向																小計
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WS W	W	WN W	NW	NN W	
0.0~0.5	7.1	6.6	2.8	1.4	1.0	1.1	0.9	0.8	0.9	0.9	1.1	1.9	2.9	3.9	3.9	4.5	41.7
0.5~1.0	7.2	8.9	2.5	0.7	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	1.4	2.0	1.3	2.2	28.7
1.0~1.5	5.0	5.7	1.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.5	0.5	0.3	0.8	14.6
1.5~2.0	3.5	3.2	0.2	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	7.9
2.0~3.0	3.2	2.1	0.1	—	—	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—	0.2	5.8
3.0~4.0	0.6	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.0
>4.0	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2
小計	26.8	26.7	6.6	2.3	1.4	1.5	1.2	1.2	1.3	1.3	1.6	2.9	4.9	6.6	5.6	8.0	100

▲85年~94年

▲以來自NNE和N向之波浪最多，約佔全年之53.5%

# 流速、流向聯合機率表

流速 (cm/sec)	流 向																小計
	N	NN E	NE	EN E	E	ESE	SE	SSE	S	SS W	SW	WS W	W	WNW	NW	NNW	
0~10	0.5	0.4	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	8.9
10~20	0.2	0.6	1.3	2.0	1.4	0.7	0.7	0.5	0.8	1.5	2.2	1.8	0.9	0.3	0.2	0.1	15.3
20~30	0.2	0.6	2.0	3.2	1.2	0.6	0.4	0.2	0.3	0.7	3.1	3.3	1.2	0.2	—	—	17.0
30~40	0.2	0.4	2.6	4.3	1.0	0.4	0.2	0.1	0.2	0.3	2.8	4.5	0.9	—	—	—	18.1
40~50	—	0.4	2.8	4.4	0.9	0.2	0.1	—	0.1	0.2	2.4	4.2	0.5	—	—	—	16.4
50~60	0.1	0.3	2.5	3.3	0.7	0.2	0.1	—	—	0.1	1.9	2.8	0.2	—	—	—	12.2
60~70	—	0.2	1.9	2.0	0.3	0.1	—	—	—	—	0.9	1.3	0.1	—	—	—	7.0
70~80	—	0.1	1.0	0.9	0.1	—	—	—	—	—	0.3	0.4	0.1	—	—	—	3.0
>80	—	—	0.8	0.8	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.1	—	—	—	2.0
小計	1.1	3.0	15.5	21.4	6.5	2.9	2.0	1.6	2.1	3.7	14.3	19.1	4.7	0.9	0.7	0.5	100.0

▲85年~94年

▲流速集中於0~50cm/sec間，所佔百分比達75.7%，其中以介於30~40cm/sec間為最多，所佔百分比約為18.1%

▲流向則集中於NE~ENE及WSW~SW，所佔百分比達70.3%，約與海岸線平行





## 極值統計資料

### ▲ 資料特性

- ▲ 獨立性—兩事件發生不相關
- ▲ 等質性—出現在空間或時間上機會相等
- ▲ 分布性—滿足某種分布型態

### ▲ 資料選取方式

- ▲ 極端值選用法—年計、非年計
- ▲ 超量選用法



## 極值分布函數

### ▲ CEM(2002)建議長期波浪極值之適合累積機率分布函數

- ▲ 極值I型分布(FT-I型分布)

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-B}{A}}}, -\infty < x < \infty$$

- ▲ Weibull分布

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-B}{A}\right)^k}, B \leq x < \infty$$





## 極值分布參數推定

### ▲ 參數推定法

- ▲ 力矩法(MOM)—最簡單
- ▲ 最小二乘法(LSM)—最常用
- ▲ 最大概似法(MLM)—資料多，接近真值

### ▲ 資料劃位方式

- ▲ Goda(2000)

$$F_m = 1 - \frac{m - \alpha}{N + \beta}, \quad m = 1, 2, \dots, N$$



## 信賴檢定

- ▲ Kolmogorov-Smirnov檢定、Anderson-Darling檢定、卡方檢定
- ▲ LSM—相關係數檢定
- ▲ Goda和Kobune(1990)提出相對係數殘差檢定

$$MIR = \Delta r / \bar{\Delta r} \quad \downarrow$$

$$\bar{\Delta r} = e^{\bar{a} + \bar{b} \ln N + \bar{c} (\ln N)^2}$$

$$\Delta r = 1 - r$$





## 推估值之標準偏差

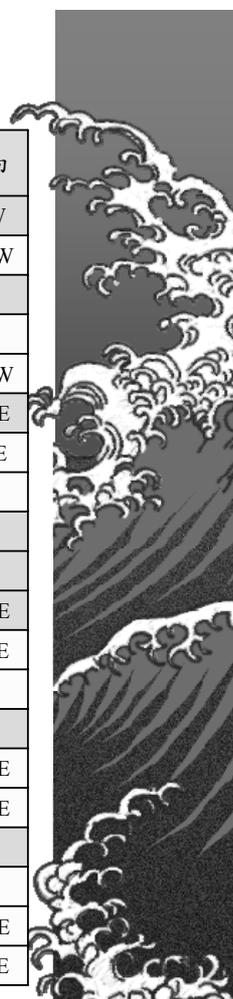
- ▲ 推估值  $\longleftrightarrow$  分布函數
- ▲ Goda(1988)提出估算值的標準偏差量

$$\sigma(x_R) = \sigma_x \sigma_z$$



## 台北港歷次颱風觀測波浪

編號	颱風名稱	發生時間	最大示性波高 (m)	週期 (sec)	波向
1	溫妮(WINNIE)	1997/08/16~1997/08/19	6.5	11.5	NW
2	楊妮(YANNI)	1998/09/27~1998/09/29	3.2	7.5	NNW
3	瑞伯(ZEB)	1998/10/13~1998/10/17	8.8	10.3	—
4	芭比絲(BABS)	1998/10/25~1998/10/27	3.5	9.3	—
5	巴比倫(PRAPIROON)	2000/08/27~2000/08/30	2.7	8.2	NNW
6	寶發(BOPHA)	2000/09/08~2000/09/10	4.3	8.8	NNE
7	納莉(NARI)	2001/09/08~2001/09/19	4.6	7.9	ESE
8	利奇馬(LEKIMA)	2001/09/23~2001/09/28	3.3	8.8	N
9	海燕(HAIYAN)	2001/10/15~2001/10/16	6.5	9.1	N
10	辛樂克(SINLAKU)	2002/09/04~2002/09/08	3.5	12.8	—
11	米勒(MELOR)	2003/11/02~2003/11/03	2.6	7.3	NNE
12	敏督利(MINDULLE)	2004/06/28~2004/07/03	2.6	6.1	ENE
13	蘭寧(RANANIM)	2004/08/10~2004/08/13	3.3	6.6	N
14	艾莉(AERE)	2004/08/23~2004/08/26	6.1	7.3	N
15	海馬(HAIMA)	2004/09/11~2004/09/13	3.6	7.4	NNE
16	海棠(HAITANG)	2005/07/16~2005/07/20	4.0	6.3	NNE
17	馬莎(MATSA)	2005/08/03~2005/08/06	5.0	5.4	E
18	泰利(TALIM)	2005/08/30~2005/09/01	4.1	6.2	N
19	卡努(KHANUN)	2005/09/09~2005/09/11	3.2	5.7	NNE
20	龍王(LONGWANG)	2005/09/30~2005/10/03	3.0	5.3	NEE

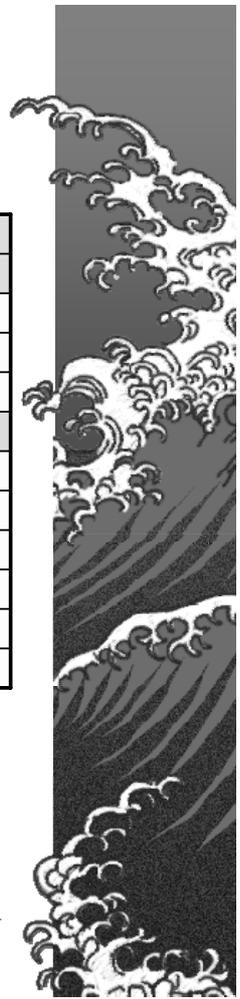




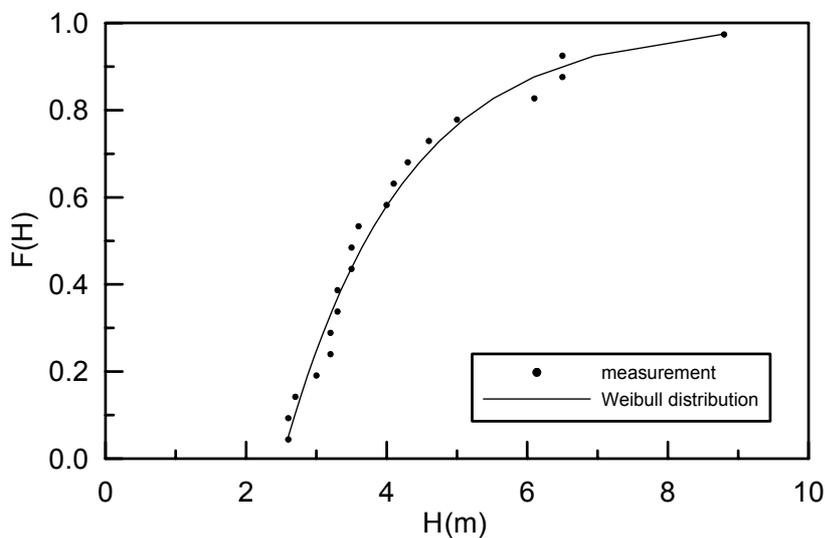
# 極值分析結果

指標		極值I型		Weibull分布	
		最大值	超量	最大值	超量
r	MOM	0.972	0.969	0.979	0.988
	LSM	0.979	0.971	0.982	0.990
MIR(%)	MOM	0.64	1.19	0.52	0.42
	LSM	0.48	1.12	0.44	0.33
5年迴歸期(m)	MOM	6.63±1.25	6.48±0.83	6.84±1.31	6.50±1.24
	LSM	6.79±1.25	6.55±0.83	6.92±1.31	6.64±1.24
10年迴歸期(m)	MOM	7.80±1.75	7.38±1.04	7.94±1.65	7.63±1.62
	LSM	8.04±1.75	7.48±1.04	8.07±1.65	7.83±1.62
20年迴歸期(m)	MOM	8.91±2.26	8.27±1.26	8.87±1.96	8.75±2.00
	LSM	9.24±2.26	8.39±1.26	9.05±1.96	9.01±2.00

- ▲不同極值函數所推算出來的示性波高並不相同
- ▲透過超量取樣及LSM法來推估Weibull分布為最適，有最高的r值，相對有最低的MIR值
- ▲以超量取樣法來推估迴歸期之結果較以最大值取樣者小
- ▲Muir和El-Shaarawi (1986)歸納極值統計的方法，指出並無肯定的極值統計方法適合所有的狀況，須視資料本身的特性而定



# 超量LSM法Weibull的機率分布





## 井島武士法

- ▲ 颱風波浪追蹤法
- ▲ 依據Wilson之移動風域法而將之直接變化為數值計算
- ▲ 由移動風域內之風速分布(即考慮區內各點之吹風情況)來推算
- ▲ 綜合淺海中之風浪關係、海底摩擦之影響、湧浪之推算法及碎波後波浪計算法
- ▲ 從氣象資料，推算移動風域中海岸前任何水深地點之波浪狀況



## 淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫

- ▲ 井島武士法
- ▲ 篩選通過 $119^{\circ}18'E \sim 123^{\circ}18'E$ ， $23^{\circ}24'N \sim 27^{\circ}24'N$
- ▲ 篩選出67個(1940~1990)對本區影響較大之颱風
- ▲ 選用極值I型為分布函數，進行極值統計分析





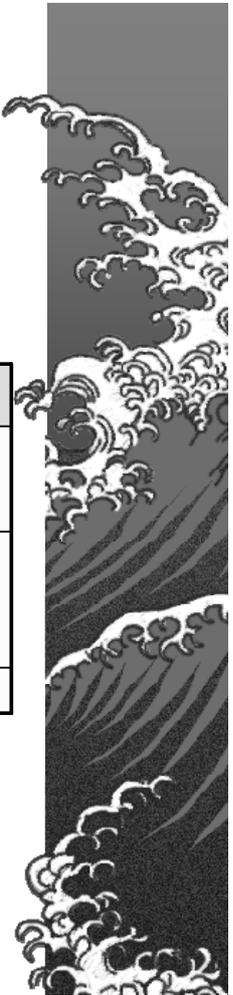
## 台北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃

- ▲ 井島武士法
- ▲ 篩選通過 $121^{\circ}20'E$ ， $25^{\circ}13'N$ 為中心，南北、東西向各兩個經緯度範圍
- ▲ 篩選出97個(1940~2001)對本區影響較大之颱風進行颱風波浪推算
- ▲ 滯留風速與傾度風速比值採用0.63
- ▲ 計算網格大小為 $0.1 \times 0.1$ 度
- ▲ 模式推算時同時考慮湧浪的效應
- ▲ 極端值統計法則分別測試極值I型和Weibull分布，依照最小二乘法(LSM)推定參數，獲得Weibull分布( $k=2$ )為最適合的分布函數



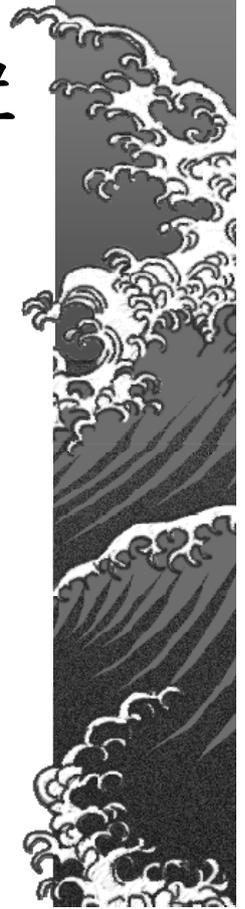
## 50年迴歸期推算波高相對誤差

	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW
淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫	9.7	8.8	7.5	6.4	5.1	4.2	4.1	4.7
台北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃	12.8	9.3	8.2	7.1	6.7	6.6	6.5	6.5
相對誤差(%)	24.22	5.38	8.54	9.86	23.88	36.36	36.92	27.69



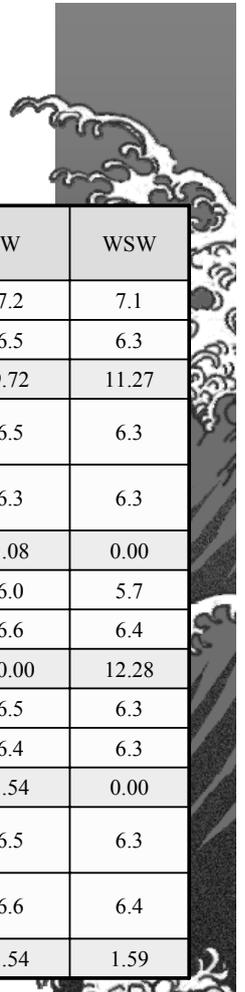


# 計算目標區與觀測樁相關位置



# 不同設定差異性

	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW
33年(m)	13.5	9.7	8.8	7.5	7.4	7.1	7.2	7.1
66年(m)	12.6	9.2	8.4	7.6	6.7	6.6	6.5	6.3
誤差(%)	6.67	5.15	4.55	1.33	9.46	7.04	9.72	11.27
121°20'E 25°13'N (m)	12.6	9.2	8.4	7.6	6.7	6.6	6.5	6.3
121°18'E 25°24'N (m)	11.7	9.6	8.7	7.2	6.7	6.7	6.3	6.3
誤差(%)	7.14	4.35	3.57	5.26	0.00	1.52	3.08	0.00
0.60(m)	11.7	8.9	8.0	7.3	6.3	6.2	6.0	5.7
0.65(m)	13.2	9.9	8.6	8.1	6.8	6.8	6.6	6.4
誤差(%)	12.82	11.24	7.50	10.96	7.94	9.68	10.00	12.28
考慮湧浪(m)	12.6	9.2	8.4	7.6	6.7	6.6	6.5	6.3
未考慮湧浪(m)	9.6	8.6	7.8	7.3	6.7	6.6	6.4	6.3
誤差(%)	23.81	6.52	7.14	7.89	0.00	0.00	1.54	0.00
考慮極值I型和Weibull分布(m)	12.6	9.2	8.4	7.6	6.7	6.6	6.5	6.3
僅考慮極值I型(m)	13.3	9.6	8.7	7.7	6.8	6.7	6.6	6.4
誤差(%)	5.56	4.35	3.57	1.32	1.49	1.52	1.54	1.59





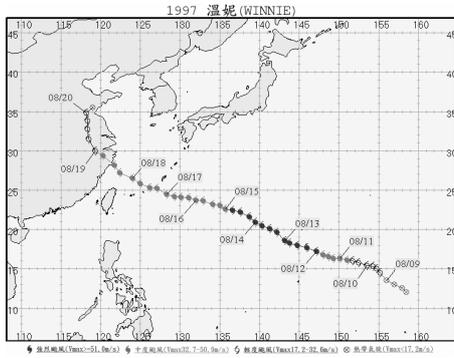
實測與推算波浪設計條件比對

台北港設計條件探討

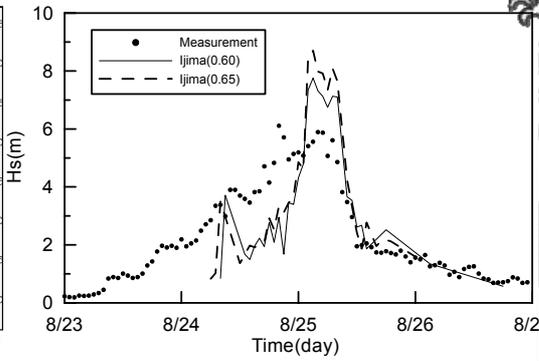


25

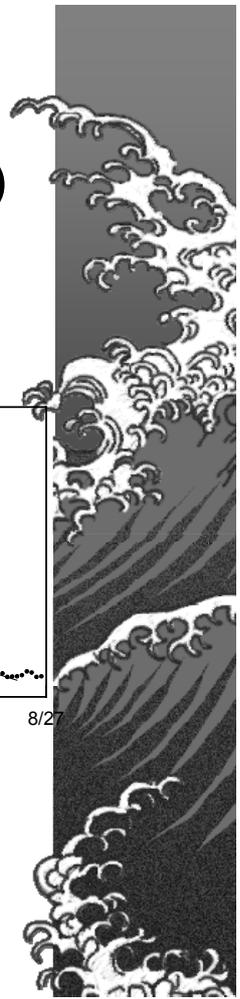
# 現場觀測與模式推算差異(1/3)



第一路徑



21%



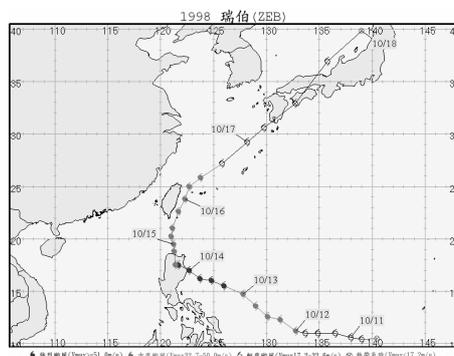
實測與推算波浪設計條件比對

台北港設計條件探討

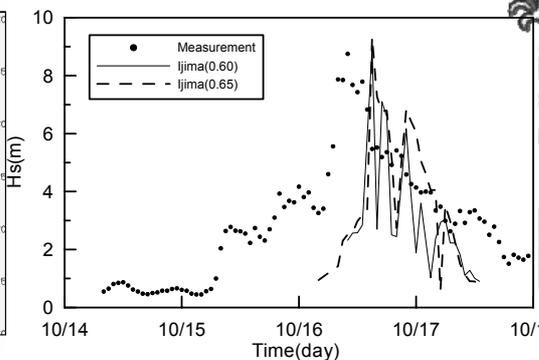


26

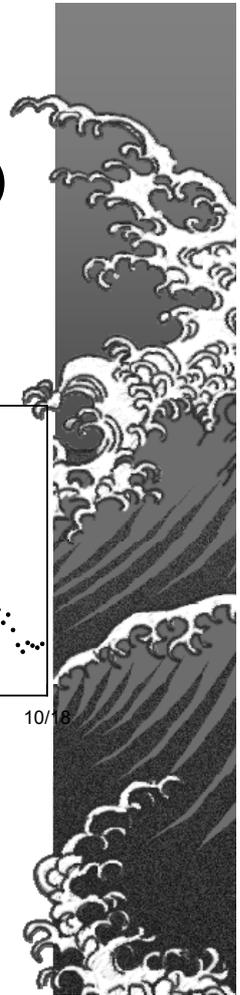
# 現場觀測與模式推算差異(2/3)



第四路徑

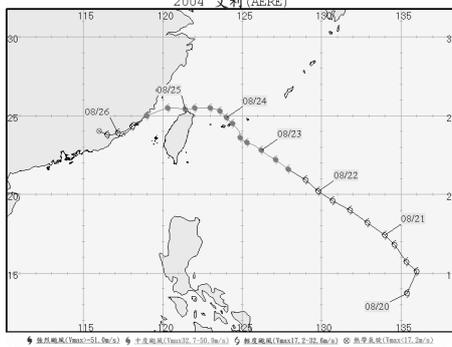


2%

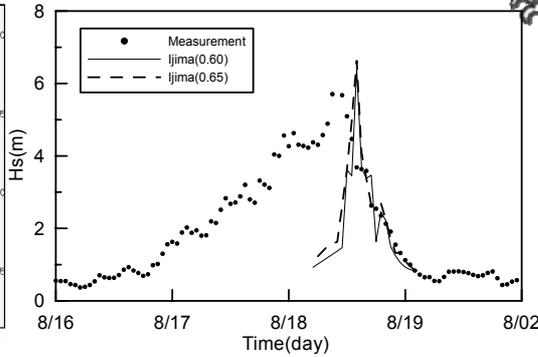




# 現場觀測與模式推算差異(3/3)

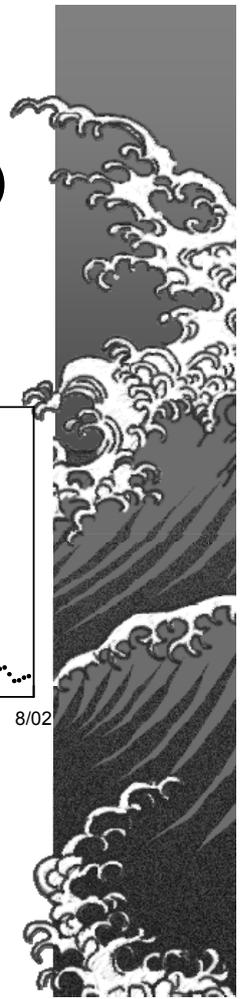


第七路徑



11%

▲ 高、單點—範圍



# 模式設定

- ▲ 井島武士法
- ▲ 篩選通過 $121^{\circ}20'E$ ， $25^{\circ}13'N$ 為中心，南北、東西向各兩個經緯度範圍
- ▲ 篩選出109個(1940~2005)對本區影響較大之颱風進行颱風波浪推算
- ▲ 滯留風速與傾度風速比值採用0.63
- ▲ 計算網格大小為 $0.1 \times 0.1$ 度
- ▲ 模式推算時同時考慮湧浪的效應
- ▲ 極端值統計法則分別測試極值I型和Weibull分布





## 各迴歸期之颱風波浪推算表

迴歸期 波向	250		200		100		50		25		20		10	
	Hs	Ts	Hs	Ts										
ENE	15.4	16.5	15.1	16.3	14.0	15.7	12.9	15.1	11.6	14.3	11.2	14.1	9.8	13.1
NE	15.3	16.4	15.0	16.3	13.8	15.6	12.6	14.9	11.3	14.1	10.8	13.8	9.3	12.8
NNE	11.3	14.1	11.0	13.9	10.1	13.3	9.2	12.7	8.2	12.0	7.9	11.8	6.7	10.9
N	10.6	13.7	10.4	13.5	9.4	12.9	8.4	12.2	7.3	11.3	7.0	11.1	5.8	10.1
NNW	9.7	13.1	9.4	12.9	8.5	12.2	7.6	11.6	6.5	10.7	6.2	10.5	5.0	9.4
NW	8.5	12.2	8.2	12.0	7.5	11.5	6.7	10.9	5.8	10.1	5.5	9.8	4.6	9.0
WNW	8.2	12.0	8.0	11.9	7.3	11.3	6.6	10.8	5.8	10.1	5.5	9.8	4.6	9.0
W	8.1	12.0	7.9	11.8	7.2	11.3	6.5	10.7	5.7	10.0	5.4	9.8	4.5	8.9
WSW	8.0	11.9	7.7	11.7	7.0	11.1	6.3	10.5	5.5	9.8	5.2	9.6	4.3	8.7
SW	5.8	10.1	5.7	10.0	5.2	9.6	4.7	9.1	4.1	8.5	3.9	8.3	3.3	7.6

▲ 颱風波浪以ENE向最大

▲ 較具威脅之颱風均呈湧浪現象，此乃因颱風無法直接侵襲計畫區附近海域，而到達計畫區之波浪多為風浪與湧浪組合之現象。

## 結論(1/2)

- ▲ 選擇不同的資料方法、極值函數及不同的推定方法，所推算出來的迴歸期波浪均不相同。
- ▲ 以台北港10年實測資料分析，超量選用法、Weibull機率分布及LSM推估參數法較能正確推估迴歸期波浪。
- ▲ 透過不同參數的設定可知，考慮湧浪與否對波高的推算有較大的影響，除了引用資料年份的長度之外，其餘參數的改變皆在NE向有最大的差異。
- ▲ 井島武士的波浪模式推算值，由於推算目標區範圍較海上觀測樁單點範圍大，故多較實測值為高。





## 結論(2/2)

- ▲ 參數設定建議將計算目標區定於 $121^{\circ}20'E$ ， $25^{\circ}13'N$ ，引用資料長度為1940~2005(66年)，颱風波浪推算過程中考慮湧浪的影響，滯留風速與傾度風速比值設為0.63，極值分析分別測試極值I型和Weibull分布，選擇最適合的分布函數。
- ▲ 目前僅能進行模式參數的探討，若要瞭解台北港兩個設計條件何者與實測值較接近，需取得每場颱風的推算波高值做進一步的分析比對，然目前尚無法獲得該筆資料，期望第二年可獲得此筆推算資料加以分析比對。



31



報告完畢  
敬請指正



32

