

# 基隆海域暴潮特性探討

臧效義 蕭松山 張文忠 王茂寅  
河海工程研究所  
國立台灣海洋大學

## 摘要

近年來基隆海域之基隆港八尺門防波堤與鄰近之海洋大學理工學院及八斗子垃圾衛生掩埋場海堤分別於民國八十五年及八十六年相繼遭受賀伯、薩恩及溫妮颱風作用而破壞，由於三者颱風來襲時皆為大潮期間，水位抬昇甚為明顯致使碎波帶向岸前移因而結構物所受波力大增終至損毀。從所收集近17年之颱風資料與基隆港水位資料分析得知，逐時水位資料之調和分析結果顯示主要之分潮振幅為M2、K1、SA、O1而大於0.05m之七個分潮其年變化均相當穩定，唯SA分潮有較明顯之變動。對基隆港測站最大潮水位與暴潮偏差影響較直接的颱風路徑依序為第1及第4加上少數其它路徑者，產生暴潮偏差大的颱風在相同路徑時均與其強度大與距離近及發生時間為大潮期間呈直接關係。從Gumbel之統計法所得重現年結果與王與馬（1980）針對民國四十五年至六十五年之資料分析結果相似。此外，統計結果顯示八十五年造成重大海岸災損之強烈颱風賀伯在最大水位方面約為40年重現期，在暴潮偏差方面則約為30年回歸期。

## 一、前言

台灣本島位處大陸棚前緣且直接面對太平洋，而東北海岸因地形陡峭且無高山遮蔽，造成潮汐現象在此海域相當獨特。根據劉(1996)指出台灣潮汐特性各區有變化複雜者亦有變化緩慢者，如新竹、苗栗到台中沿岸潮汐特性都差異不大，台東、花蓮到蘇澳也大致相同，但從台灣北部轉入台灣海峽，以及從台灣南部轉入台灣海峽時，潮汐變化相當大。據中央氣象局1896年至1997年共101年之颱風資料統計如圖1顯示，每年平均有3.5次颱風侵襲台灣，從其侵襲路徑分類可立即得知颱風侵襲作用東北部海岸之頻率遠較其他海岸者明顯，在直接承受颱風之強風、波浪與暴潮的合成作用下此區幾個港灣之保護結構物皆有破壞案例發生(歐等人, 1999)。

同樣地在基隆海域，颱風造成之海岸結構物破壞往往伴隨明顯之暴潮水位，且愈淺水之結構

物其破壞現象越明顯。例如圖2所示，賀伯颱風來襲時造成基隆港八尺門水域與海洋大學新生填地

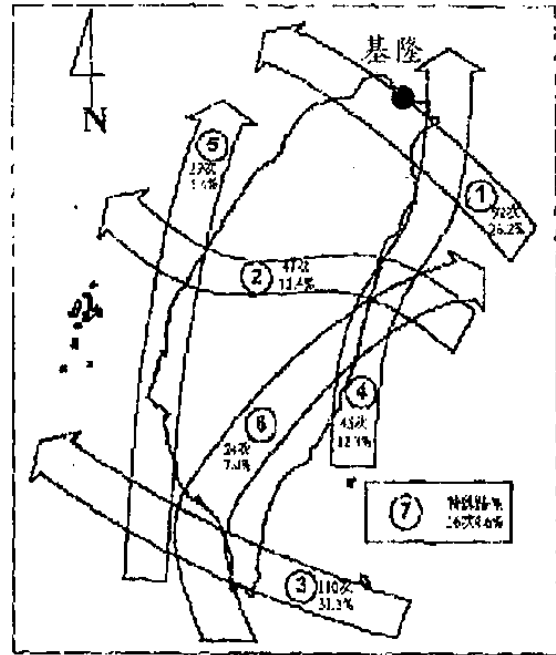


圖1 中央氣象局侵台颱風路徑分類統計圖(1896~1997)

海堤間幾處結構物破壞，尤其在貯木池防波堤（臧，1997）因大量越波導致堤後護基拋石與基礎拋石相繼被沖刷位移離開原址，因而上部冠牆往港池側轉倒。如圖3所示，隔年之溫妮颱風不僅在八尺門海域之以破壞結構物產生連續之破壞，也造成鄰近之八斗子垃圾衛生掩埋場海堤部分堤段基部結構嚴重淘空而致斷裂（臧等人，1998）。前述之研究指出賀伯與溫妮颱風在基隆地區破壞期間均適逢大潮因而造成0.8 m左右相當大之暴潮偏差值。雖兩者颱風之路徑與規模不等但從破壞現象得知，破壞嚴重之海岸區位通常有颱風低壓中心靠近通過該地，因此颱風行進路徑應是造成破壞主要因素之一(Tolman, 1977)。據此，本文將所收集之基隆港長期潮位資料，分析在颱風期間暴潮偏差與各種颱風路徑對此測站之影響 (Morris & Gadd, 1977; Reid, 1977)，期能對基隆海岸工程施工提供較可依賴之參考標準。

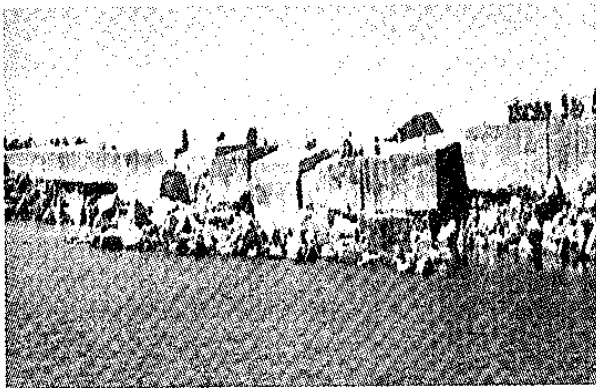


圖2 基隆港貯木池防波堤賀伯颱風災損檔案照片

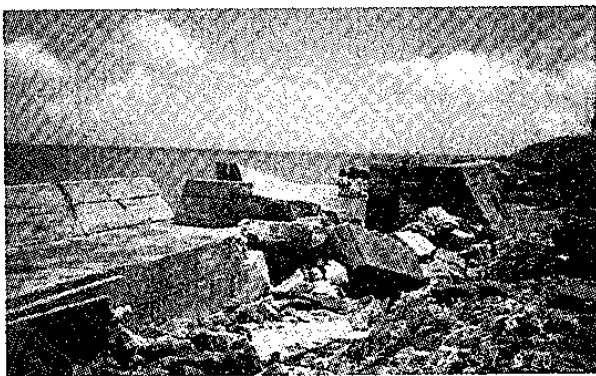


圖3 基隆八斗子長潭里垃圾掩埋場海堤颱風破壞檔案照片

## 二、水位分析

首先利用調和分析方法(Whitcombe, 1996; Mizumura, 1982; Zeter & Cummings, 1967) 針對基隆港從民國七十年至八十六年之水位逐時資料分年計算其調和常數包括振幅與遲角，將每年所得之各分潮振幅經加以平均並按大小排列如圖4所示。從此圖中可清楚得知大於0.05m之分潮依序有M2、K1、SA、O1、P1、N2與S2。振幅大小之次序按年之變化趨勢，如圖5所示，基本上均相當穩定而變化不大，但只有SA分潮有較明顯起伏。

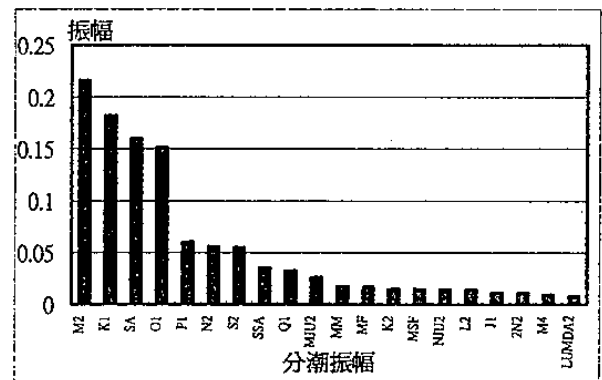


圖4 基隆港調和分潮振幅

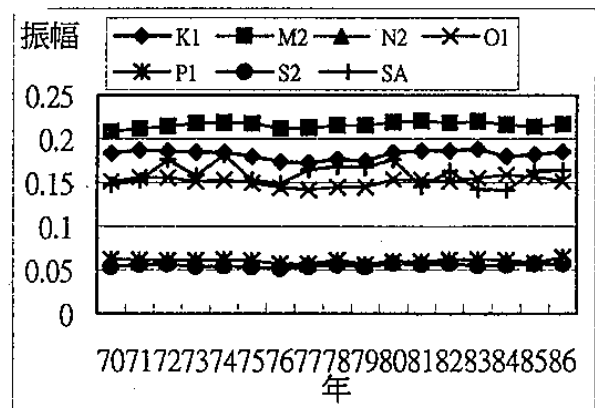


圖5 民國70年至86年基隆港分潮振幅年平均分佈

針對異常潮水位分佈之探討，表1第二、三行所列之水位為基隆港每年之逐時實測水位年最大值與歷年前十七大並依序排列，因資料共十七年故取十七筆資料。表1顯示按年最大值排列造成前五大異常潮位之颱風依次為賀伯（85）、溫妮（86）、道格（83）、楊希（79）及尼爾森

(74)，而從所有資料所得前五大則加入弗雷特(83)於楊西之前，很明顯的，歷年前十七大之排序在前十名中之更動均因民國七十九年與八十三年有較多之第一及第四路徑之中度與強烈颱風。從表2之颱風路徑與強度資料顯示，前五大颱風除了溫妮為第七路徑，道格為第四路徑，其餘皆為第一路徑，並且除了賀伯、道格與弗雷特為強烈颱風其餘皆為中度颱風。屬同一路徑分類之颱風即使在各年發生時間相仿，距離基隆之遠近仍較颱風強度對水位影響明顯，例如中度颱風楊希(79)只較強烈颱風弗雷特(83)稍小即因其低壓中心移動路徑極接近基隆海岸，而最大水位發生時間兩者均接近當天之次滿潮位。此外，大潮期間似乎也間接扮演關鍵角色，例如強度與路徑類似之楊希與尼爾森其水位差異即與前者發生時間較近大潮期間(農曆6.29)而後者較近小潮期間(農曆7.8)有直接關係。同樣地，第四路徑之道格(83)與同一年之席斯引致之最大水位差異也與大小潮期間有關。但溫妮颱風之影響卻相當獨特，其路徑與路徑1之強烈颱風弗雷特(83年)相似而稍往北偏，也較路徑四之強烈颱風道格(83年)遠離基隆地區，三者皆逢大潮期間，但溫妮颱風雖僅為中度且卻可造成較大之異常潮水位，顯然，異常水位值之決定尚須考量其他重要因素，此有待日後更深入之研究。

表1 基隆港最大水位及暴潮偏差年最大及歷年最大統計

序號	年最大絕對水位(cm)	前17大絕對水位(cm)	年最大暴潮偏差(cm)	前17大暴潮偏差(cm)
1	228 (賀伯, 1)	228 (賀伯, 1)	88 (賀伯, 1)	88 (賀伯, 1)
2	221 (溫妮, 7)	221 (溫妮, 7)	78 (溫妮, 7)	78 (溫妮, 7)
3	204 (道格, 4)	204 (道格, 4)	72 (道格, 4)	72 (道格, 4)
4	188 (楊希, 1)	190 (弗雷特, 1)	68 (楊希, 1)	68 (楊希, 1)
5	178 (尼爾森, 1)	188 (楊希, 1)	66 (尼爾森, 1)	67 (席斯, 4)
6	170 (華倫, 8)	187 (席斯, 4)	41 (佛瑞特, 8)	66 (尼爾森, 1)

7	170 (羅拉, 8)	182 (亞伯, 1)	36 (恩、薇, 7)	51 (弗雷特, 1)
8	169 (愛麗, 1)	179 (無, )	33 (郝麗, 4)	49 (亞伯, 1)
9	166 (艾妮絲, 1)	178 (尼爾森, 1)	30 (莫瑞, 1)	41 (佛瑞特, 8)
10	166 (無, )	176 (薩恩, 8)	27 (賽洛瑪, 8)	38 (薩恩, 8)
11	165 (佛瑞特, 8)	170 (華倫, 8)	25 (愛麗, 1)	36 (恩、薇, 7)
12	165 (寶莉, 2)	170 (羅拉, 8)	22 (寶莉, 2)	33 (郝麗, 4)
13	160 (賽洛瑪, 8)	169 (愛麗, 1)	19 (西仕, 4)	30 (莫瑞, 1)
14	160 (無, )	169 (傑夫, 1)	18 (珍妮絲, 8)	27 (賽洛瑪, 8)
15	159 (無, )	166 (無, )	16 (安琪拉, 8)	25 (愛麗, 1)
16	159 (無, )	165 (無, )	15 (尼爾森, 8)	24 (艾妮絲, 1)
17	158 (恩、薇, 7)	160 (賽洛瑪, 8)	12 (楊希, 8)	24 (裘恩, 4)

### 三、暴潮特性

實測水位扣除預測水位所得結果，一般稱為暴潮偏差，代表颱風期間水位受外力綜合影響偏離正常潮汐之量。表2為按各種路徑分類之暴潮偏差機算結果。表格內附註颱風名稱、發生年代、強度、國曆及農曆侵台日期，其中農曆日期用括號顯示，各測站暴潮偏差表示之單位為公尺，並以括號註明暴潮偏差發生之國曆時刻，表中“missed”為該測站在該時間點資料遺失，空白者代表無該年之水位資料，零代表颱風在該測站沒有造成暴潮偏差，若兩颱風時間相近則註明於表中，其中農曆日期可看出颱風侵襲時之大小潮。

從圖6針對各路徑颱風所引致之暴潮偏差依大小排列結果顯示發生最多次數之颱風路徑前四者分別為路徑8(不分類)、路徑3、路徑1與路徑4，然路徑1與路徑4之颱風往往是引致較大暴潮之颱風。同時圖6之資料亦顯示，路徑7只有溫妮颱風產生異常大之暴潮偏差，其餘同一路徑颱風所

得暴潮偏差值皆小於0.4m。再按所分析之資料取其各年最大與前17大之暴潮偏差值依序排列如表1第四、五行所示，並將颱風資料附註於上，則從表1可明顯看出引起最大暴潮偏差的仍以第一路徑颱風居多，第四路徑居次。類似最大水位之排序變化，前十七大次序更動仍是由於民國七十九年與八十三年較多對基隆地區有影響性之中度與強烈颱風。一般而言，颱風低壓中心移動路徑與基隆之距離似乎較之強度以及大潮期間為重要，但近似路徑與距離者則仍以強度為主控因素。例如表1所示暴潮偏差歷年前17大為第一路徑者，按距離由近到遠依序為賀伯/楊希（兩者極接近）、莫瑞/尼爾森及亞伯/弗雷特，其距離基隆之遠近與強度合成影響符合以上推論，第四路徑之道格與席斯也呈現相同趨勢。至於大潮期間之影響，則尚無法定論，但客觀而言，引致前十大暴潮偏差之颱風除了席斯與尼爾森接近小潮期間，亞伯與佛瑞特接近大潮期間，其餘六者皆發生於大潮期間，並且暴潮偏差大的颱風也相對引致較大水位。再者，從圖1颱風路徑分類可合理推論對基隆地區影響較大的颱風為路徑一與路徑四者，因其靠近東北海域通過，從最大水位排序與最大暴潮偏差排序均印證此論點。至於路徑二颱風，顯然由於與基隆距離稍遠且登陸前受陸地阻隔，易造成風力強度之減弱因而對基隆海岸之暴潮偏差影響相對很小。

表2 颱風暴潮偏差按路徑分類表

颱風路徑一	KL	颱風路徑二	KL	颱風路徑三	KL	颱風路徑四	KL
莫瑞70輕 7/19(6.18)	0.3 (7/19/17)	亞力士73中 7/3(6.5)	0	葛萊拉70強 9/20(8.23)	0.09 (9/25/22)	裘恩70中 6/20(5.19)	0.24 (6/20/16)
艾妮絲70中 8/3(8.2)	0.24 (8/31/5)	艾貝75強 9/19(8.16)	0.23 (9/17/18)	安迪71強 7/29(6.9)	0.12 (7/28/9)	西仕71強 8/9(7.21)	0.19 (8/16/4)
美蘭達73輕 8/7(7.11)	0.23 (8/7/11)	歌菲莉79中 6/23(5.1)	0.16 (6/23/18)	黛特71中 8/15(6.26)	0.19 (8/10/4)	郝麗73中 8/19(7.23)	0.33 (8/19/11)
傑夫74中 7/29(6.12)	0.16 (7/29/23)	黛特79中 9/7(7.19)	0.06 (9/7/14)	韋恩72強 7/25(6.16)	0.09 (7/26/4)	白蘭黛74中 10/4(8.20)	0.23 (10/4/11)
尼爾森74中 8/23(7.3)	0.66 (8/23/6)	賀伯81輕 8/30(8.3)	0.22 (8/29/3)	艾倫72強 9/7(8.1)	0 (9/7)	南施75中 6/24(5.15)	0.2 (6/24/7)
楊希79中 8/19(6.29)	0.68 (8/19/11)	歐馬81中 9/4(8.3)	0.18 (9/3/9)	魏恩73輕 6/24(5.25)	0.17 (6/16/20)	贊南76中 7/21(6.26)	0
亞伯79中 8/30(7.11)	0.49 (8/30/19)	提姆83強 7/10(6.2)	0.07 (7/12/1)	裘恩73輕 8/29(8.3)	0.15 (8/31/10)	亞力士76中 7/27(6.2)	Missed
愛麗80中 8/18(7.9)	0.25 (8/18/2)	凱特琳83輕 8/3(6.26)	0.09 (8/5/5)	海爾74中 6/22(5.5)	0.15 (6/24/9)	莎拉78強 9/11(8.12)	0
佛雷特83強 8/21(7.15)	0.51 (8/21/8)	安珀86中 8/29(7.27)	0.1 (8/30/13)	荷奧74輕 9/17(8.3)	0.07 (9/20/19)	泰德81輕 9/22(8.26)	0.14 (9/22/22)
葛拉絲83中 9/1(7.26)	0.2 (9/1/10)	奧托87輕 8/4(6.13)	Missed	佩德75強 7/10(6.4)	0.18 (7/11/22)	道格83強 8/8(7.2)	0.72 (8/8/1)
賀伯85強 7/31(6.16)	0.88 (7/31/21)			傑魯得76強 9/9(7.17)	0	席斯83強 10/10(9.6)	0.67 (10/10/8)
		颱風路徑八		琳恩76強 10/24(9.2)	0.15 (10/25/4)	福妮87強 9/28(7.7)	Missed
颱風路徑七		佛瑞特72強 9/26(8/20)	0.41 (9/26/15)	艾美80強 7/19(6.8)	0.1 (7/20/9)	瑞伯87強 10/16(3.25)	0.17 (10/16/12)
溫妮86強 8/18(7.16)	0.78 (8/18/10)	蘇恩85中 9/27(8.15)	0.38 (9/30/0)	亞伯82中 9/11(7.25)	0.07 (9/8/2)		
菲恩75中 8/22(7.17)	0.36 (8/27/5)	賽洛瑪76強 7/14(6.19)	0.27 (7/14/20)	肯特84中 8/30(8.5)	0.12 (9/1/1)		
薇拉75中 8/27(7.22)	0.36 (8/27/5)	珍妮絲84輕 8/23(7.28)	0.18 (8/21/2)	葛萊拉85中 7/26(6.11)	0		

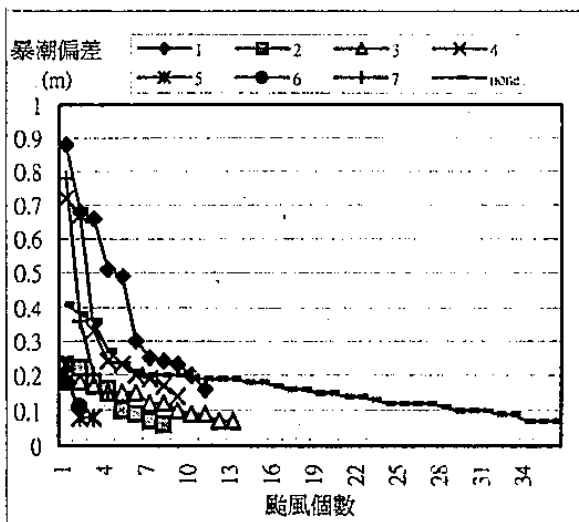


圖6 基隆港按颱風路徑分類之暴潮偏差與個數分佈

#### 四、重現年統計分析

本文利用Gumbel統計法推求基隆港測站之最高潮水位與暴潮偏差之重現年。據Gumbel之研究，最大值分佈之第一型廣泛應用在推算最大洪水量之分佈函數，嗣後日本角屋博士將最大值分佈之第二、第三兩型分別命名為對數極值A型與對數極值B型並提供實用公式及應用解法。王與馬(1980)曾運用Gumbel法以民國四十五年至六十五年之水

位測站資料推得台灣地區最高潮位與暴潮偏差之重現年。本文也以表1所列之民國七十年至民國八十六年最大水位與暴潮偏差之資料分別做Gumbel分析，由於計算所得偏態係數 $\leq 1.1395$ ，故適合Gumbel分析法，最後得到最大水位與暴潮偏差之重現期如表3所示。

從表3之資料顯示，不論以年最大排序或以歷年前十七大排序所得之重現年預測值，均極為接近而且以年最大排序所得之值稍大，但以歷年最大排序所得之值較為集中。比較賀伯颱風引致之結果顯示，按最大水位其約為40年重現期，而按暴潮偏差值則約為30年重現期。比較溫妮颱風則分別為30年（最大水位）與10至20年（暴潮偏差）。與前人針對基隆測站預測值比較，本文計算所得之四十與五十年重現年最高水位分別為+227至+228公分與+231公分，王與馬（1980）利用民國45年至65年基隆港水位資料以簡單法直接進行機率分析所得之五十年重現年結果為+220公分。暴潮偏差部分本文計算所得五十年與一百年重現年分別為101至102公分與112至115公分，王與馬（1980）所得之結果為112公分與127公分。顯然與王與馬（1980）之統計結果後發現，本文在最大水位之預測值略大，但在暴潮偏差之預測值偏小，其原因可能由於分析總年數不一樣以及近十七年之侵台颱風特性較之過去有所變動。

表3 基隆港暴潮偏差重現年統計分析

重現年	每年最大水位	前17大最大水位	每年最大暴潮偏差	年17大暴潮偏差
200	+254	+251	129	123
100	+242	+241	115	112
60	+234	+234	106	104
50	+231	+231	102	101
40	+227	+228	98	98
30	+222	+223	92	93
20	+215	+217	84	86

10	+203	+207	71	75
5	+191	+196	57	63

## 五、結論與建議

### 5-1 結論

從民國七十年至八十六年之基隆港逐時水位資料，分析颱風造成之最大水位與暴潮結果可得下列結論：

1. 水位調和分析顯示主要分潮為（按振幅年平均值大於0.05m）之分潮依序有M2、K1、SA、O1、P1、N2與S2，且其年變化除了SA分潮有波動情形其餘大都呈穩定狀態。
2. 基隆地區測站受到颱風路徑之影響較重要者，依序為路徑一與路徑四；基本上產生暴潮偏差大之颱風也相對產生較大水位。產生暴潮偏差大的颱風在相同路徑時均與其強度大與距離基隆地區近呈直接關係，而發生時間為大潮期間更明顯強化此關係。
3. 從重現年之研究指出，其分布可適用Gumbel之統計法，而且所得結果與王與馬（1980）針對民國四十五年至六十五年之資料分析結果相似，惟本文在最大水位之預測值略大，而在暴潮偏差之預測值偏小。此外，八十五年發生之賀伯颱風在最大水位方面約為40年重現期，在暴潮偏差方面則約為30年回歸期。八十六年之溫妮颱風則均較之賀伯颱風之重現年小約10年。

### 5-2 建議

1. 水位與暴潮偏差排序上居第二位之溫妮颱風因顯示尚有其它因素造成其異常高水位結果，故應進一步就詳細的水位、風與波浪資料深入解析方能釐清產生異常高水位之原因。
2. 本文之水位與暴潮偏差重現年資料可再延長，以確認資料長短對基隆海域暴潮特性之統計分析之影響。

## 六、參考文獻

- 王俊，馬平亞，1980: "台灣地區暴潮現象之研究 (第一報)", 第四屆海洋工程研討會論文集, 569-584
- 臧效義, 1997: "東北部海域海岸結構物之賀伯颱風破壞原因探討 案例研究-海洋大學鄰近海域之海堤與防波堤", 第十九屆海洋工程研討會論文集, 322-329
- 臧效義、蕭松山、徐順憲, 1998: "海岸結構物連續破壞案例研究-基隆八斗子垃圾衛生掩埋場海堤", 第二十屆海洋工程研討會論文集, 241-248
- 歐善惠、許泰文、臧效義, 1999: 東北海岸防波堤與暴潮合成作用力評估研究, 交通部科技顧問室, 財團法人成大研究發展基金會
- Mizumura, K. (1982), "Prediction of water level in tidal inlet", *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, 108, 97-106
- Morris, R. M., and Gadd, A. J. (1988), "Forecasting the storm of 15-16 October 1987", *Weather*, 43, 70-90.
- Reid, R. O. (1990), "Water level changes-tides and storm surges". *Handbook of coastal and ocean engineering*, J. B. Herbich, ed., Gulf Publishing, Houston, Tex., 533-590.
- Tolman, H. L. (1991), "Effects of tides and storm surge on North Sea wind waves." *J. Phys. Oceanography*, 21, 766-781
- Whitcombe, L. J., (1996): "Fortran program to calculate tidal heights using the simplified harmonic method of tidal prediction", *Computers & Geosciences*, 22(7), 817.
- Zeter, B. D. and Cummings, R. A., (1967), "A harmonic Method for Predicting Shallow-water Tides", *J. Marine Research*, 25, 1, 103-114.