

天文潮位資料補遺之探討

黃瓊珠¹ 李汭軍² 高家俊³

1.國立成功大學近海水文中心

2.華梵大學環境與防災設計學系

3.國立成功大學水利及海洋工程研究所

摘要

本文利用調和分析的方法，分析長期的潮位觀測資料，模擬不同資料連續缺失的比率，經由資料回補，將結果與原始的潮位資料比較。由研究結果得知，當資料紀錄長度為一年，資料缺失率在 20% 以下，及資料長度為二年以上，資料缺失率在 60% 以下時，資料補遺之結果良好。但是當資料紀錄長度介於一至二年之間，資料缺失率在 20% 以上時，由於(1) S_2 與 R_2 、 T_2 ；(2) K_1 與 ψ_1 、 S_1 及(3) S_a 及 S_{sa} 等分潮的角速度較接近，引起各分潮間相互影響，造成 S_2 、 K_1 及 S_a 分潮在資料回補過程中，無法收斂至原始的分潮振幅。因此考慮兩個角頻率相近的分潮所組成的合成潮，其合成潮之包絡線週期約為二年，故以 2 年的觀測資料作補遺時，可以獲得較佳的結果。

關鍵詞：調和分析、分潮

一、前言

海水受天體影響所造成的運動稱為天文潮，而由天體引力而產生的起潮的力量稱為引潮力(tide generating force)，引起潮汐(tide)的原因有：天體萬有引力、地球公轉、地球自轉、氣象變化等，但最主要者為太陰及太陽的引力，使海面產生一種週期性的升降運動，這種垂直方向的運動稱為潮汐。潮汐在地球各地因受陸地、島嶼、海底等地形的變化及海水深度、海水黏滯性、海底摩擦等影響，使潮汐的現象發生不規則的現象，有些地區潮位的升降只有十餘公分，大者可以高達十餘公尺。

潮汐發生的原理有兩種學說：一為平衡學說(Equilibrium theory)，或稱為靜力學說(Statical theory)；另一種為動力學說(Dynamic

theory)。平衡學說係由牛頓(Newton)首倡，是假定地球表面為等深的水所覆蓋，應用引力、離心力及靜力學的關係解釋潮汐的現象。動力學說是應用動力學理論說明潮汐的成因係由於引潮力中水平分力的作用而引起的(林，1967)。

潮汐現象依其組成分潮之不同，大致可分為太陰潮(lunar tides)、太陽潮(solar tides)、日月潮(lunisolar tides)、倍潮(over tides)、複合潮(compound tides)及氣象潮(meteorological tides)等。若依週期來分，有長週期潮、全日潮(diurnal tides)、半日潮(semi-diurnal tides)、1/3 日潮、1/4 日潮等。潮引力之中以 M_2 (主太陰半日週期)、 S_2 (主太陽半日週期)、 K_1 (日月合成日週期)及 O_1 (主太陰日週期)等為四個主要分潮，因此潮汐現象與月亮的朔望盈虧有密切關連，例

如潮汐之週期約為 12.5 小時，潮波波長相當於半個地球週長，在同一地點之潮位漲落平均每日約延遲 50 分鐘。

潮汐水位之分析及預報方法包括非調和分析法 (non-harmonic method)、反應函數法 (response method) 及調和分析法 (harmonic method) 等，其中調和分析法需要長期的觀測資料，但其分析與推算的結果較為正確，故此分析方法常應用於潮位分析上(郭，2001)，例如陳、黃(1990)使用調和分析探討臺灣附近海域的潮汐變化特性。

潮位資料應用甚廣，例如分析潮位記錄，推求各種潮位基準，以作為海岸及港灣工程的設計水位的參考；或進行潮汐水位預報，提供航運規劃、工程施工及海上遊憩活動的參考，因此潮汐和人類的活動息息相關。楊、梁及唐(1996)利用頻譜法及調和分析法，分別分析基隆與高雄的水位資料，探討其分潮的組成及低頻變化，此二處有明顯的年變化及年際變化，從調和分析法所獲得之結果顯示，基隆與高雄兩地之主要分潮組成類似，然而測站的平均水位、 M_2 及 K_1 分潮的分潮振幅並不因資料的增長而漸趨穩定，有明顯的 10 年以上的低頻變化，故以長期資料來預報短期水位變化，並不能保證會增進預報的準確度。李、何及林(1998)利用中央氣象局 3 年的潮位預報結果，分析與校驗高低潮時的誤差，在台灣東海岸梗枋、蘭嶼之間及西海岸淡水至東石之間，有很好的預報結果，即每日漲落潮很明顯，這是由於該地區有明顯的半日潮；但在混合潮地區，如台灣北部之基隆、東北部鹽寮及西南部高雄、後壁湖等地區，其潮時誤差較大，超過 30 分鐘佔相當大的比例。由以上之研究可知，調和分析可以反應當地之區域特性，然而調和分析所使用的資料長度是否會影響分析的結果，則必須進一步分析。

潮汐水位之觀測常因人為或外在因素的影響，導致測站的潮位資料有缺失或錯誤的情

形，因此本文利用潮位的觀測資料及使用調和分析方法，模擬不同潮位資料缺失的比率，經過多次的疊代計算後，將其結果與原始的潮位資料比較，探討潮位資料補遺的特性。其次，探討兩個週期相近的分潮，其合成潮之包絡線週期的特性。

二、調和分析

根據牛頓所提出之平衡學說為基礎，將潮位視為各種分潮的總和，如圖 1 所示。潮汐運動造成對地球表面水粒子之引潮力，而引起水面起伏運動，由於星球間作規則之週期性運動(如以太陰回歸週期而言約 18.61 年)，其造成之引潮力引動地球表面之水粒子運動亦同樣具有週期性，故可以用傅立葉級數值展開：

$$\begin{aligned}\eta(t) &= A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos \omega_n t + B_n \sin \omega_n t) \\ &= A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} H_n \cos(\omega_n t - \varepsilon_n)\end{aligned}\quad (1)$$

其中 A_0 為平均海水位

$$H_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \text{ 為分潮的振幅}$$

$$\omega_n \text{ 為分潮的角頻率}$$

$$\varepsilon_n = \tan^{-1}(B_n / A_n) \text{ 為分潮之相位角 (phase angle)}$$

上式中 H_n, ε_n 稱為調和常數(harmonic constants)。理論上應將所有的天文潮展開，但實際應用上可依要求之精度，選取 k 個分潮予以求得最佳近似之潮汐運動方程式 $y(t')$ ，假設如下：

$$y(t') = A_0 + \sum_{r=1}^k A_r \cos \omega_r t' + \sum_{r=1}^k B_r \sin \omega_r t' \quad (2)$$

上式中 $y(t')$ 為某時刻之潮位。

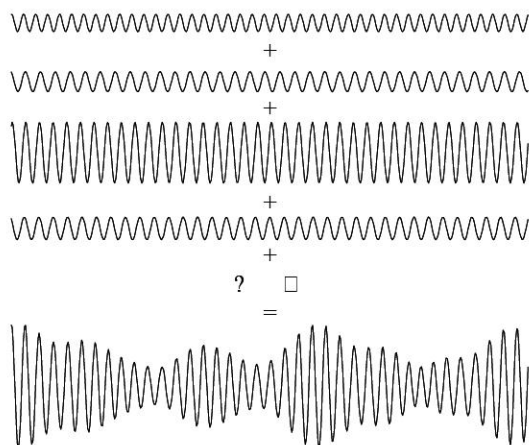


圖 1 分潮之合成

設 μ 為觀測潮位 y_t 與預測潮位在時間為 t' 時刻之殘差 (residual or error)，即 $\mu = [y_t - y(t')]$ 。今在等時距之潮位紀錄總數 $2n+1$ 個期間，欲使潮位預測方程式有最佳近似，則應使其殘差平方和為最小，即

$$U = \sum_{t'=-n}^n [y_t - y(t')]^2 \quad (3)$$

在上述條件下，即可求得潮位之最佳近似值。

根據最小二乘法原理，欲使 U 為最小，則應滿足下列式子：

$$\frac{\partial U}{\partial A_0} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial A_s} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial B_s} = 0$$

$$s = 1, 2, 3, \Lambda, k \quad (4)$$

由以上 $2k+1$ 個聯立方程式，可以解出預測方程式中 $2k+1$ 個未知數，利用三角函數關係可以求出 $A_0, A_1, A_2, \Lambda, A_k, B_1, B_2, \Lambda, B_k$ 等 $2k+1$ 個常數，進而求得平均水位 A_0 及各分潮相對之振幅 $H_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2}$ 及相位角 $\epsilon_k = \tan^{-1}(B_k / A_k)$ ($0 \leq \epsilon_k < 360^\circ$) 等調和常數。

調和分析法是將潮位視為各種週期的分潮總和，對於某地的潮位記錄，若能推求各分潮的振幅及相位角，即可決定當地之潮汐特性及推算未來之潮位。理論上潮位包括無限多的分潮成分，但應用上僅能就主要分潮來進行分

析，一般常取用的 60 個分潮之名稱及角頻率如表 1 所示，依據林(1967)對調和分析期間的選擇，如有長時間實測紀錄，採用 369 天觀測值係最理想的調和分析期間，不但可以將短週期分潮全部分離，且可以除去不規則氣象潮的影響，如紀錄不足 369 日則使用 355 日或 326 日實測紀錄亦可。若資料長度較短時，所選取之分潮個數可依資料長度與所要求之精度作適當的選擇，但至少必須包括四個主要分潮：主太陰半日週期 M_2 、主太陽半日週期 S_2 、日月合成日週期 K_1 及主太陰日週期 O_1 。本文所分析的資料長度超過一年，故在作調和分析時，使用 60 個分潮作計算。

三、資料補遺之方法

本文所使用的資料補遺方法，是將資料缺失時間點的水位以平均水位取代，利用調和分析求出第一次的天文潮位，將第一次的天文潮位取代資料缺失的部份後，再進行第二次的調和分析，經過多次的疊代，各分潮的振幅及相位角呈穩定的收斂狀態，而趨於一定常值。

首先選取 1 年的完整潮位觀測資料，假設一段時間的資料缺失，使用上述的方法進行資料補遺。圖 2 為經過多次天文潮位疊代後之資料補遺歷程，由圖 2 可知，第一次天文潮位補遺其誤差最大，這是由於原始資料中缺失一部份資料，以能譜的觀念來說，在第一次調和分析時，此缺失的水位不具有任何的能，將第一次天文潮位取代原始資料中的缺失部份，再進行第二次的調和分析時，由於第一次天文潮位補遺的水位已回補部份的能量，故第二次的天文潮位更接近於實際的天文潮位。因此在經過多次的資料疊代後，所得的天文潮位最後將趨近於實際的天文潮位。

四、基本資料及分析結果

富岡潮位站位於台灣東部，面對開闊的海洋，附近之海底地形陡降，故當地之潮位變化

表 1 60 分潮之名稱、週期及角頻率

分潮名稱	週期 (hr)	角頻率 (°/hr)	角頻率差值 (°/hr)	分潮名稱	週期 (hr)	角頻率 (°/hr)	角頻率差值 (°/hr)
Sa	8765.821090	0.0410686	0.0410687	M2	12.420601	28.9841042	0.0821373
Ssa	4382.905209	0.0821373	0.4622374	MKS2	12.385502	29.0662415	0.3893838
Mm	661.309205	0.5443747	0.4715211	2	12.221774	29.4556253	0.0728536
Msf	354.367052	1.0158958	0.0821373	L2	12.191620	29.5284789	0.4304544
Mf	327.858969	1.0980331	11.7562531	T2	12.016449	29.9589333	0.0410667
2Q1	28.006223	12.8542862	0.0728536	S2	12.000000	30.0000000	0.0410667
1	27.848388	12.9271398	0.4715211	R2	11.983596	30.0410667	0.0410706
Q1	26.868357	13.3986609	0.0728536	K2	11.967235	30.0821373	0.4622374
1	26.723053	13.4715145	0.4715211	MSN2	11.786131	30.5443747	0.0821373
O1	25.819342	13.9430356	0.0821373	KJ2	11.754522	30.6265120	0.3893838
MP1	25.668133	14.0251729	0.4668792	2SM2	11.606952	31.0158958	11.9112440
M1	24.841202	14.4920521	0.0774955	MO3	8.386303	42.9271398	0.5490165
1	24.709072	14.5695476	0.3483171	M3	8.280401	43.4761563	0.4668793
1	24.132140	14.9178647	0.0410667	SO3	8.192424	43.9430356	0.0821373
P1	24.065890	14.9589314	0.0410686	MK3	8.177140	44.0251729	1.0158957
S1	24.000000	15.0000000	0.0410686	SK3	7.992706	45.0410686	12.3827651
K1	23.934470	15.0410686	0.0410667	MN4	6.269174	57.4238337	0.5443747
1	23.869299	15.0821353	0.0410706	M4	6.210301	57.9682084	0.4715211
1	23.804477	15.1232059	0.3893838	SN4	6.160193	58.4397295	0.5443747
1	23.206957	15.5125897	0.0728536	MS4	6.103339	58.9841042	0.0821373
J1	23.098477	15.5854433	0.4715211	MK4	6.094852	59.0662415	0.9337585
SO1	22.420178	16.0569644	0.0821373	S4	6.000000	60.0000000	0.0821373
OO1	22.306074	16.1391017	11.2025947	SK4	5.991797	60.0821373	26.3258007
OQ2	13.166703	27.3416964	0.0821373	2MN6	4.166284	86.4079380	0.5443747
MNS2	13.127267	27.4238337	0.4715211	M6	4.140200	86.9523127	0.4715210
2N2	12.905374	27.8953548	0.0728536	MSN6	4.117870	87.4238337	0.5443747
2	12.871758	27.9682084	0.4715211	2MS6	4.092388	87.9682084	0.0821373
N2	12.658348	28.4397295	0.0728536	2MK6	4.088570	88.0503457	0.9337585
2	12.626004	28.5125831	0.3893838	2SM6	4.045666	88.9841042	0.0821373
OP2	12.455900	28.9019669	0.0821373	MSK6	4.041935	89.0662415	
M2	12.420601	28.9841042					

受海底地形的影響較小，因此本文利用富岡潮位站 1997 年至 1999 年之潮位資料作為分析的基本資料，其測站基本資料及地理位置如表 2 及圖 3 所示。

(一) 一年觀測資料之補遺

將富岡潮位站 1997 年之潮位資料分別以

連續的 10%至 60%之缺失率進行資料補遺，資料之缺失時間以 1997 年 2 月 1 日 0 時為基準，資料補遺之疊代次數為 20 次，分別以主太陰半日週期 M_2 、主太陽半日週期 S_2 、日月合成日週期 K_1 及主太陰日週期 O_1 之分潮振幅繪圖比較。圖 4 為 M_2 、 S_2 、 K_1 及 O_1 四個分潮在資料

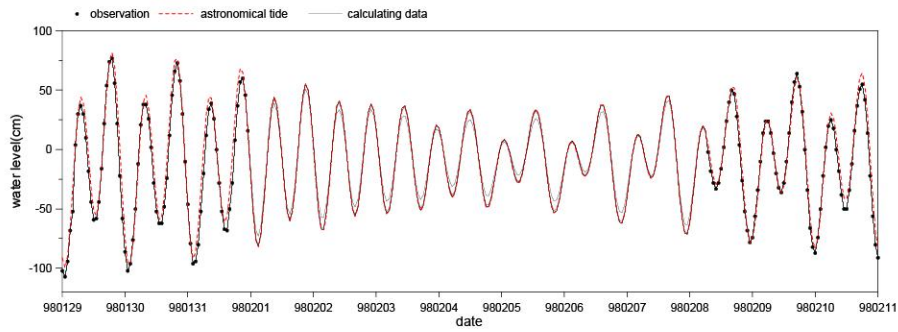


圖 2 天文潮位之補遺歷程

補遺過程中之變化情形， M_2 及 O_1 在經過 20 次的疊代後，均收斂至原始的分潮振幅值，而 S_2 及 K_1 分別在資料缺失 30% 及 20% 以上時，無法收斂至原始的分潮振幅值。

為了解 S_2 及 K_1 分潮在資料缺失率高於 20% 以上時，其資料補遺之誤差變大的原因，以下分別將各缺失率的第 20 次疊代結果，經調和分析後所得之 60 個分潮的振幅繪圖比較，如圖 5 所示。由表 1 之角頻率差值可以得知， M_2 及 O_1 分潮並無角速度相近其他分潮的存在，而 S_2 與 R_2 、 T_2 及 K_1 與 ψ_1 、 S_1 等分潮的角速度較接近，引起各分潮間相互影響(林，1967)，因此造成 S_2 及 K_1 分潮能量向兩側傳遞，使得計算結果無法收斂至原始的分潮振幅。

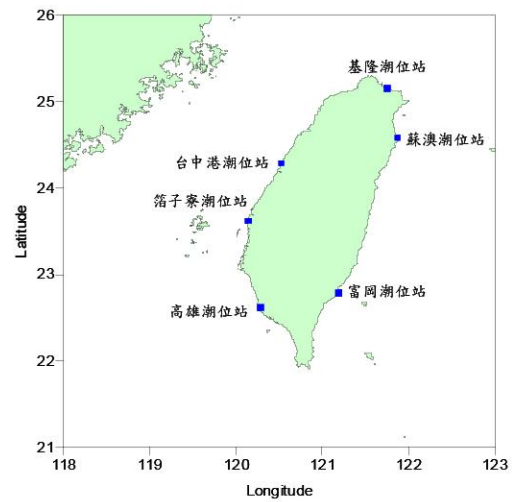


圖 3 測站之位置圖

表 2 潮位站之基本資料

潮位站	測站編號	資料分析的年份	北緯(N)	東經(E)
基 隆	151	1993-1994	25°09'26"	121°44'39"
台中港	143	1997-1998	24°17'22"	120°31'31"
箔子寮	115	2002-2003	23°37'07"	120°08'15"
高 雄	148	1999-2000	22°36'59"	120°16'49"
富 岡	158	1997-1999	22°47'05"	121°11'28"
蘇 澳	124	2000-2001	24°35'08"	121°52'07"

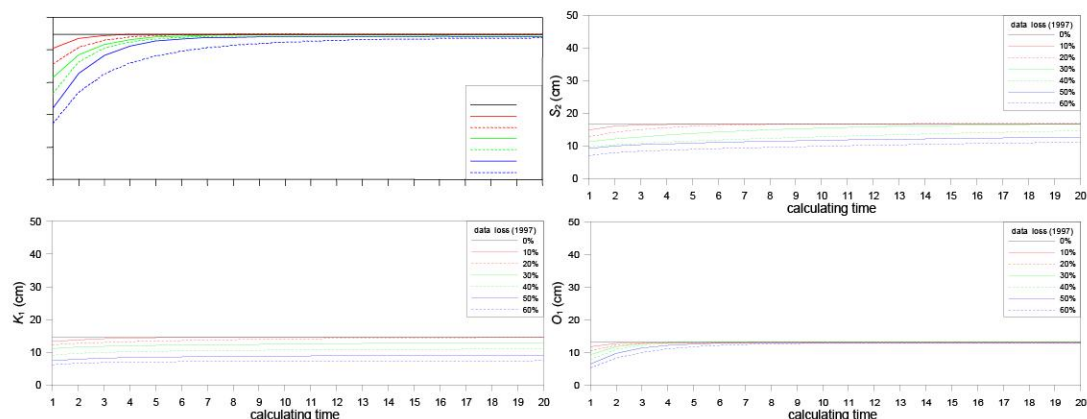


圖 4 應用一年資料補遺之歷程

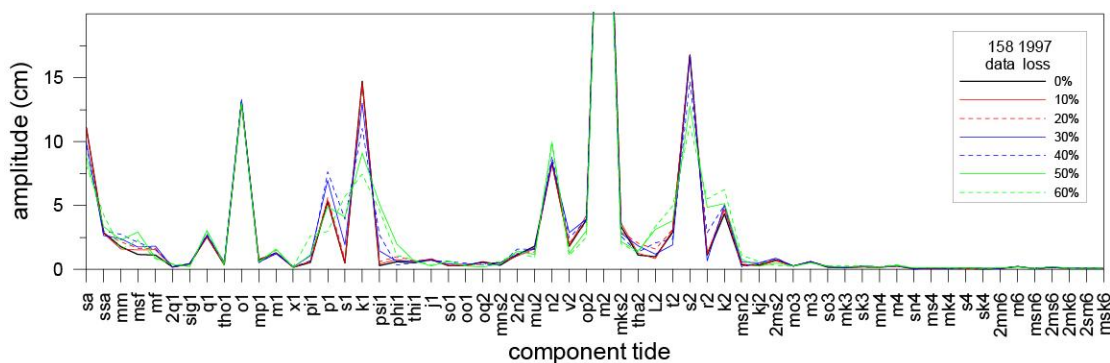


圖 5 應用一年資料補遺 60 分潮振幅之變化

(二) 二年觀測資料之補遺

將富岡潮位站 1997 年及 1998 年之潮位資料分別以連續的 10% 至 60% 之缺失率進行資料補遺，資料之缺失時間以 1997 年 2 月 1 日 0 時為基準，資料補遺之疊代次數為 20 次。圖 6 為應用 2 年觀測資料在不同資料缺失率下， M_2 、 S_2 、 K_1 及 O_1 四個分潮在資料補遺過程中之變化情形，由圖 6 可知 M_2 、 S_2 、 K_1 及 O_1 四個分潮在經過 20 次的疊代後，均可收斂至原始的分潮振幅值，資料缺失率越高，其收斂的疊代次數明顯增加。

圖 7 為應用二年的觀測資料，分別將各缺失率的第 20 次疊代結果，經調和分析後所得之 60 個分潮的振幅變化情形， M_2 、 S_2 、 K_1 及 O_1 四個分潮均可收斂至原始的分潮振幅，由於資料分析的時間長度增加為 2 年，各分潮之間的影響較小。

以上的分析僅考慮資料在連續缺失的狀況下，一般潮位資料之遺漏亦有可能為不連續的情況，因此同樣利用二年的潮位資料，分別以 60% 連續的缺失率及 60% 不連續的缺失率進行資料補遺。圖 8 為 M_2 、 S_2 、 K_1 及 O_1 四個分潮

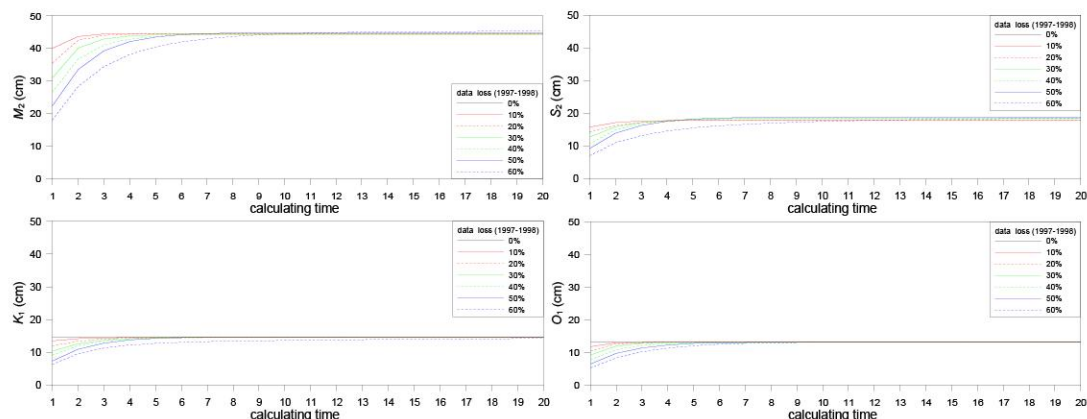


圖 6 應用二年資料補遺之歷程

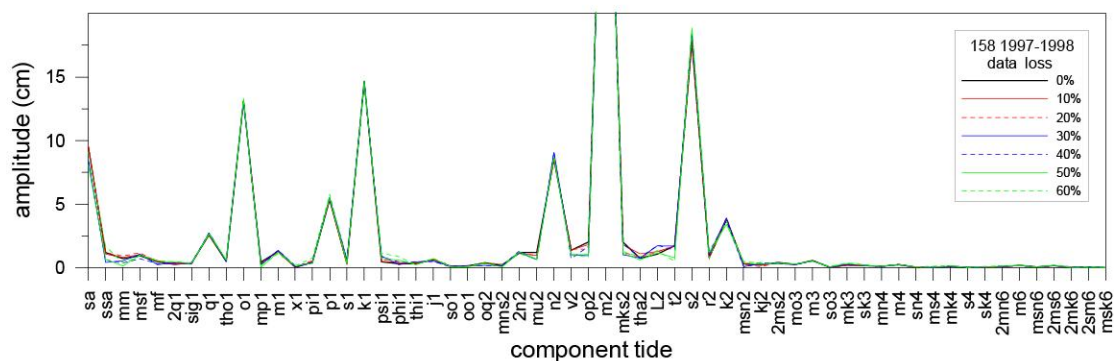


圖 7 應用二年資料補遺 60 分潮振幅之變化

在資料連續缺失 60% 及不連續缺失 60% 之資料補遺歷程的比較圖，圖 9 為經調和分析後所得之 60 個分潮的振幅比較圖。由圖 8 可知，無論資料連續或者不連續缺失，其 M_2 、 S_2 、 K_1 及 O_1 四個分潮在經過 20 次的疊代後，均可收斂至原始的分潮振幅值，與原始分潮振幅相比，其誤差分別為 1%、4%、-3% 及 2%，其中 S_2 分潮之誤差最大， K_1 分潮之誤差次之，由圖 9 可知， S_2 與 T_2 及 K_1 與 ψ_1 分潮之間，由於分潮的角速度較接近，造成各分潮之振幅互有消長。由以上分析可知，無論資料連續或者不連續缺

失，其補遺之結果均可收斂至原始的分潮振幅值，故任何形式的資料缺失，均可應用資料補遺的方法回補。

(三) 三年觀測資料之補遺

將富岡潮位站之 1997 年至 1999 年潮位資料分別以連續的 10% 至 60% 之缺失率進行資料補遺，資料之缺失時間以 1997 年 2 月 1 日 0 時為基準，資料補遺之疊代次數為 20 次。由圖 10 及圖 11 可知，以 3 年觀測資料在不同資料缺失率下， M_2 、 S_2 、 K_1 及 O_1 四個分潮均可收斂至原始的分潮振幅值。

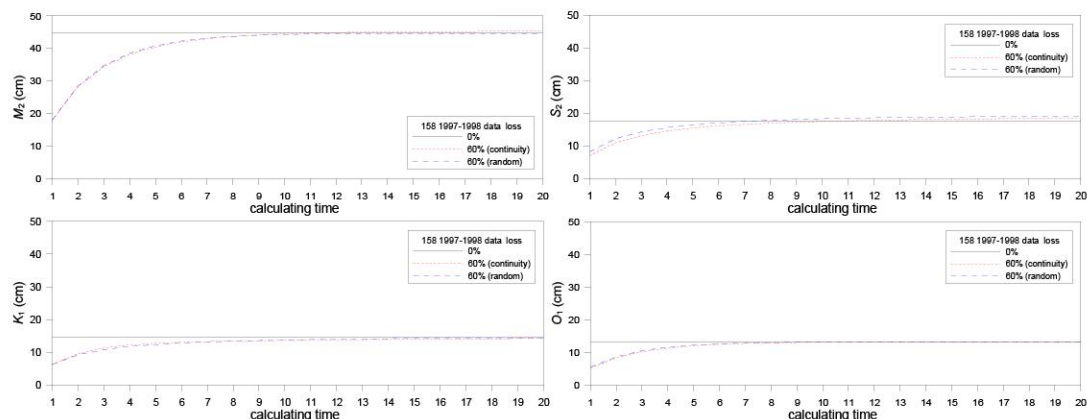


圖 8 連續及不連續資料缺失其補遺之歷程比較

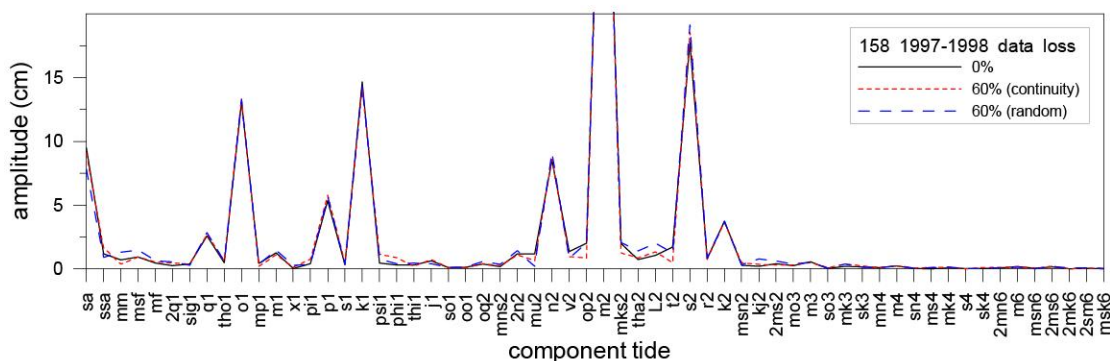


圖 9 連續及不連續資料缺失其 60 分潮振幅之比較

(四) 台灣地區其他測站之資料補遺

為探討資料補遺的方法在台灣地區的適用性，因此選定台灣西部的基隆、台中港、箔子寮及高雄，台灣東部的蘇澳等 5 站，資料紀錄長度 2 年，各測站之分析方法比照富岡潮位站的分析程序，其結果如圖 12 至圖 16 所示。

當資料紀錄之長度為 1 年時，資料的缺失率低於 20% 以下，各測站之資料補遺的結果良好。當資料的缺失率超過 20% 以上時， S_2 及 K_1 分潮無法收斂至原始的分潮振幅。基隆及高雄兩地的資料缺失率在超過 50% 以上時，由於週

期較長的太陽年週期 S_a 及太陽半年週期 S_{sa} 二分潮之間的角速度較接近，亦引起兩分潮間的相互影響，因此其振幅之計算結果亦不盡理想。

當資料紀錄之長度為 2 年，且資料缺失率在 60% 以下時，由於觀測的資料長度較長，各分潮間的角速度影響較小，因此各測站之資料補遺的結果良好。

(五) 分潮之間的交互影響

應用 2 年的資料長度作資料補遺時，可以獲得很好的回補結果，但使用 1 年的資料長度作資料補遺時，卻在太陽年週期 S_a 及太陽半年

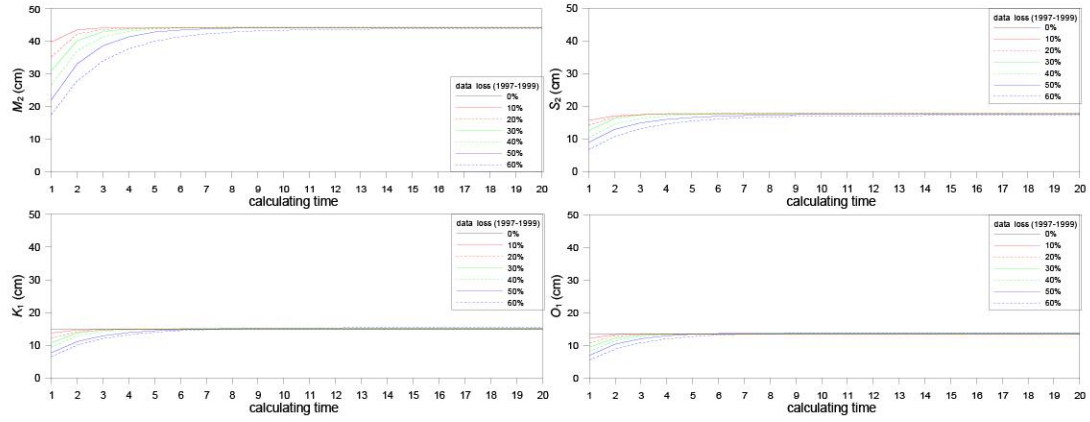


圖 10 應用三年資料補遺之歷程

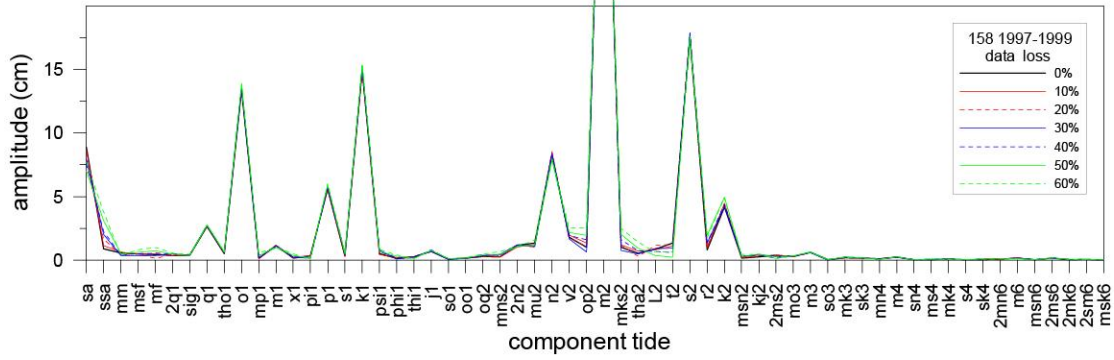


圖 11 應用三年資料補遺 60 分潮振幅之變化

週期 S_{sa} ；全日分潮的 π_1 、 P_1 、 S_1 、 K_1 、 ψ_1 及 ϕ_1 ；半日分潮的 T_2 、 S_2 、 R_2 及 K_2 等分潮間，無法收斂至原始的分潮振幅，因此資料的長度會影響資料補遺的結果，以下將探討各個分潮之間的交互影響。

潮位可視為各個分潮的總和，如以正弦函數來代表潮位分潮，其合成可寫成

$$H_t = \sum A_n \sin \left[\frac{2\pi t}{T_n} + \varepsilon_n \right] \quad (5)$$

其中 H_t 為任一時間 t 的潮高， A_n 為振幅， T_n 為週期， ε_n 為相位。為方便起見，假設只有兩個

分潮，即 $n=2$ ，其週期分別為 T_A 及 T_B ，且令 $A_n = 1$ ， $\varepsilon_n = 0$ ，故(5)式可以簡化為

$$H_t = \sin \left[\frac{2\pi t}{T_A} \right] + \sin \left[\frac{2\pi t}{T_B} \right] \quad (6)$$

由三角函數之和差化積公式，(6)式可以改寫為

$$H_t = A \sin \left[\frac{2\pi t}{T_D} \right] \quad (7)$$

$$\text{其中 } A = 2 \cos \left[\frac{2\pi t}{T_C} \right], T_C = \frac{2T_A T_B}{T_B - T_A}, T_D = \frac{2T_A T_B}{T_B + T_A}$$

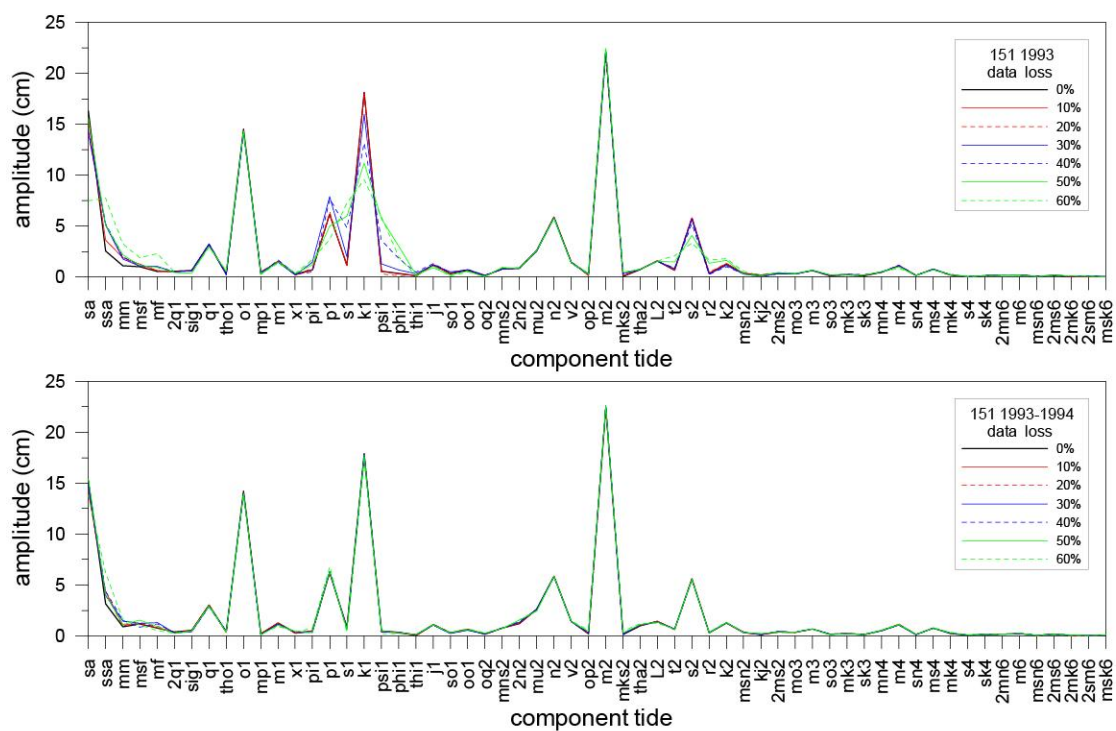


圖 12 基隆潮位站資料補遺之分析結果

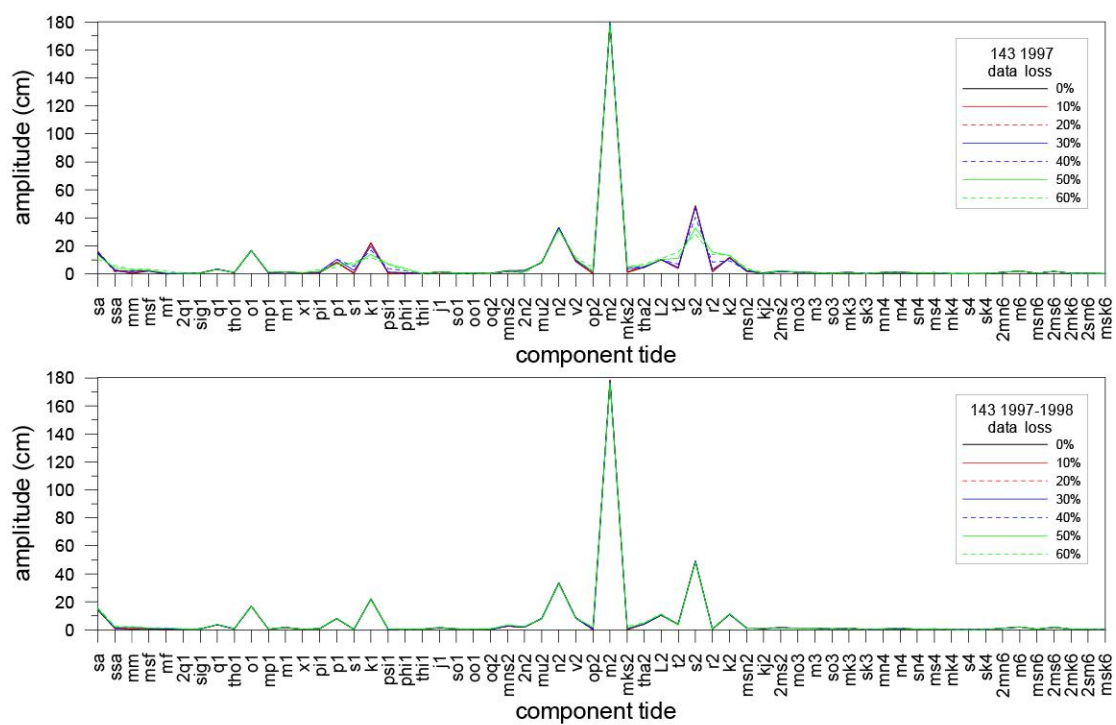


圖 13 台中港潮位站資料補遺之分析結果

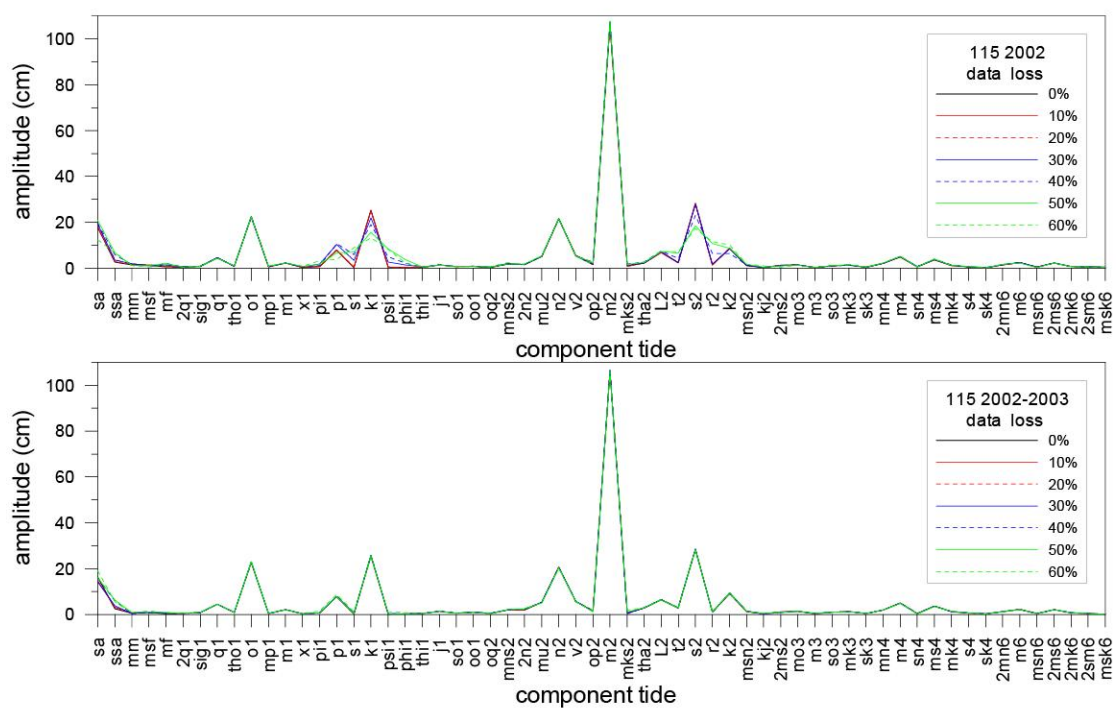


圖 14 箔子寮潮位站資料補遺之分析結果

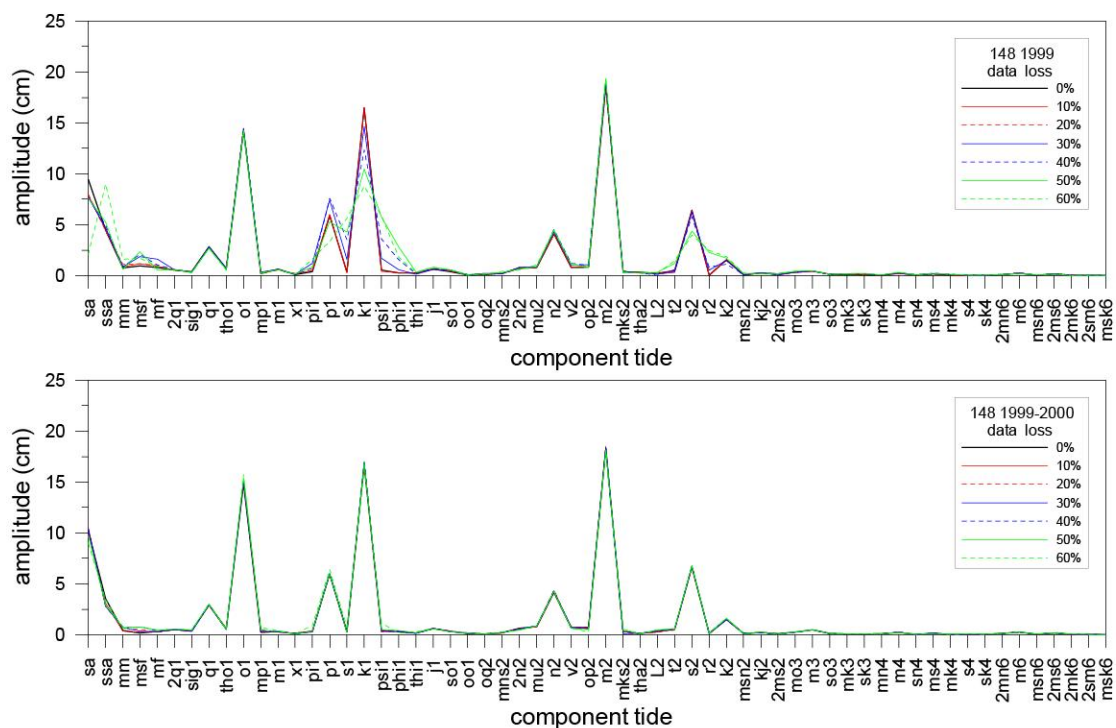


圖 15 高雄潮位站資料補遺之分析結果

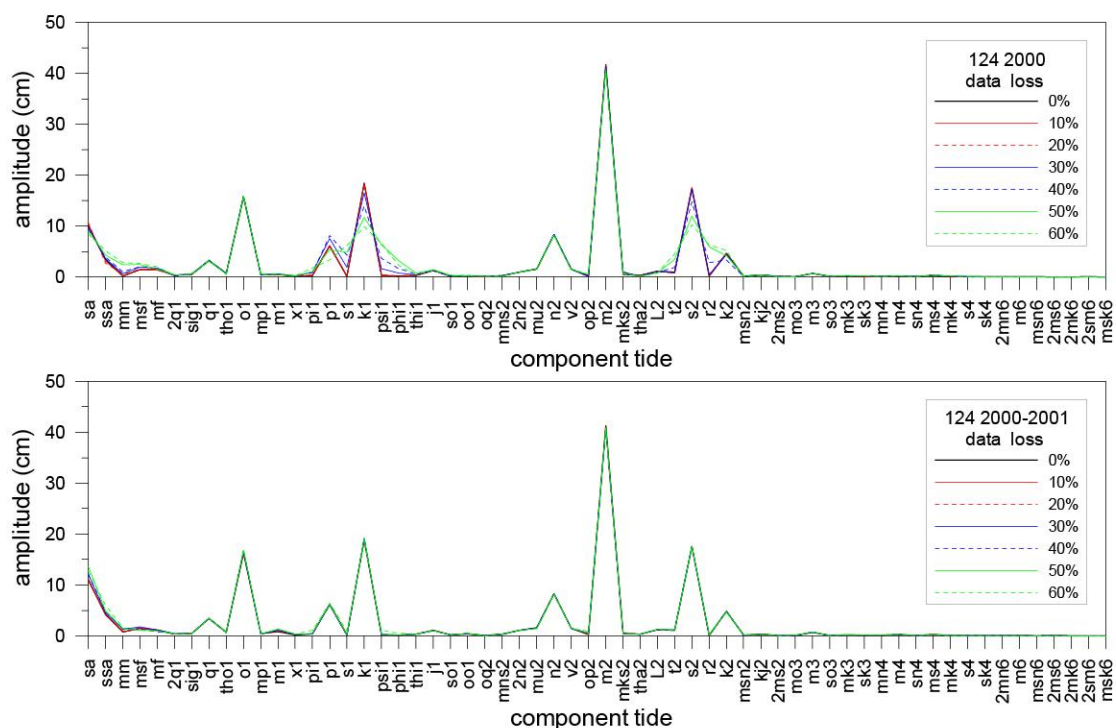


圖 16 蘇澳潮位站資料補遺之分析結果

由(7)式可知，兩個分潮合成後，其合成潮的振幅為 A ，合成潮包絡線之週期為 T_C 。今考慮兩個週期相近的分潮，即表 1 中角頻率差值較小的兩分潮，分別計算其合成潮包絡線之週期，計算結果如表 3 所示。以 S_a 及 S_{sa} 分潮為例，兩分潮之角頻率差值為 $0.004107^\circ/\text{hr}$ ，其合成潮之包絡線週期為 730.48 日，以太陽年週期為 365.24 日計算，約為太陽年週期的 2 倍。故由上述的分析可知，以 2 年的觀測資料作補遺時，可以獲得較佳的結果。反觀以 1 年的觀測資料作補遺，由於資料長度不足於全日分潮的 π_1 、 P_1 、 S_1 、 K_1 、 ψ_1 及 φ_1 ；半日分潮的 T_2 、 S_2 、 R_2 及 K_2 等分潮間的包絡線週期 730.48 日，故分析之結果較差。

五、結論

本文使用長期的潮位觀測資料，利用調和分析法探討天文潮之資料補遺，由研究結果得

知，當潮位站的資料長度為一年，資料的缺失率在 20% 以下；或者資料長度為二年，資料缺失率在 60% 以下時，皆可以利用天文潮位作資料補遺，因此資料的長度影響資料補遺的結果。當資料之時間長度為三年，資料缺失率達 60% 時，可以使用調和分析法以天文潮之資料作潮位資料補遺，其計算之疊代次數至少 10 次，故資料長度越長，資料補遺的疊代次數將減少。

若資料長度較短，以一年的資料長度為例，當資料的缺失率在 20% 以上時，在資料回補的過程中，由於(1) S_2 與 R_2 、 T_2 ；(2) K_1 與 ψ_1 、 S_1 及(3) S_a 及 S_{sa} 等分潮的角速度較接近，引起各分潮間相互影響，因此造成 S_2 、 K_1 及 S_a 分潮，無法收斂至原始的分潮振幅。以分潮的組合週期來說，由兩個角頻率相近的分潮所組成的合成潮，其合成潮之包絡線週期約為太陽年

週期的 2 倍，故以 2 年的觀測資料作補遺時，
可以獲得較佳的結果。

六、參考文獻

李汴軍、何佩勵、林燕璋(1998)「潮汐預報校
驗與相關問題探討」，第二十屆海洋工程研
討會論文集，第 103-108 頁。

林茂生(1967)，潮汐的理論和預測，台灣省土
地資源開發委員會，198。

郭一羽(2001)，海岸工程學，文山書局，474。

陳怡發、黃煌輝(1990)「臺灣沿海潮汐資料之
整理與分析」，第五屆水利工程研討會論文
集，第 1050-1063 頁。

楊穎堅、梁文德、唐存勇(1996)「基隆與高雄
的水位變化」，第十八屆海洋工程研討會論
文集，第 553-560 頁。

表 3 合成潮包絡線週期之計算結果

分潮 名稱	週期 (hr)	角頻率 (°/hr)	角頻率差值 (°/hr)	包絡線的週期 (day)	振幅的週期 (hr)
Sa	8765.821090	0.0410686	0.0410687	730.48	5843.88 (243.49 日)
Ssa	4382.905209	0.0821373			
l	24.132140	14.9178647	0.0410667	730.52	24.10
P1	24.065890	14.9589314	0.0410686	730.49	24.03
S1	24.000000	15.0000000			
K1	23.934470	15.0410686	0.0410667	730.52	23.90
l	23.869299	15.0821353			
l	23.804477	15.1232059	0.0410706	730.45	23.84
T2	12.016449	29.9589333	0.0410667	730.52	12.01
S2	12.000000	30.0000000			
R2	11.983596	30.0410667	0.0410706	730.45	11.98
K2	11.967235	30.0821373			

A Study on the Supplement of Astronomical Tidal Data

Chiung-Chu Huang¹ Beng-Chun Lee² Chia Chuen Kao³

¹ Coastal Ocean Monitoring Center, National Cheng Kung University

² Department of Environmental and Hazards-Resistant Design, Huaan University

³ Department of Hydraulics & Ocean Engineering, National Cheng Kung University

ABSTRACT

The purpose of this paper is to imitate different missing data ratio by using harmonic analysis method in order to analyze the observed long-term tide data. After comparing the retrieved data with the original data, it is shown that the supplement is reasonably acceptable when the loss of the data rate is lower than 20% or above than 60% corresponding to the data record length of one year or more than two years respectively. If the ratio of data loss is above 20% with the data record length between one and two years, the supplement cannot recover the primary amplitude for the tide component S_2 , K_1 and S_a . The reason is that the amplitude of tide components S_2 with R_2 and T_2 , K_1 with ψ_1 and S_1 , S_a with S_{sa} are mutually affected. Considering two components with close angle frequencies that constitute the resultant tide within a period of two years, it is recommended to make the supplement for two years in order to acquire better results.

Key words: harmonic method, tide component