



自然解方於外傘頂洲防護應用

經濟部水利署中區水資源局局長（前第五河川局局長）/ 莊曜成

經濟部水利署第五河川局簡任正工程司 / 林宏仁

經濟部水利署第六河川局研究員（前第五河川局規劃課課長）/ 徐立昌

經濟部水利署第五河川局規劃課副工程司 / 甘芳亘

關鍵字：外傘頂洲、自然解方（NBS）、沙洲侵蝕防護

摘要

外傘頂洲不僅是嘉義沿海養殖產業主要屏障，同時是嘉義沿海重要防護沙洲。惟多年來因颱風暴潮、水道治理、沿海土地開發及相關設施興建等影響，外傘頂洲在沙源補助減少及海潮作用下，逐漸侵蝕淺化。為減緩外傘頂洲侵蝕速率，內政部整合外傘頂洲沙灘流失問題，擬定「防止外傘頂洲沙灘流失整體防護計畫」，並分短、中、長期計畫處理。水利署第五河川局依計畫分工，採用NBS方法（Natural Based Solution），執行河口與海岸疏濬補充海岸沙源計畫，並採用自然材料建置長短突堤、排樁與3種沙洲攔沙工，除了增加海岸防護能力外，並利用海岸的自然廢棄材料，達到生態環境與沙洲防護雙重效益。

一、前言

（一）外傘頂洲變動歷程

依據前臺灣省土地資源開發委員會在民國62年[1]報告指出，雲林海岸在17及18世紀即有沙洲島群存在，但海岸並未出現瀉湖與沼澤。早期雲林海岸沙洲地形發達主要係因濁水河流域沙源豐富，在濁水溪未整治前，上游泥沙成扇狀沿北港溪、舊虎尾溪、新虎尾溪等河道輸往雲林海岸，遂有當年海岸沙洲羅列景象；其中主要沙洲，包含台西鄉外海豐島、四湖鄉外海箔子寮汕、統仙洲，以及口湖鄉外海外傘頂洲，嗣因東北季風由北往南漂沙影響，沙洲逐漸往南移動。

前臺灣省水利局在民國70年[2]綜合1900



年到1980年間，歸納出雲林海埔地地形變遷特性略以：1911年為分界，1911年日本人治理北港溪等五大河川以前，濁水溪河口海埔地僅止於崙子頂西方，當年台西港為水深超過10公尺之天然良港。1911年濁水溪治理後，海埔地逐年向南伸展，到1947年延伸至舊虎尾溪口西方，1962年延伸到三條崙港西方，1981年延伸到箔子寮漁港西方。前後80年間海埔地在雲林縣境內合計南伸12公里，即每年平均南移150公尺。後因濁水溪上游沙源全數由濁水溪入海，北港溪等河川排出沙源銳減，海岸沙洲遂逐年往陸地方向靠近，沙洲面積逐年縮小。分析1920~1979年約60年期間，外傘頂洲後退約3.9公里，平均每年

後退距離約65公尺；此期間沙洲面積減少約6,300公頃，估計每年侵蝕量在1,000萬立方公尺。

另依據國家海洋研究院報告[3]，整理1985至2019年期間，外傘頂洲變遷相關研究如表1；相關研究報告說明外傘頂洲1980年以後變動趨勢，呈現逐年往南、往陸側移動，且沙洲面積逐漸縮減。1984~2022年期間，外傘頂洲灘線與面積變化如圖1與圖2所示，顯示沙洲東半段臨北港溪口位置退縮較慢，西半段接近澎湖水道灘線退縮較快，且越接近沙洲西南端之灘線退縮越明顯。2014年外傘頂洲西端出現缺口，此後缺口逐漸擴大，西

表 1 1985~2019 年期間外傘頂洲變遷之研究成果摘錄

研究報告	研究方法	研究成果
林銘崇、莊文傑，(1985)「外傘頂洲地形變遷之研究」[4]	由古地圖、衛星影像及河口海岸地形數值模式，預測外傘頂洲未來變化	於 1932~1982 年間，外傘頂洲北段平均每年大約向南漂移 250 公尺。
吳啟南、李元炎、彭森祥，(1992)「遙測應用於外傘頂洲的變遷分析」[5]	衛星影像	1973~1982 年間向南漂移速度更快，平均每年向南移動約 500 公尺，且沙洲面積估計減少 200 平方公頃。
顏志偉、張恆文，(1999)「外傘頂洲對近岸地形變遷影響之研究」[6]	數值模擬 (COMOR 海岸地形變遷模式)	模擬一年及五年後之地形變化，模式中分別考慮潮流、北方入射波及西南入射波之影響後，結果顯示，箔子寮沙洲會向南及本土陸地方向移動，然因離島工業區之存在可能使南移之箔子寮沙洲無法依照原先移動速率於未來補充沙源於外傘頂洲，而外傘頂洲南方端點有持續成長之趨勢，其平均輸沙量之方向由潮流所控制，一部分之淤沙往北延散，另一部分淤沙則藉由折射波及繞射波繞過南端往南移動聚積成尾洲。
張憲國、陳蔚璋 (2005)「以衛星影像探討外傘頂洲的海灘變遷」[7]	以 1993~2004 年 SPOT 衛星影像進行分析	於 1993~2004 年期間，海側及陸側皆有向臺灣本島靠近的陸化現象。海側陸化速度較陸側為快。西南側的陸化速度較東北側為快，故外傘頂洲本體呈以逆時鐘方向旋轉，並有向東南延伸趨勢。陸側灘線上游與下游部分之變化，各以平均速度 26.49 與 79.56 m/year，往臺灣本島方向靠近，若灘線變遷趨勢不改變情況下，則上游及下游部份將分別於 2103 年及 2178 年與臺灣本島相連。



研究報告	研究方法	研究成果
經濟部工業局 (2013)「雲林離島式基礎工業區永續環境管理計畫」[8]	以 1984 年至 2013 年外傘頂洲測量資料進行分析	自 1982 年起灘線位置即呈現退縮的趨勢，東半段灘線位置退縮較慢，西半段灘線退縮較快。 1982 年至 2004 年期間，外傘頂洲北岸灘線後退速率小於 100 公尺 / 年，其中外傘頂洲西端沙嘴位置，在 2004~2010 年期間每年平均後退速率達到 256 公尺 / 年，在 2010~2013 年期間後退速率達 252 公尺 / 年。 由 2003~2013 年期間沙洲面積變化（高程 -0.5 m 以上）資料顯示，於 2003~2011 年期間，外傘頂洲面積由 4445.8 公頃縮減至 1541.8 公頃，每年平均縮減約 363 公頃，迄至 2013 年時面積僅餘 1281.04 公頃。 由各高程級距面積變化資料情形知，2003 年時高程大於 1 m 之沙洲面積尚有 548.76 公頃，至 2011 年時僅餘 41.24 公頃，顯示外傘頂洲沙洲脊線，於該期間內明顯侵蝕。
外傘頂洲變遷對嘉義海岸防護影響之研究 (2014) [9]	以 1993 年至 2014 年外傘頂洲測量資料進行分析	臨西側海岸線整體大致往東側移動約 0.11~3.55 公里。臨東側海岸線整體大致往東側移動約 0.25~3.31 公里。由 1999 年以後沙洲面積變化資料，進行二次曲線回歸。若沙洲面積縮小趨勢不變，則依沙洲面積變化曲線推算結果，於 2028 年以後沙洲高度將沒入 EL.0 m 以下
張憲國、賴昇齊、陳蔚璋 (2017)「應用衛星影像的水線辨識於外傘頂洲的灘線變遷」[10]	衛星影像 SPOT-5、SPOT-6 及 SPOT-7 (2007~2015)	以 2007~2015 年的陸地面積被侵蝕速率，可預測外傘頂洲的陸地將於 2060 年完全低於平均潮位而淪為潛沒沙洲。
彭新雅、曾國欣、錢樺、陳彥欽 (2019)「運用多時期衛星影像探討外傘頂洲變遷」[11]	衛星影像 Landsat-5/-7/-8、SPOT-2/-4/-5/-6/-7 以及 Sentinel-2 (1984~2015)	根據 1990~2018 年衛星資料分析，外傘頂洲體積變化量從 18.8 百萬立方公尺減少為 10.3 百萬立方公尺，沙洲移動速率為 78.7-221.3 m yr ⁻¹ ，其中沙洲南端移動速度大於北端，且預計 2048 年前後沙洲本體會向鰲鼓濕地淤積。

資料來源：國家海洋研究院 (2020)「雲嘉海岸 (外傘頂洲) 侵退防治研究委託專業服務案」[12]

端沙洲於 2017 年沉沒海平面下，然而 2018 年沙洲東南端出現新的浮動沙洲且與東半段沙洲接合。

由歷年外傘頂洲北側灘線位置，分析 1984~2004 年期間沙洲每年後退速率約 100 公尺；2004~2010 年期間西半側每年後退速率達 256 公尺，顯示沙洲高程降低陸域面積縮小後，沙洲後退速率呈現加快趨勢。統計 1984 年至 2021 年期間沙洲灘線變化，整體沙洲往南移動約 3.5 公里，最南端灘線往東約移動 6 公里，平均每年後退速率為往南移動 95 公

尺，往東移動 162 公尺，整體沙洲呈現逆時鐘方向持續向嘉義海岸靠近。

(二) 外傘頂洲防護工作面臨挑戰

由往昔文獻研究，分析外傘頂洲灘線往南後退侵蝕主要因為漂沙來源不足，加上冬季期間東北季風引致的沿岸流與劇烈風沙搬運，加速外傘頂洲南移速率。此外，颱風過境伴隨強浪所產生的越洗作用，容易使沙洲陸域淺化。因此，外傘頂洲侵蝕防護工作，除了必須同時對抗沿岸流、風吹沙與波

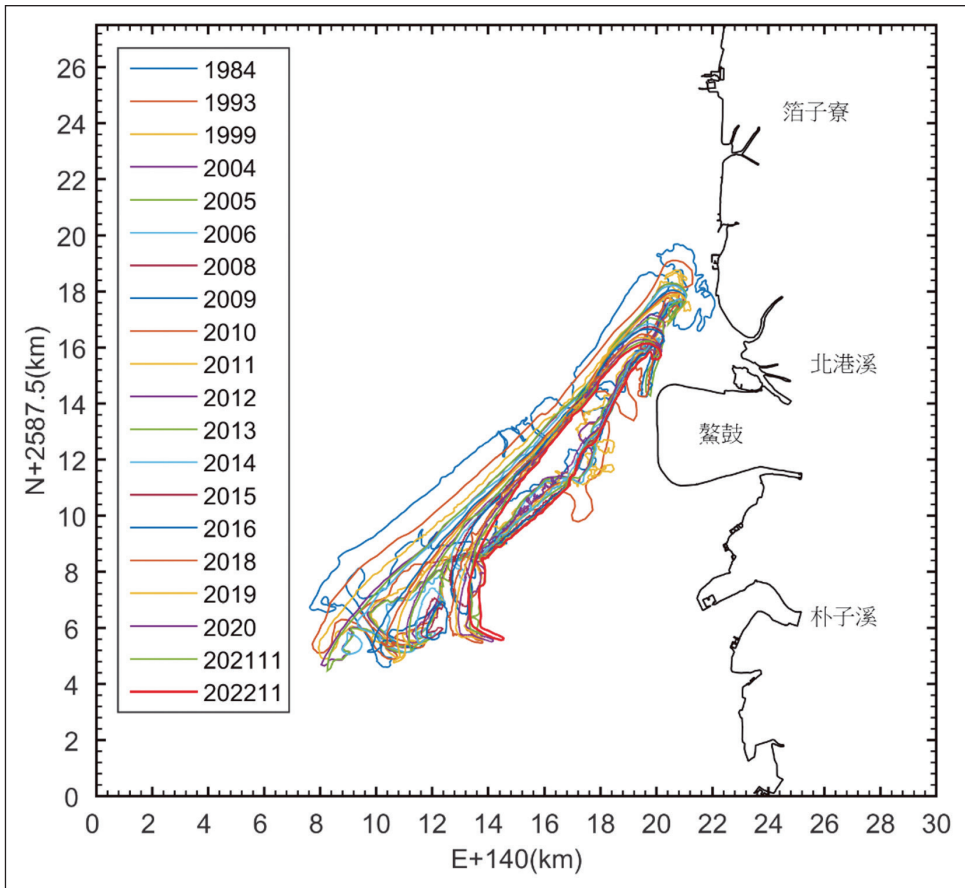


圖 1 1984~2022 年期間外傘頂洲灘線變化

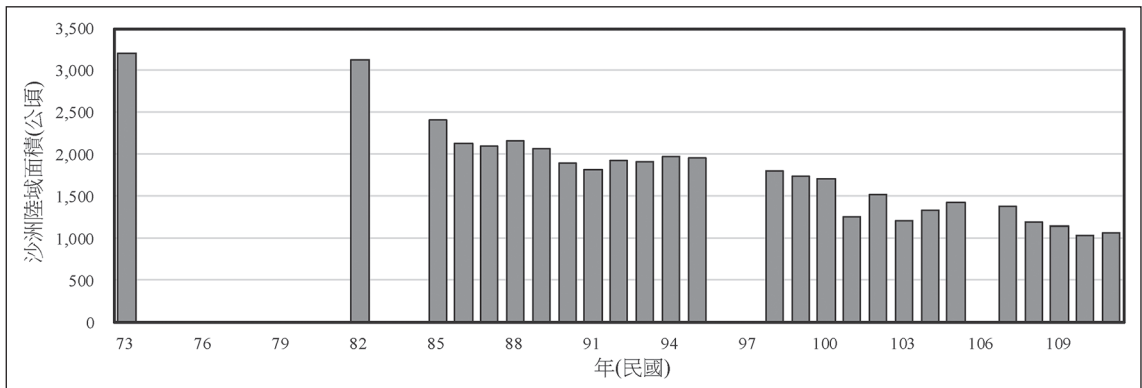


圖 2 1984~2022 年期間外傘頂洲陸域 (0 m 水深線) 面積變化

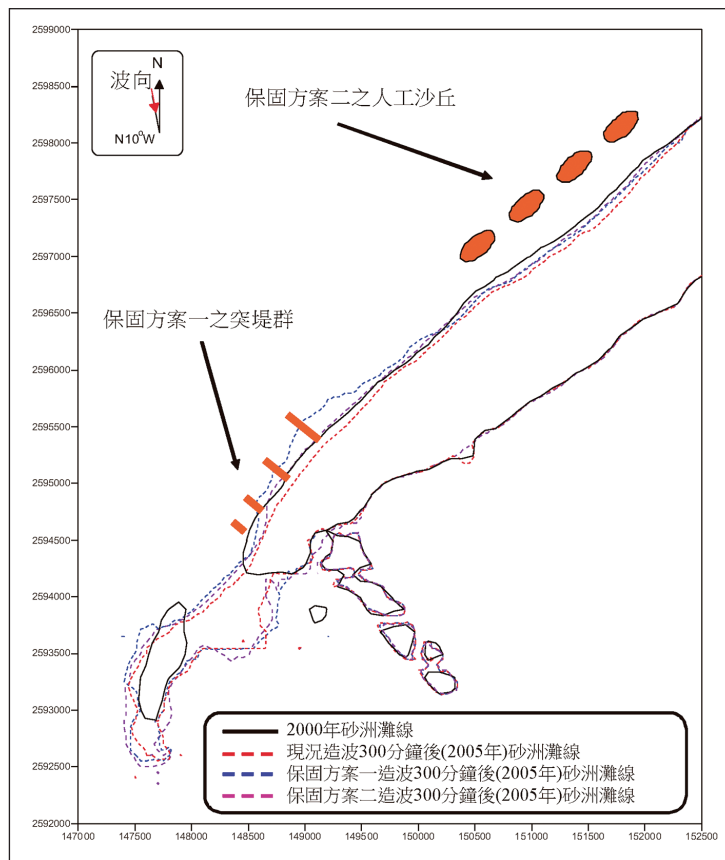


浪越洗作用外，還要設法補充漂沙來源以穩定沙灘。

雲林縣政府曾於民國45年間在外傘頂洲上進行約50公頃的植栽造林工作，試圖降低風吹沙影響；然因保護措施不足，林木終被侵襲摧殘。爾後，林務局採用編籬定沙方式結合管草、馬鞍藤等地被植物進行防風定沙工作；然仍無法承受強風、飛沙、鹽霧與乾旱危害，最終仍告失敗。民國77年間，雲林

縣政府再度於外傘頂洲進行植栽造林，然林木存活率低造林計畫仍宣告失敗。

在沙洲灘線防護對策上，嘉義縣政府於民國91年委託成功大學辦理水工模型試驗 [13]，在沙灘保護措施對策上，採用地工沙管突堤群及潛沒人工沙丘（參圖3配置）進行水工模型試驗。該試驗結果顯示，在外傘頂洲灘線穩定上，地工沙管突堤群較潛沒人工沙丘可以達到更佳防護效果。此外，基於



資料來源：郭禮安等人 (2003)「外傘頂洲保護措施進行數值分析與水工模型試驗之研究」 [13]

圖 3 外傘頂洲保固方案配置



過去植栽造林計畫失敗經驗，該研究報告在飛沙防治對策上，建議採用植物演進工法配合沙丘重建，分階段分不同樹種進行植栽計畫，並以堆沙回復沙丘高度。

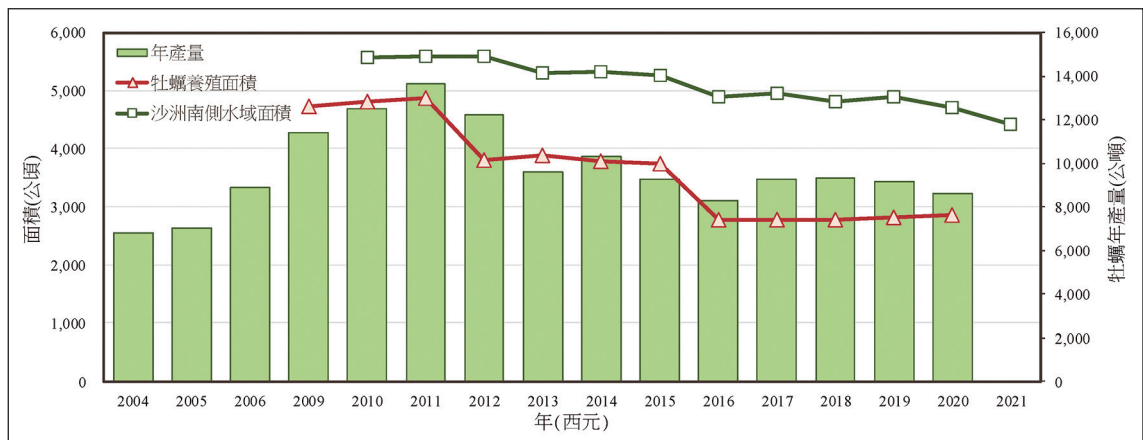
(三) 外傘頂洲沙灘流失對東石海岸養殖環境影響

依嘉義縣政府調查資料[14]顯示，位於外傘頂洲東側的養殖水域，因為外傘頂洲變遷對當地養殖環境之衝擊，包括沙洲往內側移動使得水域淤淺，養殖面積逐步縮小，沙洲高度淺化後波浪由西側越過沙洲進入東側水域機率增加，影響水域靜穩度；諸多因素加總後，將嚴重影響外傘頂洲東側水域牡蠣產量與品質；水域面積以及牡蠣單價變化情形如圖4所示，2009年養殖面積約有4,720公頃，至2020年減少至2,863公頃，每年約減少155公頃。圖5是2021年9月外傘頂洲東側水域

內牡蠣養殖型式分佈範圍，由蚵架型式分佈研判，外傘頂洲變遷影響首當其衝的是潟湖西南側緊鄰沙洲內側水域；該區域現階段多以浮棚式蚵架為主，在2019年調查時該區域仍存有少部分平掛式蚵架，訪查得知該區域蚵架受沙洲東移的影響而遭到掩埋，且浮棚式養殖區域水面靜穩度變差，蚵架受損率亦增加。至於沙洲東半內側水域，受沙洲高度潛沒內移影響，波浪越波機率增加，導致養殖水域靜穩度惡化，養殖區水域面積變化，同時影響養殖區底質特性、浪高、流速、懸浮質濃度、細菌相、生態、水溫、鹽度及水質等條件，致牡蠣產量、產值、產業規模、品質以及養殖方式均產生變化。

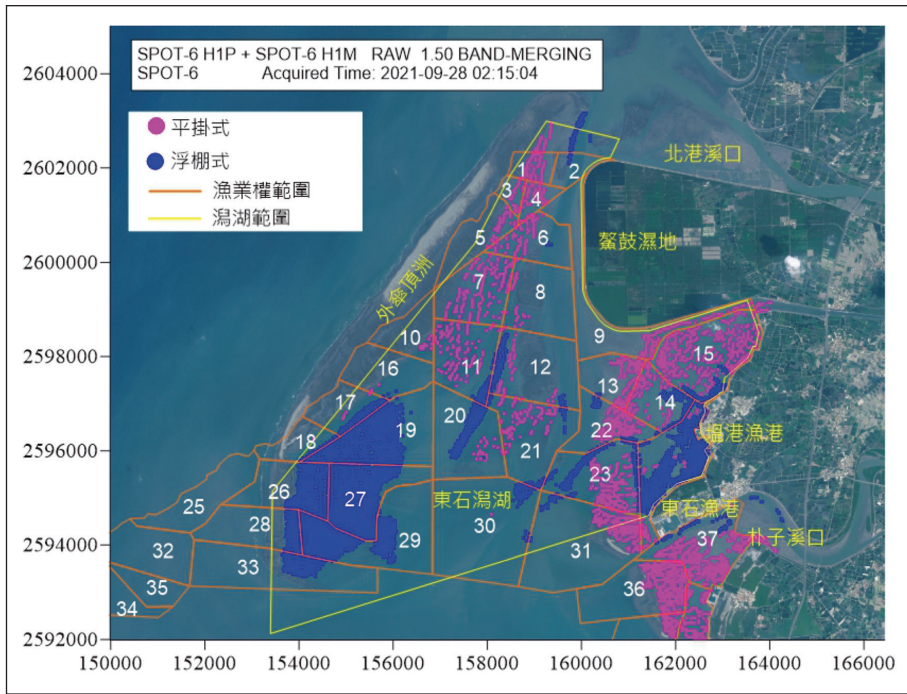
二、外傘頂洲沙灘侵蝕整體防護策略

外傘頂洲侵蝕問題存在已久，過去單純辦理植栽造林工作較無明顯成效，且沙洲侵



資料來源：嘉義縣政府（2021）「嘉義縣東石海岸濕地沙洲與潟湖變遷監測計畫」[14]

圖 4 2009~2020 年嘉義沿海牡蠣養殖面積及單價變動



資料來源：嘉義縣政府（2021）「嘉義縣東石海岸濕地沙洲與潟湖變遷監測計畫」[14]

圖 5 2021 年 9 月東石潟湖內牡蠣養殖型式分佈概況

蝕防護以及衍生的問題涉及跨部會權責。民國109年海洋委員會曾召開跨部會協調會議，整合各類議題並進行相關研究。海洋委員會依據相關研究結論，向行政院公共工程委員會反映權責單位必須採取應急保護措施，爾後行政院公共工程委員會召開數次「研商外傘頂洲沙灘流失問題因應對策協調會議」，依據會議結論請內政部整合外傘頂洲沙灘流失問題與因應對策，隨後內政部提出「防止外傘頂洲沙灘流失整體防護計畫」，並研擬短、中、長期因應措施，及各部會負責執行分工項目、工作內容、經費等具體執行計畫。整體防護工作內容與執行區域參見

圖6，工作方法依據水利署建議主要採用NBS方法，以近自然海岸養灘為主要手段；輔以海岸滯沙與沙洲攔沙工，以及植栽定沙等方法。海岸養灘料源主要來自河口、海岸、港灣等區域淤沙疏濬，藉以達到土沙回收再利用目的。滯沙工與攔沙工以自然材料竹子與生物材料蚵殼為主，除降低對沿岸水流攔阻外，亦可達到生態環境保育，以及廢棄蚵架、廢棄蚵殼再利用目的。

綜合而言，沙灘流失整體防護計畫內容的計畫目標有下列五點：

1. 防治海岸災害：保護民眾生命財產安全，

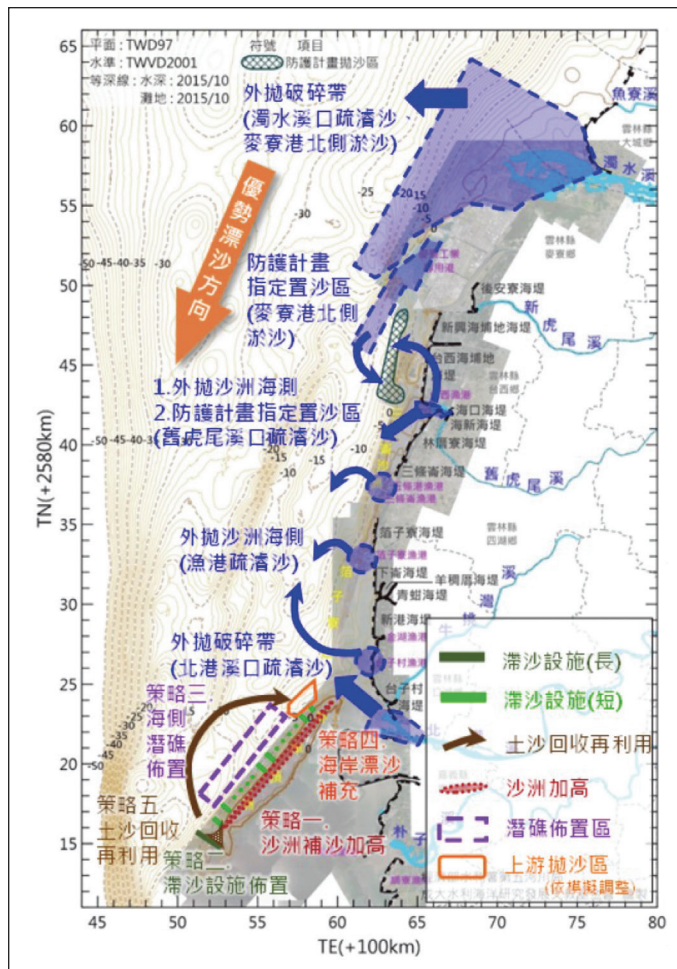


圖 6 外傘頂洲整體防護工作規劃示意圖

降低天然災害造成之損失與影響。

2. 維繫動態平衡：同時解決工業區或港區淤沙與海岸侵蝕問題，使沿岸輸沙量供需達到平衡狀態，穩定外傘頂洲沙灘。
3. 海岸零損失：利用人工養灘工法培育沙洲寬度，以提升海灘消浪能力，減緩沙洲侵蝕退縮速度，以回復近自然海岸。
4. 保護養殖產業：保護養蚵產業安全及減少

娛樂漁業影響。

5. 持續監測：藉由長期海岸地形之監測成果，作為預測或預警海岸地形變遷趨勢及納為因應措施調整之參考。

三、自然解方（NBS）的應用

水利署第五河川局針對外傘頂洲海岸沙



源不足、沿岸流漂沙不足，以及波浪越洗作用等3種沙洲侵蝕機制，分別擬定公私協力3種沙洲攔沙工、人工養灘、突堤滯沙設施等NBS方法；其中，河口疏濬養灘工程與海岸滯沙工程仍在辦理中，而沙洲攔沙工於111年度試辦3種工法，總長度雖然僅有135公尺，然實施半年後已略顯成效。

(一) 沙洲公私協力攔沙工

嘉義沿海牡蠣養殖業興盛，強風大浪期間，沿海蚵架受襲倒塌後漂流至岸邊成為海岸廢棄物，造成海岸環境髒亂，對海岸景觀與生態環境均產生威脅。為達到海岸防護與天然廢棄物再利用的雙重目標，水利署第五河川局藉由公私協力活動，結合相關政府機關、學術單位與地方居民力量，收集沿海漂流蚵架，在外傘頂洲背風面利用廢棄蚵架施作簡易沙洲攔沙工設施；同時藉由公私協力活動整合地方共識，與在地居民共同推動外

傘頂洲防護工作。

3種NBS沙洲攔沙工布置參見圖7，初期選擇位於高潮位線與低潮位線區域，以倒「品」字型排列方式，分別布置竹樁攔沙、竹籠固沙與蚵殼定沙等3種攔沙固沙工；3種工法長度約在45公尺左右，間距在15~20公尺之間，主要目標在於攔截沙洲迎風面波浪越洗時攜帶沙源進入養殖區水域內，進而防止養殖水域受波浪越洗作用影響而淤淺。

2022年8月15日完工3種沙洲攔沙工後，於8月22日設置侵淤深度監測點，並於10月6日進行監測點侵淤厚度調查，3種沙洲攔沙工位置淤沙情形參見圖8~圖10。在沙洲攔沙工完工後1個月，構造物位置已經出現明顯淤沙，其中又以蚵殼定沙工淤沙情形最明顯，蚵殼串一半高度均已經埋入沙堆中。竹籠固沙工雖然也出現淤沙情形，但是構造物周圍卻出現水流冲刷坑洞，研判是竹籠透水



圖 7 3種沙洲攔沙工以倒「品」字型排列方式布置

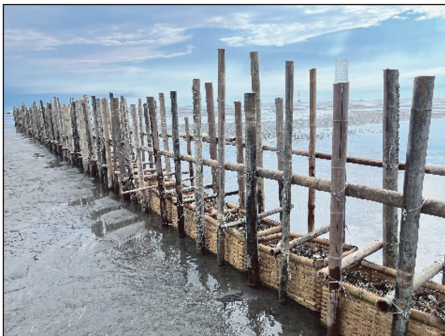


8月15日施作完成圖



10月6日現勘、測量淤沙高度

圖 8 竹樁攔沙工攔沙成效



8月15日施作完成圖



10月6日現勘、測量淤沙高度
竹籠下沉、下半部沒入沙中

圖 9 竹籠固沙工攔沙成效



8月15日施作完成圖



10月6日現勘、測量淤沙高度
最下層蚵殼已沒入沙中

圖 10 蚵殼定沙工攔沙成效



率較低對水流阻擋大，導致竹籠附近出現沖刷坑，竹樁攔沙工效果則介於其他兩種工法之間。

圖11是2022年8月22日至10月6日共計45天期間，3種沙洲攔沙工周圍淤沙高度觀測結果。在竹籠固沙與蚵殼定沙工西側，即沙洲迎風面出現低於24公分厚度的沖刷現象，以及低於5公分的淤沙厚度。此結果說明觀測期間，沙洲優勢漂沙方向係由東往西，符合沙洲西端走向。蚵殼定沙工東側出現20~35公分淤沙厚度，顯示水流經過蚵殼串後流速降低，增加水中泥沙落淤效果。竹籠固沙工東側亦出現明顯淤沙，厚度介於10~20公分，淤沙成效低於蚵殼串。推斷水流經過竹籠時受阻攔而往左右兩側移動，導致竹籠前方淤

沙量較低。竹樁攔沙位於竹籠與蚵殼串下游面，由於水流到達竹樁前，水中大部分泥沙已經落淤，因此竹樁攔沙成效不若蚵殼串攔沙效果。

(二) 北港溪河口疏濬沙進行人工養灘

外傘頂洲冬季最大波高約在2~4 m之間，在抑制波浪越波目標上，若將沙洲高度提升到4公尺以上，可有效防止波浪越波進入東側水域，進而有效改善養殖水域內靜穩度。此外，沙洲高度堆高後，須配合高灘定沙工或其他固沙工，以防止風飛沙將高灘沙子帶入東側水域，造成養殖水域水深淤淺。

在雲林海岸地形變遷歷程中，位於箔子

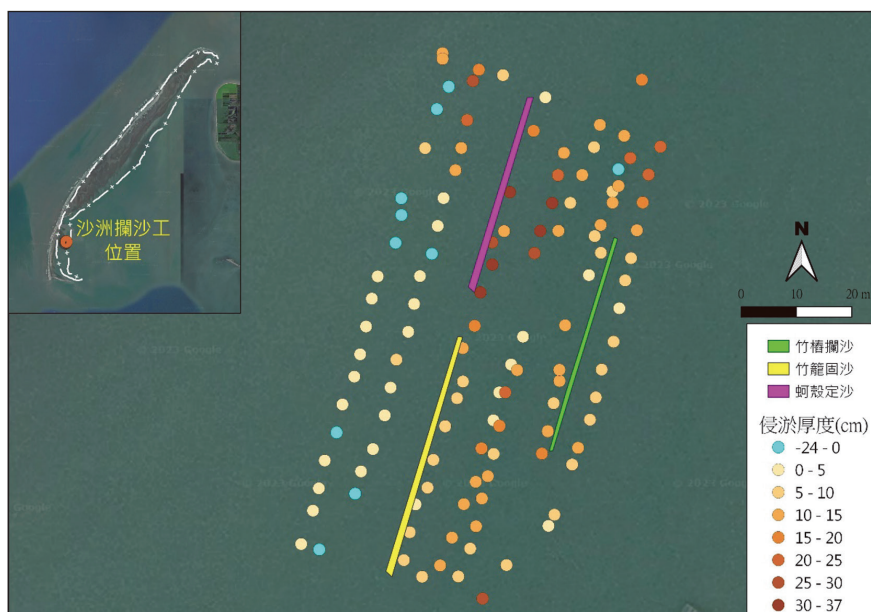


圖 11 3種沙洲攔沙工攔沙厚度分布 (2022年8月22日~10月6日)

寮漁港外海的浮動沙洲在民國86年尚有96公頃露出海面，至民國99年僅剩4.7公頃露出海面。該沙洲潛沒海面後仍持續往南移動，於民國103年左右到達外傘頂洲東半段，成為外傘頂洲東半段沙灘最大的漂沙補注來源。此期間外傘頂洲西半段持續侵蝕，而東半段仍可維持灘線穩定，主要原因即是箔子寮外海浮動沙洲補充沙源。然該沙源持續往南移動時，受外海波浪與潮流推動，其移動方向偏向北港溪河口，造成台子村漁港與北港溪河口之間水域淤積。本次河口疏濬養灘工程範圍與施工布置參見圖12，主要是將前述淤積區域，即河口-1m區域浚深至-4m，藉以提升北港溪河口通洪能力，促使外海漂沙在

深槽區落淤，避免持續往陸地方向移動而影響漁港航道水深。本次工程預計補充外傘頂洲10萬立方公尺土方量，利用輸沙管線抽沙至養灘區，將沙洲高度填築至+4.0m（參見圖13），並將臨海側坡面整坡至1:7，以利自然營力作用將沙源補充至外傘頂洲南側。

（三）海岸滯沙工

垂直海岸方向之突堤工法可有效攔阻往下游移動漂沙，但同時也會造成突堤下游端侵蝕。為穩定沙灘岸線、抑制沙洲灘線侵退，在沙洲西側採用具有高透水率竹樁群建構突堤，並在竹樁群內部吊掛蚵殼，除增加

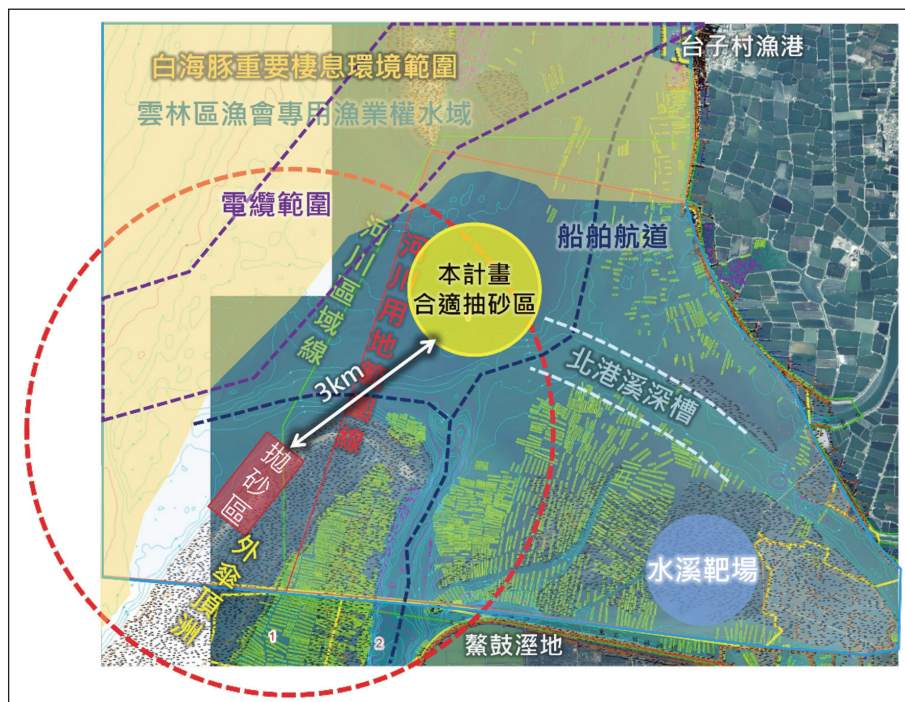


圖 12 北港溪河口疏濬養灘工程示意圖

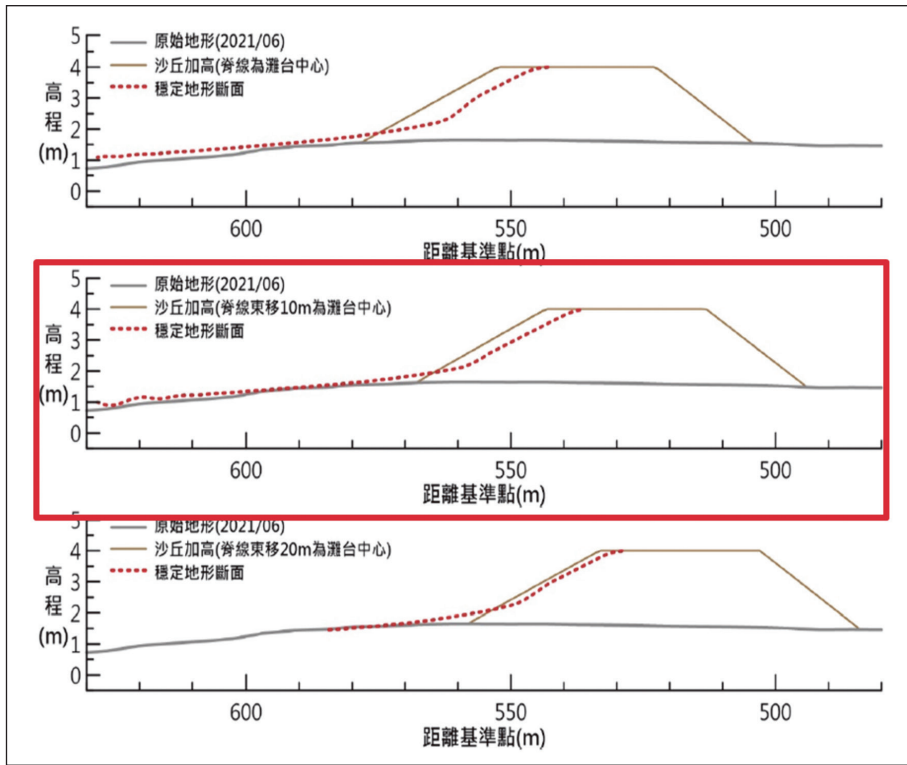


圖 13 外傘頂洲北段不同置沙加高位置穩定剖面模擬結果圖

攔沙效果外，亦可營造浮游生物附著環境，達到沙洲防護與生態環境保育目標。突堤整體規劃布置如圖14所示，包含：

1. 於沙洲南端布置約300公尺長突堤一座（編號A），以減阻漂沙往南流失或往西南流於海側深溝損失。長突堤平面示意圖參見圖15，堤頭採用直徑4公尺的八角形設計，堤頭內部採用竹樁群排列，利用竹樁群削弱波浪能量；為防止堤頭倒塌，在八角形內部輔以電桿支持以穩固堤頭。連接堤頭與沙灘的堤身內部，零公尺水深下採用牡蠣串與牡蠣殼，營造牡蠣礁環境；超過零公尺水深區域，則以竹樁加強攔沙效果。
2. 於沙洲南端沿岸侵蝕段，布置120公尺短突堤兩座（編號C1、C2）。短突堤群目標在於降低灘線侵蝕後退，以穩定灘線降低沙洲海岸線後退為主要目標。
3. 於沙洲破口段，利用竹樁設置1座180公尺之排樁（編號D），其目標在於抑止波浪對沙洲破口位置的沖刷能量，達到防止破口擴大目標。

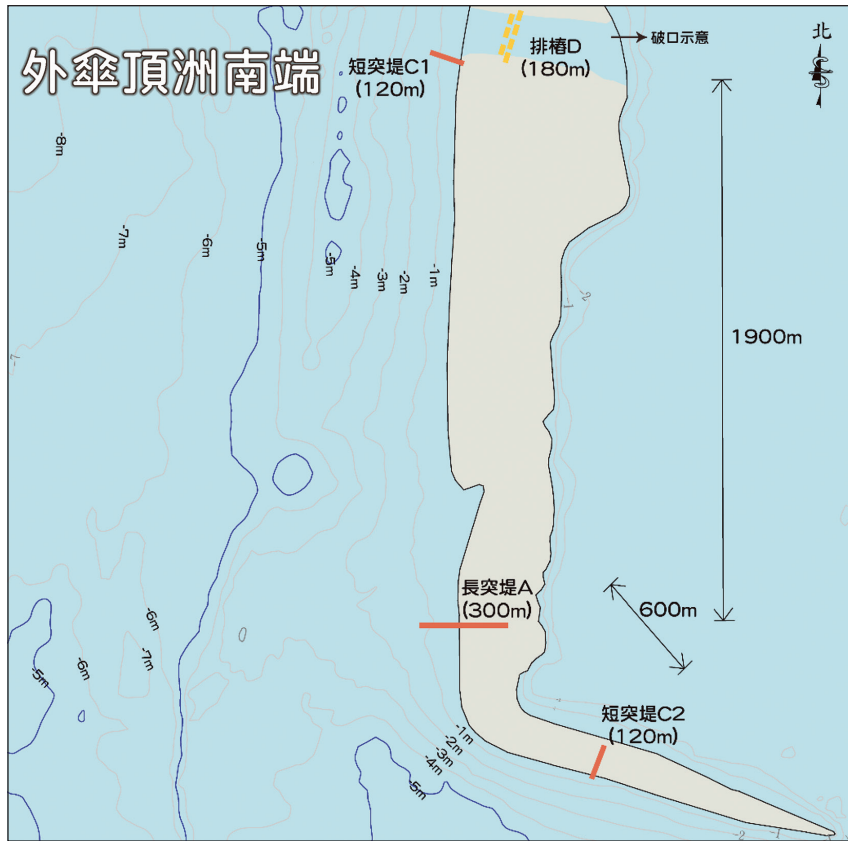


圖 14 外傘頂洲南端滯沙工程位置圖

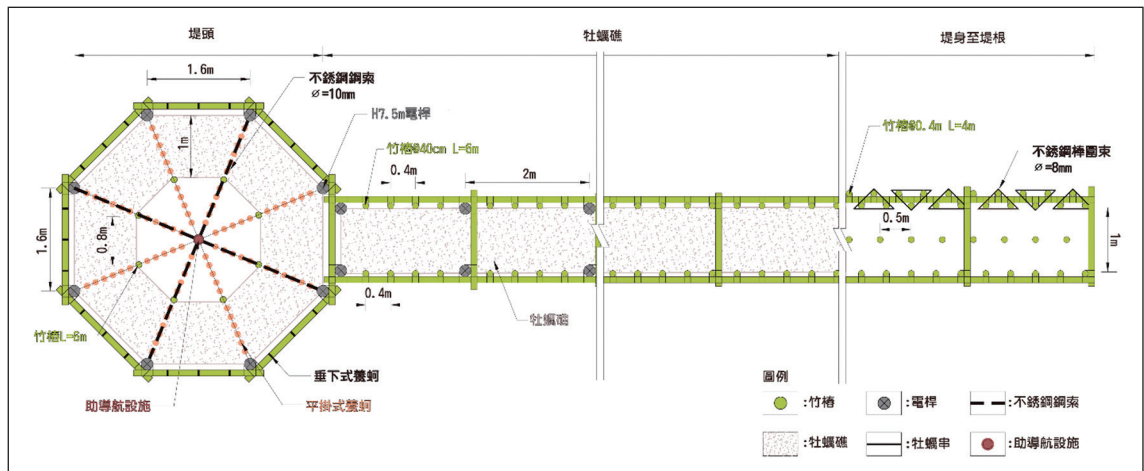


圖 15 外傘頂洲南端長突堤布置平面示意圖



四、結論

由過去超過100年的相關文獻，說明外傘頂洲侵蝕機制至少包含沿岸流漂沙、風飛沙，以及波浪越洗作用等3種機制；至於潮流與雨滴沖刷作用影響，則尚無相關文獻。水利署第五河川局在外傘頂洲防護工作全面採用近自然工法，並針對海岸沙源補充、沿岸流漂沙、風飛沙與波浪越洗作用規劃對應策略，包含沙源補注措施、人工養灘措施、滯沙攔沙工等，其防治成效尚待各項措施全面啟動後，再滾動式檢討實施方式。

水利署第五河川局辦理公私協力計畫，採用竹樁攔沙、竹籠固沙、蚵殼定沙等3種工法，初期顯現攔沙固沙工周圍出現超過30公分以上淤沙成效，3種工法中又以蚵殼定沙成效最好，有效地攔阻波浪越洗將沙帶入沙洲養殖水域。由於採用工法與材料取得容易，因此大幅度激勵沿海漁民參與意願，可做為未來公私協力防護外傘頂洲的長期目標。至於有關採用北港溪河口疏濬沙，進行沙洲堆高養灘計畫，以及沙洲南側透水性長突堤結合竹樁與蚵殼攔沙功能，除了達到突堤攔沙效果外，對生態保育亦有正面作用；由於工程尚未完工，其效益仍待後續評估。

參考文獻

1. 臺灣省土地資源開發委員會，臺灣西海岸水文氣象報告，1964~1971。
2. 臺灣省水利局規劃總隊，七十年度臺灣西海岸海埔地調查研究報告，1981。
3. 國家海洋研究院，雲嘉海岸（外傘頂洲）侵退防治先期規劃研究，2019。
4. 林銘崇、莊文傑，外傘頂洲地形變遷之研究，土木水利季刊，1985，12（3），23~39頁。
5. 吳啟南、李元炎、彭森祥，遙測應用於外傘頂洲的變遷分析，第十四屆海洋工程研討會（1992），483~497頁。
6. 顏志偉、張恆文，外傘頂洲對近岸地形變遷影響之研究，外傘頂洲開發保護聽研討會論文集（1999），6-1~6-21頁。
7. 張憲國、陳蔚璋，以衛星影像探討外傘頂洲的海灘變遷，第二十七屆海洋工程研討會論文集（2005），823~830頁。
8. 經濟部工業局，雲林離島式基礎工業區永續環境管理計畫，2013~2015。
9. 經濟部水利署第五河川局，外傘頂洲變遷對嘉義海岸防護之影響分析研究，2014~2015。
10. 張憲國、賴羿齊、陳蔚璋，應用衛星影像的水線辨識於外傘頂洲的灘線變遷，航測及遙測學刊，2017，22（4），243~262頁。
11. 彭新雅、曾國欣、錢樺、陳彥欽，運用多時期衛星影像探討外傘頂洲變遷，國土測繪與空間資訊，2019，7（2），103~119頁。
12. 國家海洋研究院，雲嘉海岸（外傘頂洲）侵退防治研究委託專業服務案，2020。
13. 郭禮安、楊瑞源、劉景毅、張裕弦，外傘頂洲保護措施進行數值分析與水工模型試驗之研究，第25屆海洋工程研討會，2003，857~864頁。
14. 嘉義縣政府，嘉義縣東石海岸濕地沙洲與潟湖變遷監測計畫，2021。