

馬祖港福澳碼頭設計水位之探討

林達遠¹ 柯拓宇²

¹交通部運輸研究所運輸技術研究中心副研究員

²交通部運輸研究所運輸技術研究中心研究助理

摘要

本研究以馬祖港南竿福澳碼頭為對象，探討該碼頭設計水位(離島高程系統)，首先針對 2021 年 11 月起導入離島高程系統之潮位觀測資料進行統計分析工作，獲得一可信用度較佳之結果，其次再嘗試利用移動平均法 (Moving average method) 修正 2021 年 10 月前之潮位觀測資料，並結合 2021 年 11 月後之潮位觀測資料，期獲得一可做為港埠整建規劃參考之結果。

一、前言

馬祖列島特殊的環境與位置，四鄉五島間長期以來均需仰賴船運補充民生物資，航行貨運因此成為地區發展的重要依靠，鑑於船舶活動日益頻繁影響列島周邊航運安全，故密集的航線上，亟需掌握周邊海域之海氣象監測資料，始能增加港區航行之安全，為利馬祖地區港灣工程及營運安全維護之各項需求，交通部運輸研究所運輸技術研究中心(以下簡稱運技中心)先後於馬祖港南竿福澳碼頭、北竿白沙碼頭、西莒青帆碼頭、東莒猛澳碼頭及東引中柱碼頭執行海氣象調查工作，量測風力、波浪、潮位、海流及能見度等，以做為進出港航運安全管理及未來港埠整建擴充之參考。

為因應內政部 2019 年 1 月公告離島一等水準點水準及衛星定位測量成果(以下簡稱離島高程系統)，馬祖地區南竿離島高程系統基準由 2.499 公尺(2004 年公告)修正為 3.326 公尺，運技中心自 2021 年 10 月下旬將離島高程系統引測導入馬祖港南竿福澳碼頭潮位觀測系統，本研究以馬祖港南竿福澳碼頭為主要研究區域，探討該碼頭設計水位(離島高程系統)。

二、現場觀測系統

2.1 觀測儀器

本研究潮位資料係採用美國 Campbell 公司之壓力式潮位計進行觀測作業，觀測頻率以 6 分鐘紀錄 1 筆水位資料，透過無線傳輸系統，將水位資料即時回傳至運技中心海氣象資料庫，圖 1 為壓力式潮位計 CS456 示意圖、圖 2 為現場觀測系統架構圖(潮位計、風力計及能見度計)及圖 3 為馬祖港南竿福澳碼頭潮位觀測系統現場照片。



圖 1 壓力式潮位計 CS456 示意圖

圖片來源：CS451/CS456 Submersible Pressure Transducer Instruction Manual (2017/10)。

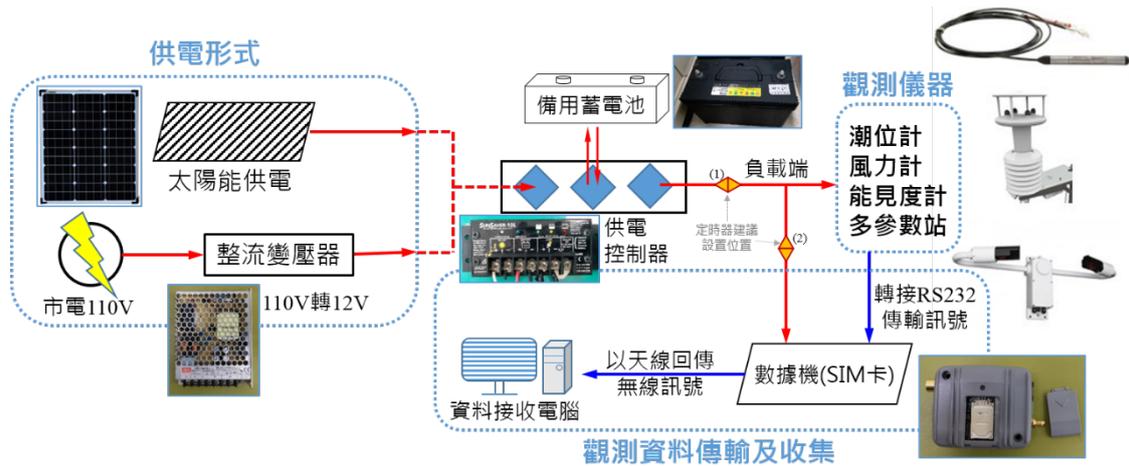


圖 2 現場觀測系統架構圖(潮位計、風力計及能見度計)



圖 3 馬祖港南竿福澳碼頭潮位觀測系統現場照片

2.2 離島高程系統

運技中心自內政部所公告之離島一等水準點引測至馬祖港南竿福澳碼頭潮位觀測系統之控制點(TIDE-NG)高程值為 2.677 公尺，水位計自碼頭平面起算，於海側入水向下深度為 -7.245 公尺，計算可得水位計探頭高程值為 -4.568 公尺，故潮位觀測資料 η (以離島高程系統)可表示如下式。

$$\begin{aligned}\eta &= H + L + \eta_0 \\ &= 2.677 - 7.245 + \eta_0 = -4.568 + \eta_0\end{aligned}$$

式中 H 為潮位觀測系統控制點高程、 L 為水位計入水深度及 η_0 為水位計觀測水位值。

三、觀測資料修正

過去潮位觀測資料常因水位計異常偏移或進行維護，前後水位計探頭高程不一致等因素，導致觀測資料遺漏或上下平移錯動，造成平均潮位不連續等現象存在，因此，本研究利用 25 小時移動平均法，嘗試修正馬祖港南竿福澳碼頭歷年潮位觀測資料(2013/12~2021/10)，將歷年潮位觀測資料平均潮位調整至趨近 0 水位，再銜接 2021 年 11 月後的潮位觀測資料之平均潮位，做為後續潮位統計分析使用。

圖 4 為 2015 年各月份馬祖港南竿福澳碼頭潮位資料歷線圖，圖中藍線為水位值及橘線為 25 小時移動平均值，顯示各月份偶而會出現上下震盪現象，但最終還是會擺盪至該月份之平均潮位，並無明顯異常處。圖 5 為 2015 年全年馬祖港南竿福澳碼頭潮位資料歷線圖，其中上圖為原始潮位觀測資料歷線圖，圖中藍線為水位值及橘線為 25 小時移動平均值，顯示自 2015 年 3 月中旬開始有向上偏移之趨勢，直至 2015 年 9 月轉變為向下偏移，造成此異常偏移現象，可能為水位計受到環境因素(如海生物生長)影響，下圖為修正後潮位資料歷線圖，藍線為修正後水位值，顯示可有效地將異常偏移現象消弭。比較圖 4 及圖 5 可知，潮位資料需長時間觀測，若觀測時間過短，資料檢核時，可能無法看出資料異常，進而造成分析錯誤。

圖 6 為 2016 年全年馬祖港南竿福澳碼頭潮位資料歷線圖，其中上圖為原始潮位觀測資料歷線圖，圖中藍線為水位值及橘線為 25 小時移動平均值，由圖可看出，在 2016 年 6 月上旬，有一明顯上下平移錯動現象存在，造成此現象原因，可能是更換前後水位計探頭高程不一致，下圖為修正後潮位資料歷線圖，藍線為修正後水位值，由圖中顯示可明確地將上下平移錯動現象修正，將水位值調整至同一平均潮位。

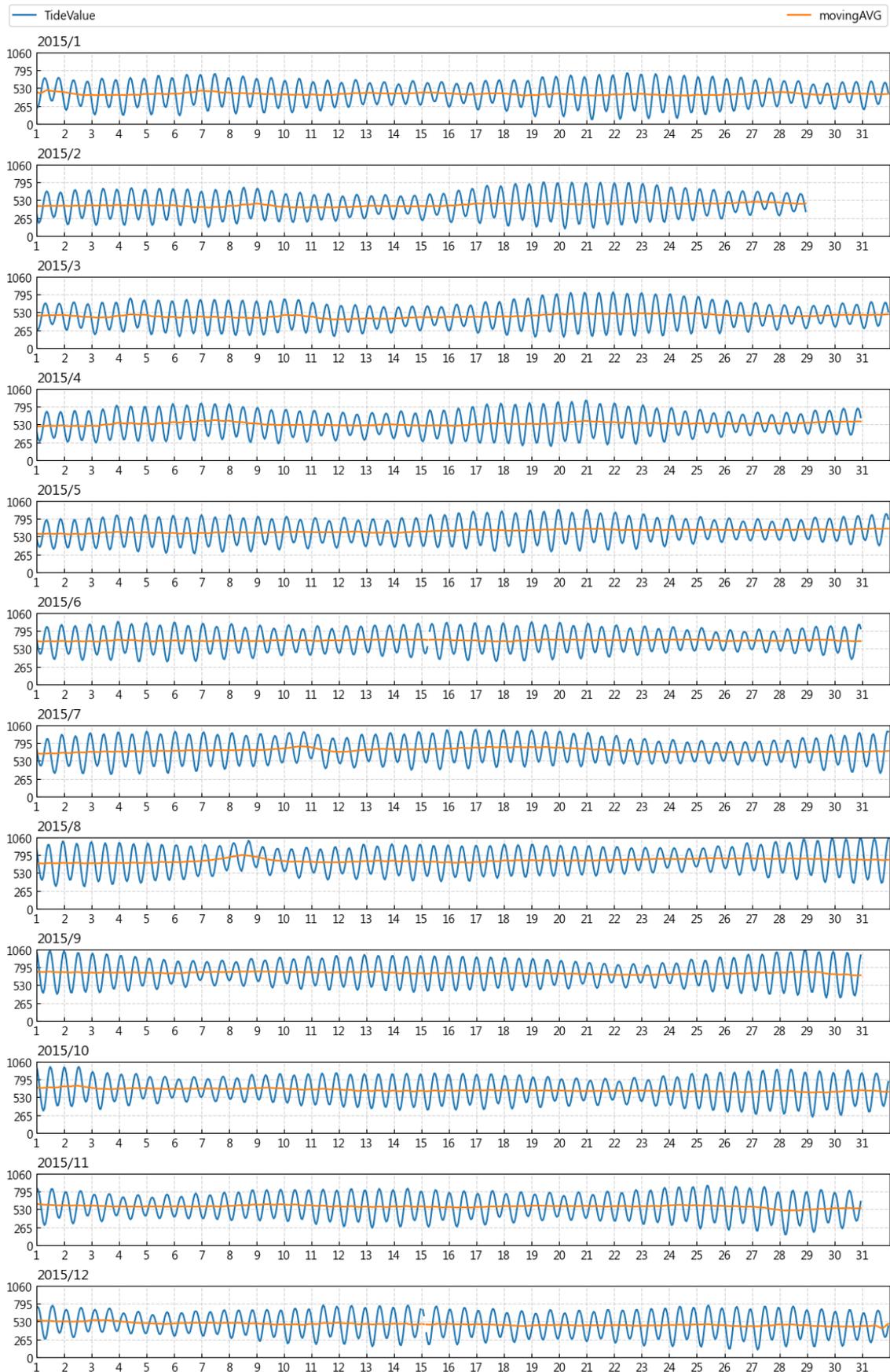


圖 4 2015 年各月馬祖港南竿福澳碼頭潮位資料歷線圖

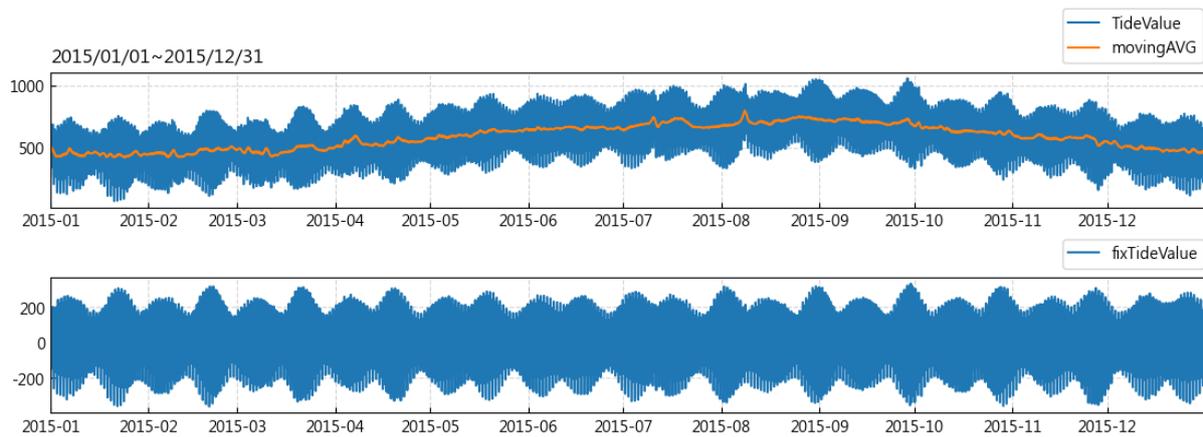


圖 5 2015 年馬祖港南竿福澳碼頭潮位資料歷線圖

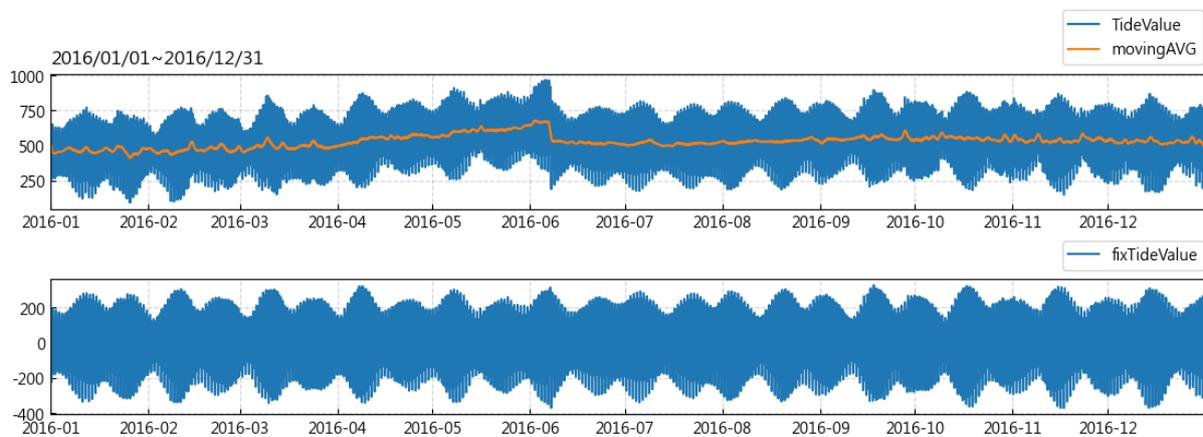


圖 6 2016 年馬祖港南竿福澳碼頭潮位資料歷線圖

四、統計分析

4.1 分析時間 2021 年 11 月至 2024 年 9 月

擷取觀測資料為 2021 年 11 月至 2024 年 9 月間之逐時潮位資料，有效觀測資料共 25,251 筆，蒐集率為 98.8%。表 1 為南竿福澳港潮位觀測統計表(2021/11~2024/9)，馬祖南竿福澳港平均潮差約為 4.292 公尺，平均潮位為 -0.245 公尺，平均高潮位為 1.879 公尺，平均低潮位為-2.408 公尺，大潮平均高潮位 2.255 公尺，大潮平均低潮位為 -2.776 公尺，最高高潮位為 3.587 公尺，最低低潮位為 -4.176 公尺。

4.2 分析時間 2013 年 11 月至 2024 年 9 月

擷取觀測資料為 2013 年 12 月至 2024 年 9 月間之逐時潮位資料，並將 2013 年 12 月至 2021 年 10 月間之潮位資料修正調整至 2024 年 11 月至 2024 年 9 月間之平均潮位，有效觀測資料共 90,371 筆，蒐集率為 95.56%。表 2 為南竿福澳港潮位觀測統計表(2013/12~2024/9)，馬祖南竿福澳港平均潮差約為 4.397 公尺，平均潮位為 -0.245 公尺，平均高潮位為 1.925 公尺，平均低潮

位為 -2.465 公尺，大潮平均高潮位 2.296 公尺，大潮平均低潮位為 -2.831 公尺，最高高潮位為 3.587 公尺，最低低潮位為 -4.176 公尺。

表 1 南竿福澳港潮位觀測統計表(2021/11~2024/9)

分析項目	潮位高程(公尺)
最高高潮位(HHWL)	3.587
大潮平均高潮位(HWOST)	2.255
平均高潮位(MHWL)	1.879
平均潮位(MWL)	-0.245
平均低潮位(MLWL)	-2.408
大潮平均低潮位(LWOST)	-2.776
最低低潮位(LLWL)	-4.176
平均潮差(MR)	4.292
最大潮差(MTR)	6.617

表 2 南竿福澳港潮位觀測統計表(2013/12~2024/9)

分析項目	潮位高程(公尺)
最高高潮位(HHWL)	3.587
大潮平均高潮位(HWOST)	2.296
平均高潮位(MHWL)	1.925
平均潮位(MWL)	-0.245
平均低潮位(MLWL)	-2.465
大潮平均低潮位(LWOST)	-2.831
最低低潮位(LLWL)	-4.176
平均潮差(MR)	4.397
最大潮差(MTR)	6.856

五、結論與建議

本研究分段擷取 2013 年 12 月至 2024 年 9 月間之馬祖港南竿福澳碼頭逐時潮位資料，其中 2021 年 11 月後之潮位觀測資料係已轉換導入內政部所公告離島一等水準點之高程系統，然而，2013 年 12 月至 2021 年 10 月間之潮位觀測資料，因水位計異常偏移或進行維護，前後水位計探頭高程不一致等因素，導致觀測資料遺漏或上下平移錯動，造成平均潮位不連續等現象存在，故利用 25 小時移動平均法，嘗試修正該段期間觀測資料，再銜接 2021 年 11 月後之潮位觀測資料進行統計分析，歸納結論與建議如下：

1. 2021 年 11 月至 2024 年 9 月間之逐時潮位資料，經統計分析結果，馬祖南竿福澳港平均潮差約為 4.292 公尺，平均潮位為 -0.245 公尺，平均高潮位為 1.879 公尺，平均低潮位為 -2.408 公尺，大潮平均高潮位 2.255 公尺，大潮平均低潮位為 -2.776 公尺，最高高潮位為 3.587 公尺，最低低潮位為 -4.176 公尺。
2. 2013 年 12 月至 2024 年 9 月間之逐時潮位資料，經統計分析結果，馬祖南竿福澳港平均潮差約為 4.397 公尺，平均潮位為 -0.245 公尺，平均高潮位為 1.925 公尺，平均低潮位為 -2.465 公尺，大潮平均高潮位 2.296 公尺，大潮平均低潮位為 -2.831 公尺，最高高潮位為 3.587 公尺，最低低潮位為 -4.176 公尺。
3. 綜上所述，本研究利用 25 小時移動平均法修正 2013 年 12 月至 2021 年 10 月間潮位資料，再銜接 2021 年 11 月至 2024 年 9 月間潮位資料之統計分析結果，與 2021 年 11 月至 2024 年 9 月間潮位資料之統計分析結果相近，惟最高高潮位及最低低潮位相同，發生時間分別為 2023 年 8 月 2 日 22 時及 2022 年 12 月 26 日 5 時，均位於 2021 年 11 月至 2024 年 9 月間，造成此結果原因，可能為利用 25 小時移動平均法僅保留週期小於 25 小時之潮波，導致修正後潮位資料無法完全保留原始潮位，以致於潮位資料偏小，因此，本研究之統計分析結果目前僅供港埠整建規劃參考使用，建議後續仍須持續進行潮位觀測，以獲得長期之潮位資料，期能進一步得到一可信度更佳之結果。

參考文獻

1. 郭一羽、湯麟武、陳陽益、張憲國、蔡清標、許泰文等人 (2001)，海岸工程學，文山書局。
2. 許泰文 (2003)，近岸水動力學，中國土木水利工程學會。