

臺灣港群潮位觀測作業與特性分析

廖慶堂

交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員

摘要

本研究說明臺灣港群潮位觀測作業與針對潮位觀測資料(110 年 9 月至 111 年 8 月)，進行品管後的資料配合築港高程，探討潮汐特性。基隆港之平均潮差約為 0.57 公尺，最大潮差為 1.39 公尺，為混合潮。臺北港之平均潮差約為 2.33 公尺，最大潮差為 3.68 公尺，主要為半日潮。臺中港之平均潮差約為 3.85 公尺，最大潮差為 5.75 公尺，主要為半日潮。布袋港之平均潮差約為 1.46 公尺，最大潮差為 2.46 公尺，主要為半日潮。安平港之平均潮差約為 0.59 公尺，最大潮差為 1.42 公尺，為混合潮。高雄港之平均潮差約為 0.56 公尺，最大潮差為 1.25 公尺，為混合潮。花蓮港之平均潮差約為 0.98 公尺，最大潮差為 1.94 公尺，主要為半日潮。蘇澳港之平均潮差約為 0.91 公尺，最大潮差為 1.88 公尺，為混合潮。澎湖港龍門尖山碼頭之平均潮差約為 1.94 公尺，最大潮差為 3.07 公尺，為混合潮。

一、前言

潮汐資訊是許多海象研究關注的直接資訊，其與大尺度之天體運行及海象條件有關，國內外亦有許多研究針對潮位與波浪、潮位與海流做進一步的探討，甚至是海平面上升之重要參考指標。而對於港區來說，港灣結構之設計，尤以防波堤、碼頭等直接接觸海水之結構物，長期之潮汐資料為相關防災設計及工程規劃之基準。爰此，交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱港研中心)長期於國內各主要商港進行海氣象觀測，包含風力、波浪、潮汐、海流等資訊，本研究將各港區潮汐資訊做一統整，並進行臺灣港群(基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、花蓮港、蘇澳港及澎湖港)年度之潮汐觀測特性分析，旨為提供國內各商港維運單位參考應用。

資料品質良好且連續不中斷之潮汐資料極為重要，但因觀測設備均設置於港區，除須注意耐鹽、耐候之基本性能，更須考量電力供應及訊號傳輸之穩定，及避免外力因素之干擾。除了定期巡檢維護、觀測基準引測校核之外，後端的資料品管亦需持續精進，以提供更為完整及精確之資料品質，作為港口潮汐分析研究之依據。本研究蒐集 110 年 9 月至 111 年 8 月各港區潮汐測站之資料進行資料分析。

二、臺灣港群潮汐測站基本資料

2.1 潮汐測站資訊

彙整港研中心共 21 個潮汐測站地點、座標、築港高程基準與中潮系統 2001 臺灣高程基準 (TaiWan Vertical Datum2001, 簡稱 TWVD2001) 差值及儀器型號相關資訊, 如表 1 所示。

表 1 臺灣港群潮汐測站相關資訊

地區	地點備註	座標(N)	座標(E)	高程基準差值(m)	儀器型號
臺北港	港區內 1	25°09'55.4"	121°23'36.6"	-1.43	CS456
臺北港	港區內 2	25°09'55.4"	121°23'36.6"	-1.43	PTX1830
基隆港	港區內 1(光華塔)	25°09'18.8"	121°45'07.9"	-0.92	KPSI 735
基隆港	6 碼頭(中國貨櫃)	25°08'21.1"	121°45'02.8"	-0.92	PTX1830
蘇澳港	港區內 1	24°35'33.0"	121°51'56.9"	-0.92	KPSI 735
蘇澳港	港區內 2	24°35'42.5"	121°51'37.0"	-0.92	PTX1830
花蓮港	港區內 1	23°58'25.0"	121°37'35.9"	-0.71	PTX1830
花蓮港	港區內 2	24°00'02.5"	121°38'14.6"	-0.71	CS456
臺中港	4 號碼頭	24°17'16.1"	120°31'59.0"	-2.67	KPSI 735
臺中港	15 碼頭	24°16'03.4"	120°31'26.7"	-2.67	PTX1830
布袋港	港區內 1	23°22'42.7"	120°08'17.8"	-1.10	CS456
布袋港	港區內 2	23°22'42.3"	120°08'17.9"	-1.10	KPSI 735
安平港	港區內 1	22°58'42.7"	120°10'33.4"	-0.47	CS456
安平港	港區內 2	22°58'42.5"	120°10'32.5"	-0.47	CS456
澎湖(馬公港)	港區內 1	23°33'45.6"	119°33'53.5"	-1.93	KPSI 735
澎湖(馬公港)	港區內 2	23°33'45.6"	119°33'53.5"	-1.93	PTX1830
澎湖(龍門尖山港)	港區內 1	23°33'29.2"	119°40'06.7"	-1.93	PTX1830
澎湖(龍門尖山港)	港區內 2	23°33'32.5"	119°40'27.6"	-1.93	PTX1830
高雄港	10 碼頭	22°36'52.2"	120°17'17.9"	-0.55	KPSI 735
高雄港	10 碼頭	22°36'52.2"	120°17'17.9"	-0.55	PTX1830
高雄港	紅毛港文化園區	22°33'03.9"	120°19'06.6"	-0.55	CS456

觀測作業先利用內政部公告之各港區鄰近水準測站, 引測高程到潮位站旁, 最後至潮位計儀器探頭, 如此測得壓力轉換之水深值加上儀器探頭之基準, 可得到中潮系統基準之潮位值, 再透過表 1 中, 築港高程基準與中潮系統基準之差值, 得到以築港高程為基準之潮位值。

2.2 潮汐測站位置

本研究於各港區測站選一主要測站進行資料分析, 其餘標為副站, 各港區潮汐主、副測站位置示如圖 1 至圖 9。



圖 1 基隆港潮汐主、副測站位置



圖 2 臺北港潮汐主、副測站位置



圖 3 臺中港潮汐主、副測站位置



圖 4 布袋港潮汐主、副測站位置

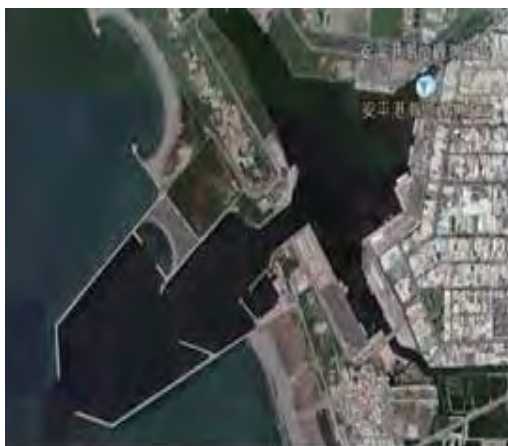


圖 5 安平港潮汐主、副測站位置



圖 6 高雄港潮汐主、副測站位置

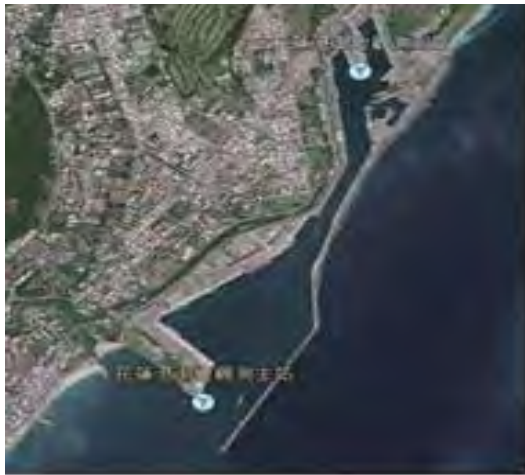


圖 7 花蓮港潮汐主、副測站位置



圖 8 蘇澳港潮汐主、副測站位置

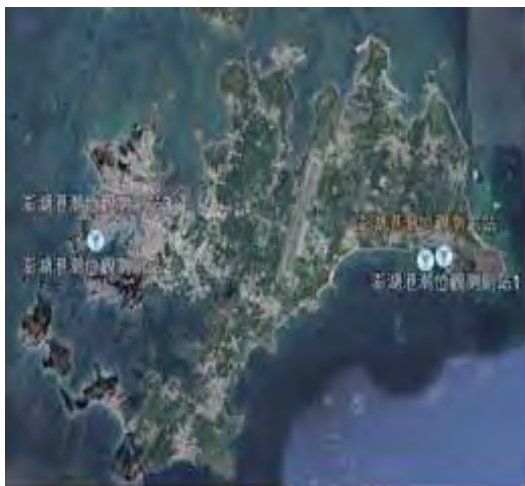


圖 9 澎湖港潮汐主、副測站位置

三、臺灣港群潮汐測站現場概述

3.1 潮汐觀測儀器簡介

港研中心建置之潮汐測站，目前使用 3 種壓力式潮汐計，儀器型號分別為 CS456、KPSI735 及 PTX1830 (如圖 10)，探頭量測後直接轉成水壓資料，再透過密度轉換計算得到水深，最後依據測量控制點轉換成築港高程與中潮系統基準水位資料，為方便應用於港灣相關研究，本研究統一採用築港高程基準水位。



CS456 壓力式潮汐計



KPSI735 壓力潮汐計



PTX1830 壓力潮汐計

圖 10 CS456、KPSI735 及 PTX1830 壓力式潮汐計

(圖片摘自: 廖慶堂、衛紀淮,「108 年國內商港風波潮流觀測與特性分析」, 2020 年)

3.2 潮汐觀測系統建置

港研中心潮汐觀測系統包含儀器、電力系統與傳輸系統(如圖 11), 透過電池及太陽能板給予儀器足夠電力量測資料, 儀器輸出資料傳輸至數據機, 再透過 4G 網路傳輸至交通部運輸研究所雲端主機, 利用程式進行數據平均處理後上傳至資料庫, 每 6 分鐘 1 筆水位資料。



圖 11 測站儀器系統架構圖

(圖片摘自: 廖慶堂、衛紀淮,「108 年國內商港風波潮流觀測與特性分析」, 2020 年)

3.3 潮汐測站現場維護作業

理想之港區潮汐資料需保持長期且連續不中斷觀測，然觀測系統屬無人自記觀測站，且常設置在港區內，因此易因人為或天然因素，致儀器訊號失真或損壞，使觀測資料中斷，故須進行定期及不定期搶修、維護及保養儀器設備，以維持系統妥善率。

原則上一年進行 4 次定期維護保養作業(現場使用維護紀錄表範例，如表 2)，主要以目視及檢測方式分項檢查儀器設備、電力系統及傳輸系統，視需求進行更換儀器、電池、太陽能板、數據機、防潮包、重新焊接線路等必要工作，並清潔壓力計探頭，檢核壓力計於不同沒入水深之壓力值，是否小於設定誤差值。而不定期之搶修作業則視資料狀況而定，若發生即時資料異常或中斷之情形，須儘速至現場確認，以維儀器設備運作順利。

表 2 現場潮汐站維護紀錄表範例

表3-1-1 測站維護紀錄表

基隆港_潮位測站維護紀錄表					
測站：6 號碼頭	座標：25°08'21.08"N 121°45'2.8"E				
方法	項目	良好	不佳	維護方法	備註
目視	太陽能板及支撐架	✓		檢視、清潔擦拭太陽能板，充電控制器端子座及配線，支撐架目視正常良好。	標籤脫落 估約 60~80w
	市電線路				無
	監測儀器	✓		壓力計檢核最大誤差 1.4cm，放回原長度配置。	PTX1830
	控制箱體及外部管線	✓		檢視箱體及配線外觀正常良好。	
	控制箱盤面及配線	✓		整理盤內及配線，並進行清潔。	
	防潮包	✓		更換新品。	
	水下靜水管	✓		目視良好，手搖無明顯晃動。	
	傳輸 Sim 卡	✓		通訊正常無保養。	
	(其它)				
檢測	輸入端市電電壓	變壓器輸出電壓		電瓶電壓	監測儀器輸出
	無	無		13.0V	無
	太陽能輸入電壓	太陽能 Load 輸出電壓		電瓶內阻	電瓶大小(Ah)
	13.0V(陰)	13.0V		3.19mΩ	12(V)100Ah
備註事項	(1) 靜水管頂(NO02A)高程=NO.02 水準點高程+0.153m。				
	(2) Sensor 至靜水管頂距離 4.53m。				
	(3) 比重計測得海水密度 1.020g/cm ³ ，鹽度 29psu。				
	壓力計檢核:PTX1830(sn11318125)，2020/10/27 率定				
	沒水深\壓力值	紀錄器(m)		誤差(△)	
	空氣中	-0.014		0.014 (△<0.05)	
	沒水 0.5m	0.496		0.004 (△<0.05)	
	沒水 1.0m	1.000		0.000 (△<0.05)	
	沒水 1.3m	1.298		0.002 (△<0.05)	
	本次維護、更換情形				
					
日期：2021.11.24		維護人員：游荏傑、賴志峰			

3.4 潮汐資料蒐集

潮汐觀測是所有海象調查中最基本的項目，也是港灣工程設計重要的參考數據。本研究蒐集 110 年 9 月至 111 年 8 月臺灣港群各港區潮汐測站之實測資料進行資料品管。資料品管參考美國國家資料浮標中心制定的品管手冊(NDBC Technical Document 09-02)原則，進行實測資料繪圖、統計分析、調和分析等作業，確保合理性與連續性。

四、臺灣港群潮汐觀測資料特性分析

4.1 潮汐資料統計分析

為探討各港區潮汐觀測資料特性，本研究先繪出各港整年潮汐觀測時間序列歷線圖，彙整於港研中心商港海氣象年報報告內探討其趨勢，接著利用各測站間之相關性來做資料檢核，最後計算潮汐重要統計量值並進行分析探討。臺灣主要商港潮汐觀測資料統計，包含潮差、平均潮位及最高潮位等重要統計數據(如表 3)，以下就高雄港與澎湖龍門港為例(如表 4、表 5)，說明兩港之觀測資料特性如下。

以整年資料來看，高雄港整年潮差週期及潮汐重要統計量統計表，如表 4，主要潮汐測站整年平均潮差為 0.56m，最大潮差為 1.25m，發生於 110 年 12 月，整年平均週期 15.9 小時，最大週期 27 小時，發生於 110 年 10 月，整年平均潮位為 0.95m，最高潮位 1.80m，發生於 111 年 7 月，最低潮位 0.22m，發生於 111 年 1 月，整年平均高潮位 1.22m，整年大潮平均高潮位 1.24m，整年平均低潮位 0.68m，整年大潮平均低潮位 0.64m。

澎湖龍門港整年潮差週期及潮汐重要統計量統計表，如表 5，主要潮汐測站整年平均潮差為 1.94m，最大潮差為 3.07m，發生於 111 年 2 月，整年平均週期 13.4 小時，最大週期 26 小時，發生於 111 年 3 月，整年平均潮位為 2.90m，最高潮位 4.95m，發生於 111 年 7 月，最低潮位 0.99m，發生於 111 年 1 月，整年平均高潮位 3.95m，整年大潮平均高潮位 4.11m，整年平均低潮位 2.01m，整年大潮平均低潮位 1.90m。

選取基隆港、臺北港、臺中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港歷年完整的資料繪製潮汐觀測時間序列歷線圖，是為一典型水位歷線圖，如圖 12，水位變化具有週期性，但型態各測站有差異，除臺中港及臺北港潮位半日潮甚為明顯外，其他各港從圖中並不能明顯看出週期成份。潮差之變化約以十五天為一週期，農曆朔、望時最大，其最高潮位與最低潮位相差最大，上弦及下弦時最高潮位與最低潮位相差最小，而每日潮汐則通常為一天之內有 2 次潮汐起伏，每日 2 次潮差之大小差異不大，為典型半日潮。比較臺灣北部基隆港平均潮差約為 0.57m，中部臺中港附近平均潮差約為 3.85m，南部高雄港平均潮差約為 0.56m。

整體而言，平均潮差值在臺灣海峽中段臺中港最大，臺北港潮差次之，再依序澎湖龍門尖山港、布袋港，高雄港、安平港及基隆港較小，可能是地理位置效應，南北兩側潮水在臺灣海峽

造成不同效應之故。東部海岸地區花蓮港及蘇澳港的潮差與高雄港、安平港及基隆港潮差略為大一些。季節變化對天文潮位改變並沒有很明顯。

表 3 臺灣港群潮汐觀測資料統計

地區	平均潮差(m)	最大潮差(m)	平均週期(hr)	最大週期(hr)	平均潮位(m)	最高潮位(m)	最低潮位(m)	平均高潮位(m)	大潮平均高潮位(m)	平均低潮位(m)	大潮平均低潮位(m)
基隆港	0.57	1.39	14.1	27	1.04	2.12	-0.03	1.33	1.39	0.76	0.73
臺北港	2.33	3.68	12.4	14	1.53	3.64	-0.67	2.75	2.93	0.41	0.26
臺中港	3.85	5.75	12.4	26	2.93	5.81	-0.30	4.85	5.15	0.98	0.71
布袋港	1.46	2.46	12.5	25	1.43	2.81	-0.12	2.18	2.27	0.75	0.64
安平港	0.59	1.42	14.1	26	0.85	1.67	-0.09	1.15	1.19	0.54	0.48
高雄港	0.56	1.25	15.9	27	0.95	1.80	0.22	1.22	1.24	0.68	0.64
花蓮港	0.98	1.94	12.6	26	3.27	4.58	2.11	3.75	3.92	2.75	2.61
蘇澳港	0.91	1.88	13.9	28	1.79	3.34	-0.10	2.24	2.35	1.35	1.21
澎湖(龍門尖山港)	1.94	3.07	13.4	26	2.90	4.95	0.99	3.95	4.11	2.01	1.90

表 4 高雄港整年潮差週期及潮汐重要統計量統計

序 號	日期 (年/月)	測 站	平均 潮差 (公分)	最大 潮差 (公分)	潮差 個數 (個)	平均 潮位 (公分)	最高 潮位 (公分)	最低 潮位 (公分)	水位 點數 (個)(%)	平均 高潮位 (公分)	大潮平均 高潮位 (公分)	平均 低潮位 (公分)	大潮平均 低潮位 (公分)
1	2021/09	T	55	101	15	96	150	46	345(48)	124	122	67	62
2	2021/10	T	60	98	29	101	170	53	709(95)	129	133	72	73
3	2021/11	T	58	115	33	94	153	38	694(96)	122	124	65	69
4	2021/12	T	60	125	29	91	161	32	716(96)	117	113	63	63
5	2022/01	T	57	98	31	89	165	22	716(96)	117	124	61	45
6	2022/02	T	50	124	28	88	162	33	649(97)	113	122	61	56
7	2022/03	T	51	87	21	90	142	33	712(96)	117	116	61	59
8	2022/04	T	56	88	27	93	145	43	694(96)	120	121	64	64
9	2022/05	T	56	114	34	92	157	35	714(96)	119	116	64	63
10	2022/06	T	62	117	24	98	162	40	689(96)	126	123	71	62
11	2022/07	T	47	128	21	106	180	49	713(96)	129	136	81	75
12	2022/08	T	50	121	19	105	178	51	651(88)	128	127	81	74
13	2021/秋	T	57	103	80	97	170	38	1748(80)	125	127	68	69
14	2021/冬	T	57	125	89	89	165	22	2081(96)	116	121	62	55
15	2022/春	T	54	102	84	91	157	33	2120(96)	118	117	63	62
16	2022/夏	T	55	119	66	103	180	40	2053(93)	128	131	78	71
17	2022/年	T	56	125	319	95	180	22	8002(91)	122	124	68	64

表 5 澎湖龍門港整年潮差週期及潮汐重要統計量統計表

序 號	日期 (年/月)	測 站	平均 潮差 (公分)	最大 潮差 (公分)	潮差 個數 (個)	平均 潮位 (公分)	最高 潮位 (公分)	最低 潮位 (公分)	水位 點數 (個)(%)	平均 高潮位 (公分)	大潮平均 高潮位 (公分)	平均 低潮位 (公分)	大潮平均 低潮位 (公分)
1	2021/09	T	194	267	57	289	436	154	720(100)	395	412	202	191
2	2021/10	T	199	298	59	295	468	162	744(100)	403	424	206	191
3	2021/11	T	200	290	57	283	434	127	720(100)	391	414	192	180
4	2021/12	T	200	306	59	281	432	113	744(100)	391	400	191	184
5	2022/01	T	201	302	59	279	423	99	744(100)	389	393	189	176
6	2022/02	T	198	307	53	278	433	121	672(100)	386	398	187	180
7	2022/03	T	201	282	59	280	430	115	744(100)	390	402	189	175
8	2022/04	T	197	278	57	282	433	128	720(100)	390	420	192	181
9	2022/05	T	192	286	59	282	421	122	744(100)	388	403	195	182
10	2022/06	T	181	289	51	289	419	113	720(100)	386	408	206	203
11	2022/07	T	166	277	42	339	495	197	744(100)	428	446	261	262
12	2022/08	T	190	291	59	300	453	130	743(100)	403	417	213	192
13	2021/秋	T	196	307	175	289	468	127	2184(100)	397	416	201	187
14	2021/冬	T	200	306	173	279	433	99	2160(100)	389	398	189	179
15	2022/春	T	197	296	177	281	433	115	2208(100)	390	408	192	180
16	2022/夏	T	179	298	153	310	495	113	2207(100)	406	423	226	220
17	2022/年	T	194	307	680	290	495	99	8759(100)	395	411	201	190

DIST3A.BAT 測站編號:PHT

港灣技術研究中心

4.2 潮汐能譜分析與調和分析

能譜分析在研究海洋物理學對於週期性的時序特性為一種有效的方法(Tukey,1961)，能譜可以明白顯示潮汐資料間各週期成份關係。

潮汐能譜分析可以求得不同週期性之成份能量大小，如圖 13 為基隆港、臺北港、臺中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等 7 個港口之振幅典型能譜圖，基隆港潮汐主要分潮為半日潮及全日潮。臺北港潮汐主要為半日潮，其次為全日潮，全日潮差約為半日潮差之 1/5，此一地區之潮型與北部基隆港、南部高雄港與安平港，由全日潮與半日潮大小相近組成之潮型不同，但與中部臺中港地區之潮型則相似。臺中港潮汐主要也為半日潮，全日潮差約為半日潮差之 1/6。東部蘇澳港全日潮較半日潮為小，花蓮港全日潮約為半日潮的 1/2。綜觀臺中港、臺北港與花蓮港半日潮遠大於全日潮，基隆港、高雄港、安平港與蘇澳港半日潮略大於全日潮(蘇青和、廖慶堂,2002)。

潮汐調和分析法之基本原理為把任何地點的潮汐分成有限個潮汐分潮，每個分潮在數學上視為一簡單的時間調和函數，理論上潮汐是包含無窮多的分潮，但只有少數分潮是主要的分潮，根據連三郎(1977)解析結果，一般基本分潮合計有 60 個。本研究選取 7 個港口觀測時間較長之實測資料及 39 個分潮進行調和分析，可求得各分潮之振幅，如表 6 為 7 個港口前 6 個較大分潮之振幅統計表，圖 14 為 7 個港口前 6 個較大分潮振幅值圖。

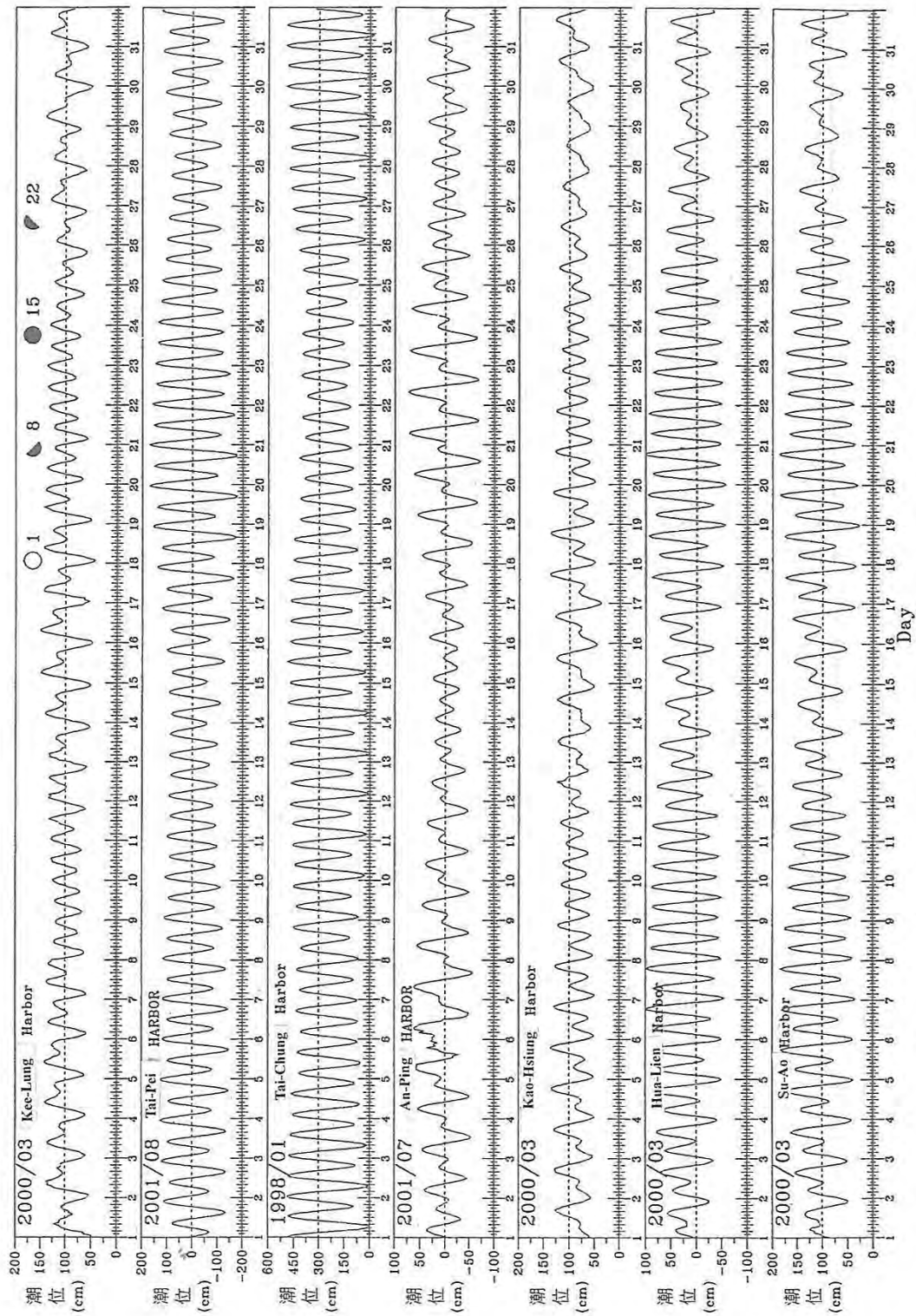


圖 12 典型水位歷線圖

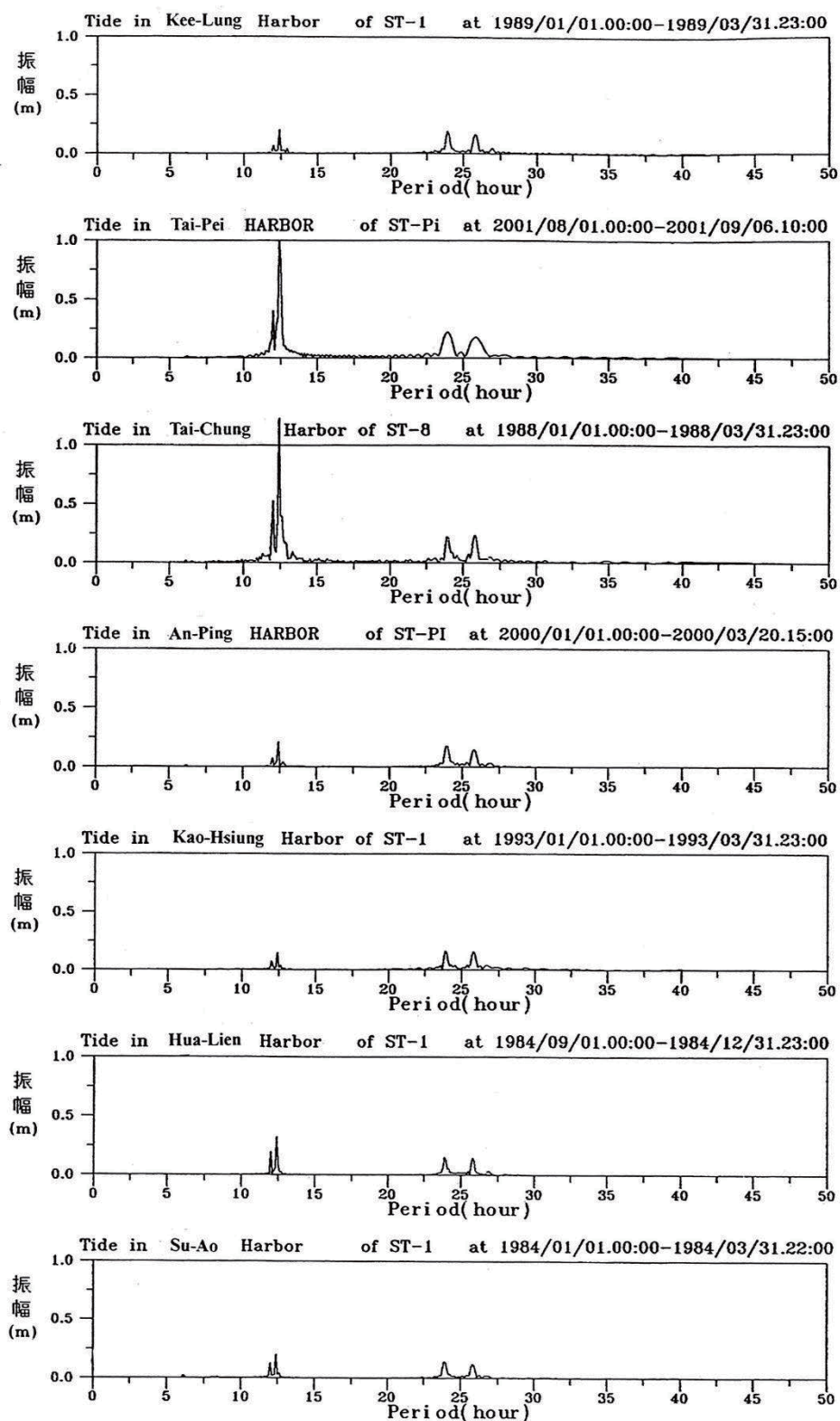


圖 13 7 港口潮汐振幅能譜圖

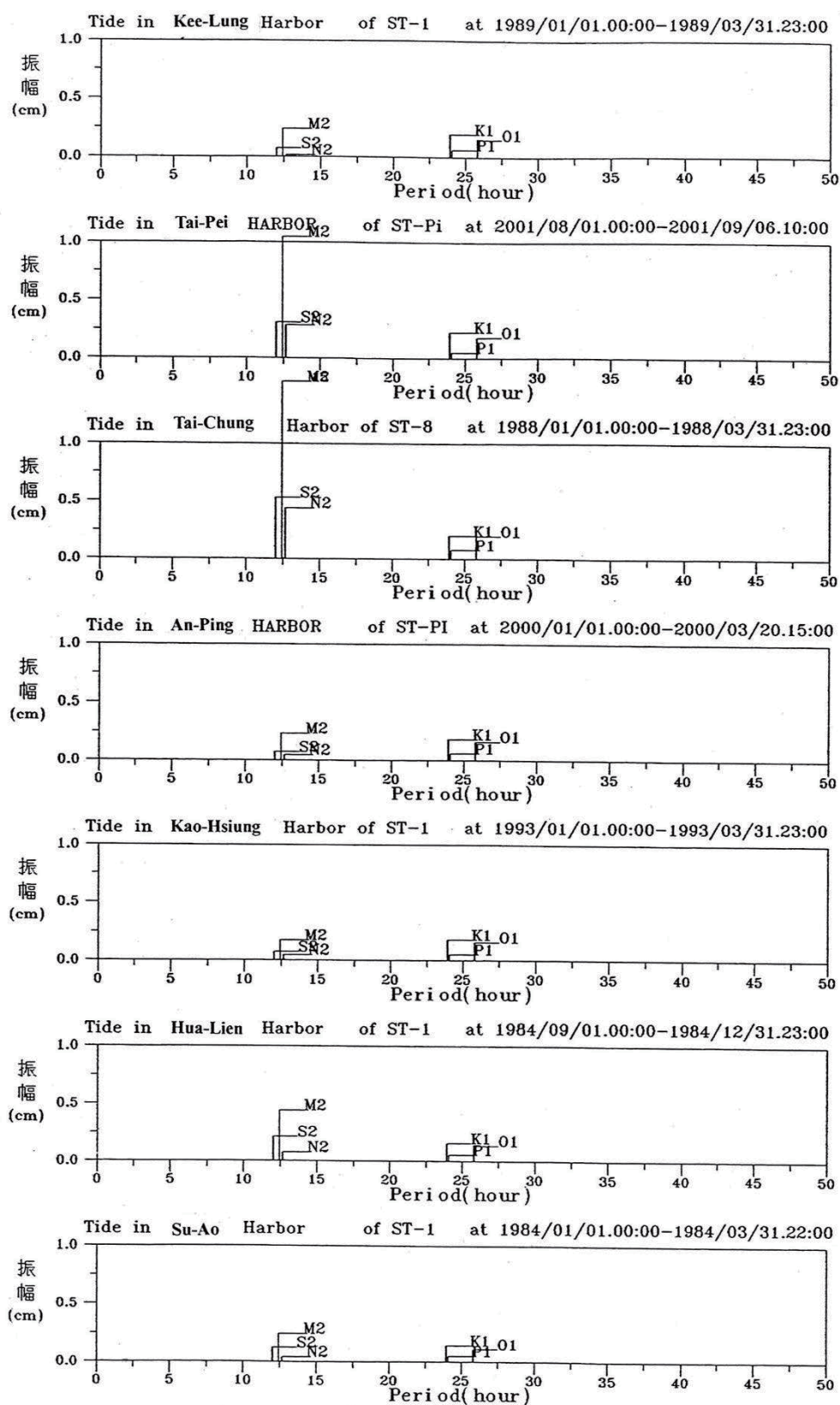


圖 14 7 港口 6 個較大分潮振幅值圖

表 6 7 個港口前 6 個較大分潮之振幅統計表

地區	M2 分潮(m)	S2 分潮(m)	N2 分潮(m)	K1 分潮(m)	O1 分潮(m)	P1 分潮(m)
基隆港	0.24	0.07	0.01	0.20	0.15	0.07
臺北港	1.05	0.31	0.28	0.23	0.18	0.05
臺中港	1.53	0.53	0.44	0.20	0.20	0.08
安平港	0.23	0.07	0.05	0.18	0.16	0.06
高雄港	0.17	0.07	0.05	0.18	0.16	0.05
花蓮港	0.44	0.21	0.08	0.16	0.14	0.06
蘇澳港	0.25	0.13	0.05	0.14	0.11	0.05

因為振幅譜圖僅能顯示不同成份分潮之估計振幅大小，欲求得各分潮正確之振幅及遲角需進一步進行調和分析。調和分析可求得各分潮之振幅、遲角、平衡引數及延時。從表 6 中可知基隆港振幅以 M2 最大約 0.24 公尺，其次為 K1 約 0.20 公尺，O1 約 0.15 公尺，S2 及 P1 各約 0.07 公尺，臺北港振幅以 M2 最大約 1.05 公尺，其次為 S2 約 0.31 公尺，N2 約 0.28 公尺，K1 各約 0.23 公尺，顯示調和分析與能譜分析結果趨勢一致。

五、結論

依據整年(110 年 9 月~111 年 8 月)潮汐資料配合築港高程基準統計，整年基隆港平均潮位、平均潮差、平均週期為 1.04m 、0.57m、14.1 時，為半日潮略大於全日潮的混合潮；臺北港平均潮位、平均潮差、平均週期為 1.53m 、2.33m、12.4 時，主要為半日潮；臺中港平均潮位、平均潮差、平均週期為 2.93m 、3.85m、12.4 時，主要為半日潮；布袋港平均潮位、平均潮差、平均週期為 1.43m 、1.46m、12.5 時，主要為半日潮；安平港平均潮位、平均潮差、平均週期為 0.85m 、0.59m、14.1 時，為半日潮略大於全日潮的混合潮；高雄港平均潮位、平均潮差、平均週期為 0.95m 、0.56m、15.9 時，為半日潮略大於全日潮的混合潮；花蓮港平均潮位、平均潮差、平均週期為 3.27m 、0.98m、12.6 時，為半日潮遠大於全日潮；蘇澳港平均潮位、平均潮差、平均週期為 1.79m 、0.91m、13.9 時，為半日潮略大於全日潮的混合潮；龍門港平均潮位、平均潮差、平均週期為 2.90m 、1.94m、13.4 時，為半日潮遠大於全日潮。

本研究分析臺灣港群各港區之潮汐特性，建議每年持續觀測港區潮汐資料，累積更多港區海氣象資料，以得到長期之大數據資料並增加其應用性。相關成果可提供交通部航港局、臺灣港務股份有限公司或其他港區相關單位作為港區作業安全、港灣構造物設計、防災預警、船舶進出港等之參考。

參考文獻

1. Tukey, J. W. (1961), "What can data analysis and statistics offer today ?" In: Proc. of Conference on Ocean Wave-spectral ,PP. 347-351.
2. National Data Buoy Center(2009) , NDBC Technical Document 09-02 , Chapter 4 , PP. 31-51.
3. 連三郎(1977) ,「潮汐預報電腦程式模型」, 國立臺灣大學海洋研究所專刊。
4. 蘇青和、廖慶堂(2002) ,「臺灣環島海岸水位預報資訊系統建立(一)」, NSC90-2625-124-002。
5. 蘇青和、廖慶堂(1999) ,「潮位極值統計分析(一)」, NSC88-2625-124-002。
6. 廖慶堂、衛紀淮(2020) ,「108 年國內商港風波潮流觀測與特性分析」, 交通部運輸研究所。
7. 廖慶堂(2022) ,「2021 年臺灣海氣象觀測資料統計年報: 8 港域觀測潮汐資料」。
8. 蘇青和、吳基、廖慶堂、徐如娟(2003) ,「臺北港港口區域潮汐及海流特性研究」, 第 25 屆海洋工程研討會論文集 , 23-30 頁。
9. 蘇青和、吳基、徐如娟、林受勳(2002) ,「安平港港口區域潮汐及海流特性研究」, 第 24 屆海洋工程研討會論文集 , 1-8 頁。