

以衛星影像分析沙腸工法應用於北門沙洲 保護

曾以帆¹ 張憲國² 陳蔚瑋³ 鄭恆志⁴ 陳衍舜⁵ 楊子阜⁶

¹ 國立中山大學海洋環境及工程學系助理教授

² 國立交通大學土木工程學系教授

³ 國立交通大學土木工程學系博士後研究

⁴ 盟鑫工業股份有限公司副總經理

⁵ 中華地工材料協會學術委員

⁶ 盟鑫工業股份有限公司副理

摘要

近十年來台南北門沙洲仍呈現向陸侵退的現象，逐漸喪失天然防潮禦浪功能，生態與漁業資源豐富的潟湖面臨威脅。沙洲的矮化易使得颱風侵襲時產生新的潮口，潮口的流速較快使得沙洲海沙流失，引發潮口持續擴大，因此亟待整治修復。傳統混凝土或塊石保護海岸之工法，除施作與維修成本高外，更衝擊自然沙洲的生態。在考量施工經濟性、生態性及功能性，台南市政府利用地工沙腸袋進行北門王爺港沙洲潮口復育工程，自民國 101 年完工後已有效修補潮口。分析北門沙洲變遷需要大量的灘線資料，往昔使用傳統的測量方法量測高程，不僅費時、費力，而且測量經費亦高。而且大多數的海岸極少長期進行地形測量，在分析海岸地形變遷時常常無實測地形資料可供判別。為要解決上述量測灘線位置之高經費及潮汐與波浪的影響問題，利用衛星遙測技術來擷取灘線並輔以波浪與潮位修正是一種新嘗試的解決方法。

關鍵詞：海岸變遷、海岸保護、潮口

Application of Geotextile Tube for Coastal Protection at Beimen Barrier using Satellite Images Analysis

I-Fan Tseng* Hsien-Kuo Chang Wei-Wei Chen Heng-Jr Cheng Yan-Shuen Chen
Tz-Fu Yang

* Assistant Professor, Department of Marine Environment and Engineering, National Sun Yat-sen University

ABSTRACT

In the recent decade, Beimen barrier in Tainan has faced noticeable landward erosion along with gradual loss of its defensive functions against tides and waves. Low barrier is easy to form new tidal inlets during the attacks of typhoons. The increase of flow velocity at the inlet leads to the washout of sand and causes the inlet to widen. Traditional methods for shoreline protection, such as using concrete construction, are costly in terms of installation and maintenance. Taking cost-effectiveness, eco-friendliness and functionality in to account, Tainan City Government chose to restore Beimen spit using geotextile tubes. The inlet has been effectively closed since the completion in 2012. For the analyses of the migration of Beimen barrier, a great deal of shoreline data are necessary. To lower the cost of traditional shoreline measurement, satellite images analysis along with correction of tidal level has been adopted to acquire the shoreline data in this study.

Keywords: Shoreline change; Coastal protection; Tidal inlet

一、前言

民國 50 至 70 年代因為經濟之快速發展，人民對生活品質要求增加，不管都會或城鄉皆面臨交通擁擠、環境污染及土地資源使用過度等問題。為解決上述問題，開發可利用土地便成為發展經濟及生活空間規劃的新方向，台灣西海岸寬闊的潮間灘地即提供新的土地規劃空間。海埔地之開發利用與陸上不同，其牽連填海造地工程技術、海埔地的管理及對鄰近環境的影響等，均需全面審慎評估。台灣地處西太平洋颱風盛行區，沿海地區常遭受颱風侵襲，長久以來海岸地區災害頻傳。又因為沿岸土地密集開發利用；各主要河川相繼整治或在上游興建水庫後，河川輸砂隨之減少，補注於河口附近海岸的沙源因之短缺；再加上沿海養殖漁業超抽地下水，造成沿海若干鄉鎮地區的地層下陷等。在自然與人為因素作用下，造成海岸侵蝕、海水倒灌及暴潮溢淹等現象，已嚴重威脅沿海居民的生命財產安全。台南濱海沙洲侵蝕與萎縮原因：歸納其主要原因如下：(1) 上游河川輸沙量減少；(2) 颱風波浪造成海岸侵蝕，掏刷之底質傳送至外海深處；(3) 興建將軍漁港，阻擋沿岸輸砂；(4) 興建曾文水庫，阻絕曾文溪輸砂；(5) 地層下陷。

許等 (2005) 根據民國 40 年至 90 年之實測地形及海岸線資料配合歷年潮汐資料，重新套疊繪製歷年低潮灘線 (-1m) 及海岸線 (0m) 變化，以分析海岸線變遷情形。所引用之相關報告及圖資來源包括聯勤測量處、行政院海埔會、土地開發資源委員會以及水利局等。本研究引用水利規劃試驗所重新繪製之海岸線資料，進一步探討分析歷年海岸線變遷情形。

北門王爺港沙洲位於急水溪出海口南側，長度約 6.5 km。根據水利規劃試驗所之調查資料，王爺港沙洲由民國 51 年至 91 年間低潮灘線 (-1 m) 變遷情形，如圖 1 所示。根據圖 1 之地形資料等間隔選取五個斷面，計算北門海岸歷年來低潮灘線侵蝕幅度，如表 1 所示。結果顯示民國 51 年至 69 年間北門海岸呈現全面侵蝕情形，其中斷面 3 侵蝕幅度高達 367 m。民國 69 年至 82 年間北門海岸沿岸則侵蝕互現，幅度由 -52 m 至 +92 m 不等。民國 82 年至 91 年間北門海岸沿岸亦為侵蝕互現，幅度由 -60 m

至 +25 m 不等。綜合歷年來北門海岸之低潮灘線變化，民國 51 年至 91 年間北門海岸呈現全面侵蝕情形，平均每年侵蝕幅度達 5.3 m/year。

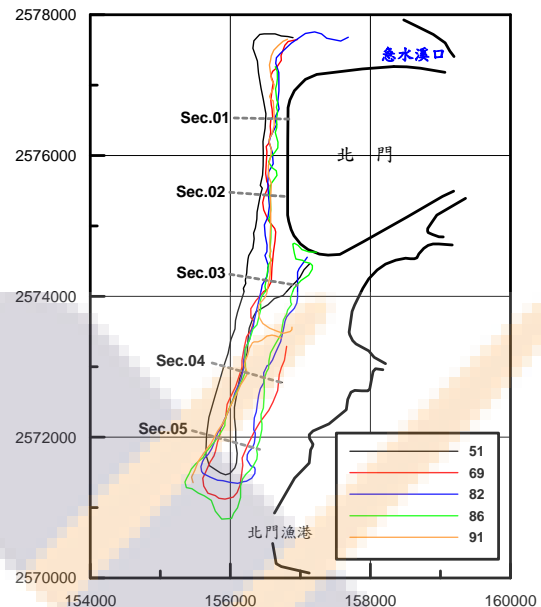


圖 1 北門海岸歷年低潮灘線比較 (許等, 2005)

表 1 北門海岸歷年低潮灘線比較 (許等, 2005)

年度	51~69	69~82	82~91	51~91
Sec.01	-82	-52	+14	-120
Sec.02	-62	-52	-34	-148
Sec.03	-367	+92	-57	-332
Sec.04	-249	-32	-60	-341
Sec.05	-180	+35	+25	-120

註：+表淤積，-表侵蝕；單位：米。

民國 90 年代北門海埔地外的防風林沙灘及北門王爺港沙洲，仍呈現逐年向陸侵退的趨勢，沿海的沙洲因矮化而侵蝕，逐漸喪失天然防潮禦浪功能，生態與漁業資源豐富的潟湖面臨威脅。另沙洲的內移使得潟湖嚴重淤積，沙洲的矮化更使得每當颱風過境便會產生新的潮口，潮口的流速因潮位升降而引發較快之潮流，進而使沙洲海沙流失，潮口持續擴大，因此亟待整治修復。經濟部水利署第六河川局與台南市政府早年採用竹椿養灘定砂及太空包方式施作，於部份地區雖有效果顯現，然於潮口流況較為劇烈，始終無法有效修補封口。民國 100 年 7 月現勘時發現，潮口寬度可達 100m，若不盡快進行沙洲搶修復育工程，潮口將持續擴大。

傳統混凝土或塊石保護海岸之工法，除施作與

維修成本高外，更需大型吊掛機具施工，更衝擊自然沙洲的生態。在考量施工經濟性、生態性及功能性，台南市政府利用土工沙腸袋進行北門王爺港沙洲潮口復育工程，潮口施工後由瀉湖區抽沙，堆置於沙腸袋後進行養灘復育（兩層三顆沙腸長度共420m），平面配置圖如圖 2 所示（盟鑫公司提供）。自民國 101 年 5 月完工後已有效修補潮口，並有顯著之養灘效果。本工法由於施工機具簡便（僅需抽砂泵浦及小型船舶），取用現地沙源填灌，對環境衝擊影響最小，可同時解決養灘及消減波能等問題（曾、李，2015；曾等，2016）。若以 Google Earth 影像進行土工沙腸袋施作前後北門沙洲海岸線比較，可明顯看出原潮口已成功封口，如圖 3 所示。

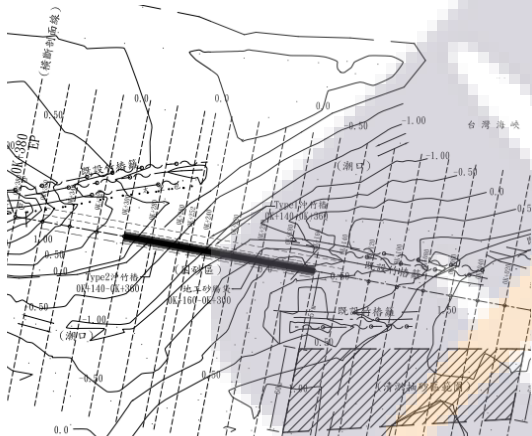


圖 2 北門沙洲潮口復育工程配置圖（盟鑫公司）

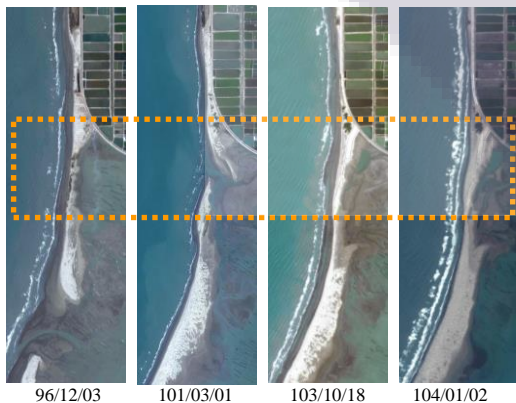


圖 3 土工沙腸袋施作前後沙洲比較（Google Earth）

分析北門沙洲變遷需要大量的灘線資料來進行分析，往昔使用人力由傳統的測量方法定位及量測高程，不僅費時、費力，而且測量經費亦高。而且大多數的海岸極少長期進行地形測量，在分析海岸

地形變遷時多無實測地形資料可供判別。為要解決上述量測灘線位置之高經費及潮汐與波浪的影響問題，利用新科技的遙測技術來擷取灘線並輔以波浪與潮位修正是一種新嘗試的解決方法。

本研究根據高解析度衛星影像進行水線辨識，評估以沙腸工法應用於北門沙洲保護之成效，期望可大幅減低對海岸景觀之影響，且工程成本較低且施工過程對環境的影響較小。本研究將可提供海岸主管機關後續在海岸保護實際規劃上之參考。

二、研究方法

衛星遙測技術可避免往昔使用人力的傳統測量方法，改善費時、費力，而且測量經費亦高的問題。除可快速量測大區域的海岸線，亦能避免潮汐及波浪在測量期內可能造成海岸線改變造成的誤差，本研究採用 SPOT-5~7 及 FORMOSAT-2 衛星的影像資料來進行分析，空間解析度 2.5m 以下，涵蓋資料範圍為民國 96~106 年。

在選用衛星影像資料時同時考量兩個原則，一為影像中灘線的可辨識程度，另一為影像拍攝的時間點。影像中灘線的可辨識程度可由拍攝當時的雲量來做評估，視當時雲量及分布是否會影響到灘線位置的定位；另外影像拍攝的時間點由於海岸潮汐變化的影響，會使得灘線位置有所不同，故在申購前先以 Matsumoto (1995) 所建立的 NAO.99b 潮位推估模式進行估算，盡可能避免採用潮位差異較大的影像資料（曾等，2015；李等，2015；曾等，2016）。首先篩選出的可辨識率高的無雲影像，選擇潮位較接近平均潮位的影像進行申購，所申購的衛星影像資料如表 2 所示。

表 2 本研究所申購的衛星影像資料

衛星名稱	影像拍攝時間	空間解析度 (m)	潮位 (m)
FORMOSAT-2	96/02/11	2.0	-0.08
FORMOSAT-2	97/01/03	2.0	0.02
SPOT-5	99/02/23	2.5	0.02
FORMOSAT-2	100/02/22	2.0	-0.03
FORMOSAT-2	101/04/01	2.0	0.07
FORMOSAT-2	102/03/06	2.0	0.00
SPOT-5	103/02/18	2.5	0.03
FORMOSAT-2	104/04/13	2.0	-0.01
SPOT-6	105/03/07	1.5	0.00
SPOT-7	106/03/22	1.5	0.03

本研究所申購之影像已經幾何空間校正以避免衛星拍攝傾角等因素所造成的偏差，但由於每張衛星影像圖因拍攝時的地表天候或天體相關位置不同而會有不同的拍攝條件，每張衛星影像由於拍攝時光量以及氣候的不同，在全色態影像的亮度與對比上會有明顯的差異，且因為地表天候以及天體相對位置的不同，其差異程度也無法以簡單的線性調整來做標準化，故本研究以直方圖等化、影像強化以及邊界擷取三個前置處理來獲得衛星影像中的灘線位置 (陳，2010)。

三、結果與討論

本研究選用 2007~2017 年共十個時段進行沙洲變遷分析，圖 4 為各年度水線辨識結果，圖中顯示北門沙洲在近 11 年內有相當大的變化，北側的王爺港汕出現缺口與復合的情況。本研究進一步針對六個年度沙洲水面以上的灘地區塊進行評估，並將各區塊分開進行面積估算，如圖 5 與表 3 所示。

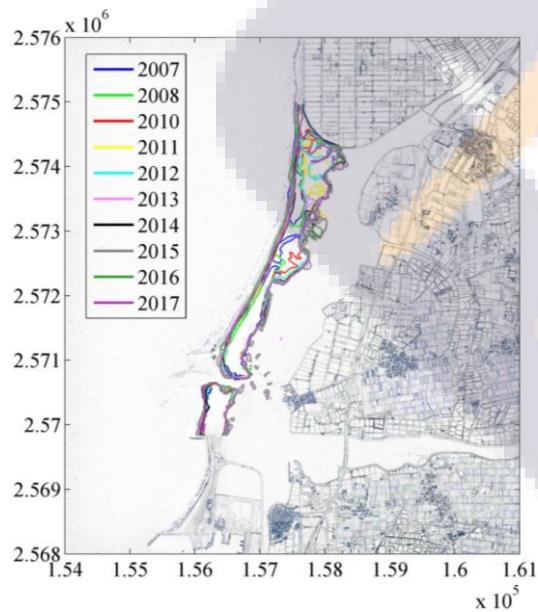


圖 4 各年度沙洲水線辨識結果

圖 5 中 2008 年王爺港汕分為紫色與紅色二區段，南側青山港汕則為綠色。2010 年王爺港汕北端出現新的潮口，但中段缺口則復合、寬度增加 (紅色)。2011 年王爺港汕中段 (紅色)，靠陸側出現許多露出水面的淺灘。2012 年王爺港汕北段 (紫色) 面積增加，中段 (紅色) 露出水面的淺灘減少，北

潮口處隱約可見地工沙腸袋外形。2013 年王爺港汕北段與中段 (紫色) 已經合為一體。因王爺港汕沙洲潮口復育工程是在 2012/05 完工，故 2011/02、2012/04、2013/03 此三幅衛星各在施工前、中、後拍攝。由表 3 各區塊的面積變化結果可知，2011、2012、2013 年間王爺港汕沙洲呈現先侵後淤，總面積各為 1278808、1173964、1785088m²，顯見此沙洲潮口復育工程的成效。青山港汕在這幾年間外形與面積變化不大，2008 年至 2014 年間侵淤互現，總面積變化量為+4993m²。

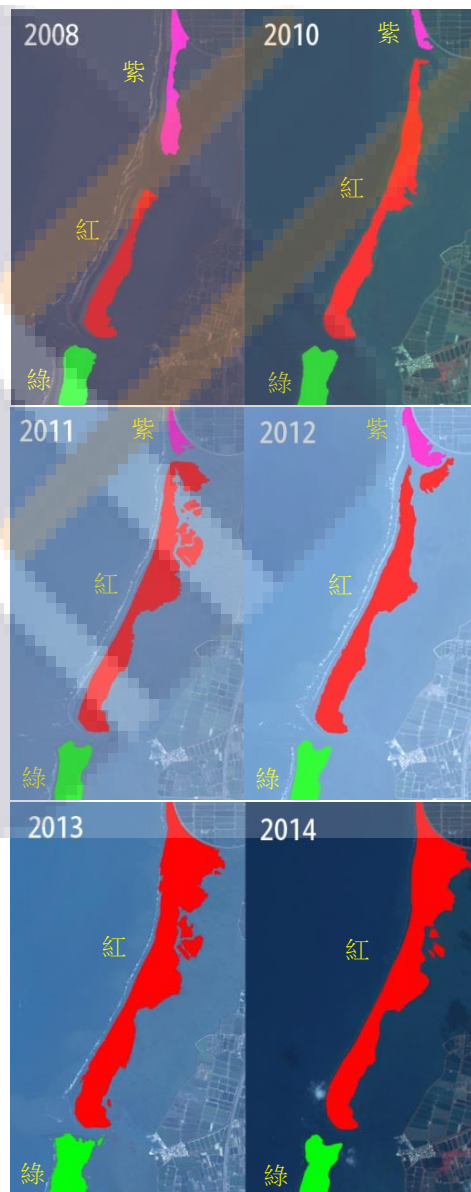


圖 5 各年度面積估算區塊 (2008~2014 年)

表 3 各區塊面積估算結果 (2008~2014 年)

時間	王爺港汕 (m ²)		青山港汕 (m ²)	總面積 (m ²)
2008	275844 紫色區塊	422196 紅色區塊	269720 綠色區塊	967760
2010	64625 紫色區塊	871856 紅色區塊	286763 綠色區塊	1223244
2011	77612 紫色區塊	1201196 紅色區塊	267308 綠色區塊	1546116
2012	170568 紫色區塊	1003396 紅色區塊	266484 綠色區塊	1440448
2013	1785088 紅色區塊		337004 綠色區塊	2122092
2014	1525681 紅色區塊		274713 綠色區塊	1800394

四、結論

本研究根據高解析度衛星影像進行台北門王爺港汕沙洲水線辨識，由海岸變遷情形評估沙腸工法應用於沙洲保護之成效。由施工前、中、後拍攝的衛星比較可知，地工沙腸袋設置完後已有效修補潮口缺口，達到潮口養灘復育目的。沙腸工法亦可大幅減低對海岸景觀之衝擊，且工程成本較低且施工過程對環境的影響較小。本研究可提供海岸主管機關後續在海岸防護規劃上之參考。

謝誌

本論文係科技部專題研究計畫「以衛星影像分析沙腸工法應用於北門沙洲保護」(編號 MOST 105-2625-M-110-001-) 之研究成果，承蒙科技部經費之補助使本研究得以順利完成，謹致謝忱。

參考文獻

1. 許泰文、許榮中、李兆芳、簡仲和、藍元志、曾以帆(2005)海岸開發後對地形變遷影響機制分析研究(鰲鼓至曾文溪口)(總報告)，經濟部水利署水利規劃試驗所。
2. 陳蔚瑋(2010)衛星影像的灘線辨識及其應用至灘線變遷之研究，國立交通大學土木工程學系博士論文。
3. 曾以帆、李忠潘(2015)地工沙管應用於海岸保護，科技部 MOST 103-2622-E-110-013-CC3。
4. 曾以帆、李忠潘、陳陽益、薛憲文、張憲國、

- 陸曉筠、廖賢波、藍國華(2015)金門海堤設施環境改善規劃(南岸、東北角)，經濟部水利署第八河川局。
5. 李忠潘、曾以帆、陳陽益、薛憲文、陸曉筠、張憲國、黃偉柏、廖賢波、藍國華(2015)澎湖縣隘門海岸人工岬灣規劃，經濟部水利署第七河川局。
6. 曾以帆、李忠潘、陳陽益、薛憲文、陸曉筠、張憲國、黃偉柏、廖賢波、藍國華(2015)澎湖海岸防護基本資料調查及海堤高度降低之可行性研究(1/2)」，經濟部水利署第七河川局。
7. 曾以帆、李忠潘、陳陽益、薛憲文、李芳承、藍國華(2016)屏東縣墾豐海岸離岸堤群改善研究，經濟部水利署第七河川局。
8. 曾以帆、鄭恆志、李忠潘、林義復、李芳承、王育崇、翁瑞成(2016)「地工沙管應用於海岸保護」，第三十八屆海洋工程研討會論文集，第 178-183 頁。
9. Matsumoto, K., Ooe, M and Sato T. (1995) Ocean Tide Model Obtained from TOPEX/POSEIDON Altimetry Data, *Journal of Geophysical Research*, 100, C12, 25319-25330.