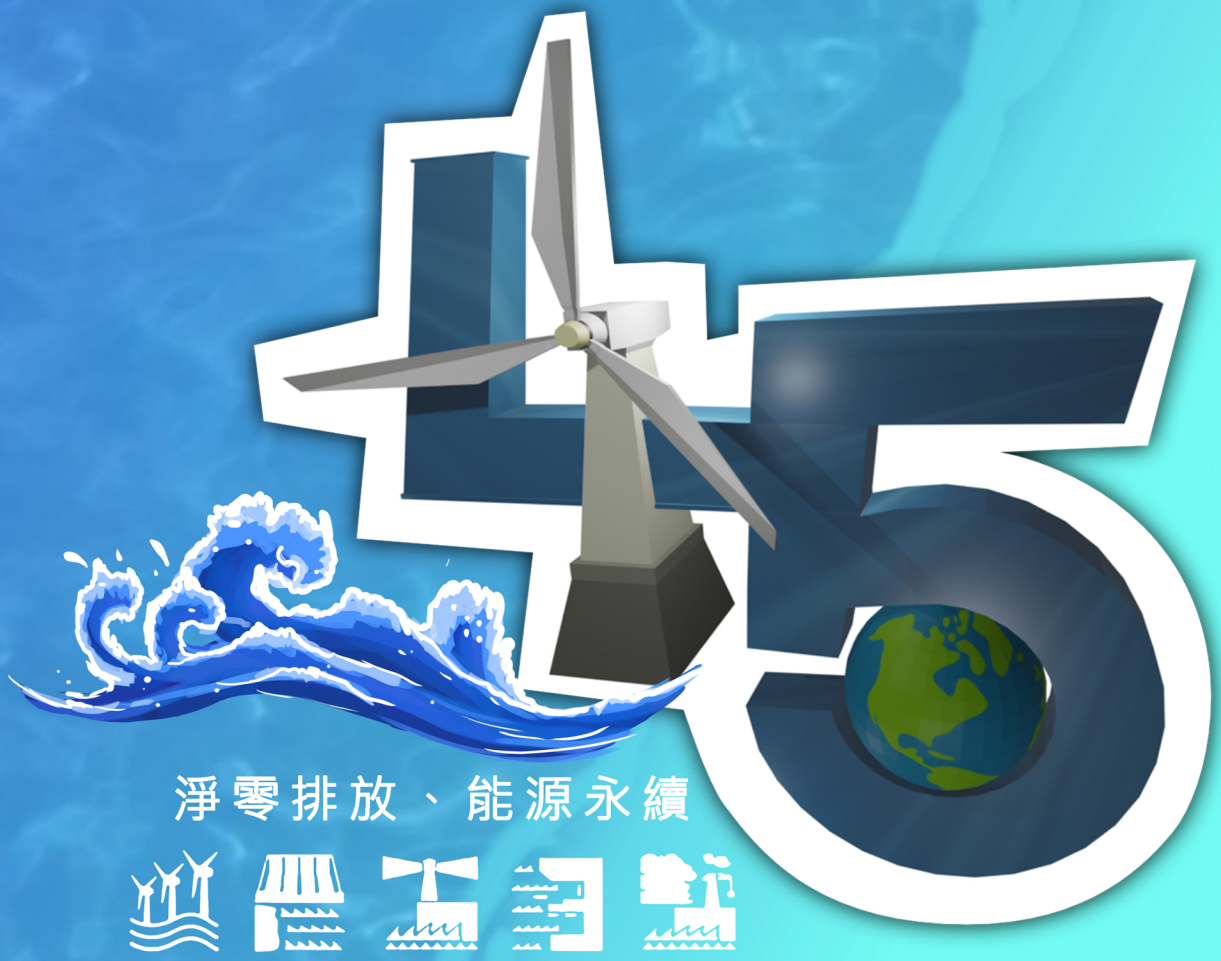
國際能源論壇暨

第45屆海洋工程研討會

與111年度國科會海洋及造船工程學門計畫成果發表會



摘 要 集

CONFERENCE PROCEEDINGS

International Energy and Ocean Engineering Workshop &
Ocean Engineering Conference in Taiwan

Evergreen Hotel (Peng Park Hall),Keelung

5th - 6th October 2023

Conference (I) 13:50– 15:30 5th Oct. (Thur.)

A-1: 海洋能與離岸風力 I

地點：501 室 **主持人：唐宏結、林幼淳**

時間	頁碼	題目	作者
13:50-14:02	A1	海洋大學實海域海洋能測試場之風浪頻譜分析	趙偉廷，林鼎傑，胡凱程，許泰文
14:02-14:14	A4	以數值模式為基礎探討颱風季的波浪潛能	林幼淳，林鼎傑，許泰文
14:14-14:26	A6	波浪作用下浮式風機連續斷纜模型試驗	唐宏結，楊瑞源，姚皓晟
14:26-14:38	A8	八邊形駁船式平台搭載下部懸吊系統之水動力及穩定性數值分析	孫詠鈞，楊瑞源
14:38-14:50	A10	海大海洋能測試場底碇式 ADCP 數據分析	何宗儒，楊一中，鄭宇昕
14:50-15:02	A12	浮動式風機複合繫纜系統設計可行性分析	陳乃齊，吳慧華，楊瑞源
15:02-15:14	A14	深海繫纜繩監控與診斷技術研發	蔡秉穎，王宇軒，沈聖智，許煜亮
15:14-15:26	A15	聚焦波浪衝擊固定式平台之數值研究	王昱然，林鼎傑，莊偉良，許泰文

Conference (I) 13:50– 15:30 5th Oct. (Thur.)

B-1: 水動力、潮波流及漂沙研究發展 I

地點：502 室 **主持人：劉正琪、吳南靖**

時間	頁碼	題目	作者
13:50-14:02	A17	使用 WKNN 法進行波浪記錄缺漏數據之補遺	吳南靖，羅耀財，陳俊杉
14:02-14:14	A19	臺灣周邊海域內波模擬預報	李皓元，吳祚任，毛正氣
14:14-14:26	A21	對撞異重流能量傳遞過程	黃友麟，戴璽恆
14:26-14:38	A22	高頻雷達觀測南灣區域表面海流參數最適性探討	陳少華，林欣妮，程嘉彥
14:38-14:50	A24	高雄海域風浪模擬系統建置	劉正琪，李兆芳，傅怡釧，林雅雯，謝佳紘，江朕榮
14:50-15:02	A26	2022 年東加火山氣壓波與氣象海嘯之波型探討	楊博元，林君蔚，吳祚任
15:02-15:14	A28	方向辨識與波束成型法於流場解析之特性探討	程嘉彥，黃郁軒，陳少華
15:14-15:26	A30	卡努颱風與年度大潮對雲林沿海之影響	林君蔚，曾歆倚，吳祚任

Conference (I) 13:50– 15:30 5th Oct. (Thur.)

C-1: 海洋及海岸規劃管理 I

地點：503 室 **主持人：林敬樺、徐志宏**

時間	頁碼	題目	作者
13:50-14:02	A32	「馬祖海情資訊系統」決策支援儀表板研發	林騰威，林有騰，鄭采誼，林雅雯，王廣亞，郭庭彰，林婷婷
14:02-14:14	A34	「勵進」研究船靠泊外國港口的挑戰-以帛琉為例	廖庭雅，吳書恒，羅穎
14:14-14:26	A35	海岸地區整合性環境脆弱度評估與永續發展之研究	簡連貴，李昱錡，陳柏劭
14:26-14:38	A37	大潭藻礁區域河川出海口水質分析與討論	陳昱安，張煥盟，劉育甫，錢樺，江育德
14:38-14:50	A39	國家海洋研究院微波雷達觀測網之颱風觀測	吳立中，賴堅戊，廖建明，董東璟
14:50-15:02	A41	臺南海岸突堤群與離岸堤群之沉陷檢測	林敬樺，黃國書，蕭冠宇，謝錦志
15:02-15:14	A43	利用波束合成與 MUSIC 演算法估計高頻陣列雷達資料獲取丹娜絲颱風徑向表面海流速度之比較	李政達，黃茂信，李俊穎，陶瑞全，錢樺

Conference (I) 13:50– 15:30 5th Oct. (Thur.)

C-2: 海洋及海岸規劃管理 II

地點：504 室 **主持人：林宗儀**

時間	頁碼	題目	作者
13:50-14:02	A45	建置機率式海嘯危害度分析曲線應用於台灣澎湖海域	張益誠，彭子軒
14:02-14:14	A47	氣候變遷海岸防護調適行動的自然解方	林宗儀，安薇娜
14:14-14:26	A49	海岸地區高潮位淹水之災情紀錄：以箔子寮漁港為例	施虹如，陳偉柏，張志新
14:26-14:38	A51	海域遊憩活動辨識 AI 模型之研發與測試	陳威成，楊文榮，廖建明，董東璟，陳朝鈞
14:38-14:50	A53	高頻方陣陣列雷達之徑向速度分析研究討探	黃郁軒，陳世明，程嘉彥
14:50-15:02	A55	高頻陣列雷達系統之天線場型檢校	張煥盟，鄭安，連政佳，李政達，李俊穎，錢樺
15:02-15:14	A57	基於 YOLOv7 建置分析海岸攝影機影片之裂流辨識模型	簡子傑，王敘民，董東璟
15:14-15:26	A59	基於 Yolov8 與無人機影像達成港區岸邊設施自動辨識	洪維屏，甘翊萱，林育銓，韓仁毓

Conference (I) 13:50– 15:30 5th Oct. (Thur.)

E-1: 氣候變遷對台灣海洋環境及工程衝擊/A-2 海洋能與離岸風力 II

地點：505 室　　主持人：楊智傑、林鼎傑

時間	頁碼	題目	作者
13:50-14:02	A61	海洋光生物反應器系統之研發應用於海木耳養殖	許弘霖，葉博弘，謝孟璋，陳邦富
14:02-14:14	A63	以數值方法於臺灣周遭海流歷史資料重建之初探	陳沛宏，廖建明，吳虹儀
14:14-14:26	A65	應用沙腸袋工法於七股沙洲復育之減碳效益評估	周純平，曾以帆
14:26-14:38	A67	應用移動視窗法初探近 20 年臺灣沿岸海水位及潮汐不對稱變動趨勢	黃子濬，林鼎傑，許泰文
14:38-14:50	A69	國際離岸風電職業安全衛生管理作法探討	簡連貴，廖嘉宏，詹明翰，沈育霖
14:50-15:02	A71	離岸風機吊裝工程之風險評估	胡允睿，何亞凡，張揚祺
15:02-15:14	A73	基隆海檻三維潮流發電潛能之初估	楊鎮瑋，林鼎傑，許泰文
15:14-15:26	A75	整合型水下工程位址監測技術-以離岸風場位址為標的	田文敏

Conference (II) 15:50– 17:30 5th Oct. (Thur.)

A-3: 海洋能與離岸風力 III

地點：501 室 **主持人：唐宏結**

時間	頁碼	題目	作者
15:50-16:02	A77	海面型吸收式波浪發電機組開發流程與水槽、實海域性能試驗分析研究	王柏翰，鍾揚棋，黃子鴻，陳宏銘，許文陽
16:02-16:14	A78	雙浮游式黑潮渦輪發電機陣列影響分析	李傳宗
16:14-16:26	A80	小型浮式柔性深水井海中試驗研究	梁乃匡，彭海鯤
16:26-16:38	A82	振盪水柱式波浪能轉換器氣室彈簧效應之探討	林鎮洲，盤奕辰
16:38-16:50	A84	浮式平台穩定性制震技術設計	曾以帆，唐宏結，謝武錡，陳陽益
16:50-17:02	A86	浮式消波單元之試驗研究	陳信宏，賴明松，張秩薰，宋志先，吳信宗
17:02-17:14	A88	浮動式離岸風力發電場址結合儲能系統之儲能需求預估	林亭里，楊舜涵
17:14-17:26	A90	離岸浮動式風波雙能發電系統之創新開發與研究	蘇煒程，楊舜涵，毛柏權

Conference (II) 15:50– 17:30 5th Oct. (Thur.)

B-2: 水動力、潮波流及漂沙研究發展 II

地點：502 室 **主持人：林孟郁、林勝豐**

時間	頁碼	題目	作者
15:50-16:02	A92	節點潮對臺灣沿海海圖高程估算的影響	張憲國，陳蔚瑋，劉勁成
16:02-16:14	A94	弱湧波與垂直牆互制下之反射波流場特性探討	徐瑋崙，林呈，高明哲，羅立芳，黃晨洧，黃昱元
16:14-16:26	A96	海岸光學影像中瞬時波浪溯升水線之 AI 辨識	莊士賢，何永寶，鄭詰霖，蔡博安，陳美慧
16:26-16:38	A98	海流出現對波浪特性影響之觀測研究	李鑑洲，王駿瑋，董東璟
16:38-16:50	A100	高雄港外海風驅流研究	陳昭祥，林勝豐
16:50-17:02	A102	高雄港第二港口外堤潮流特性	黃宇君，林勝豐，王樹倫
17:02-17:14	A104	斜坡底床淺埋管線因波浪淺化及碎波引致之滲流力	林孟郁，林奕翔，林昱維
17:14-17:26	A106	OILMAP 隨機分析模式運用於海洋油污染擴散探討	黃振堂，王樹倫，田宗謨，林勝豐

Conference (II) 15:50– 17:30 5th Oct. (Thur.)

B-3: 水動力、潮波流及漂沙研究發展 III

地點：503 室 **主持人：羅德章、范佳銘**

時間	頁碼	題目	作者
15:50-16:02	A108	應用計算流力模擬船舶於波浪航行之岸壁效應	羅德章，蔡宗翰
16:02-16:14	A110	ADCP 應用於自然河道剖面流速量測問題之初探	江宗翰，王玟淇，許鈞筌，江允智，方惠民
16:14-16:26	A112	日本福島核電廠放射性物質作業化擴散模式開發與建置	王啓竑，顏辰宇，東佳穎，于嘉順，曾慧婷，鄧仁星
16:26-16:38	A114	以非連續雙黏性流分析 Claviaster libycus 於大滅絕中存活之原因及海工結構物外型對局部沖刷之影響	林品潔，吳祚任，林日白，莊美惠，黃逸軒，朱家傑
16:38-16:50	A116	以非結構性網格模式探討風應力對藻礁海域流場之影響	藍亦汝，黃志誠
16:50-17:02	A118	以基本解法與粒子群演算法求解二維自由液面晃動問題	范佳銘，張傅俐，朱瓊琳
17:02-17:14	A119	以微波雷達偵測近岸渦旋之可行性研究	陳銘誼，錢樺，鄭皓元，張君名
17:14-17:26	A121	潛沒式柔性減能網對於海岸侵淤效應之實驗分析研究	呂洸磊，李俊佑，彭大雄，楊瑞源

Conference (II) 15:50– 17:30 5th Oct. (Thur.)

C-3: 海洋及海岸規劃管理 III

地點：504 室 **主持人：莊士賢、侯典轟**

時間	頁碼	題目	作者
15:50-16:02	A123	三個 AI 智慧學習法在預測海岸瘋狗浪發生機率之比較	張芹瑜，陳盈智，陳威成，林芳如，董東璟
16:02-16:14	A125	以三維拉氏顆粒追蹤法初探臺南沿海海洋廢棄物熱點特性	劉育丞，林書丞，楊馨茹，侯典轟
16:14-16:26	A127	台灣海洋保護現狀及管理機制的定量內容分析	楊怜郁，張憲國
16:26-16:38	A129	台灣濱海地區大氣中氯鹽沉積速率調查研究	溫志中，林昱宏，葉秀貞，蔡涵任，羅建明，謝幼屏，賴瑞應
16:38-16:50	A131	地震型機率式海嘯危害度分析於墾丁地區之研究	陳彥龍，沈煜修，蕭士俊，吳漢倫
16:50-17:02	A133	海洋廢棄物識別 AI 模型之研發與測試	洪昱翔，陳威成，董東璟
17:02-17:14	A135	高美濕地飛砂運移機制之研究	溫志中，葉秀貞，蔡涵任，林昱宏
17:14-17:26	A138	離岸流光學影像之人工智慧辨識模式研發	莊士賢，陳美慧，徐新綸

Conference (II) 15:50– 17:30 5th Oct. (Thur.)

D-1: 港灣與海域工程 I

地點：505 室 **主持人：吳南靖**

時間	頁碼	題目	作者
15:50-16:02	A140	多柱型調諧液柱阻尼器(TLMCD)應用於浮式防波堤之運動及消波特性	王柏鈞，翁文凱
16:02-16:14	A143	Applied blend approach to tune the reaction force and energy absorption of hollow-cylinder buckling rubber fender	Yung-Chuan Chiou
16:14-16:26	A145	自主水下載具自動泊塢系統：結合物件識別技術和視覺導航方法之研析與實現	江振豪，林宇銜，余昭明
16:26-16:38	A147	空氣壓縮艙應用於浮式防波堤消波及運動特性之實驗研究	林大為，翁文凱
16:38-16:50	A149	有關開孔式結構物的消能機制探討	蔡世璿，張維庭，許師瑜，林炤圭
16:50-17:02	A151	消能岸壁週期相關反射率對港灣波動的影響	林炤圭，許師瑜
17:02-17:14	A153	基於 FPGA 與自適應 SFDR 直接數位頻率合成器之高頻寬效率水下聲學傳接器	李宗哲，張宏祥，趙建翔
17:14-17:26	A155	雙層隔艙式防波堤消波特性實驗研究	彭康洲，郭柏甫，翁文凱

Conference (III) 09:00–10:20 6th Oct. (Fri.)

A-4: 海洋能與離岸風力 IV

地點：501 室 **主持人：臧效義、莊偉良**

時間	頁碼	題目	作者
09:00-09:12	A157	台灣西部典型小型獨立河溪之感潮河段特性觀測研究	錢樺，張煥盟，陳昱安，劉育甫
09:12-09:24	A159	數值模擬探討水下浮游式洋流發電機渦流	鄭明宏，黃榮鑑
09:24-09:36	A161	東北季風下海陸交界處風速剖面特性探討	蔡原祥，周嘉睿，張岳浩，李權恆，謝志敏
09:36-09:48	A163	波高預測混合模式案例探討-基隆海域	趙偉廷，陳大煒，郭仲倫，張智翔，林聖傑，臧效義
09:48-10:00	A165	臺灣波能高潛勢海域波浪頻譜特性分析	張智翔，陳煥儒，林聖傑，臧效義
10:00-10:12	A167	基隆海域颱風期間風速評估分析	陳煥儒，許顥騰，張智翔，林聖傑，臧效義
10:12-10:24	A169	應用 SCHISM 探討臺灣西部海域極端條件下波浪特性	邱啓敏，莊偉良

Conference (III) 09:00–10:20 6th Oct. (Fri.)

B-4: 水動力、潮波流及漂沙研究發展 IV

地點：502 室 **主持人：蔡加正、羅弘岳**

時間	頁碼	題目	作者
09:00-09:12	A171	Step Approximation for the Bragg Resonance of Water Waves by Multiple Permeable Thin Barriers over Undulation Bottom Topographies	Chang-Thi Tran, Chia-Cheng Tsai
09:12-09:24	A172	Analysis of the surface current off the Taiwanese international and local harbors using high-frequency coastal radar data	Nhat-Minh Truong, Yu-Chiao Wang, Hwa Chien, Tso-Ren Wu
09:24-09:36	A174	以 NHWAVE 模擬 N 型波之溯升	柯秉辰，林芝宇，羅弘岳
09:36-09:48	A176	The wave scattering due to finite floating elastic plate in the presence of current and permeable bottom	Sanjay Kumar Mohanty
09:48-10:00	A177	Impact of ocean current on wave trapping in a two layer fluid of finite depth	Sunanda Saha, Swaroop Nandan Bora
10:00-10:12	A178	Propagation of water waves in a two-layer fluid with current and surface tension	Akshita Aggarwal, S. K. Mohanty, S. C. Martha
10:12-10:24	A179	The role of vertical porous structure in attenuating the wave impact on an elastic plate	Gagan Sahoo1, S. C. Martha

Conference (III) 09:00–10:20 6th Oct. (Fri.)

B-5: 水動力、潮波流及漂沙研究發展 V

地點：503 室 **主持人：蘇仕峯、許城榕**

時間	頁碼	題目	作者
09:00-09:12	A180	以數值研究探討曾文溪河口水動力與異重流交互作用	鮑俊宏，陳佳琳
09:12-09:24	A183	波浪-植被結構相互作用下能量耗散機制的可視化研究	石瑞祥，林志鴻，趙昱誠
09:24-09:36	A185	波浪溯升之人工智慧辨識及統計特性分析	蔡博安，莊士賢，何永寶，周嘉銘
09:36-09:48	A187	波浪與正弦底床交互作用之位能和動能演變特性探討	張育誠，謝志敏，許泰文，黃榮鑑，林俊遠
09:48-10:00	A189	桃園藻礁海域波浪主頻轉移現象之研究	林伯謙，黃志誠，蘇仕峯
10:00-10:12	A191	颱風事件影響海岸地形侵淤研究	許城榕，李孟學，黃煒哲，楊文昌，邱永芳，陳永祥
10:12-10:24	A193	太平島珊瑚礁坪波浪水動力數值研究	吳瑋軒，蘇仕峯，翁文凱

Conference (III) 09:00–10:20 6th Oct. (Fri.)

C-4: 海洋及海岸規劃管理 IV

地點：504 室 **主持人：楊文昌、林俶寬**

時間	頁碼	題目	作者
09:00-09:12	A195	利用正射影像和三維地形資料分析觀塘工業港 G1、G2 區藻礁覆沙變化	王又巧，黃志誠
09:12-09:24	A197	國家海洋資料庫及共享平台資料應用與釋出	呂宜潔，林昆毅，邱俊穎，楊文昌
09:24-09:36	A199	基於 U-Net 影像分割技術應用於量測越波量體之可行性評估	黃偉柏，蔡政錡，廖顯益
09:36-09:48	A201	防止外傘頂洲沙灘流失公私協力臨時性攔沙措施實作分析	甘芳亘，吳明華，劉正琪，蔡雪芳，林宏仁，徐立昌
09:48-10:00	A203	最大可能颱風波浪的模擬研究-以 2005 年花蓮港龍王颱風波浪為例	林炤圭，許師瑜，林受勳，林俶寬
10:00-10:12	A205	港灣環境資訊網-颱風資訊儀表板	林騰威，林雅雯，劉清松，林珂如
10:12-10:24	A207	無人機可見光影像於殼狀珊瑚藻之辨識與覆蓋率推算	林靖恆，黃志誠

Conference (III) 09:00–10:20 6th Oct. (Fri.)

D-2: 港灣與海域工程 II

地點：505 室 **主持人：張憲國、紀昭銘**

時間	頁碼	題目	作者
09:00-09:12	A209	杜蘇芮颱風作用下已沉降箱網之網袋變形實測分析	唐宏結，江文山，冉繁華
09:12-09:24	A211	以數值 swipe 法求取複合載重下之海洋大型基礎降伏曲面	紀昭銘，林正山
09:24-09:36	A213	海洋大型基樁在砂土軸向極限承載力探討	紀昭銘，黃普源，林正山，吳惠馨，李宥霖，郭玉樹
09:36-09:48	A215	洲際貨櫃中心結構物對旗津海岸影響探討	陳蔚瑋，張憲國，鄭智文，李世昌，劉勁成，孫君偉
09:48-10:00	A217	深度強化學習方法於自主水下載具深度追蹤之研究	莊博丞，林宇銜，余昭明
10:00-10:12	A219	船舶平靠繫泊斷纜之預警及分析	戴紹捷，許文陽，楊瑞源
10:12-10-24	A221	彰化風場航道船舶交通流量分析	黃茂信，李政達，曹勝傑，陳智恆

Conference (IV) 10:40–12:00 6th Oct. (Fri.)

B-6: 水動力、潮波流及漂沙研究發展 VI

地點：501 室 **主持人：吳祚任、Behara**

時間	頁碼	題目	作者
10:40-10:52	A223	Effects of stepped bottom and porous bed on the efficiency of oscillating water column device	T.-M. Chih, H. Behera, C.-C. Tsai
10:52-11:04	A224	Simulating Internal Waves by Using Reduced Gravity Method	Quoc Hiep Tong, Tso-Ren Wu
11:04-11:16	A226	A numerical study of plunging breakers in the nearshore area under the influence of wind	Nhat-Minh Truong, Tso-Ren Wu, Chia-Ren Chu, Chung-Ye Wang
11:16-11:28	A228	An Approach to Realistic Parameterization (REP) Model of Pressure and Wind Fields of Typhoon Around Taiwan	Satriana Roguna, Tso-Ren Wu
11:28-11:40	A230	Wave forces on two submerged horizontal porous plates over a pair of trench-type bottom topography	Sunita Choudhary, S. C. Martha
11:40-11:52	A231	Bragg scattering of flexural gravity waves by an array of bottom-standing partial porous barriers	Ayan Chanda, Trilochan Sahoo
11:52-12:04	A232	Flexural-gravity wave propagation over undulating bottom topography in the presence of shear current: an asymptotic approach	Koushik Kanti Barman, Ayan Chanda, Chia-Cheng Tsai
12:04-12:16	A233	Power extraction by coupled oscillating water column device and piezoelectric plate	H. Behera, C.-C. Tsai

Conference (IV) 10:40–12:00 6th Oct. (Fri.)

B-7: 水動力、潮波流及漂沙研究發展 VII

地點：502 室 **主持人：莊文傑、張君名**

時間	頁碼	題目	作者
10:40-10:52	A234	毗鄰離岸堤後淤沙效能差異機制探討	莊文傑，林穎志
10:52-11:04	A236	淺水異常波浪機制探討：卓群孤立波	李堉辰，董東璟
11:04-11:16	A238	氣象海嘯時空變化與數值模擬基礎研究	楊智傑，陳玫竹，鄭佑建
11:16-11:28	A241	新北港汕與北門潟湖的地形變遷與模擬	林敬樺，林鳳嬌，吳季莊，葉鳳美
11:28-11:40	A242	臺灣海域三維海流模式系集同化作業化預報系統開發	周姿吟，尤皓正，張應龍，于嘉順，滕春慈，林芳如，陳維翔
11:40-11:52	A245	數值模擬考慮洋流之情況-以雲林海域為例	張君名，廖敬元，錢樺
11:52-12:04	A247	離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響探討	莊文傑，韓坤平，張桂汀

Conference (IV) 10:40–12:00 6th Oct. (Fri.)

B-8: 水動力、潮波流及漂沙研究發展 VIII

地點：503 室 **主持人：程嘉彥、廖建明**

時間	頁碼	題目	作者
10:40-10:52	A249	基於 CODAR 和 ADCP 數據的南灣海域水文特徵分析與數據驗證	林欣妮，陳少華，程嘉彥
10:52-11:04	A251	臺灣海域波浪與海流耦合數值作業化模式颱風期間之波高校驗分析	王啓竑，顏辰宇，于嘉順，林芳如，朱啟豪，滕春慈
11:04-11:16	A253	颱風期間極端波浪觀測與預測	劉彧愷，陳泓杰，馬家驎，董東璟
11:16-11:28	A255	潛沒式植生對波浪能量衰減之試驗研究	蕭郁，蕭士俊，劉立方
11:28-11:40	A257	應用 LETKF 資料同化於海洋預報改進之探討	廖建明，滕春慈，朱啟豪，林芳如，陳沛宏，施景峯，陳琬婷
11:40-11:52	A259	應用 SCHISM 模式模擬不同地形對裂流之影響	王敘民，林芳如，滕春慈，董東璟，蔡政翰
11:52-12:04	A262	關渡大橋三維沖刷模擬:定床流況驗證	黃逸軒，吳祚任，王仲宇，許泰文，Vuong Thi Hong Nhi

Conference (IV) 10:40–12:00 6th Oct. (Fri.)

C-5: 海洋及海岸規劃管理 V

地點：504 室 **主持人：蔡立宏**

時間	頁碼	題目	作者
10:40-10:52	A264	運用水下麥克風陣列之船舶偵測及定位研究	江維新，陳琪芳，呂秉豪
10:52-11:04	A266	潮位觀測技術盤點與評估	陳秋份，林演斌，馬家驎，簡昭群
11:04-11:16	A268	應用 CoastSat 探討旗津海岸線變遷	林才淵，謝志敏
11:16-11:28	A270	應用 GNOME 追溯海洋廢棄物之潛在來源	邱啓敏，莊偉良
11:28-11:40	A272	應用 K-means 分群法於花蓮海岸公路越波影像判釋	江佳倫，陳彥龍，吳漢倫，陳鈞彥，林雅雯，蔡立宏，吳昀達，蕭士俊
11:40-11:52	A274	應用多時期影像探討海岸灘線變動	江宗翰，廖心瑜，楊一中，王星宇，方惠民
11:52-12:04	A276	應用無人機進行海岸變化監測-以中角灣為例	梁庭語，施虹如，李士強，陳偉柏，何瑞益，張志新

Conference (IV) 10:40–12:00 6th Oct. (Fri.)

C-6: 海洋及海岸規劃管理 VI/ A-5: 海洋能與離岸風力 V

地點：505 室 **主持人：范揚洺、林宗岳**

時間	頁碼	題目	作者
10:40-10:52	A278	發展低風險航路規劃	范揚洺，邱惠絹，王良生
10:52-11:04	A280	資訊安全落實海洋探測資料管理-以「勵進號」研究船為例	許友貞，曹昱仁，黃奕霖，賴國榮，李昶緯，林聖峯，王楓鈞
11:04-11:16	A281	臺中海域遊憩活動安全分級評估	李敏豐，王敘民，張俊生，董東璟
11:16-11:28	A283	離岸風電水下基礎供應商評選	莊秉翊，張揚祺
11:28-11:40	A286	風機尾跡流模型分析與計算	張家修，林宗岳
11:40-11:52	A288	基於 Realizable k-ε 模型模擬離岸風電在大氣邊界層及塔影效應下的功率損耗	巫昀冠，林宇衡，蔡原祥
11:52-12:04	A290	離岸風電產業人員職能基準產出與應用	張珮錡

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

海洋大學實海域海洋能測試場之風浪頻譜分析

趙偉廷[1] 林鼎傑[2] 胡凱程[3] 許泰文[4]

[1] 國立臺灣海洋大學 海洋工程科技中心 助理研究員
[2] 國立臺灣海洋大學河海工程學系 助理教授
[3] 國立成功大學水工試驗所 副研究員
[4] 國立臺灣海洋大學河海工程學系 講座教授兼校長

主題: A 海洋能與離岸風力

國科會計畫： NSTC 112-2218-E-019-001 -

通訊作者：趙偉廷

E-mail: away19850624@gmail.com

Tel: **02-24622192 #1235**

摘要

國立臺灣海洋大學於基隆校本部鄰近海域規劃實體海域海洋能測試場，可於此處進行波浪發電、潮流發電及浮式風機發電等相關海洋能源開發研究事宜。本研究蒐集彭佳嶼、富貴角與海大海洋能測試場浮標之一維波譜資料，分析東北季風期間與非東北季風期間主導此海域主要之風浪型態(如風浪、湧浪或混合型態)；研究內容針對單峰型(Unimodal)與雙峰型(Bimodal)之波譜進行整合分析，並應用不同之波譜方程式(如 JONSWAP、P-M、TMA、Ochi-Hub 等)進行深入探討，尋找出最適合實海域測試場之方程式類型。初步結果顯示，此區域的波浪形態在東北季風與非東北季風期間均是以風浪主導為主(63.08%~81.09%)，然而東北季風期間湧浪主導所佔之比例有明顯增加之趨勢；JONSWAP 波譜與 Ochi-Hub 波譜分別為較適合描述此區域於東北季風及非東北季風時期之波譜方程式。

關鍵詞：海大海洋能測試場、一維波譜、風浪主導、湧浪主導、JONSWAP 波譜、Ochi-Hub 波譜

一、研究目的

臺灣地區擁有極佳的風場，第二階段規畫興建的離岸風場將陸續完工。經濟部為了因應風場開發需求，往大水深海域發展成為趨勢，大型浮動式離岸風機應運而生。國立臺灣海洋大學海洋能測試場(基隆嶼東南方及和平島東北方海域)為臺灣少數適合測試各類型態發電機組之實際海域，主因該處天然水深足夠且不大幅度地影響原本航道及漁權，因此規劃此處可作為浮式風機平台正式商轉前實體機組測試之用。本研究蒐集測試場相關實測資料(海大海洋能測試場浮標資料、富貴角浮標及彭佳嶼浮標)透過其觀測到之一維波譜資料，分析此處季風與風浪之關聯性，並瞭解此區域在東北季風與非東北季風期間，主要的波浪型態與所佔之比例。此外，利用不同的波譜方程式，分析最為適合描述單峰型

(Unimodal)與雙峰型(Bimodal)波譜的方程式類型。研究成果可提供給產官學作為參考之用。

二、研究方法

海大海洋能測試場浮標資料、富貴角浮標及彭佳嶼浮標，資料長度分別為 2023 年 1 月 1 號 01:00AM 至 2023 年 6 月 30 號 23:00PM(3211 筆)、2016 年 1 月 2 號 07:00 AM 至 2021 年 12 月 31 號 11:00 PM (49,217 筆)、2020 年 5 月 30 號 09:00AM 至 2023 年 5 月 31 號 23:00PM(22,530 筆)。

由於波浪頻譜分類型態包括風浪主導(wind-wave dominated)、湧浪主導(swell dominated)及共同主宰(mixed sea)，所以需要透過 Gilhousen and Hervey (2002)所提出的頻率分離方法(separation frequency)，才能分析各自所佔的比例。

$$\xi(f_l) = \frac{8\pi \int_{f_l}^{f_u} f^2 s(f) df}{g \int_{f_l}^{f_u} s(f) df} \quad (1)$$

其中，f_u、f_l 為頻率 f 之上下界，而 f_l 為一變量、S 為頻譜、g 為重力加速度。再以下式決定分離頻率 f_s:

$$f_s = 0.75 f_x \quad (2)$$

上式中 f_x 為 $\xi(f)$ 計算所得之最大值。依據 Rodri´ guez and Guedes Soares (1999)所提出指標 $SSER$

$$\mathrm{SSER} = \int_{f_l}^{f_s} s(f) df \Big/ \int_{f_s}^{f_u} s(f) df \quad (3)$$

當 $SSER$ < 0.8、0.8≤SSER<1.2、SSER≥1.2 分別表示湧浪主導、共同主宰及風浪主導三種類型。

本研究為了分析適用於描述單峰波型及雙峰坡型之波譜型態，選用 JONSWAP、P-M、TMA 及 Ochi-Hub 等，其方程式表示如下：

JONSWAP

$$s(f) = 0.78(2\pi)^{-4} f^{-5} e^{\frac{-5}{4}(f/f_p)^{-4}} \gamma^{e^{-(f-f_p)/2\sigma^2 f_p^2}} \quad (4)$$

其中，f_p 為尖峰頻率，σ為頻寬參數，γ為譜峰增強因子。

P-M

$$s(f) = 0.78(2\pi)^{-4} f^{-5} e^{\frac{-5}{4}(f/f_p)^{-4}} \quad (5)$$

TMA

$$s(f) = S_{JONSWAP} \emptyset(kh) \quad (6)$$

其中，k 為週波數，h 為水深。

Ochi-Hub

$$s(f) = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{2} \frac{\left(\frac{4\lambda_j + 1}{4} f_{p_j}{}^4\right)^{\lambda_j}}{\Gamma(\lambda_j)} \frac{H_{s_j}^2}{f^{4\lambda_j+1}} e^{-\frac{4\lambda_j+1}{4}\left(\frac{f_{p_j}}{f}\right)^4} \quad (7)$$

其中，H_s 為示性波高，λ為尖銳參數，j = 1,2 分別代表湧浪與風浪成分。

三、初步結果

圖 1 為彭佳嶼浮標之波浪型態分布結果為例進行說明，單峰、雙峰與不成形波所佔比例分別為 0.3%、81.14%及 18.56%。圖 2 則為波浪類型分布結果，風浪主導、湧浪主導及共同主宰的比例分別為 70.47%、16.83%及 12.68%。圖 3 及圖 4 分別為彭佳嶼浮標適用單峰型及雙峰型波譜之結果，顯示分別為 JONSWAP 及 Ochi-Hub 波譜最適用。更多研究成果請參閱會議報告內容。

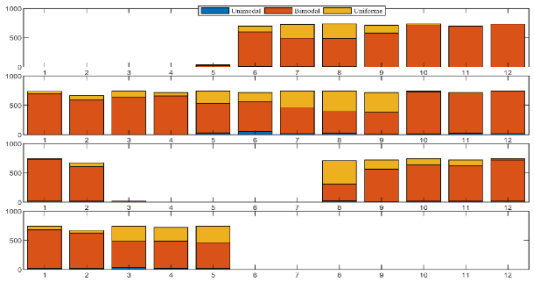


圖 1 彭佳嶼浮標波浪型態分布結果

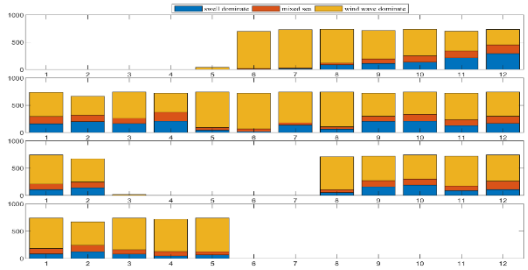


圖 2 彭佳嶼浮標波浪類型分布結果

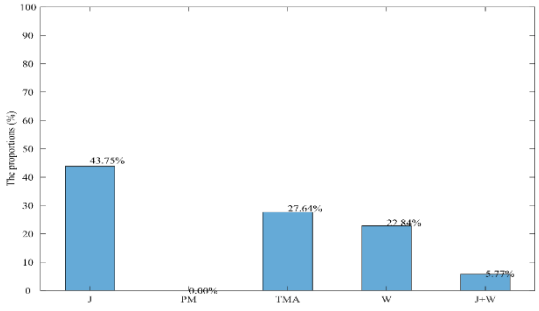


圖 3 彭佳嶼浮標適用單峰型波譜之結果

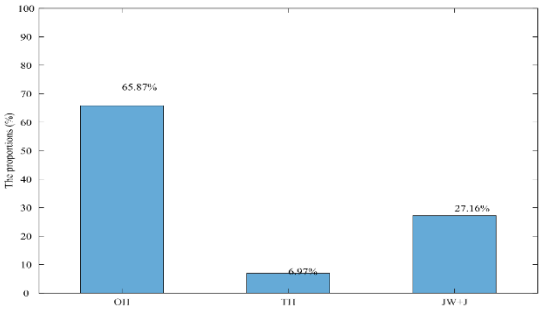


圖 4 彭佳嶼浮標適用雙峰型波譜之結果

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

以數值模式為基礎探討颱風季的波浪潛能

林幼淳 [1]　林鼎傑 [2]　許泰文 [2]

[1]國立臺灣海洋大學 海洋環境資訊系
[2]國立臺灣海洋大學 河海工程系

主題：海洋能與離岸風力

國科會計畫： NSTC 112-2218-E-019-001 -

通訊作者：林幼淳

E-mail: yuchlin@mail.ntou.edu.tw

Tel: 02-2462-2192 ext. 6311

摘要

受惠於穩定的東北與西南季風，臺灣周邊海域富含豐富的海洋能資源，如風能與波浪能。此外，在夏秋之際，平均每年約有 4-5 個颱風經過臺灣周邊海域，其高強度的風場，除了暴風圈中心的瞬間強陣風帶來危害外，颱風的暴風半徑外圍風場所能提供的波浪能不容小覷。本研究將透過強化颱風風場結構(Holland-vortex model)之再分析風場資料，來驅動第三代波浪模式(WAVEWATCHIII)，分析與檢視臺灣周邊海域在過去 30 年間颱風所引起之波浪特性，並進一步作為離岸風場工程規劃設計及施工運維之參考。

關鍵詞：颱風波浪、季風波浪、極端值分析

一、研究目的

在全球變遷的影響下，環境議題逐漸升高，環保意識抬頭，綠色能源發展逐漸受到重視。在行政院的推動下，綠色再生能源的開發為「前瞻基礎建設」的重要議題之一。目前最受關注的再生能源開發計畫為臺灣西岸的彰濱離岸風電場。我國也在 2022 年公布了「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，提供為臺灣規劃之淨零軌跡與行動路徑，以呼應全球變遷的趨勢。

在 2050 淨零排放的路徑規劃下，再生能源的發電占比將逐漸提升至 60%，開發永續能源為首要課題。除了積極開發離岸風能，海洋能源的開發亦逐漸受到重視。海洋的水體運動可以提供洋流能、潮汐能、波浪能等各式再生且永續能源。中研院環境變遷中心已著手開發水下渦輪發電機組，目的在於擷取臺灣東海岸的黑潮洋流潛能。

但穩定的能源是國家經濟發展的基石，石化燃料雖為當前主要能源，但也是造成全球暖化的原因之一；核能發電雖然穩定，環境影響低，但副產物處理棘手。目前所使用的再生能源手段包含太陽能、風力發電、水力發電等，多為陸域再生能源，海上的再生能源，如洋流能、波浪能，多處於研發及開發階段，尚未投放至實質應用。而受到全球氣候變遷與暖化的影響，極端氣候造成的事件頻傳，如熱浪、乾旱、異常強降雨、洪水等。為達到 2050 淨零排放的願景，需積極開發多元且永續的海洋能源。

本研究將透過建置一高空間與時間解析度之波浪模式，分析過去 30 年臺灣周邊海域的波浪場，解析臺灣沿岸海域波浪能發電潛能，彌補單點波浪觀測站的不足，並著重在颱風引起之波浪能可行性評估。

二、研究方法

本此研究的目的在於探討臺灣周邊海域的波浪特性，並著重在颱風經過前期的波浪特性，並尋找最佳波浪能潛勢位置。有鑒於氣象局現地波浪觀測站皆為單點觀測，本研究使用第三代波浪模式(WAVEWATCH III)為主要研究工具，並以氣象局波浪觀測站為佐證。波浪模式的範圍以臺灣為中心，涵蓋範圍自 117E 至 127E，20N 至 30N (如圖 1)。

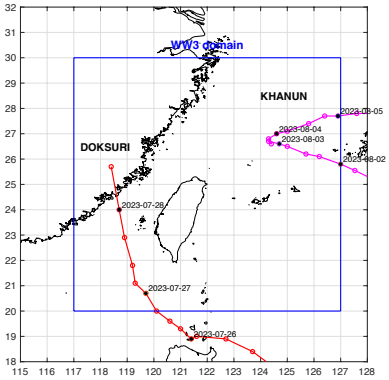
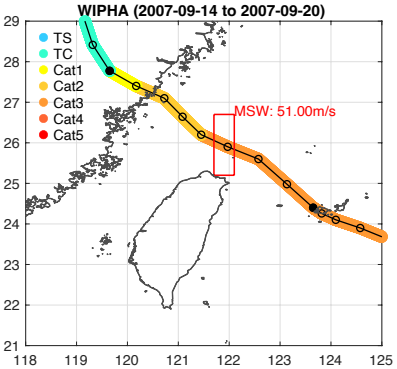


圖 1：WW3 模式範圍與 2023 年杜蘇芮颱風與卡努颱風軌跡。

波浪模式的風場驅動力為 Cross-Calibrated Multi-Platform version 2 (CCMPv2)的風場資料，並合併 Holland-vortex 風場模式來強化 CCMPv2 對颱風風場模擬的低估。以 2007 年的韋伯颱風為例，韋伯颱風為近年來直接通過彭佳嶼上空的颱風(圖 2 上)。在彭佳嶼測站，CCMPv2 的風場資料無法重現接近颱風中心的強風速，而合併了 Holland-vortex 的風場資料則大幅改善 CCMPv2 對颱風風場結構的不足(圖一中)，此 Holland-vortex 的風場資料也大幅模式中韋伯颱風的顯著波高(圖一下)。



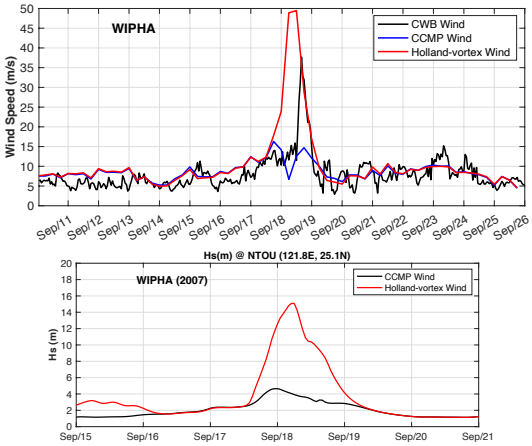


圖 2：(上)2007 韋伯颱風路徑，(中)中央氣象局(CWB)、CCMPv2 風場、與 Holland-vortex wind 在彭佳嶼的風速比較，(下)波浪模式受 CCMPv2 與 Holland-vortex 風場的顯著波高。

三、初步結果

國立臺灣海洋大學在基隆外海設置一近海波浪浮標，資料採樣自 2022 年至今，作為海洋大學海洋能測試的波浪監測點，並提供此波浪模式的結果驗證。在 2023 年 7-8 月，杜蘇芮颱風與卡努颱風分別通過臺灣南部與北部(如圖 1)，波浪模式的初步驗證顯示波浪模式提供了一個良好的結果(圖 3)，顯著波高與波浪週期皆與海洋大學的浮標測站有良好的結果。我們將使用此波浪模式在過去 30 年的模擬結果來探討臺灣周邊的波浪能潛勢。

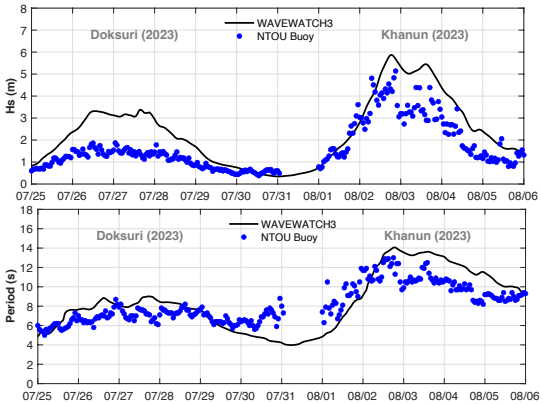


圖 3：波浪模式與海大波浪浮標的(上)顯著波高、(下)波浪週期比較。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

波浪作用下浮式風機連續斷纜模型試驗

唐宏結 [1]　楊瑞源 [2]　姚皓晟 [2]

[1]國立臺灣海洋大學海洋工程科技學士學位學程
[2]國立成功大學水利及海洋工程學系

主題: A.海洋能與離岸風力

國科會計畫：112-2221-E-019-071

通訊作者：唐宏結

E-mail: hjtang@mail.ntou.edu.tw

Tel: 0937249343

摘要

近年來，浮式風機斷纜的研究受到廣泛的關注，而風機斷纜對全球最繁忙航道之一的台灣海峽，則可能會構成重大危害。為釐清及避免浮式風機斷纜的情況發生，首先必須了解斷纜後浮台的動態響應，尤其是在漂移運動方面。本研究在試驗水槽針對縮尺 1/64 的駁船式浮台搭載 NREL 5 MW 風機進行試驗，量測在規則波作用下，連續兩條繫纜斷纜過程中，張力變化和浮台運動響應。結果顯示，第二次斷纜後，相鄰倖存的繫纜最大張力，明顯大於第一次斷纜，且波高越大，差距越多；而第二次斷纜後的最大漂移距離也遠大於第一次。

關鍵詞：浮式風機、連續斷纜、航行安全、漂移距離、水工模型試驗

一、研究目的

近年來，全球對浮式風機的興趣快速增長，台灣也不例外，主因是適合淺水域的固定式離岸風場已逐漸飽和，而在超過 50 公尺水深的海域，浮式風機較具成本優勢。根據中央氣象局統計資料，台灣平均每年約有三次颱風侵襲，嚴峻的海況可能會導致浮式風機發生斷纜而隨波漂移，除了會造成機組損壞，也可能影響航行安全。

近年來，浮式風機斷纜研究已在全球各地展開，例如 Bae et al. (2017)、Ma et al. (2020)、Yang et al. (2022a)、Zhang et al. (2022)和 Zhang et al. (2023)等，不過都是以數值模擬的方式進行研究，直到 Tang et al. (2023)才完成水工模型試驗，分析風、波、流在浮式風機斷纜之動態響應的貢獻，結果發現波浪所造成的影響最大。

緣此，本文以 Tang et al. (2023)的研究為基礎，探討不同波高之規則波作用下，量測浮式風機發生連續兩次斷纜過程中的繫纜張力和浮台運動響應。

二、研究方法

本研究於國立成功大學水工試驗所進行，水池長 70 公尺、寬 7 公尺、高 1.2 公尺，波浪由活塞式造波機產生，造波水深 0.78 公尺；風力則藉由控制無人機提供反向風推力。

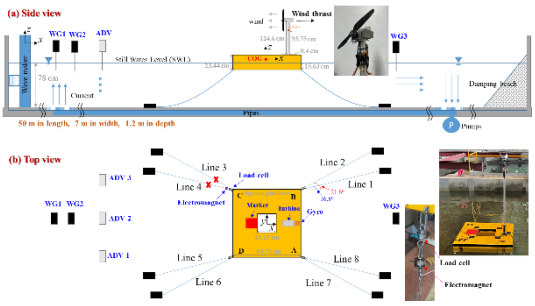


圖 1 浮式風機連續斷纜模型試驗佈置圖

本研究採用駁船式浮台搭載 NREL 5MW 風機，縮尺比例為 1/64，浮台以 8 條鐵鍊錨碇於底床，並分別在 Line 3 和 Line 4 安裝電池鐵，利用斷電後無磁力的特性，藉以斷開鐵鍊連結，達到斷纜的效果。造波試次如表 1，主要探討波高對風機斷纜的影響。

表 1 本研究試驗案例

造波試次	波高(m)		週期 (s)	
	原型	模型	原型	模型
RH32T08	3.2	0.050	8.0	1.0
RH48T08	4.8	0.075	8.0	1.0
RH64T08	6.4	0.100	8.0	1.0
RH80T08	8.0	0.125	8.0	1.0
RH96T08	9.6	0.150	8.0	1.0
RH112T08	11.2	0.175	8.0	1.0

三、初步結果

圖 2 為斷纜後浮台的位置改變的照片記錄。圖 3 為所有試次，Line 3 和 Line 4 斷纜過程中，Line 5 的張力變化情況(見圖 1)。圖 4 為所有試次的最大張力比較，第二次斷纜後的最大張力明顯高於第一次，且隨著波高增加，差距也會變大。

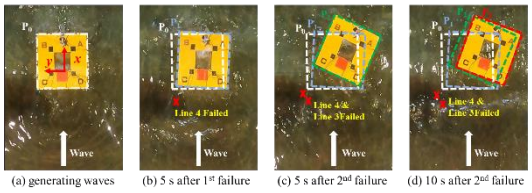


圖 2 浮式風機連續斷纜試驗照片(RH80T08 案例)

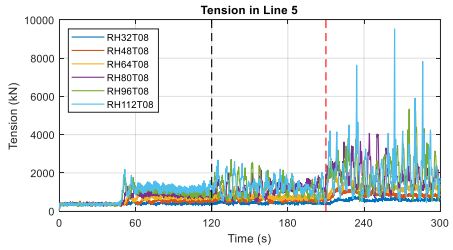


圖 3 浮式風機斷纜試驗錨碇張力時序列(Line 5)

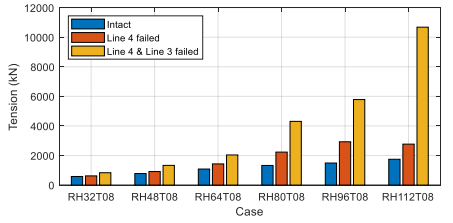


圖 4 浮式風機斷纜最大張力比較(Line 5)

圖 5 為 RH80T08 試次，繫纜為完整、斷一條和斷兩條三種情況下，浮台的位置改變的軌跡圖，結果顯示，斷一條後，浮台位置仍在負 Y 方向 10 公尺範圍內漂移；而斷兩條後，浮台位置明顯往負 Y 方向漂移 30 公尺範圍內漂移。

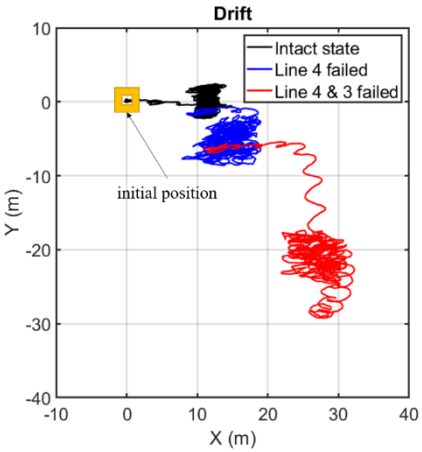


圖 5 浮式風機漂移軌跡圖(RH80T08 案例)

圖 6 為各試次在斷一條和斷兩條情況下發生最大偏移量的座標位置，結果顯示，斷纜發生在第二象限的情況下(Line 3 和 Line 4)，浮台會往第四象限漂移。在斷一條的情況，最大漂移距離將超過 20 公尺；斷兩條的情況下，最大漂移距離最少可超過 20 公尺，最多則會超過 40 公尺。

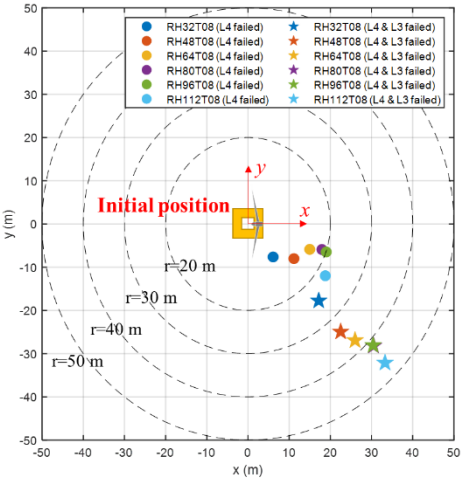


圖 6 浮式風機最大漂移距離之位置

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

八邊形駁船式平台搭載下部懸吊系統之水動力及穩定性數值分析

孫詠鈞 [1]　楊瑞源 [2]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系 碩士生
[2]國立成功大學水利及海洋工程學系 教授

主題: A.海洋能與離岸風力

通訊作者：孫詠鈞

E-mail:a9505195051@gmail.com

Tel:0983973607

摘要

為了有效抑制俯仰角度的影響，本研究採用下部懸吊系統的方式，搭配自行設計之八邊形駁船式平台。本文先介紹如何進行浮台設計，其中包括浮台特色、模塊化施工方式以及可行性評估，再檢驗浮台是否符合挪威船級社(DNV)所制定之規範。並比較不同懸吊長度之穩定性以及繫纜張力值，以尋求下部懸吊系統優化配置。

本研究將具有下部懸吊系統的八邊形駁船式浮式平台裝載 NREL 5MW 風力發電機，使用 OrcaFlex 軟體分析浮式平台在不同海況下（常時海況、東北季風海況、50 年重現期海況），主要在俯仰方向(Pitch)的運動響應抑制效果。確保具有下部懸吊系統的駁船式平台能夠承受波浪的荷載以及是否適合設置在臺灣新竹外海。

關鍵詞：下部懸吊系統、駁船式平台、浮式風電、俯仰抑制、浮台設計、數值模擬、模塊化設計

一、研究目的

本研究透過自行設計之八邊形駁船式平台，透過模塊化製成方式，可提高生產效率，進而降低施工成本。並提升國內浮式風電與國外之間競爭力。

二、研究方法

研究方法採用 ANSYS AQWA 進行平台建模與水動力分析計算，再將計算結果匯入 OrcaFlex 進行時頻動態分析。根據 DNVGL-ST-0119 標準，對浮式風機進行安全評估時，使用 50 年颱風重現期進行評估。根據 DNV-RP-0286 標準，進行 3 小時的模擬。根據 DNVGL-OS-E301 和 Corewind D2.1 標準，檢驗平台的運動和繫泊張力性能，並比較不同配置其平台運動表現進行優化。

三、初步結果

3.1 浮台設計概念

1. 八邊形平台

與方形結構相比，八邊形平台受到的波浪及海流影響較小，且製造過程比圓形設計簡單。此外，八邊形較不容易受到渦流引致振動(VIV)的影響，從而減少損壞風險並延長平台的壽命。

2. 阻尼池

阻尼池的設計可以使得水體的振動與波浪產生的激振力相互抵銷，以降低平台上下起伏。此外，阻尼池的設計還可以減少所需材料用量，達到提高成本效益的目的。

3. 垂盪板

為了進一步抑制平台的上下起伏，在平台底部安裝垂盪板。在平台起伏時產生一個反作用力來抑制運動，可增加平台的穩定性。

4. 下部懸吊系統系統

下部懸吊系統系統可降低浮台重心，進而增加其穩定性。此外，單擺運動產生的相位差可減少平台俯仰(pitch)，從而提高風機發電效率。

5. 模塊化設計

將結構體設計成相同的小物件，使其能統一製造，並且每個物件相互獨立，可以單獨進行配重。這些物件可以快速地組合形成完整的平台，方便運輸，節省時間成本。

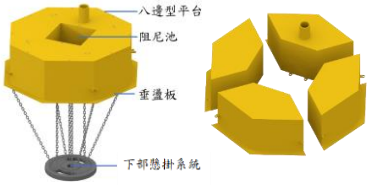


圖 1 平台示意圖(左) 模塊化示意圖(右)

3.2 浮台參數與繫纜設計

本研究透過 SolidWorks 建模，將不同參數輸入至 ANSYS 反覆進行結構分析以及水動力分析以尋得優化參數，相關參數如表 1。

表 1 浮台相關參數

浮台參數	單位	數值
內接直徑	[m]	48
乾舷	[m]	5.4
吃水深	[m]	10.8
重量	[ton]	12,880
搭載風機	[-]	NREL 5MW
懸吊重量	[ton]	1,900

本研究採用 OrcaFlex 進行繫纜設計，確認繫纜於極端條件下不會失效並符合規範，詳細繫纜與下部懸吊系統系統配置如圖 2，相關參數如表 2。

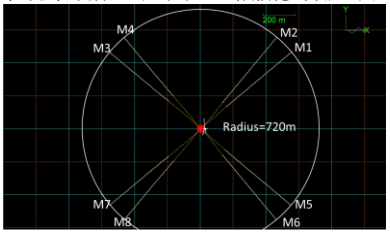


圖 2 繫纜配置圖

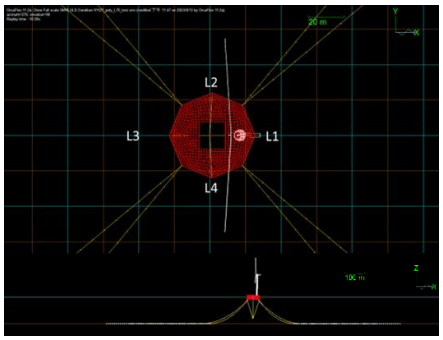


圖 3 下部懸吊系統系統配置(上)與側視圖(下)

表 2 繫纜與下部懸吊系統配置

編號	M1~M8	L1~L4
種類	無擋錨鍊	聚酯纖維繩捆
標稱直徑	0.20 m	0.14m
長度	720 m	三個方案(表 3)
最小破斷力	30,688kN (R4)	3,341.15kN

3.3 環境條件與試次規劃

本研究選定新竹外海水深 100 公尺位置，以常時海況、東北季風海況以及 50 年重現期海況進行分析。依據不同懸吊長度分為三個方案(表 3)，並檢驗是否通過規範以及尋求優化結果。

表 3 下部懸吊系統設計方案

方案	配置(直徑 140 公釐聚酯纖維繩捆)
0	無下部懸吊系統
1	懸吊深度水下 90 公尺
2	懸吊深度水下 85 公尺
3	懸吊深度水下 80 公尺

3.4 數值模擬

表 4 50 年重現期模擬結果

	俯仰	縱移	設計繫纜強度	繩張力	檢驗
標準	<15°	<30m	<29,153.6kN	<2,338.8kN	-
方案 0	17.38°	14.22m	20,702.74 kN	-	不合格
方案 1	9.80°	19.27m	26,236.84kN	1,405.8 kN	合格
方案 2	10.64°	19.80m	27,816.82kN	1,486.5 kN	合格
方案 3	11.67°	19.95m	28,389.04kN	1,528.4 kN	合格

依據 50 年重現期條件，檢驗各方案得知方案 1 為最佳配置。詳細數值模擬結果擬於研討會發表。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

海大海洋能測試場底碇式 ADCP 數據分析

何宗儒 [1] 楊一中 [1] 鄭宇昕 [1]

[1] 國立臺灣海洋大學海洋環境資訊系

主題: A 海洋能與離岸風力

國科會計畫： NSTC 112-2218-E-019-001

通訊作者：何宗儒

E-mail:b0211@mail.ntou.edu.tw

Tel:02-2462-2192 **ext. 6331**

摘要

國立臺灣海洋大學位處臺灣東北角，校門外即為大海，為一極佳的海洋能裝備的測試場。為了解當地的海流狀況，本研究在水深約 31 公尺處設立一底碇式的聲波都卜勒流剖儀(ADCP)，量測深度剖面海流。本次量測時間為 112 年 6 月 6 日至 7 月 18 日，每 10 分鐘一筆，每公尺一層。初步分析結果發現表層最大流速為 56.3 公分/秒，各層平均流速介於 11.6~14.7 公分/秒。應用調和分析分析流速數據，因測量位置受地形淺水影響，太陰半日潮(M2)的倍潮 M4 潮流最為顯著，潮流橢圓顯示長軸方向為南北向，惟測量期間平均流場為北北西向，有可能此處海流受風場影響顯著。

關鍵詞：海流、海洋能、潮流、基隆

一、研究目的

國立臺灣海洋大學海洋能測試場是為國內發展海洋能機具在運往實地作業前提供一測試的場域，該場域位於海洋大學校門口外，鄰近基隆港與八斗子漁港，具有相當的地利之便。為提供海洋能機具測試，特別是浮動式機具，對於當地的海流必須有一定的了解。因此本研究就波浪能測試場於波浪能測試期間，同時量測海流，以了解海流對波浪發電機具穩定的影響。

二、研究資料

本研究資料為底碇式聲波都卜勒流剖儀(ADCP)所量測的水深剖面的海流資料，佈放位置為北緯 25.15578 度、東經 121.78147 度，資料收集期間為 2023 年 6 月 6 日至 2023 年 7 月 18 日，每 10 分鐘一筆，每公尺一層，扣除儀器高度後，共 28 層。最表層數據有可能受到海面反射等因素之影響，資料品質有疑慮，因此實際使用數據為海面下 2 公尺至水面下 28 公尺。水深 2 公尺、15 公尺、28 公尺的流場統計據如表 1。

表 1 表(2 公尺)、中(15 公)、底(28 公尺)層流速統計

深度(公尺)	2	15	28
最大流速(公分/秒)	56.3	49.8	49.8
對應流向(度)	197.9	342.1	93.5
平均流速(公分/秒)	14.7	13.6	12.0

三、研究方法

由於所測量位置極為近岸，潮流影響必須考慮，因此將流速以 T_tide 程式進行調和分析(Pawlowicz et al., 2002)，得出各分潮潮流橢圓的半長軸、半短軸、傾角、遲角等資訊，亦可計算扁率(半短軸/半長軸)得知潮流的運動方向(Godin, 1972；Pu et al., 2017)。

四、初步結果

以表層流為例，測量期間流速分布統計直方圖如圖 1，可見大部分流速在 10 公分/秒左右，最大流速為 56.3 公分/秒，流向則以北北西為主，如圖 2。由於所測量位置極為近岸，潮流影響必須考慮，一般潮汐主要分潮有四種 M2、S2、K1、O1，由於此儀器佈放水深僅 31 公尺，潮流經深水傳入淺水會受地形影響而產生倍潮。本研究所量測的海流經調和分析後，發現此處的潮流以 M4 分潮最大、其次是 M2 潮，如圖 3，可見此處海流受地形影響產生的非線性效應極為顯著。表 2 顯示表層潮流的四個主要分潮及最大分潮 M4 的半長軸、半短軸、傾角、遲角和扁率，扁率正值為逆時針方向轉、負值為順時針方向轉。

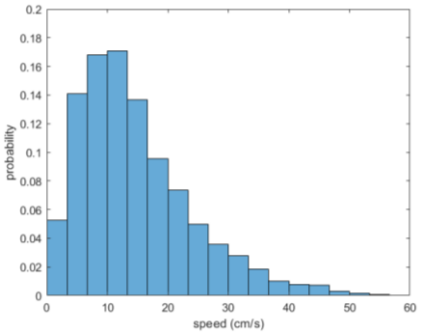


圖 1 流速統計直方圖

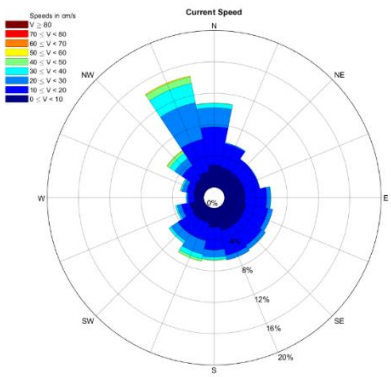


圖 2 海流方向統計玫瑰圖

圖 3 M2、S2、K1、O1 及 M4 潮的潮流橢圓

表 2 主要分潮潮流橢圓特徵

分潮	半長軸 (cm/s)	半短軸 (cm/s)	傾角 (度)	遲角 (度)	扁率
M2	5.35	1.34	86.18	262.05	0.25
S2	1.78	0.05	79.13	242.08	0.03
K1	0.79	0.44	179.26	359.65	0.56
O1	1.56	-0.19	146.78	38.45	-0.12
M4	10.04	-1.62	89.98	269.46	-0.16

從潮流的方向來看，潮流主要為南北向，但海流流向最多為北北西向，顯示此處海流不僅受潮流影響，亦可能受到風場的影響。根據中央氣象局基隆嶼測站風場資料，測量期間的風場主要是吹東風(圖 4)，因此，往北的表層潮流有可能受東風吹拂影響而往北北西方向流動。一般表面流速約為風速的 1% (Ralph & Niller, 2000; Stewart 2008)，若以測量期間風速機率最高的 3 公尺/秒來算，風造成的表面流速約向西 3 公分/秒，結合主要向北的潮流流速 10 公分/秒，最後形成北北西向的海流。

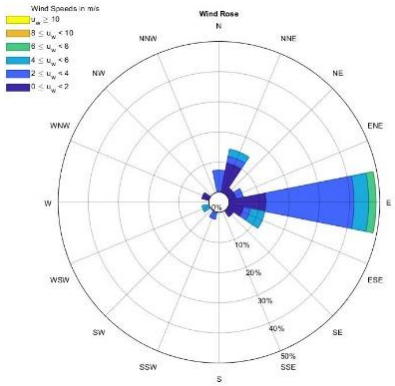


圖 4 海流測量期間基隆嶼風瑰圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

浮動式風機複合繫纜系統設計可行性分析

陳乃齊 [1]　吳慧華 [2] 楊瑞源 [3]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系 碩士生
[2]國立成功大學水利及海洋工程學系 專案工作人員
[2]國立成功大學水利及海洋工程學系 教授

主題: A.海洋能與離岸風力

通訊作者：陳乃齊

E-mail:nigel31101@gmail.com

Tel:0929659026

摘要

台灣 2050 年淨零碳排放轉型的四大策略將離岸風電列為能源轉型的重要策略之一，當前離岸風電正朝大型化浮動式風機發展。然而，目前浮式風能面臨著成本高昂的挑戰，其中繫泊系統是浮式風機的重要基礎結構，材料選用上與傳統錨鍊相比，合成纖維繫纜近年來引起了廣泛關注，原因包括其成本效益較高、優越的延展性、較輕的重量以及無腐蝕問題。

因此，本研究的主要目的是針對浮式風機（FWTs）的繫泊系統，研究不同比例的合成纖維繫纜對繫纜張力和浮式平台運動的影響。這項研究的目標是評估複合式繫纜系統的可行性，並探討複合式繫纜系統對浮式風機運動及繫纜張力的影響，以促進可再生能源的發展。

關鍵詞：離岸風電、繫纜系統、數值模擬、合成纖維、複合式繫纜、極端值分析

一、研究目的

根據調查結果，約有 81%的離岸風能潛力位於水深超過 40 米的區域。在這些區域中，由於沒有陸地干擾，風力更加穩定且更強大，因此浮式風機（FWTs）被視為未來開發這些深水區風能資源的必要技術。然而，浮式風能技術目前仍然面臨著成本挑戰。固定式風電項目的平均電能度量化成本（LCOE）已經降低到低於 50 美元/兆瓦小時，而首個浮式風場的 LCOE 則超過了 200 美元/兆瓦小時。

浮式風機的結構中，繫泊系統是降低成本的一個關鍵因素。目前的浮式風機通常使用錨鍊進行繫泊，但這是一種成本極高的方式，因為它需要大量的重型鋼材以及巨型的安裝船隻。未來，採用輕量化的合成纖維繫纜將成為一個有巨大潛力的解決方案。原因包括其成本效益高、抗疲勞、重量較輕以及無腐蝕問題（Xu 等人，2021 年）。本研究將模擬浮式風機在 50 年回歸期下，測試不同材質比例合成纖維的組合，對於纜繩張力及浮式平台自身運動有何影響。

二、研究方法

本研究設定之研究區域為新竹外海之離岸風場，浮台選用 VolturnUS-S 半潛式平台搭載 IEA 15MW 大型風機。為確保浮式風機系纜系統設計可行性，環境條件採用 50 年回歸期極端條件，以了解極端情況下的浮台運動和繫泊系統的張力行為。數值模擬使用 Ansys AQWA 進行基礎建模及水動力分析，接著

在 Orcaflex 中進行 3 小時的時域動態分析，使波浪的非線性、二階波力等能夠完整呈現。最後，根據國際驗船協會 DNV 和 Corewind D2.1 規範建議，審視浮式風機平台的運動(位移及傾斜)、繫泊張力情形，以評估浮式風機使用複合式繫纜系統的生存性。

三、初步結果

3.1 浮動式平台繫泊設計

本文研究所使用系纜材質之包括：錨鍊、聚酯纖維尼龍纖維繫纜。繫泊示意圖如圖 1，繫纜相關參數如表 1。

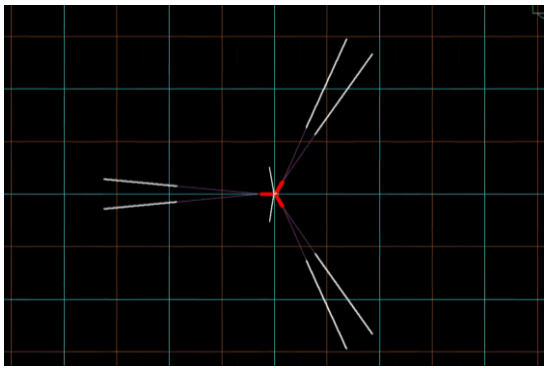


圖 1 浮式平台繫泊配置圖

表 1 船舶參數

	單位	值
繫纜形態	-	懸垂式
繫纜數量	條	6
繫纜長度	m	610
錨碇半徑	m	650
錨碇深度	m	100

3.2 複合式繫纜設計

複合式繫纜設計將在原錨鍊繫纜加入聚酯纖維及尼龍材質繫纜，繫纜總長維持 610 公尺、錨碇半徑 650 公尺。本研究設計之複合式繫纜頂端皆以 30 米錨鍊與浮台連接；五組複合式配置中分別加入 30、60、90 公尺之聚酯纖維與 30、60 公尺之尼龍材質繫纜 ，如表 1 所式，以比較不同材質、比例配置間差異。詳細繫纜配置如圖 2。

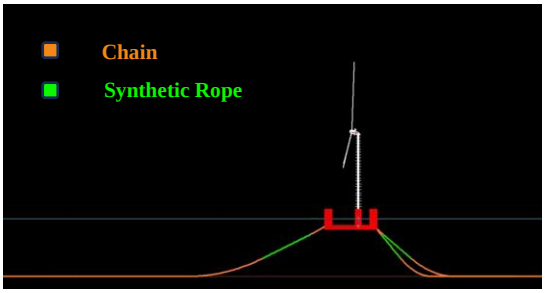


圖 2 浮式平台繫纜側視圖

表 1 繫纜配置

繫纜配置	上部錨鍊	中段	下部錨鍊
配置 1	錨鍊 610 m		
配置 2	30 m	聚酯 30 m	550 m
配置 3	30 m	聚酯 60 m	520 m
配置 4	30 m	聚酯 90 m	490 m
配置 5	30 m	尼龍 30 m	550 m
配置 6	30 m	尼龍 60 m	520 m

3.3 極端條件驗證

本研究藉由模擬 50 年重現期風、波、流極端條件驗證繫纜是否超過最小破斷力造成繫纜失效。由圖 5 結果顯示在最極端條件的作用之下，六種配置皆小於最小破斷力，判斷繫纜能存活於任何海況條件，因此後續研究皆採用此繫纜配置，探討複合式繫纜系統對浮式風機運動及繫纜張力的影響。

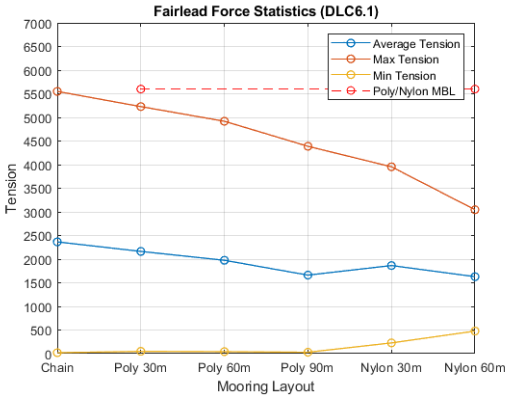


圖 3 繫纜張力分析

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

深海繫纜繩監控與診斷技術研發

蔡秉穎 [1] 王宇軒 [1] 沈聖智 [1] 許煜亮 [2]

[1]國立成功大學系統及船舶機電工程學系
[2]國立中山大學機械與機電工程學系

主題: 海洋及海岸規劃管理

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：沈聖智

E-mail: scshen@mail.ncku.edu.tw

摘要

目前深海工程開發以能源 資源擷取為主，其中以離岸風能、太陽能與海洋能源為主要發展目標。以離岸風能為例，其核心為浮動式風機與錨繫系統等部分，因風機結構直接接觸到海水與大氣，各種海生物寄生附著，加上複雜且惡劣的海象對於風機結構持續性之衝擊，對風機之基樁及基座金屬構件之耐久性影響甚鉅，對海下施工安全及風力機組主體結構造成影響。此外，無法進行即時姿態與受力檢測、無法明確得知水下繫纜繩發生彎曲或受力變形處及無法立即採取對策進而維護繫纜繩狀況。因此，有必要開發水下工程之感測與監控系統設計、診斷評估與分析技術，研發合適的即時監控技術，以加強海下結構物在施工維護時之安全性、穩定性及耐久性，增加使用壽命並提升其營運效益。

本研究透過開發深海工程感測監控系統、電腦模擬方法與結構動態評估方法等研發深海工程即時監控技術，針對海下錨繫的外觀形樣檢測、受力評估與即時監控，開發錨繫系統的動態模擬技術與深海施工所需之監控技術以及完工後之檢測技術之建立。透過陣列式姿態感測裝置佈設於錨繫系統上，用以量測繫纜繩在深海中的運動姿態變化訊號與加速度訊號，利用繫纜繩姿態估測演算法與受力估測演算法來加以偵測繫纜繩翻轉、彎曲、挫屈及受力等狀況，並藉由有線通訊網絡將感測資訊回傳至遠端監視人機介面與警示系統加以顯示繫纜繩彎曲與受力情況。另外，於繫纜繩上架設 LED 燈條，以提高水下姿態之能見度，方便於水下觀測與檢修繫纜繩。

關鍵詞：錨繫系統、姿態估測、受力估測、即時監控

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

聚焦波浪衝擊固定式平台之數值研究

王昱然[1] 林鼎傑[2] 莊偉良[3] 許泰文[4,5]

[1]國立臺灣海洋大學海洋工程科技中心研究助理
[2]國立臺灣海洋大學河海工程學系助理教授
[3]國立中山大學海洋環境及工程學系助理教授
[4]國立臺灣海洋大學河海工程學系講座教授兼校長
[5]國立臺灣海洋大學海洋工程科技中心

主題: E 氣候變遷對臺灣海洋環境及工程的衝擊
國科會計畫： NSTC 112-2218-E-019-001-

通訊作者：王昱然
E-mail:yrwang@email.ntou.edu.tw
Tel:02-2462-2192 **ext. 1235**

摘要

本文研究目的係透過 Navier-Stokes 數值水槽重現水工試驗中聚焦波浪撞擊固定式平板結構物之現象，並描述此極端波浪條件下在板結構物附近之流體速度特性。初步研究成果顯示:(1)透過傳統波譜(JONSWAP)擷取固定頻率範圍之合成聚焦波群，其群波傳遞特性會因此引入過多或過少之波浪能量而受到影響，進而再度影響整體波浪撞擊結構物後的流速變化特性; (2)聚焦波浪撞擊固定式平台時，平板上層及下層均以水平方向之流速衝擊為主要影響因子，其最大速度可達群波速度的 2.0-2.5 倍左右; 垂直方向速度於平板上下層則僅有群波速度之 0.25 倍以內。

關鍵詞：浮式平台、聚焦波、波譜

一、前言

在政府潔淨能源政策之推動下，近年離岸風力發電機已在臺灣西部風場規劃區四處林立，近岸可開風場日漸趨近於飽和，若未來要獲得更大的風場資源來發電，勢必要走向深水海域並針對浮式風機之設置與相關議題進行基礎性的系列型研究。在實際深海區域中與非極端氣候條件情況下，因海中波浪多方向性隨機疊加/削減的特性，會發生不可預測的聚焦波浪，此突如其來的巨大波能量若瞬間衝擊浮式風機設備，則可能造成不可小覷之營運成本毀損。值得關注的是，國內目前投入聚焦波浪的相關研究甚少，故此類型的相關議題是值得未來政府及學界持續深入之研究方向。本文研究目的為探討以水工試驗後的傅立葉分析波譜應用於在數值水槽中重現聚焦波浪之方法，並探討此波浪條件下在固定式平板結構物附近之流速特性，作為臺灣深海浮式風機開發之參考依據。

二、研究方法

本文使用二維 Navier-Stokes Equation VOF 模式(COBRAS)重現已完成之水工模型試驗(Chuang et al. 2023, in review)。模擬時改良 COBRAS 造波邊界條件，係根據快速傅立葉轉換將試驗水位時序資料由時間域轉換為頻率域之能量波譜，不再透過往昔 JONSWAP 波譜型態進行模擬，主因為本文先期測試發現 JONSWAP 波譜會忽略低頻率與高頻範圍的成份波，進而影響聚焦波之群波傳遞特性，因此聚焦波浪聚焦位置及聚焦時間與試驗有著顯著不一致現象產生。依照上述論述條件，將試驗水位資料擷取出 49 個線性波成份，並使用 NewWave 概念 (Tromans et al., 1991) 及 Schäffer (1996) 二階不規則波浪理論合成聚焦波浪水位及速度時序列供數值模式使用，並依照高低頻波浪範圍選取 4 種案例

($H_s = 0.42$ m; $T_p = 1.27$ sec; $0.048 < f < 2.3496$ Hz)與試驗相比對，進而比較聚焦波浪傳遞及撞擊平板後速度之差異性。

三、初步結果

圖 1 及 2 彙整 4 種不同高低頻範圍之聚焦波浪與試驗之比較結果，由圖可觀察出納入適當範圍高低頻之成份波案例(Case A)相較於其三組條件更趨近於水位及流速試驗值，主因使其成份波之間波波交互作用更趨近於真實，隱含過多之高低頻成份波浪將造成群波能量過高或過低，進而產生過大或過低之群波傳遞速度，進而於撞擊結構物之前提早產生碎波，因此影響後續波浪撞擊結構物之水位及流速變化現象。更多成果討論請參閱 Lin et al (2023, in review)。

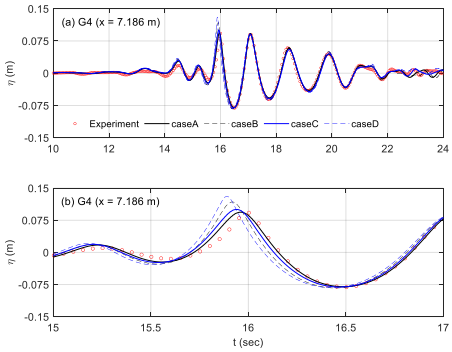


圖 1 不同頻率範圍生成水位時序與試驗值比對

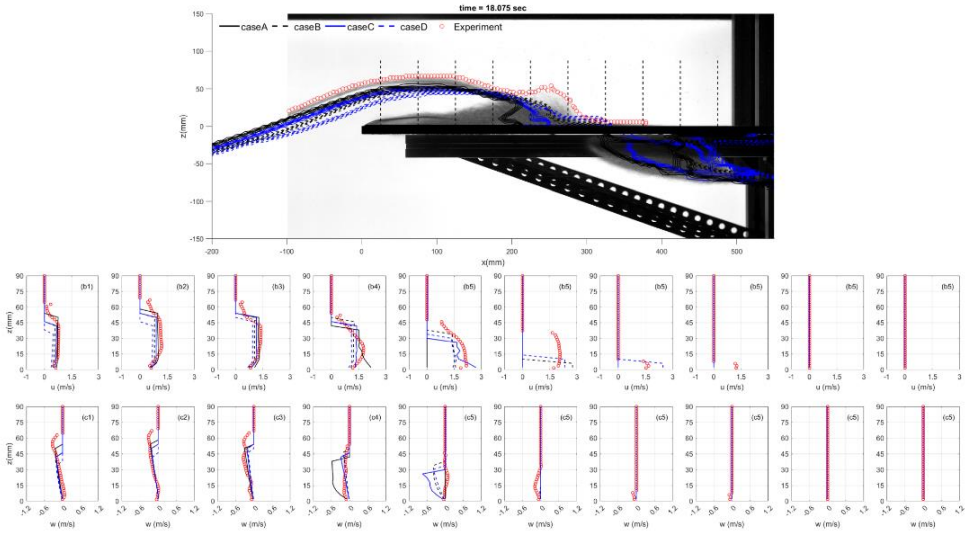


圖 2 不同頻率範圍生成空間域聚焦波波形/流速與試驗值比對

謝誌

本文承蒙國科會「航向藍海研究計畫-探索深海潔淨能源」(NSTC 112-2218-E-019-001-)之研究經費補助，使本研究得以順利推動，謹致謝忱。

參考文獻

1. Chuang WL, Lin TC, Wang YJ. (2023) Greenwater due to plunging breaking wave impingement on a deck structure. Part 1: Experimental investigation on fluid kinematics, *Ocean Engineering* (in review).
2. Lin TC, Chuang WL, Wang YJ, Hsu TW. (2023) Greenwater due to plunging breaking wave impingement on a deck structure. Part 2: numerical model strategy, *Ocean Engineering* (in review).
3. Schäffer, H. A. (1996). Second-order wavemaker theory for irregular waves. *Ocean Engineering*, 23(1), 47-88.
4. Tromans, P. S., Anaturk, A. R., & Hagemeijer, P. (1991, August). A new model for the kinematics of large ocean waves-application as a design wave. *In The first international offshore and polar engineering conference*. OnePetro.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

使用 WKNN 法進行波浪記錄缺漏數據之補遺

吳南靖 [1,2] 羅耀財 [1] 陳俊杉 [3]

[1] 國立臺灣海洋大學海洋環境資訊系
[2] 國立臺灣海洋大學海洋工程科技中心
[3] 國立臺灣大學土木工程學系

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：吳南靖

E-mail: njwu@mail.ntou.edu.tw

Tel:02-2462-2192 **ext. 6310**

摘要

在本研究中，我們將加權 K 最近鄰（WKNN）演算法應用於台灣東北海域的四個浮標站所組成觀測網之波浪資料補遺。我們從 2018 年 1 月 1 日到 2023 年 6 月 30 日共獲得 48,168 筆逐時數據記錄，其中只有 18,910 筆是完整無缺的。驗證結果顯示，只要至少有兩個浮標站正常運作，該模式在填補缺失的波浪數據方面表現出相當高的準確性。因此，我們成功地估算出了 27,243 筆不完整波浪記錄中的缺失部分，將數據的完整性從 40%提高到 96%。此模式有助於實現數據的有效維護，確保數據的完整性，並且可進一步實現即時海況監測、災害預防、早期警報系統以及資源優化。

關鍵詞：補遺模式、缺失波浪數據、加權 K 鄰近（WKNN）演算法、數據完整性

一、研究目的

海洋是地球上最廣闊的環境之一，充滿豐富資源。海洋環境裡的風、波浪和海流不僅影響海洋生物，亦對全球氣候和能源循環起重要作用。研究海洋風的強度和方向有助於理解氣候變化，並改進風能發電技術。此外，海洋波浪和潮流也是重要的可再生能源，利用它們能減少對傳統能源的依賴，同時降低碳排放。蒐集即時的風力、波浪、潮位、海流等海象資訊，也是防災、減災決策支援輔助系統重要的一環。而這些資料的長年觀測，則可做為分析評估海洋能發電潛能之重要依據。

波浪為其中量測技術門檻較高的項目之一。波浪觀測資料提供了有關波高、週期和方向等參數的珍貴信息。這些數據有助於科學家分析波浪模式並深入研究波浪生成與傳播的物理過程。此外，波浪觀測資料對於海洋工程的設計和施工也至關重要。工程師依賴準確的波浪特性來評估對於結構物（如油井平台、風力發電場、港口和防波堤）產生的負載和應力，以便能優化設計、增強結構完整性，降低損壞或失效的風險。然而，由於各種原因，波浪觀測資料可能存在缺失。缺失數據的存在影響了波浪資料的完整性和可靠性，從而影響了相關領域的分析和應用。

二、研究方法

本文利用 WKNN 演算法進行缺失資料之補遺。有 p 個波浪觀測站，每個均記錄逐時的波高、週期、波向等 q 個數據。我們稱 $p \times q$ 個數據均完整無缺的記錄為一筆完整資料，若其中有缺，則為不完整。一筆完整資料，可視為一種已知型態，用廣義向量來表示，則為

$$\boldsymbol{\xi}_j = [\xi_1 \quad \cdots \quad \xi_i \quad \cdots \quad \xi_n]_j^T \qquad (1)$$

其中，用粗體字表示向量，細體字表示純量，下標 j 表示第 j 個已知型態，下標 i 表示此向量的第 i 個分量，而 ξ 則為前述波高、週期、波向等數據之正規值。正規值係指轉換成 0 到 1 之間範圍內的值。WKNN 演算法是 KNN 演算法的強化版，而 KNN 演算法則是最常見用於型態辨識的一種方法。當資料有缺時，我們就是從前述的所有已知型態中，找出和當前這筆不完整資料最接近的 K 個，然後做加權平均，就可推估出資料缺失的部分。

三、初步結果

我們取台灣東北海域 4 個浮標站組成之波浪觀測網做說明，詳圖 1。每個小時均量測示性波高、平均週期、平均波向等數據，故前述之 p 的值就是 4，q 的值就是 3，一個型態就有 12 個分量。

圖 1 台灣東北海域四個浮標站組成之波浪觀測網

在 2018 年 1 月 1 日到 2023 年 6 月 30 日的時段裡，總共應有 48,168 筆逐時數據記錄，其中卻只有 18,910 筆是完整的。經過率定、驗證、測試等程序，我們找出適當的 K 值，並且得知，只要至少有兩個浮標站正常運作，該模式就可利用這兩個站所量測到的資料，把缺失的波浪數據準確地推算出來。圖 2、3、4 分別為波高、週期、波向補遺之結果展示。藍點為實測值，橘點為推估值。若將兩者用相同顏色畫在圖上，則根本分不清何者為量測記錄何者為補遺結果。

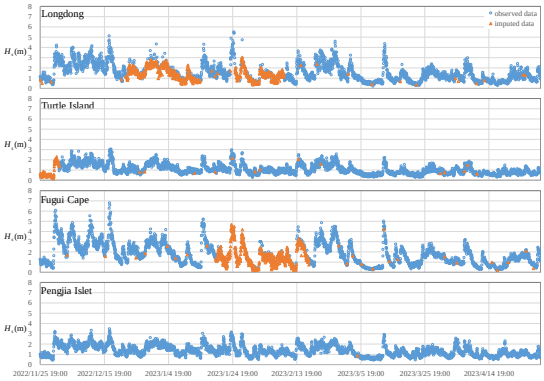


圖 2 波高補遺結果

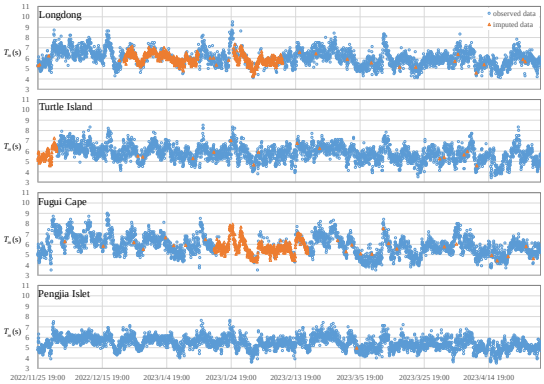


圖 3 週期補遺結果

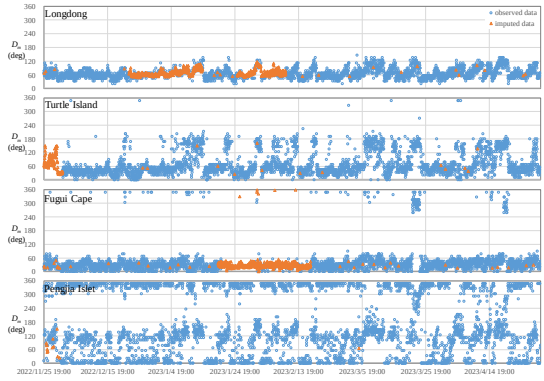


圖 4 波向補遺結果

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立中央大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

臺灣周邊海域內波模擬預報

李皓元[1]　吳祚任[1,]　毛正氣[1]

[1]國立中央大學水文與海洋科學研究所

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：

通訊作者：李皓元

E-mail:sswweenn42@gmail.com

摘要

台灣海峽擁有極佳的風場分布，然而每年夏秋之際侵襲台灣的颱風，其瞬間強風將對風機運維造成危害。其伴隨極端的海象條件(海流、波浪)也是影響離岸風機運維的外在因素。第一年報告將以波浪極端值分析為主，透過完整分析東北季風時(4-9 月)及極端氣象條件下(颱風及東北季風)之波浪條件，除了可作為第二年度參數化颱風模型輸入之用，進一步更可作為離岸風場工程規劃設計以及施工運維之參考。。

關鍵詞：sb-POM(Stony Brook Parallel Ocean Model)，混合坐標大洋環流模式(HYCOM)，內波

一、研究目的

台灣周邊海域為我國海軍演訓任務之主要地區，因此提供高精確度、自動化、作業化(operational)之海洋環境參數預報為本計畫追求之目標。現有之台灣周邊海域海洋預報係依學術型海洋預報模式(academic ocean model)結果，雖可提供一定程度之模式預報，但仍無法準確掌握台灣周邊海域海流、波浪與溫鹽之變化，且學術型海洋模式需要大量人力以進行每日模式調校與操作，且此類海洋模式穩定性不高，難以應付大量之戰演訓之海洋參數需求。因此本計畫之當務之急為建立一套自動化、作業化三維海洋數值預報模式，以符合演訓任務。

二、研究方法

本文之研究區域為台灣周邊海域為主， 數值模式使用sbPOM，為基於普林斯頓海洋模式(POM)所發展之平行化海洋模式。基本流體動力方程式包含:質量守恆、動量守恆、溫度守恆、鹽度守恆、紊流動能、紊流尺度方程式 ，此外由於傳統的卡式座標(x,y,z,t)在地形水深變化較大處計算上較不容易，因此本研究使用 σ 座標，σ 座標為將不同之水深等分為固定之垂直分層，垂直方向之水深雖然都不同，網格數卻都一樣，但網格間之距離會隨水深之不同而改變。如此邊界上之分層不會變化，對模式計算上帶來便利。

本研究以Matlab進行資料前處理，設定地形資料、初始溫鹽條件、風場、流速等，交由sbPOM進行模擬，

而後進行模式成果後處理，分析並繪製模擬結果。本文首先進行美國東部海岸範例模擬，再進行台灣與南中國海海域之模擬。表1為模式計算域範圍，其區域涵蓋自東經110.0度至東經126.00度，北緯10.0度至北緯26度，網格的解析度為0.04度，垂直分層為40層。模式水深資料由ETOPO Global Relief Model 下載，水深範圍為0公尺至5,000公尺。為了使地形資料符合sbPOM模型之要求，在垂直方向亦使地形變得更加平滑。

範圍	網格數	解析度
110.0E-126.0E 10.0N-26.0N	306 x 282 x 40	60 arc-second

表1 模式計算範圍與網格配置

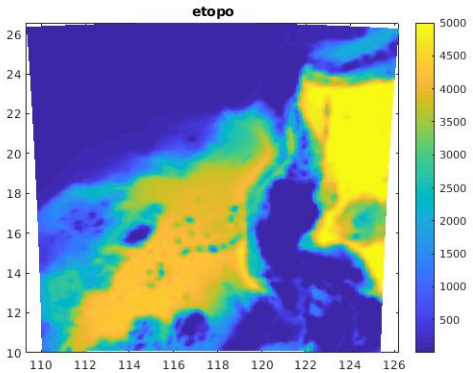


圖1 經過平滑處理過的台灣周遭海域地形

三、初步結果

接著HYCOM溫鹽資料作為起始的溫鹽條件進行了連續10天之模擬，下圖為模擬中一天的結果。

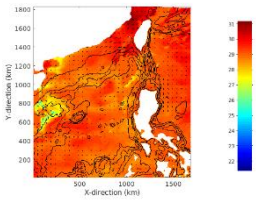


圖 7 套用 HYCOM 溫鹽資料後之水表面溫度圖

為進一步分析流情況，本研究繪製 x-z 剖面圖進行觀察。

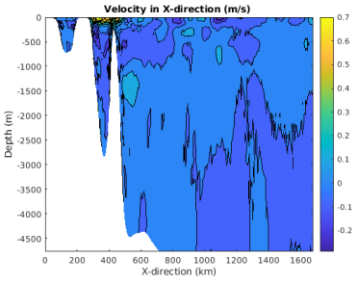


圖8 為南中國海x-z剖面的x方向流速圖

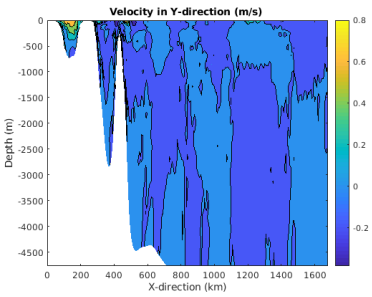


圖9 為南中國海x-z剖面y方向流速圖

本研究初步利用sbPOM模式模擬台灣周邊海域，確認了模擬台灣周邊海域之可行度，之後會延續此成果再加上風場洋流流速變化等，利用數值模擬，建立更加完善更及高精確度之台灣周邊海域之內波之模擬預報。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

對撞異重流能量傳遞過程

黃友麟 [1]　戴璽恆 [1]

[1]國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：111-2221-E-002-113-MY3

通訊作者：黃友麟

E-mail:ylhuang@ntu.edu.tw

Tel:02-3366-3366 **ext. 51239**

摘要

本研究是利用直接數值模擬觀察兩相同密度差之異重流於矩形渠道對撞過程。異重流碰撞是由水平方向的運動轉為垂直方向的運動，運動過程會將底部流體傳輸至自由液面，該物理現象經常發生在海洋環境中。異重流的碰撞可分碰撞、壅高及下沉等三個階段，由總能量分析結果顯示，壅高階段總動能會逐漸減少並轉換成為位能，下沉階段總位能會再轉回動能，最後統計能量損失則占總能量的 33%。然而碰撞過程產生的紊流是造成流體間混合及能量消散的重要腳色，研究中透過雷諾平均概念將能量拆解成平均流場及擾動流場兩個能量方程式。結果顯示，擾動場的能量是由平均流場的紊流生成以及浮力通量轉換而來，且發現總能量損失主要由擾動流場來主導。

關鍵詞：異重流、密度流、能量分析、碰撞

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

高頻雷達觀測南灣區域表面海流參數最適性探討

陳少華 [1]，林欣妮 [1]，程嘉彥 [1]

[1]財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：　(此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：陳少華

E-mail: shaohua@narlabs.org.tw

Tel: 07-6986-896#361

摘要

高頻雷達測流系統量測之表面海流為空間及時間平均的資料，而雷達空間格網大小影響區域海流小尺度流場判別，本研究就南灣區域高頻雷達觀測參數之網格及搜索半徑進行討論，藉由船測聲學都卜勒流速剖面儀(ADCP)資料及漂流浮標兩組資料集與雷達資料進行相關性分析及討論，分析結果顯示縮小網格及搜索半徑會降低實測和雷達資料的相關性並增加兩者的均方根差異，初步認定此區海域雷達網格以 1 公里及搜索半徑 1.5 公里的參數設定較能代表此區海流變化狀況。

關鍵詞：高頻雷達、浮標、ADCP、表面海流

一、研究目的

高頻雷達測流系統於近十年來廣泛使用於監測台灣周遭海域，不間斷的提供近即時和大範圍的遙測表面海流資料，長期資料可供科學研究，近即時資料可應用於如船隻漏油油汙處理，即時掌握表面海流流向資訊協助建立油汙防護網，縮小油汙範圍；也可應用於海難救助時，如人員落海，由人員最後已知位置，導入近即時雷達表面海流資料，推測漂流方位，縮小搜救範圍，提高人員獲救機率。

墾丁南灣海域為台灣旅遊的熱門遊憩場域，也是遊客落海意外頻傳的區域，海洋中心自 2014 年在此區架設三座標準型高頻雷達測流系統，雷達單站僅能觀測朝向及遠離雷達的徑向海流資料，需於三站觀測重疊區域劃分方格（目前設定為 1 公里），並以此方格中心收集半徑 1.5 公里內的雷達徑向資料(示意圖如圖 1)，以最小平方法擬合出每個格點東西及南北向最佳表面海流速度，以此得出此區真實的海流流速及流向資料，為獲取此區小尺度海流流動資訊，本研究使用相同徑向海流資料，設定更小的網格及搜索半徑參數，產出更精細的空間解析海流資料，並以實測聲學都卜勒流速剖面儀(ADCP)及漂流浮標量測的海流資料與雷達不同空間尺度的表面海流進行比對，評估不同網格及搜索半徑等參數對本區海流產出的適用性。

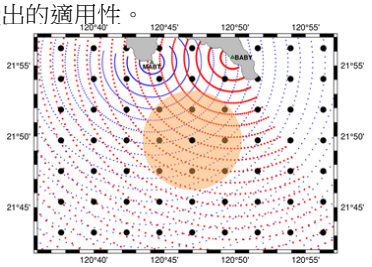


圖 1 雷達海流格點示意圖，雷達徑向網格點(紅及藍)、雷達海流(黑)網格點及搜索半徑範圍圓(橘)

二、研究方法

雷達量測水深約 1 公尺的水體運動，為一時間及空間平均的表面海流資料，而傳統海流儀器所量測為一單點時序列流速剖面資料，如底碇式聲學都卜勒流速剖面儀；或如漂流浮標及船載式 ADCP，為量測其漂流或航行位置行經軌跡或航線的瞬時流速資料。

為使不同儀器量測的時間及空間尺度與雷達觀測一致，本研究揀選每小時與雷達覆蓋時間一致的船拖式 ADCP 及浮標點位，以雷達網格格點為中心，搜索半徑內(如圖 2 藍圈所示)涵蓋的東西及南北向浮標或 ADCP 流速進行時間及空間的平均，分別與雷達資料進行相關性分析；並就雷達不同空間格點及搜索半徑的分析結果進行討論。

本研究使用兩種實海儀器觀測資料，第一項為拖曳式 ADCP(600KHz)測流，觀測期間為 2015/5/08 05:00-2015/5/09 08:00，船測期間平均船速保持於 5 節，採樣時間為每分鐘，取距海表面最近的 6 公尺深的海流資料與雷達資料進行比對。

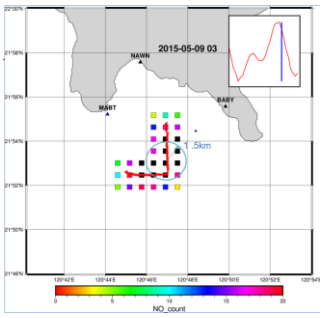


圖 2 紅線表 2015 年 5 月 9 日 3 時整點+-37.5 分鐘船拖式 ADCP 航行軌跡點位，雷達網格點搜索半徑內 1.5 公里的 ADCP 資料進行格點統計如圖色塊方塊，顏色代表其網格內採樣點數。

第二項為漂流浮標資料，使用 2022 年 8 月 31 日-9 月 1 日於南灣區域框定適當範圍(如圖 3 黑框)內重複佈放之漂流浮標，漂流軌跡如圖 3，浮標經緯度每分鐘報位，缺值由三次樣條插值(Cubic spline interpolation)內插補遺，並由每分鐘經緯度計算漂流浮標距離及速度，以 3 點移動平均資料進行浮標資料品管，刪除浮標資料超過其移動平均 0.08m/s 的異常值。

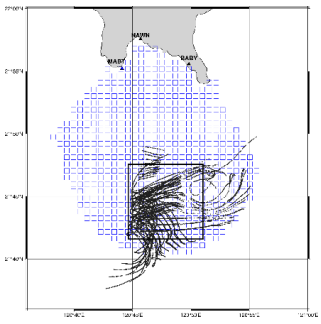


圖 3 2022 年佈放於南灣海域的漂流浮標軌跡圖，圖中黑色大方框為框定範圍，超過範圍及回收重新佈放，藍色小方框為雷達觀測網格點(1 公里格網)。

三、初步結果

船拖式 ADCP 與雷達比對結果如表 1，在 1 公里網格搜索半徑 1.5 公里的設定，兩者東西及南北向相關係數為 0.87 及 0.79，均方根差分別為 25.04、20.78cm/s，而在 0.5 公里網格搜索半徑 0.75 公里的設定，兩者東西及南北向相關係數為 0.79 及 0.73，均方根差分別為 25.04、20.78cm/s。

漂流浮標取每格點搜索半徑內浮標觀測點大於 100 的網格與雷達比對結果如表 2，相關係數及均方根差在 1 公里(1.5 公里搜索半徑)設定下，東西及南北向比對結果分別為 0.65、0.96 及 35.49、11.64cm/s；0.5 公里(0.75 公里搜索半徑)，東西及南北向相關係數為 0.53、0.92，而均方根差為 43.99 及 11.64cm/s。

兩數據集比對結果皆顯示縮小網格及搜索半徑會降低比對相關係數並增加兩者的均方根差。

表 1 ADCP 比對結果

網格 G(km)及搜索半徑 R(km)	觀測點數	比對項目	均方根差(cm/s)	相關係數
G=1 R=1.5	583	U	25.04	0.81
		V	20.89	0.79
G=0.5 R=0.75	938	U	29.89	0.73
		V	25.83	0.73

表 2 漂流浮標比對結果(浮標個數大於的 100 的格點)

網格 G(km)及搜索半徑 R(km)	觀測點數	比對項目	均方根差(cm/s)	相關係數
G=1 R=1.5	1041	U	34.59	0.65
		V	11.64	0.96
G=0.5 R=0.75	3153	U	43.99	0.53
		V	13.94	0.92

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

高雄海域風浪模擬系統建置

劉正琪[1] 李兆芳[1] 傅怡釧[2] 林雅雯[2] 謝佳紘[1] 江朕榮[1]

[1]國立成功大學水工試驗所
[2]交通部運輸研究所運輸技術研究中心

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：劉正琪

E-mail: chi528@mail.ncku.edu.tw

Tel: 06-2371938 ext 301

摘要

近年高雄港港型因港域工程完工改變，為提供高雄海域較細緻之風浪模擬預測資訊，本研究在交通部運輸研究所發展之「臺灣近岸海象預測系統 2.0」進行系統擴充，新增高雄海域風浪模擬系統。系統介接交通部中央氣象署區域決定性天氣預報系統之風場預報資料，風浪模擬部分則使用海洋波浪預測模式 WAM 及近海風浪模式 SWAN，並模擬 2023 年杜蘇芮颱風期間之高雄港波浪變化情形與波浪觀測資料比較，以做為系統模擬校驗依據。

關鍵詞：高雄港、颱風波浪、風浪模擬

一、研究目的

交通部運輸研究所運輸技術研究中心(以下簡稱運技中心)長期以來致力於臺灣主要商港及離島海域海象調查及作業化模擬研究。自民國 96 年完成「臺灣近岸海象預測系統(Taiwan Coastal Operational Modeling System，TaiCOMS)」，持續進行系統維運、改善及各模式新增、擴充等工作，在民國 110 年精進系統成為「臺灣近岸海象預測系統 2.0」(以下簡稱 TaiCOMS 2.0)，其作業化流程由每日執行 1 次海象模擬預測，提升為每日執行 4 次，即在颱風或劇烈天氣變化期間，系統每 6 小時計算更新海象模擬資訊，以獲取最新海象預測資訊，預先研判做為防颱應變決策支援。

高雄港因「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫」擴建而港型改變，故本研究在 TaiCOMS 2.0 內，修正高雄港港型、擴充新增高雄海域風浪模擬系統，提供高雄海域較細緻之風浪模擬預測資訊。

二、研究方法

本研究採用 3 層(遠域、近域、近海)巢狀網格模擬程序，建構高雄海域風浪模擬系統，其模擬範圍及作業化流程分別如圖 1 及圖 2 所示。圖中遠域網格模擬範圍為(110º,10º)-(145º,35º)，網格解析度大小為 0.2º；近域網格模擬範圍為 (117.6º,20.6º)-(123.6º,28.0º)，網格解析度大小為 0.04º；近海網格模擬範圍為(119.80º,21.52º)-(120.88º,22.52º)，網格解析度大小為 0.008º，如圖 3 所示。

系統使用的預報風場為交通部中央氣象署區域決定性天氣預報系統之風場預報資料(WRF)，水平方向網格解析度分為 15km 及 3km，再經 TaiCOMS 2.0 重組 2 種風壓場如圖 4 所示，風壓場解析度分別為 1/6º 及 1/30º，前者風場範圍為(10N,105E)-(40N,150E)，後者風場範圍為(20N,116E)-(29N,125E)。

風浪模擬部分則使用海洋波浪預測模式 WAM (WAve Modeling)及近海風浪模式 SWAN (Simulating

WAves Nearshore)，前者用於圖 2 之遠域風浪模擬，以節省數值計算時間為主；後者用於圖 2 之近域及近海風浪模擬，以獲取較佳風浪模擬資訊為主。每次執行獲得之波浪模擬資料，時間總長度為 54 小時，前 6 小時代表系統追算之波浪模擬結果，後 48 小時屬於系統計算之波浪預測結果。

三、初步結果

2023 年西北太平洋第 5 號颱風杜蘇芮侵臺路徑屬第 7 類如圖 5 所示，對高雄海域有直接影響，爰本研究模擬杜蘇芮颱風期間(7 月 20 日~7 月 30 日)波浪變化情形，並以設置於高雄港第一港口底碇式波流儀(AWAC)所蒐集之波浪觀測資料，做為系統模擬校驗依據。圖 6 為高雄海域風浪模擬系統之近域風浪模擬結果與實測值比較結果，由圖 6 可知，杜蘇芮颱風侵臺期間，高雄港波浪實際變化情形與模擬結果變化情形趨勢一致，但整體模擬趨勢略高於實際觀測值，示性波高觀測最大值為 7.72m，模擬最大值為 8.58m，二者結果接近。後續將高雄海域風浪模擬系統之近海風浪模擬結果與實測值進一步比較與分析。

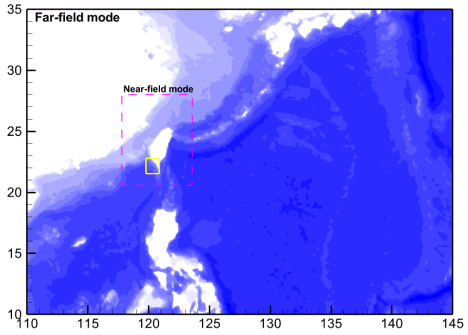


圖 1 高雄海域風浪模擬 3 層巢狀網格模擬範圍圖

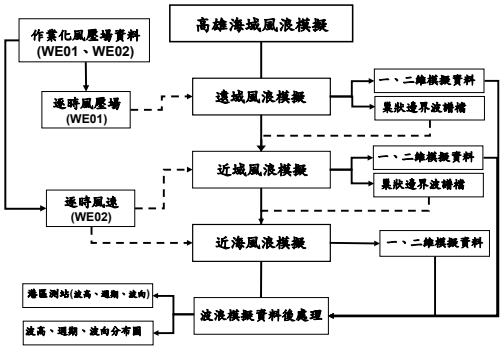


圖 2 高雄海域風浪模擬系統作業化流程架構圖

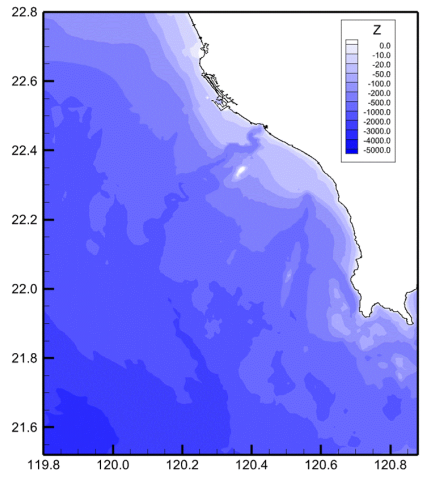
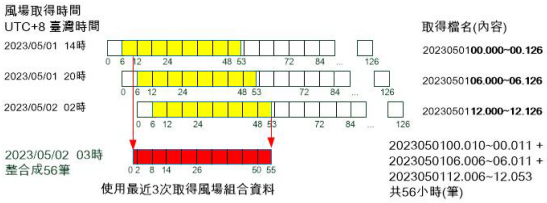


圖 3 高雄海域近海風浪模擬範圍及水深分布圖



備註：每次擷取並整合成56小時(筆)風力資料如紅色線，提供波浪及水動力預報

圖 4 系統風場重組示意圖

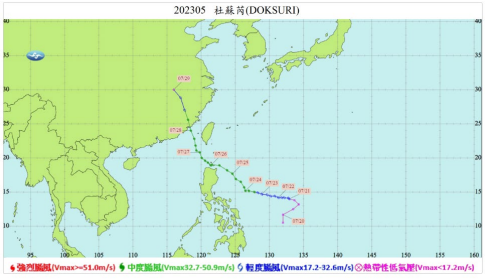


圖 5 杜蘇芮颱風路徑圖

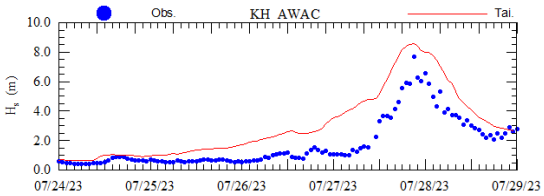


圖 6 近域風浪模擬結果與實測值比較

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

2022 年東加火山氣壓波與氣象海嘯之波型探討

楊博元　林君蔚　吳祚任

國立中央大學水文與海洋科學研究所

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：楊博元

E-mail:kenny22867@gmail.com

Tel:03-4227151 **Ext.65686**

摘要

2022 年 1 月 15 日於南太平洋東加島附近發生大規模火山爆發，產生氣象海嘯以及火山型海嘯之跨洋型態海嘯。此事件之氣象海嘯產生原因，為長波之蘭姆波誘發引起。前人研究提出各種不同樣態之氣壓波型，本研究為修改並提出新的氣壓波型及公式，使用 DART 之觀測資料做比對，探討氣壓波與海水波動之關係。

關鍵詞：東加火山、氣象海嘯、蘭姆波、DART

一、研究目的

2022 年 1 月 15 日位於東加首都 Nuku'alofa 西北方約 70 公里之 Hunga Tonga-Hunga Ha’apai 火山（以下簡稱東加火山）發生大規模噴發，產生跨洋型態之海嘯。此事件不單僅是傳統之火山海嘯，其成因主要為兩種物理機制，其一為火山爆發之氣壓衝擊波引起的氣象海嘯，其二為火山爆發本身引起的火山型海嘯。

前者之氣象海嘯為非典型壓力型海嘯，為透過與大氣波的相位耦合產生之海嘯。爆發所產生之大氣衝擊波以接近音速之速度向外傳播，並於平流層中以似同心圓方式圍繞地球。此衝擊波複合蘭姆波、聲波、重力波，其中又以蘭姆波為振幅中最大者。蘭姆波為一種長波，是此事件中壓力誘發海嘯波之產生的主要原因。

東加火山海嘯事件後，許多針對此事件之海嘯模擬研究隨即展開。Gusman 等(2022)根據紐西蘭附近之觀測站數據，提出穩定波速之大氣衝擊波模型公式。Dogan 等(2023)觀察到波速隨時間並非一致，因此提出另一種模型公式。

本研究目的為修改前人研究提出之公式，使用 COMCOT 海嘯模式作模擬，並與 DART 之去潮觀測數據做比對，提出與觀測資料吻合之新公式。

二、研究方法

本研究以 Gusman 等(2022)所提出之公式為基礎，做數值方面之調整，亦驗證前人如 Dogan 等(2023)所提出之公式，將前人之公式加以整合及修改，提出新的公式，以符合觀測資料。圖 1 為 Gusman 等(2022)使用之公式，圖 2 為公式所描繪之氣壓波型。

$$p(r,t) = \begin{cases} 0, t < t_a(r) - T_A(r) \\ P_p(r) \times \frac{t - t_a(r) + T_A(r)}{T_A(r)}, t_a(r) - T_A(r) < t \le t_a(r) \\ P_p(r) + \left((P_t(r) - P_p(r)) \times \frac{t - t_a(r)}{T_B(r)} \right), t_a(r) < t \le t_a(r) + T_B(r) \\ P_t(r) + \left(-P_t(r) \times \frac{t - t_a(r) - T_B(r)}{T_C(r)} \right), t_a(r) + T_B(r) < t \le t_a(r) + T_B(\\ + T_C(r) \\ 0, t > t_a(r) + T_B(r) + T_C(r) \end{cases}$$

圖 1 Gusman 等(2022)使用之氣壓波公式

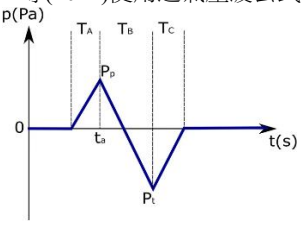


圖 2 Gusman 等(2022)之氣壓波型

本研究所採用之基礎海嘯數值模式為 COMCOT（COrnell Multi-grid Coupled Tsunami Model），其為美國康乃爾大學 Prof. Philip L.-F. Liu 團隊所發展。觀測資料使用 NZ DART 深海浮標(資料來源：https://tilde.geonet.org.nz/ui/data-exploration) 與中央氣象局海象測報中心之潮位資料(資料來源：https://ocean.cwb.gov.tw/V2/data_interface/datasets)。兩者資料皆使用高通濾波去潮，並視濾波後之資料為氣壓波所造成之水位變動。

三、初步結果

圖 3 為經過數值調動之氣壓波型，以 NZ DART 之 NZE 測站為例。

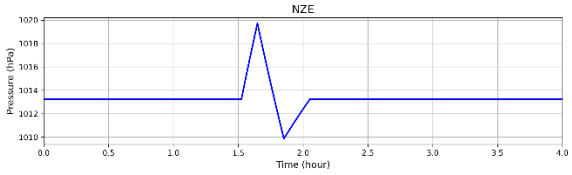


圖 3 經數值調動過之氣壓波型

圖 4 及圖 5 為火山爆發後 2 小時之氣壓傳播與海水波動之二維快照圖，圖中紅色三角形為東加火山。氣壓波以波速 317m/s 之恆定速度，如同心圓般自爆炸中心向四周傳播。

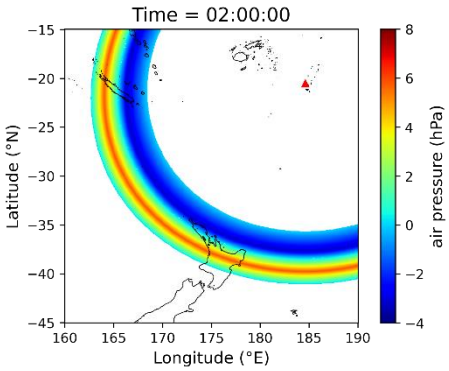


圖 4 火山爆發後 2 小時之氣壓傳播快照圖

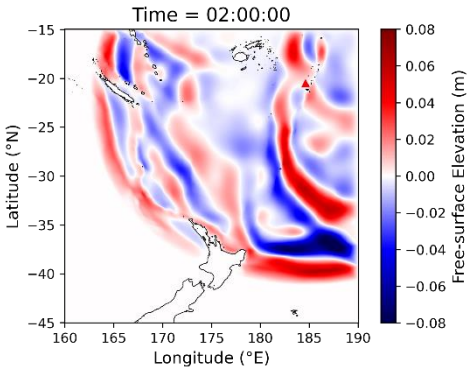


圖 5 火山爆發後 2 小時之海水波動快照圖

圖 6 及圖 7 為 DART 去潮之觀測波型與模擬波型之對照，背景黑線為去潮之觀測資料，藍線為 COMCOT 模擬結果。圖 6 為以 NZ DART 之 NZE 測站為例，波高達 0.15 公尺；圖 7 為以 NZC 測站為例。

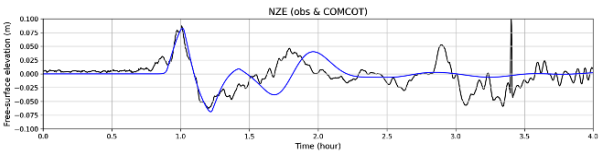


圖 6 NZE 測站之去潮觀測波型與模擬波型之比對

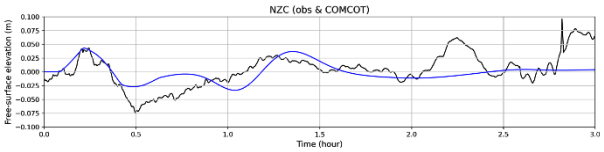


圖 7 NZC 測站之去潮觀測波型與模擬波型之比對

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

方向辨識與波束成型法於流場解析之特性探討

程嘉彥 [1] 黃郁軒 [1] 陳少華 [1]

[1]財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：

通訊作者：程嘉彥

E-mail:cycheng@narlabs.org.tw

Tel:07-6986896 ext. 369

摘要

利用高頻雷達觀測海面流場具有覆蓋範圍廣、時間連續之優點，是一種經濟的遙測海洋表面流的方法，其中關鍵技術是如何由後向散射的回波訊號中獲取完整的流場訊息。本研究利用架設於墾丁貓鼻頭之相位陣列雷達系統蒐集回波訊號並進行流場解析，此系統以四個發射天線及八個接收天線構成，並以矩陣形式排列。相位陣列雷達具良好方向分辨率，通常以波束成型演算法進行分析，以展現其於出方向辨識上之優勢，本研究回波訊號亦使用多重訊號分類演算法進行方向辨識及徑向速度計算，結果顯示兩種解析方式皆與鄰近測站觀測成果具高度相關性，進一步比對兩不同方式求得之徑向速度，所得的趨勢呈現一致性的變化。

關鍵詞：相位陣列雷達、波束成型、多重訊號分類演算法、回波訊號

一、研究目的

由於海水對高頻率無線電波具有導電性，即使地球表面為曲面形狀，但電波仍可沿海面傳播到視線以外的距離，此特性已被廣泛應用於測繪表面海流。以雷達測繪海洋表面流場具有長距離、大範圍和低成本的優點，對於大範圍海表面海流即時監測為最經濟且有效的方法。其特點有觀測資料空間涵蓋區域大(理想狀況下其觀測半徑範圍可達 100 海浬)、時間解析度高(可由每 10 分鐘密集觀測至 1 小時或數小時平均後輸出)之特點，且當海流觀測資料數量累積夠多尚可進行統計分析及統計預報(程等，2021)。

財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心(以下簡稱海洋中心)自 2008 年起引進美國 CODAR 公司之 SeaSonde 高頻雷達測流系統，針對台灣周邊海域的表面海流進行監測，2019 年起引進相位陣列雷達，目前已於貓鼻頭完成發射天線、接收天線及機房設備之架設，並持續蒐集海面回波資訊。陣列雷達之觀測範圍更廣，且其回波資訊的處理可依需求自主開發處理程序。CODAR 系統使用的方向辨識方法為多重訊號分類演算法(MUltiple SIgnal Classification, MUSIC) 其分析方式為透過三組共位天線同步接收來自不同方向的回波能量，每一組天線可求出自譜(self spectra)以及與另外兩組天線之間的交錯譜(cross spectra)，此一技術的原理在於自譜與交錯譜搭配雷達站周圍區域所測得之天線場型，進而界定出不同方向所接收到的速度資訊(吳等，2015)。黃、程(2021)引用 Kirincich et. al., (2017)發展之演算法，以方向辨識法進一步解析相位陣列雷達之回波資訊求得徑向速度。

為展現相位陣列雷達於方向上具較佳解析度之

優勢，回波訊號之解析可透過波束成型演算法(Beamforming)進行，因組成陣列雷達之天線間距離不同，同一訊號源之海面回波抵達各天線的時間不同，即其間有相位差產生，逐一針對不同方向回波進行都普勒頻移(Doppler shift)的計算，則可獲得整個觀測平面之流場分布。本研究利用貓鼻頭相位陣列雷達站觀測資料，分別以方向辨識與波束成型法分析回波資料，並就解算結果進行探討比較。

二、研究方法

本研究使用海洋中心在屏東縣恆春鎮貓鼻頭設立的相控陣雷達站的觀測數據。相控陣雷達包含 4 個發射天線，位置如圖 1 所示。採用指向性發射，指向 155 度（方位角）。接收天線有 8 根，呈矩形陣列方式排列。系統參數如表 1 所示。每次擷取 7600 個線性調頻訊號，調頻波持續時間為 0.455 秒。因此，對每個調頻波進行 3458 秒的時間長度和 168 個採樣點的數據處理，原始數據序經過兩次 Fourier 轉換後，將所得之頻譜資料(如圖 2)，分別利用方向辨識及波束成型法進一步計算徑向速度，其中，方向辨識法引用 Kirincich et. al., (2017)提出之演算法進行，波束成型法則參考 Van Trees (2002)之方式。

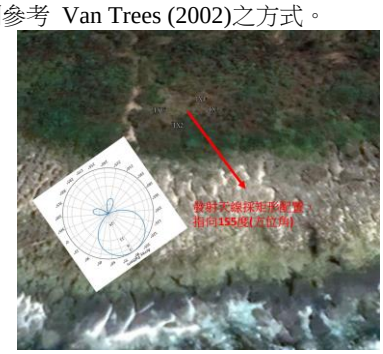


圖 1. 發射天線位置及其指向。

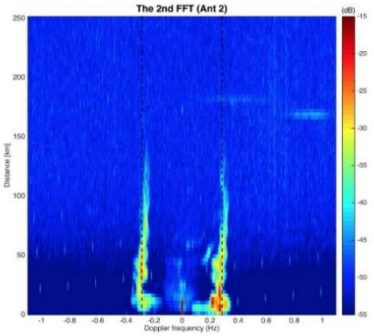


圖 2 Fourier 轉換結果

表 1 相位陣列雷達系統參數

中心頻率	7.8125 MHz
調變頻寬	50KHz
發射功率	50 W
測流距離	200-250 km
測波距離	80-100 km
距離解析度	約 750-3750 m

三、初步結果

回波訊號分別以方向辨識與波束成型法求得之結果，分別與海洋中心鄰近測站進行比對，其結果呈現合理之一致性，分別如圖 3 至圖 4 所示，其中，圖 3 為方向辨識演算法解析結果與香蕉灣站測得流速之比較，圖 4 則為利用波束成型演算法解析結果與香蕉灣站測得流速之比較，其間之相關係數分別可達為 0.8 及 0.7，顯示兩種解析方式皆與鄰近測站觀測成果具高度相關性，進一步比對兩不同方式求得之徑向速度，所得的趨勢呈現一致性的變化，如圖 5 所示。

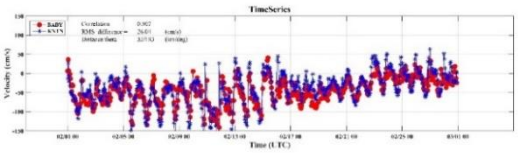


圖 3. 香蕉灣站觀測資料與墾丁站方向辨識演算法解析徑向流速比對結果

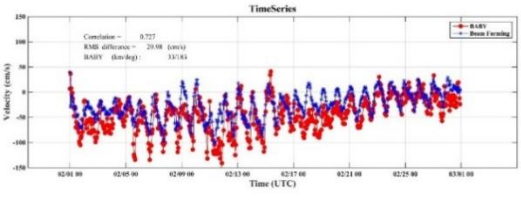


圖 4. 香蕉灣站觀測資料與墾丁站波束成型演算法解析徑向流速比對結果

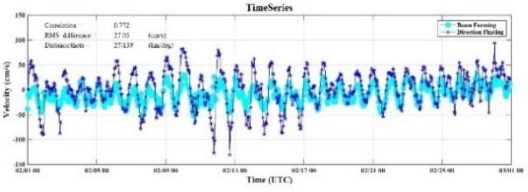


圖 5. 方向辨識及波束成型演算法相互比較圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

卡努颱風與年度大潮對雲林沿海之影響

林君蔚 [1]　曾歆倚 [1]　吳祚任 [1]

[1]國立中央大學水文與海洋科學研究所

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：

通訊作者：林君蔚

E-mail:105686001@cc.ncu.edu.tw

Tel: 03-4227151 **ext. 65685**

摘要

2023 年 08 月上旬侵台之中度颱風卡努屬雖未登陸台灣，卻在台灣西南沿海引發海水倒灌災情，尤其雲林低窪地區尤為嚴重，居民生命財產受到威脅。本研究利用基於長波海嘯模式 COMCOT (COrnell Multi-grid Coupled Tsunami) 所發展之多重網格風暴潮模式 COMCOT-SURGE，以理想風場模型與大氣模式之氣象場分別作為模式輸入之氣象條件，結合 TPXO 全球天文潮模式，探討本次颱風事件中暴潮對於台灣西南海岸所造成之影響。於研究初步成果中，本次雲林潮位站觀測到極端潮位之並非由颱風主要結構所造成之暴潮水位，相對可能主因為適逢年度大潮以及颱風導引之穩定西南氣流造成沿海水位抬升。

關鍵詞：颱風暴潮、潮汐、COMCOT-SURGE

一、研究目的

2013 年 7 月蘇力颱風（Typhoon Soulik）造成新北市嚴重海水倒灌，野柳地質公園以及野柳海洋世界因設施遭海水破壞被迫關閉園區進行維修；2015 年 9 月強烈颱風杜鵑（Typhoon Dujuan）於台灣北部地區登陸，適逢中秋節大潮期間，淡水河岸可見暴潮淹過河岸護欄，約有 20 公分高。2018 年強烈颱風瑪莉亞（Typhoon Maria）直撲馬祖，引發海水倒灌並淹沒路面。

2023 年 8 月之中度颱風卡努（Typhoon Khanun）其侵台期間雖有發布陸上颱風警報，但其暴風圈範圍僅於 3 日 17 時左右短暫接觸陸地，並未登陸，台灣西南部地區卻有海水倒灌災情，其中雲林地區受災程度為近 20 年來最嚴重的一次。受到暴風潮及年度大潮影響，雲林縣口湖鄉箔子寮漁港一帶於 8 月 3 日、4 日連續兩天都有海水溢出堤岸的情形，影響漁港甚至整個下崙地區的安全。

臺灣位處全球颱風最密集之路徑上，加以全球暖化造成颱風等極端氣候強度增強，因此提昇颱風暴潮之預報能力為臺灣氣象發展之重要目標。研究中將分析本次颱風事件中造成雲林沿海地區海水倒灌災情嚴重之主要原因，以供後續防災政策或相關工程設計之參考。

二、研究方法

本研究基於非線性多網格海嘯模型 COMCOT（Cornel 多網格耦合海嘯模型）開發了台灣沿海水域多尺度風暴潮預報系統 COMCOT-SS，求解非線性淺

水波連續方程式及動量方程式。該模型可以利用大計算域來覆蓋風暴潮傳播的整個週期，同時搭配巢狀網格設置加密重點研究區域以提升模式計算精度與效率。於潮汐偶和方面，模式選用奧勒岡州立大學所開發之 TPXO 模式之潮汐模擬結果作為模式邊界條件以描述天文潮汐分量。於氣象力輸入方面，該模式可以導入理想風場模型外，抑或耦合二維氣象場來反映颱風結構的變化。

本研究中將分別利用理想風場模式與大氣模式之氣象分析場針對本次颱風事件進行暴潮模擬，以比較單純考慮颱風主要結構時所得之暴潮水位，以及考量颱風外圍環流與其他天氣系統時之暴潮水位是否有所差異，以更進一步釐清颱風暴潮對於本次事件之貢獻程度。

三、初步結果

過往颱風暴潮造成嚴重災情之事件，颱風中心通常會登陸或是極靠近受災地區。由卡努颱風路徑與強度分布圖可見，其強度於氣象局分類中屬於中臺，08 月 03 日最靠近台灣時與台灣東北部尚有 200 公里以上之距離，顯示本次雲林地區海水倒灌災情除了颱風影響外，可能有其他原因。

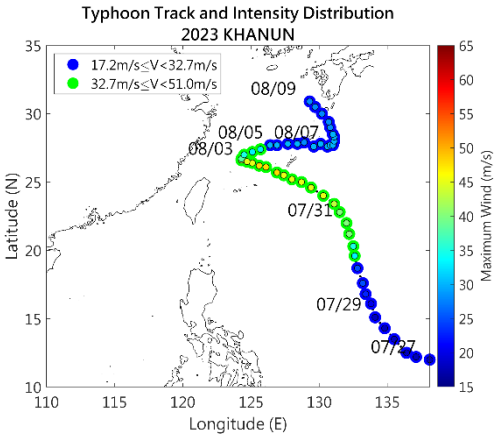


圖 1 卡努颱風路徑與強度分布圖

利用理想風場模式及大氣動力模式做為氣象輸入條件所得之暴潮模式結果如圖 2，由上至下依序為氣壓、風速及暴潮水位分布情形。其中理想風場模式之颱風結構由颱風資料庫路徑資料參數推算而得，大氣動力模式之輸入場為氣象局 TWRF-2.0 美日執行預報所得之氣象分析場。

圖 2 中可以看到理想風場模式之風場分布範圍明顯小於大氣動力模式，該模擬於台灣西南部並未造成明顯暴潮訊號；大氣動力模式之模擬結果中，可以看到卡努颱風的外圍環流與西南氣流輻合的現象，且西南氣流於台灣東南部之風速強度與颱風外圍環流強度相當，且西南氣流於台灣沿海皆有造成水位抬升之情形。

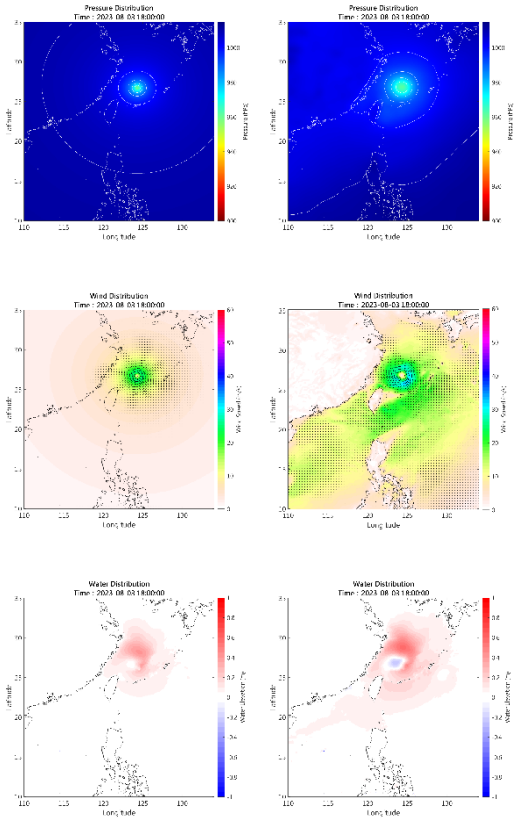


圖 2 卡努颱風(左)理想風場與(右)大氣動力模式模擬所得之(上)氣壓、(中)風速、及(下)暴潮水位分布

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

「馬祖海情資訊系統」決策支援儀表板研發

林騰威[1] 林有騰[2] 鄭采誼[3] 林雅雯[4]
王廣亞[5] 郭庭彰[6] 林婷婷[7]

[1]數位地球科技有限公司總經理
[2]交通部運輸研究所助理研究員
[3]數位地球科技有限公司工程師
[4]交通部運輸研究所科長
[5]連江縣港務處處長
[6]連江縣港務處課長
[7]連江縣港務處約聘人員

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：

通訊作者：林騰威

E-mail:willy@geo3dearth.com.tw

Tel:02-2223-0040

摘要

馬祖四鄉五島間彼此聯繫的交通仰賴海上藍色公路，為使港務管理單位掌握船舶管理及海氣象資訊，本研究「馬祖海情資訊系統」整合船舶自動識別系統(Automatic Identification System, AIS)、海氣象現場觀測即時資訊以及數值模式計算資訊，藉由資訊與通訊科技技術(Information and Communication Technology, ICT)，將資訊彙整於地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)，讓港務管理人員透過視覺化的地圖介面，快速掌握船舶動態、海氣象資訊以及碼頭船席與港外泊船區的即時水深時序變化，今年新增碼頭資訊儀表板，藉此提升海上航行安全。

關鍵詞：港灣環境資訊系統、視覺化輔助決策圖臺、颱風期間海氣象歷線圖

一、研究目的

連江縣港務處委託交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱港研中心)建置「馬祖海情資訊系統」，針對馬祖各港區(南竿福澳碼頭、北竿白沙碼頭、西莒青帆碼頭、東莒猛澳碼頭、東引中柱碼頭)，整合即時海氣象觀測、海象模擬、船舶動態(AIS)、港區結構物等基本資料以及船班/公車/(飛機)航班等資訊服務，建置一套馬祖海情資訊系統，將各項資訊根據經緯度標註於 GIS 圖台，並以地圖呈現所有資訊，做為港務管理人員的決策輔助工具。

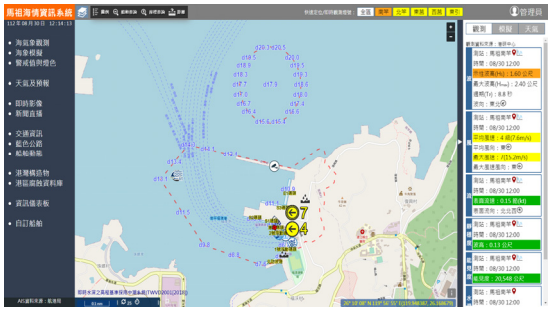


圖 1 馬祖海情資訊系統

如圖 1 所示，「馬祖海情資訊系統」使用開放源 Openlayers 之地圖系統，並以 OpenStreetMap 為預設底圖，整合各式海氣象資料呈現於系統中，包含觀測資料(風速、風向、波高、週期、波向、流速、流向、潮位)與模擬資料(風速、風向、波高、週期、波向、流速、流向、潮位)，同時套疊船舶自動辨識系統(AIS)資料、中央氣象局雲圖、雷達回波圖、「港灣環境資訊網」之各式模擬成果圖(如：風速向量場分佈圖、波高分佈圖、波浪週期分佈圖、中尺度暴潮模式流速流向分布圖)，同時地圖中以「d+數字」顯示該位置的即時水深，當海氣象觀測值或模擬值超過不同燈號(綠、黃、橘、紅)之預設門檻值時，於網頁以燈號警示，同時透過 Line APP 進行推播(圖 2)。

圖 2 透過 Line APP 進行推播

今年配合連江縣港務處需求，介接「馬祖智慧港口服務系統」的船舶進出港資料，以建置碼頭資訊儀表板，讓管理人員掌握各碼頭的泊船即時狀況。

二、研究方法

本案使用設計方法與使用工具及相關技術共分 3 大層面，系統開發環境(程式語言)，網頁開發主要使用 ASP.NET 為主並搭配其他相關前端語法如 HTML5、JavaScript、JQuery、CSS 及 XML 等，後端語法以 VB.NET 為主，資料庫系統使用 Microsoft SQL Server。在 GIS 的部分是使用 OpenLayers，它是一個用於開發 WebGIS 用戶端的 JavaScript，其建立 GIS 資料的方法符合 OpenGIS 的 WFS 和 WMS/WMTS 規範標準，支援介接國土測繪中心、OpenStreetMap 的地圖服務。

今年介接「馬祖智慧港口服務系統」的船舶進出港資料，以建置碼頭資訊儀表板，讓管理人員掌握各碼頭的泊船即時狀況。

三、研發結果

碼頭資訊儀表板可由馬祖海情資訊系統的左側點選顯示(圖 3)，畫面的左上方顯示 5 港區碼頭總數與 5 港區船舶目前靠泊數量，中央的部分可切換各港區的詳細資訊；接續是碼頭的詳細資訊，左邊是碼頭名稱與現狀，以綠色顯示剩餘長度、橘色為使用中長度、紅色則是已經完全使用，若點選的碼頭名稱後，中間可顯示停泊的船名，再點選船名後，右側會顯示船舶的詳細資訊；下方則以地圖顯示 AIS 與碼頭現況。

圖 3 碼頭資訊儀表板

如圖 4，在地圖中也可以點選碼頭名稱，可單獨顯示該碼頭的停泊狀態，資訊包含碼頭名稱、碼頭長度(M)、設計水深(M)、可 6038 靠泊水深(M)、泊船噸位(T)、用途、使用狀態(M)、靠泊船舶等。

圖 4 碼頭船舶停泊狀態

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

「勵進」研究船靠泊外國港口的挑戰-以帛琉為例

廖庭雅[1] 吳書恒[1,2] 羅穎[1]

[1]財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心研究船營運組
[2]國立中山大學海洋科學與科技全英語博士學位學程

主題: C、 海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：吳書恒

E-mail: wsh1025@narlabs.org.tw

Tel:07-698-6896 ext. 281

摘要

財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心(以下簡稱海洋中心，TORI) 專責維運之「勵進」研究船，為目前台灣總噸位(2629)最大並可執行深海、遠洋探測任務的海洋研究船。

勵進於 112 年 6 月 23 日至 8 月 6 日期間支援國科會「航向藍海－西北太平洋觀測網計畫」，協助來自臺灣、帛琉等跨國、跨校及跨領域之科研團隊，完成了為期 44 天，三個海洋科學探測航次任務，並於 7 月 21 日安排「勵進」在我邦交國帛琉-馬拉卡港(Port of Malakal, Palau)開放當地官員及民眾登船參訪。

本任務創下了臺灣籍研究船首次造訪邦交國並開啟科學外交的里程碑，仰賴的是海洋中心專業的後勤支援能力。相較於國內航線，國際航線開航前需逐一進行各項整備，例如確認科學團隊是否取得帛琉經濟海域(EEZ)及領海內之海洋研究許可；更新帛琉海域與港區海圖並研擬航行(航道)計畫；安排船舶衛生檢疫；申請人員與科儀設備的出入境/報關等等，最重要是需直接與帛琉當地船務代理行密切聯繫與協調，確保船舶能安全順利地完成泊靠碼頭作業、糧食補給、通過港口國檢驗(PSC)甚至是人員就醫安排。

國內現有海洋研究船作業區域幾於台灣周遭海域並僅靠泊台灣港口，本航次首度靠泊邦交國港口，先前並無相關資料可參考，藉由勵進的突破以分享研究船靠泊外國港口會面臨的挑戰及解決方式。

關鍵詞：勵進、海洋中心、帛琉、科學外交

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

海岸地區整合性環境脆弱度評估與永續發展之研究

簡連貴[1]　李昱錡[2]　陳柏劭[3]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程學系教授
[2]國立臺灣海洋大學河海工程學系碩士
[3]國立臺灣海洋大學河海工程學系碩士生

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：陳柏劭

E-mail: asd26638390@gmail.com

Tel:02-2462-2192 **ext. 6169**

摘要

隨著臺灣經濟、社會發展日益成熟，開發與居住地區由內陸轉向海岸地區，使得海岸地區成為嶄新的發展空間，故本研究以海岸整體性管理及海岸永續發展為主軸，針對臺灣海岸地區脆弱度進行研析。重新定義「海岸地區整合性環境脆弱度」，並盤點出各面向脆弱度因子，再利用模糊德爾菲法進行評選。同時透過層級分析法賦予各脆弱度因子及面向整合權重關係，建立海岸地區整合性環境脆弱度評估模式，並針對研究示範區進行評估。以期將本研究各項成果提供海岸管理相關單位作為整體性海岸管理之參考依據，實現臺灣海岸永續發展之願景。

關鍵詞：整體性海岸管理、永續發展、脆弱度評估、模糊德爾菲法、層級分析法

一、研究目的

近年永續發展已成為全球共同議題，聯合國更訂定 SDGs 永續發展目標，目的即是為了朝向各層面之永續邁進，然而國內過往海岸風險評估研究大多以暴潮溢淹、地層下陷、洪氾溢淹和海岸侵蝕災害等災防相關內容為主要探討觀點，與社會永續發展之關聯較為薄弱。

故本研究以「脆弱度」與「永續發展」概念之結合，以及「自然環境」與「社會經濟」跨領域整合為研究主軸，探討「海岸整合性環境脆弱度」。本研究將由環境、社會、經濟面向評選及建立海岸整合性環境脆弱度因子，並且建置海岸整合性環境脆弱度評估模式，以期透過本研究之各項成果提供水利署、營建署、地方政府等相關單位作為海岸地區永續管理之參考，提高臺灣海岸地區永續發展性。

二、研究方法

本研究首先利用相關文獻研析，瞭解脆弱度基本定義，並結合永續發展之概念，重新定義何謂「海岸地區整合性環境脆弱度」，而後盤點出符合該定義之環境、經濟、社會面向脆弱度因子。

在完成因子盤點後，本研究採用兩階段專家問卷法進行分析，並挑選符合本研究領域之專家學者發放問卷。第一階段利用模糊德爾菲法之理念設計及發放問卷，並計算出重要程度共識值(G^i)與門檻值(S)，透過 G^i 是否大於 S 為標準進行因子篩選。第二階段利用層級分析法之概念建立各面向與各脆弱度因子階層架構，以此設計及發放問卷，在完成問卷回收後，即可將各項目重要程度數值轉變為成對比較矩陣，並以成對比較矩陣計算出面向整合以及各脆弱度因子間之權重關係。

在完成因子評選及權重賦予後，結合先前針對過往各式脆弱度評估模式之特點研析，特點包含等權重及權重分析、概括探討及面向因子分析，可建立出本研究之海岸地區整合性脆弱度評估模式，如圖 1 所示。

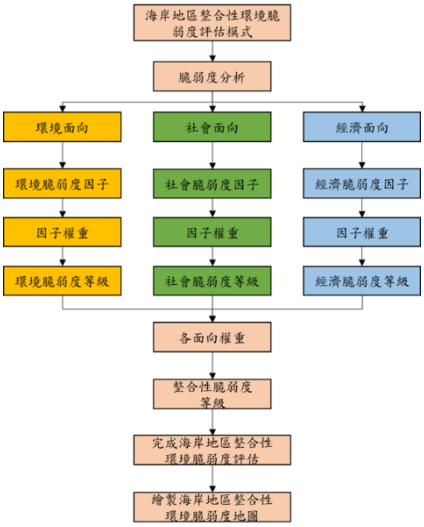


圖 1 海岸地區整合性脆弱度評估模式

三、初步結果

本研究透過各式脆弱度研究研析，結合永續發展之概念，重新定義海岸地區整合性環境脆弱度為「當事件發生時會導致該區域整體系統永續性下降或損害程度增加之量度指標」，並以該定義進行後續脆弱度因子盤點。

完成第一階段專家問卷發放及回收後，計算出各面向門檻值並篩選因子，篩選結果為環境面向包含生物多樣性、海岸侵蝕狀況及水質汙染；社會面向為人口密度、高齡人口；經濟面向則有土地開發利用、基礎設施，上述七項因子即為本研究之「海岸地區整合性環境脆弱度因子」。

透過評選後之因子結合層級分析法之理論，以此架構設計問卷並分析其權重關係。根據回收之問卷可得各專家學者對於評估項目間重要程度比較值，並建立各面向以及各脆弱度因子之成對比較矩陣。在面向整合部分，環境、社會、經濟之權重分別為 0.51、0.16、0.33；在環境面向部分，生物多樣性、海岸侵蝕狀況、水質汙染之權重分別為 0.39、0.25、0.36；在社會面向部分，人口密度及高齡人口之權重為 0.62 及 0.38；在經濟面向部分，土地開發利用及基礎設施之權重分別為 0.70 及 0.30。

透過因子建立及權重賦予後，結合本研究之評估模式針對示範區進行評估，經過各項因子數據計算後，乘上各自權重結合取得脆弱度分數，並以自然分類法分為五個等級，計算出各面向脆弱度等級。而後依據面向整合權重，分別為 0.51、0.16、0.33，進行最後之海岸地區整合性環境脆弱度評估，將計算結果以 GIS 呈現，海岸地區整合性環境脆弱度等級地圖，如圖 2。

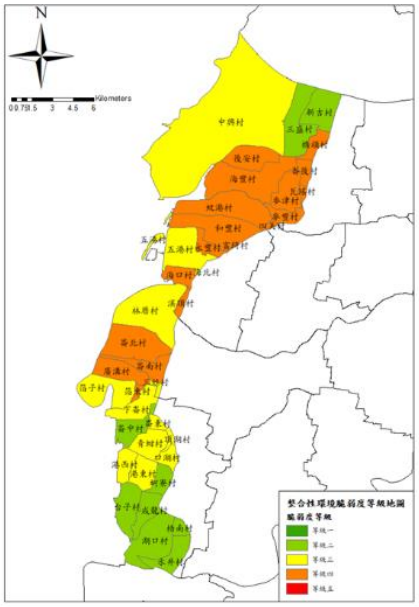


圖 2 海岸地區整合性環境脆弱度等級地圖

由整合脆弱度與各面向等級來看，整合後為等級四之村里，61%的村里於各面向分析時曾出現兩個以上等級四、等級五之高脆弱度等級，故於圖中呈現脆弱度等級四的村里需同時針對不同面向進行調適；整合後為等級三之村里，69%之村里於各層面分析時，僅有其中一面向為等級四、五之高脆弱度，故須針對較高脆弱度之面向進行緩解；其餘整合後為等級一與等級二之村里，皆於環境、社會、經濟脆弱度分析時，屬於等級三以下之中低脆弱度，所以需進行管理以維持其永續發展。後續可根據上述趨勢及各面向脆弱度地圖，並結合權重高低關係，研提相對應之脆弱度調適管理策略，以此降低脆弱度等級並提高臺灣海岸地區永續發展可能性。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

大潭藻礁區域河川出海口水質分析與討論

陳昱安[4] 張煥盟[2] 劉育甫[4] 錢樺[1]* 江育德[3]

[1]國立中央大學水文與海洋研究所
[2]國立中央大學水文與海洋科學研究所博士班研究生
[3]桃園市政府海岸管理工程處
[4]國立中央大學地球科學前瞻應用研究中心

主題: C 海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：錢樺

E-mail: hchien@ncu.edu.tw

Tel:03-4227151 ext. 65690

摘要

大潭藻礁位於桃園西北海岸，這個珍貴的地形為許多瀕危海洋動物提供重要的生存環境，如柴山多杯孔珊瑚(Polycyathus chaishanensis)和路易氏雙髻鯊(Sphyrna lewini)。然而，因政府新能源政策的實施，在大潭藻礁區上建設第三液化天然氣接收站可能對藻礁產生影響，因此受到社會各界的關注。為了探究該地區水質的變化，我們分析了 2013 年至 2021 年間大潭藻礁區三個河川出海口的水質檢測資料，包括物理變量（溫度、鹽度、pH 值、懸浮固體和溶氧量）、重金屬濃度（銅、鋅、鉛、鉻和汞）和營養物質（硝酸鹽、氨氮和磷酸鹽）的變化。研究結果發現，溫度、pH 值、懸浮固體、溶氧量、硝酸鹽和磷酸鹽在該時期內有顯著的季節性變化，這些變化可以通過季風影響來解釋。在研究期間，這些環境變數並無顯著的上升或下降趨勢。根據上述研究結果，我們可以將這些資料作為大潭藻礁區水文變化的基礎，以利後續的保育工作和相關政策制定與實施。進一步的研究和監測可以幫助我們更好的了解藻礁生態系統的健康狀況，以及人類活動對該區域的影響。這將有助於制定更有效的保護措施，確保大潭藻礁及需要保護的珍稀生物多樣性獲得適切且周全的保護。

關鍵詞：大潭藻礁、出海口、水質檢測

一、研究目的

近年來，隨著政府的能源政策轉變，天然氣的角色日漸增加。桃園市大潭觀塘工業區新建的第三天然氣接收站旨在滿足能源需求，但也可能對大潭藻礁區帶來環境影響。因此，本研究主要蒐集 2013 年至 2021 年桃園市政府在大潭工業區進行長期監測河川及出海口的水質資料，並利用這些水質資料來探討大潭藻礁區海域水質的物理因子、重金屬濃度及營養鹽濃度的季節性變化與趨勢。

二、研究方法

本研究採用大潭濱海水質監測資料，年採集四次，分別於小飯壢溪、新屋溪和社子溪的河川出海口進行。根據行政院環保署規定，營養鹽以靛酚法、鎘還原流動分析法及分光光度計法進行分析，重金屬

使用感應耦合電漿原子發射光譜法檢測。資料分析時，使用立方雲規線內插法填補缺失值，並透過曼-肯德爾檢定判定變數時間趨勢，若存在趨勢則計算 Sen’ s slope 確認其大小。季節性分析中，我們將資料依採樣月份劃分季節，進行變異數分析確認變數間差異。

本研究透過變異數分析（ANOVA）探討大潭海域河川出海口的水質季節性變化。如圖 1 所示發現溫度、pH 值、懸浮固體濃度、溶氧量、硝酸鹽和磷酸鹽在不同季節呈顯著差異。夏季的溫度及 pH 值較高，指向較鹼性環境，而冬季相對較低及酸性。懸浮固體濃度、溶氧量和營養鹽在夏季較低，冬季則較高。相關性分析亦顯示溫度與上述變數呈負相關。桃園夏季降雨量集中導致河川流量增大，但大潭海域夏季營養鹽濃度反而較低，推測該區受河川排放影響有限。

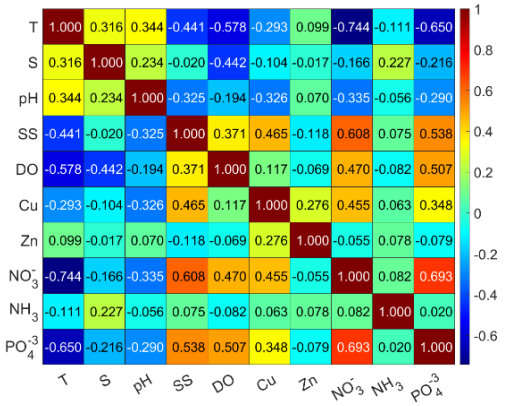


圖 1 大潭海域河川出海口各環境因子間相關係數(T 為溫度、S 為鹽度、pH 為酸鹼度、SS 為懸浮固體濃度、DO 為溶氧量、Cu 為銅濃度、Zn 為鋅濃度、NO3-為硝酸鹽、NH3 為氨氮、PO43-為磷酸鹽)

圖 1 相關性分析顯示硝酸鹽和磷酸鹽中度相關，相關係數為 0.69。迴歸分析指出大潭河川出海口的氮磷比（N/P）為 3.04，低於 Redfield ratio，暗示該區氮限制生物生產力(圖 2)。這與先前對台灣海峽的研究相符（Huang, 2019）。一般而言，低氮磷比表示生物生產受氮限制；高氮磷比則指受磷限制(Elser et al, 2007)，這些資訊對於海域生態系統的保護和管理極為重要。

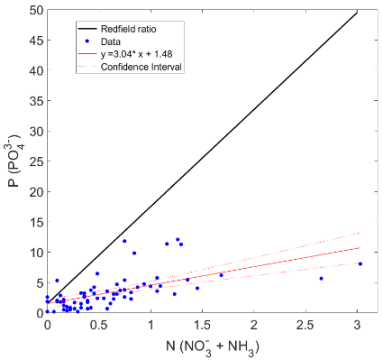


圖 2 三條河川出海口氮與磷迴歸曲線(紅色實線為迴歸線，紅色虛線為 95%信賴區間，黑色線為 Redfield ratio)

三、初步結果

本研究對桃園大潭海域三條河川（小飯壢溪、新屋溪、社子溪）出海口的水質變化進行了深入分析，重點探討了物理因子、營養鹽和重金屬的變化情況，得出以下結論：

1. 在 2013 至 2021 年間，大潭藻礁區河川出海口的環境變數，如銅、鋅、硝酸鹽、氨氮和磷酸鹽，在統計上並未呈現顯著的變化趨勢，這表示在這段時間內，這些環境變數相對穩定。
2. 物理因子（溫度、pH 值、懸浮固體濃度、溶氧量）和營養鹽（硝酸鹽、磷酸鹽）在統計上表現出顯著的季節性變化。這些變化主要受季風影響，例如夏季西南季風和冬季東北季風。溫度和 pH 值在夏季較高，冬季較低，這可能與夏季高溫和西南季風對海水鹼度的影響有關。而懸浮固體濃度、溶氧量、硝酸鹽和磷酸鹽則在夏季較低，冬季較高，與冬季東北季風帶來的較低溫度和較高營養鹽濃度相符。
3. 營養鹽分析中，硝酸鹽和磷酸鹽之間具有高度相關性，並維持一定的比值（3.04）。這意味著，在大潭藻礁區，氮可能是限制生物生產力的主要因子。

本研究深入分析了桃園大潭海域出海口的水質變化，旨在瞭解其原因及影響。未來可繼續探討季節與環境對水質的作用，結合長期數據，以助桃園大潭海域生態保護與水質改善。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

國家海洋研究院微波雷達觀測網之颱風觀測

吳立中[1] 賴堅戊[2] 廖建明[2] 董東璟[1]

[1]國立成功大學近海水文中心
[2]國家海洋研究院

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：NSTC 112-2625-M-006-009

通訊作者：吳立中

E-mail: jack18@mail.ncku.edu.tw

Tel:06-2098851 ext. 12

摘要

遙測領域中的微波雷達觀測技術是近年來被廣泛應用於海洋現象監測之重要工具。國家海洋研究院於 2021 年開始建置岸基 X-band 雷達站，目前於臺灣本島與離島已完成 15 站。本文以國家海洋研究院所建置之微波雷達於 2023 年瑪娃(Mawar)颱風期間之觀測結果進行檢討。相較於單點一維度時間域的現場量測與二維度大空間尺度的衛星遙測，岸基微波雷達可針對海表面進行三維度的監測，是解析近岸高時空變異性水文特徵極具潛力的工具。

關鍵詞：微波雷達、颱風觀測

一、研究目的

今年疫情趨緩，已有大量遊客開始從事海域遊憩活動。但一般民眾對海洋環境之風險認識較為有限，恐增海域遊憩事故。根據統計，近廿年來臺灣海域發生浪襲落海事件達 360 件，顯見讓民眾「知海」這項任務之重要性與急迫性。然而大自然之海氣象特徵大多具有紛紜隨機之特徵，現階段之數值預測技術仍有其學理與科技之極限，要準確進行預測，往往仍需要搭配現場實測數據進行調校。

行政院於 2020 年推動「向海致敬」政策，鼓勵人民「知海」(知道海洋)、「近海」(親近海洋)及「進海」(進入海洋)。因應向海致敬政策，為能提供更符合民眾遊憩活動所需的海域環境基礎資訊，國家海洋研究院規劃海域活動安全動態資訊系統建置計畫，藉此掌握我國海岸帶狀況，瞭解危險因子與風險等級，藉此改善民眾對親海、進海的海域遊憩活動體驗，提升海洋遊憩風氣。

基於上述目標，國家海洋研究院於 2021 年執行「岸基波流遙測及海洋遊憩風險資訊整合平臺」案，於臺灣東北角、北海岸、澎湖與恆春半島四個示範場域的不同位置建置微波岸基波流遙測系統。並透過國家海洋研究院所建置之 GoOcean 網站提供觀測資訊(如圖 1 所示)。

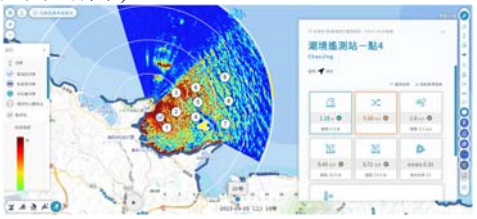


圖 1　GoOcean 網站
(https://goocean.namr.gov.tw/Main)

二、研究方法

雷達影像經由轉換後，可獲得波浪於頻率域(frequency domain)以及波數域(wave number domain)的能量分布。此一能量分布已被前人推導出數學關係：

$$\omega = \sqrt{g|\vec{k}|\tanh(|\vec{k}|d)} + \vec{k}\cdot\vec{U} \qquad (1)$$

上式為波浪之分散關係式，其中 d 為水深，$\vec{U}$ 為流場，藉此獲得波浪與海流作用下之海面回波影像。透過計算不同流速條件下的波數理論分布與雷達影像實際測得之波數譜能量分布，進行最小二乘法的分析，求取出與實際測得之波數譜能量分布最契合的波數理論分布以及其所對應的流速條件。

三、初步結果

本文以 2023 年 5 月瑪娃(Mawar)颱風期間之雷達觀測結果進行討論。如圖 2 所示，颱風期間國家海洋研究院 15 做雷達站之觀測成功率平均達 97%以上。

本研究進一步以潮境岸基微波雷達站於颱風期間觀測之波浪及海流場結果進行檢討。如圖 3 所示，颱風期間觀測之最大示性波高超過 2 米，最大流速在 1.0m/s 以上。

圖 4 與圖 5 則分別為颱風期間觀測之空間波浪場與空間流場。受到潮境望海巷灣域複雜地形之影響，測得之波浪與海流呈現了非常明顯的空間非均勻性。以空間流場為例，海灣內與海灣外水域的流速及流向皆呈現明顯之差異，灣內之流速明顯較灣外流速微弱。如圖 5 所示，為退潮期間之空間流場變化。可發現海灣外之海流大致呈現東南之流向，流速可達近 1m/sec。然而灣內流場之流向則呈現出明顯之空間非均勻性，大致為順時針方向之渦流特徵。

從現階段的分析結果可初步確認微波雷達應用於監測非均勻空間波場及流場之優勢。為能解析複雜水域內更細部資訊，未來將朝更高空間解析度波流場解析技術進行研究。

圖 2 2023 年 5 月瑪娃(Mawar)颱風期間觀測成功率

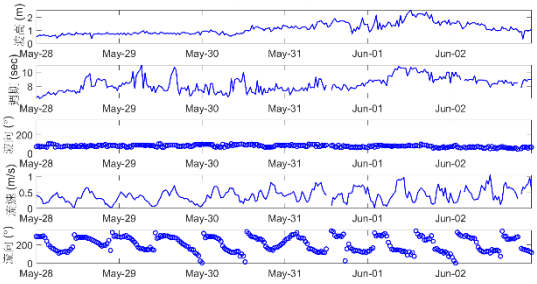


圖 3 瑪娃颱風期間之海況監測時序列

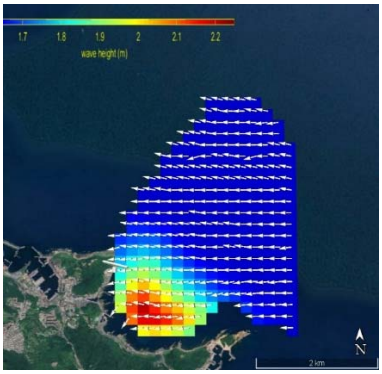


圖 4 瑪娃颱風期間之空間波場監測結果

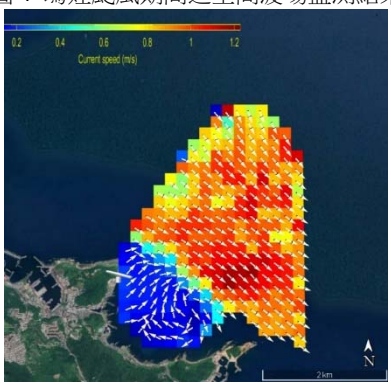


圖 5 瑪娃颱風期間之空間流場監測結果

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

臺南海岸突堤群與離岸堤群之沉陷檢測

林敬樺 [1]　黃國書 [1]　蕭冠宇 [1]　謝錦志 [1]

[1]國立成功大學水工試驗所
[2]經濟部水利署第六河川局

主題: C 海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：林敬樺

E-mail: ljh0514@thl.ncku.edu.tw

Tel:06-237-1938 **ext. 723**

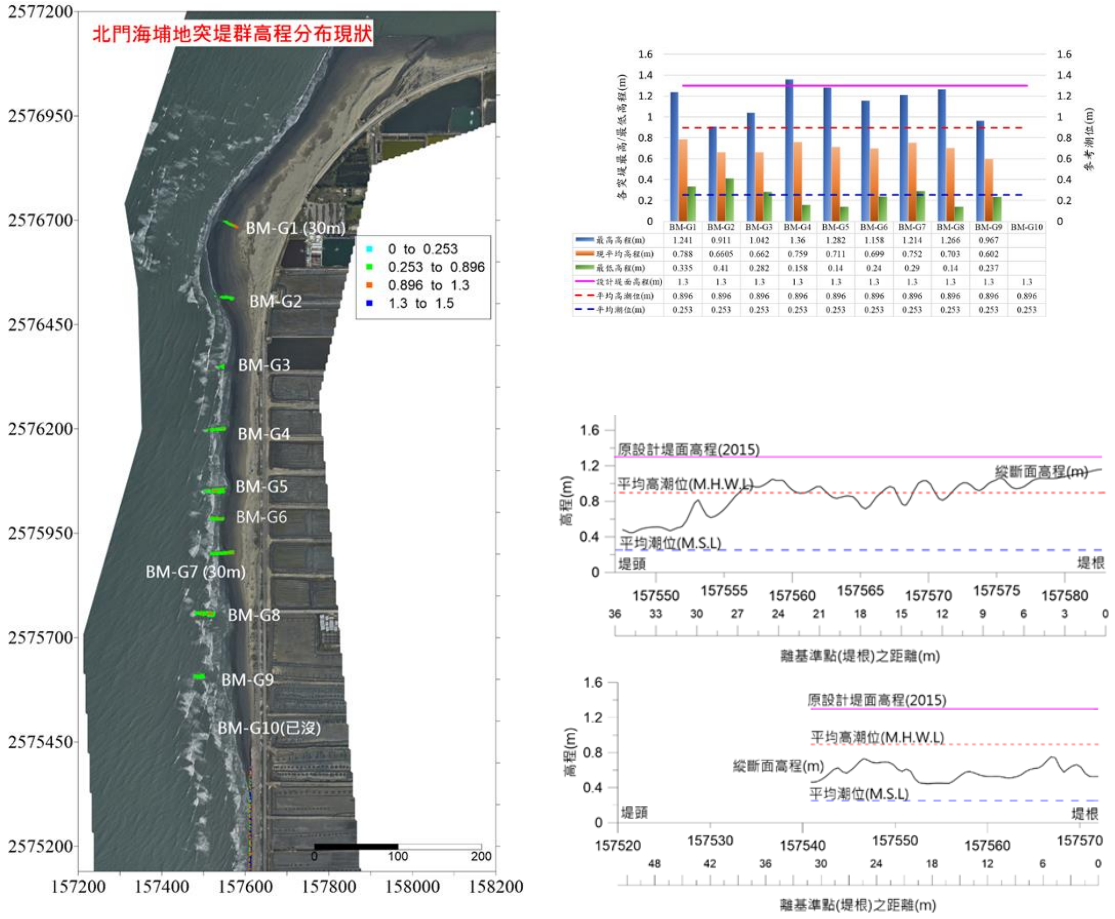
摘要

臺南海岸北起八掌溪口，南迄二仁溪口，全長約 69.3 公里，是典型沙質海岸；海岸走向在頂頭額汕與曾文溪口轉為西北-東南走向，地形變化與季風作用之交互影響在此處交替；曾文溪以北深受東北季風影響，而曾文溪以南則為西南季風較為顯著。在曾文溪以北區域，由於古曾文溪改道與倒風內海演化後，遺留北門與七股潟湖以及新北港汕、青山港汕、網仔寮汕、頂頭額汕與新浮崙汕等數個離岸沙洲，在深受東北季風長期作用以及沙源補充未見足夠情形下，曾文溪以北岸段海岸線侵退甚為顯著；安平商港以南至二仁溪口之黃金海岸則是因海岸橫向結構物之興建與漂砂傳輸行為特性等數種人工與自然因素綜合作用下亦形成北淤南侵的現象。綜上，為了維持岸線穩定、減緩海岸侵蝕以及配合人工養灘等，在北門海埔地海堤北側、曾文海埔地海堤西側、頂頭額汕外以及黃金海岸等興建突堤(除頂頭額汕離岸堤)與離岸堤。

上述區位之突堤與離岸堤興建年代略久，經由無人飛行載具進行勘查時均發現部分區位之結構物在高潮位時已沒入海面下，堤群沉陷與淘刷較為顯著；一般性海堤(不)定期檢測較常辦理，作為維護管理之依據；對於突堤與離岸堤之高程檢測作用較不常見，難以評估其功能性，因此在本次研究中，採用無人飛行載具對於海岸段先進行目視判斷，再經由空載光達擷取各堤群在低潮位以上之點雲高程資料分析斷面高程，與既有之工程圖資進行比對，確認現各堤群之殘餘高程與功能現況，其檢測成果作為後續量體補充以及維運管理之參考。

以北門海埔地南側突堤群(BM-G1~G10；如圖一)為例，目前北門海埔地突堤群在檢測當日低潮位時(約-0.25 公尺)，最南端之 BM-G10 突堤已潛沒於水下，其餘九座突堤現有高程均位於平均潮位至平均高潮位間；而九座突堤現有最高高程，以 BM-G3 之+1.36 公尺最高，其餘均略低於原設計高程；最低高程則以 BM-G4、G5、G6、G8 及 G9 等低於平均潮位，如圖二。 北門海埔地突堤拋石面高程為 E.L.0.06 公尺，較其他相同型式之突堤拋石面高程 E.L.0.5 公尺略低約 0.44 公尺；圖二亦顯示超過原設計高程之點位甚少，即是九座突堤目前高程可視為均小於原設計高程。圖三為 BM-G1~G9 各座突堤之縱斷面圖，顯示高程差異是堤根往堤頭方向漸增，而顯露於平均高潮位之上之區域也呈現不均勻分布，可視為不均勻沉陷，這應與突堤位址處海床(灘)地形劇烈變化有關；故綜合平面及斷面分析可得，北門海埔地突堤群在平面與斷面上都呈現不均勻沉陷之現象。

檢測成果顯示，北門海埔地南側突堤群、曾文海埔地(西堤)南側五座突堤以及黃金海岸中側以南 13 座突堤群，其現有堤頂高程與原設計堤頂高程之變異較為顯著，建議研議改善方案。其中黃金海岸中側岸段，考量本海岸段因夏季西南季風所引起波浪正向入射之故，向離岸漂沙相對較為強烈，致突堤群間堤前並無明顯沙灘回淤，故現況突堤群配置宜進一步檢討。因此本區段突堤沈陷之補強工作，建議俟檢討後再研擬辦理方式。



(左)圖一：北門海埔地突堤群高程分布現狀；(右上)圖二：北門海埔地突堤群最高/現平均/最低高程與各參考潮位之關係；(右下)圖三：北門海埔地 BM-G1 及 BM-G2 突堤各突堤頂高程縱斷面圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

利用波束合成與 MUSIC 演算法估計高頻陣列雷達資料獲取丹娜絲颱風徑向表面海流速度之比較

李政達[1] 黃茂信[2] 李俊穎[3] 陶瑞全[4] 錢樺[5]

[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副研究員
[3]交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員
[4]越南河內土木工程大學大地測量學系助理教授
[5]國立中央大學水文與海洋科學研究所特聘教授

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：無 (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：李政達

E-mail: lcd@mail.ihmt.gov.tw

Tel: (04)2658-7127

摘要

本研究使用波束合成(Beamforming)與多重訊號分類(MUSIC)演算法，根據高頻陣列雷達系統獲得的多普勒距離頻譜來確定表面海流之徑向速度。估計結果將與現場測量觀測結果進行比較，以評估方法的性能。比較結果表明，波束合成演算法提供更穩定的徑向速度數據，但方向角解析度較低，而 MUSIC 演算法提供的數據具有較高的方向角解析度，空間覆蓋範圍更廣，但數據可用性一般。研究結果表明，由時間序列與散點圖之比較，波束合成與多重訊號分類 2 種演算法之估計結果與原位測量數據相當，且演算法所提供徑向速度之估計結果一致。

關鍵詞：表面海流、高頻陣列雷達、岸基雷達、波束合成、多重訊號分類

一、研究目的

岸基雷達是全球許多國家沿海地區監測海表面海流變化重要的遙測設施。其中高頻雷達技術的第一個商業版本，係於 80 年代的 CODAR 系統，該系統係採用交叉環單極配置構建的集成式天線。CODAR 系統的接收部分共有 3 個接收天線，並設置 1 個垂直放置的單極天線用於接收雷達波的背向散射頻譜訊號，另外 2 個相互垂直的水平天線用於確定雷達訊號的到達方向，由於每個接收天線的多普勒距離譜是全向性的，故其方位角確定方法，係採用 MUSIC(MUtiple Signal Classification)演算法，用於都卜勒頻譜訊號確定徑向流速的方向。但獲得結果的精確度很大程度取決於實際天線相位接收，於不同噪聲源的影響下容易產生失真，故必須每年重新測量與校準。後續於 90 年代線性相控陣列接收天線系統被提出，稱為 WERA(Wellen Radar)系統，可用於接收來自海表面風速、波浪與海流場等。線性相控陣列系統每個單極天線水平間距範圍為為雷達發射波長(λ)的 1/3 到 1/2，並排列成直線，由於訊號接收器

是單極天線，因此實際相位圖與理論相位圖非常相似，因此，採用波束合成演算法，來提取不同方向的背向散射的雷達訊號，風波流場參數估計結果也較為準確，但由於受限空間範圍內能建構的單排線性陣列天線的單元數量之限制，方位角解析度不高。為找到更準確的方位角，本研究測試 MUSIC 演算法的應用，計算表面海流的徑向速度。本文也討論使用波束合成與 MUSIC 演算法，根據背向散射雷達訊號確定徑向流速之過程，並將演算結果將與現場測量數據進行比較，與進行討論比較各演算法之有效性。

二、研究方法

本研究採用波束合成與多重訊號分類 2 種演算法之估計表面海流，(1)波束合成演算法，Bhuiya 於 2012 年提出對於接收天線以線性排列組成海洋雷達的接收系統，若接收天線以相同距離為間隔，等間距排列，訊號能成為一個空間域的頻圖譜，d 是每個接收天線的間距，且 d 被限制為電磁波的半波長，θ i 為來自訊號 i 的入射角。入射訊號以傳播速度 c 傳播於入射距離 D 上，假設訊號源 Si (t)，1≤i≤d，故第 M 支天線於時間 t 收到的所有訊號可以表示為

$$x_m(t) = S_i(t)\sum_{i=1}^{d} e^{j(M-1)\mu_i} + n_M(t), for\ \ M = 1$$

即可解算產生最大輸出能量之方位，並求得訊號來源的方向 θ ，其中 R 為輸入訊號之協方差矩陣如下：

$$P(\theta)_{BA} = A(\theta)R_{xx}A(\theta)^H$$

此概念為陣列天線於某段時間內接收訊號，去追蹤量測某特定方向之能量。當導引方向與回波訊號的方位一致時，將能量測到最大能量，藉此估算電磁波到達方向。

(2)MUSIC 演算法，Schmidt 於 1986 年提出多重訊號分類演算法來確定訊號源的方向。它所採用的技術原理，為空間譜方向估計理論體系之典型的測向技術，MUSIC 演算法的訊號之協方差矩陣如下：

$$R = E[XX^H] = E[AFF^HA^H] + E[WW^H]$$

其存在特徵向量組成的特徵矩陣 Qn，H 為向量之共軛轉置矩陣，因此，MUSIC 演算法之訊號傳入方向可定義如下：

$$P_{MUSIC}(\theta) = \frac{1}{A(\theta)^H Q_n Q_n{}^H A(\theta)}$$

意即對任意輸出的協方差矩陣進行單獨分解訊號以獲得訊號子空間和與其正交的雜訊子空間，再利用這兩個子空間的正交性，根據角度變數建立空間譜函數，透過檢查譜峰，以確定訊號的傳入方向，因此，如果 θ 為訊號傳入的方向，MUSIC 演算法的峰值，可以被確定為訊號的傳入方向。

三、初步結果

本研究實驗數據採用臺中港海洋陣列雷達北站資料，該雷達工作頻率為 27.75 MHz，頻寬為 300 kHz，用以觀測臺中港與週邊海表面波動與監測中部地區航運情形。比較波束合成與多重訊號分類 2 種演算法之估計表面海流之初步結果，時間於 2019 年丹娜絲颱風數據，如圖 1 所示，比較如下：

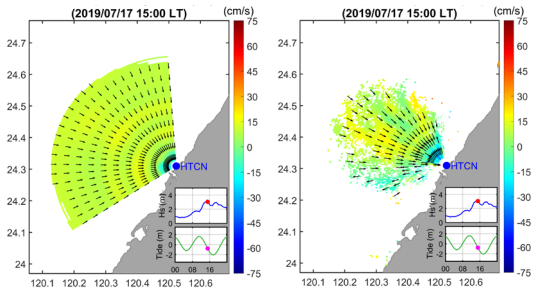


圖 1 分析 2019 年丹娜絲颱風數據波束合成(左圖)與多重訊號分類(右圖)演算法之估計表面海流結果

初步結果表明，於丹娜絲颱風條件，雷達資料估算的表面海流徑向速度與現場測量結果較為一致，相關係數在 0.75~0.78 之間，均方根誤差在 12.61~14.61，波束合成演算法的估計結果比較平滑連續，惟表面海流流速幅度較低，但與現場觀測數據一致，如圖 2 所示。

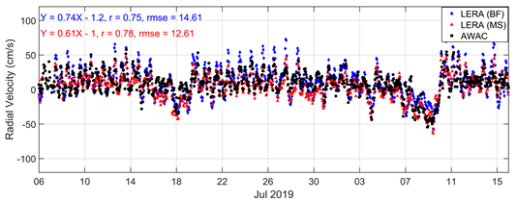


圖 2 表面海流徑向速度與現場觀測結果時序列比較

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

建置機率式海嘯危害度分析曲線應用於台灣澎湖海域

張益誠 [1]　彭子軒 [1]

[1]中興工程顧問公司電力及能源部

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：　無

通訊作者：彭子軒

E-mail:arthur@mail.sinotech.com.tw

Tel:02-2769-8388 **ext. 21373**

摘要

本研究乃建立機率式海嘯危害度曲線，邏輯架構主要參考美國太平洋瓦電公司(Pacific Gas & Electric Company,2010)於 Diablo Canyon 核電廠所建立之方法，根據 PG&E(2010)報告提出之理論方法，利用數值模式結果進而結合統計機率概念並且加入不確定性因素之影響，建立台灣澎湖群島之機率式海嘯危害度曲線。前置作業需針對各隱沒帶震源與陸域斷層震源進行參數率定與幾何設置。引用科技部版地震海嘯震源報告，影響台灣之關鍵隱沒帶震源包括琉球海溝(RK)、馬尼拉海溝(MN)、菲律賓海溝(PH)、亞普海溝(YP)、馬里亞納海溝(MR)、伊豆－小笠原海溝(IB)、南海海槽(NK)共七個隱沒帶，系統考量震源之分段與組合、由地震活動重新檢視震源破裂面深度、經驗地震矩規模推估、平均錯動與地栓錯動模式等關鍵因素，產製海嘯震源模型。另藉由科技部澎湖群島海岸的沈積層調查與記錄，探討此海域是否曾受海嘯事件的影響。

關鍵詞：機率式海嘯危害度分析(PTHA)、互逆格林函數(RGF)、澎湖群島、海嘯模擬、SEC-HY21

一、研究目的

由於 2011 年 3 月 11 日，日本東北地區外海發生了一次規模高達 9.0 的逆衝型強烈海溝地震，即所謂「2011 年東日本大地震」，並引發了巨大的海嘯，導致了一連串的災害。這場災害不僅直接淹沒了沿海地區的陸地，摧毀了城市基礎設施，還不幸引發了福島核電廠事故。這次災害對日本造成了嚴重的人員傷亡和難以估量的經濟損失。然而，這也引起了全球對海嘯危害性的特別關注，以及對海嘯相關研究的重視。

臺灣位於太平洋火環帶，地震發生的機率相當活躍，因此有許多歷史記錄關於海嘯。為了評估臺灣周圍海域的潛在危害，我們採用了美國和日本等國相關海嘯文獻中的分析方法和流程，並利用中興所發展出的海嘯波二維水理程式 - SEC-HY21 來進一步模擬海嘯波傳。

根據 PG&E(2010)報告提出之機率式海嘯理論方法，利用數值模式結果進而結合統計機率概念並且加入不確定性因素之影響，可建立關切港灣海事點位如核電廠之機率式海嘯危害度曲線。

而機率式海嘯危害度評估(Probabilistic Tsunami Hazard Assessment 簡稱 PTHA)是一種地震和海嘯研究領域的方法，用於評估特定區域或沿海地區對海

嘯的危害概率。PTHA 旨在結合地震源的機率、海嘯生成和傳播的物理過程、地質和地形資料，以及其他相關因素，來估算在未來一段時間內（通常是數百年到數千年）內海嘯事件發生的可能性和其對該地區的潛在影響。

由科技部古海嘯研究計畫中，於全島多處找到極端波浪事件之沉積露頭，多處經判斷後確認為古海嘯沉積事件，其中也包含了澎湖群島地區，該地區於風櫃、鎖港及望安露頭高度分布高程範圍約為 EL.+3.7~+4.8m，本研究目的乃針對台灣澎湖海域建置其機率式海嘯危害度分析曲線，探討此海域是否曾受海嘯事件的影響。

二、研究方法

本文參考 Chen et al.(2015)之研究，建立澎湖外海-50 公尺水深處之互逆格林函數(RGF)資料庫，並引用科技部地震海嘯震源報告之震源參數，以 Okada(1985)方法產生各震源分段及組合之海嘯初始水位，進而導入 RGF 資料庫以產生各組海嘯水位歷線。

接續，參考 PG&E(2010)報告之研究理論方法為基礎，假設在海嘯波高分布為對數常態分布情況下，海嘯波高超越條件機率可表示為下式：

$$P(W_{tsu} > z \mid M, Loc) = 1 - \frac{\Phi\left(\frac{\ln z - \ln(\hat{W}_{tsu}(M, Loc))}{\sigma_{EQK}}\right)}{\Phi(\varepsilon)} \qquad (1)$$

其中，$\hat{W}_{tsu}$ 為海嘯波高，σ_{EQK} 為對數標準差，Φ 為標準常泰累積分布函數，ε 為標準差截斷上界之倍數。

海嘯波高年超越發生率可表示為下式：

$$\nu_{EQK}(W_{tsu} > z) = \sum_{i=1}^{N_{FLT}} \sum_{j=1}^{NS_i} \text{rate}_{ij} \, P(W_{tsu} > z \mid M_{ij}, Loc_{ij}) \qquad (2)$$

其中，rate 為海嘯發生率，N_{FLT} 為會造成海嘯的斷層數目、NS_i 為第 i 個斷層可能引發的情境數目。

後續，將前述各組最大海嘯波高(定義為最大水位及最小水位之差值)代入機率式海嘯危害度曲線函式計算，σ_{EQK} 及 ε 則引用 PG&E(2010)報告所採用之 0.42 及 2 計算，可得到本文之機率式海嘯危害度曲線圖。

三、初步結果

由科技部地震海嘯各震源參數分析澎湖群島外海水深-50m 處之海嘯波高範圍如表 1 所示，其中以馬尼拉海溝影響最大，波高範圍最大約為 3.6m，琉球海溝其次，波高範圍最大約為 1.5m。

表 1 科技部各震源於澎湖群島海嘯波高範圍

	震源	組數	波高(m)
1	琉球海溝(RK)	140	0.0230~1.4867
2	馬尼拉海溝(MN)	140	0.0015~3.5982
3	菲律賓海溝(PH)	6	0.0059~0.0857
4	亞普海溝(YP)	14	0.0018~0.0090
5	馬里亞納海溝(MR)	20	0.0007~0.0223
6	伊豆－小笠原海溝(IB)	6	0.0016~0.0165
7	南海海槽(NK)	2	0.0053~0.0198
8	山腳斷層(SC)	42	0.0084~0.0601
9	恆春斷層(HC)	84	0.0009~0.0817

取得各震源之海嘯波高超越年發生率曲線後，於各海嘯波高值下，線性累加各震源之年超越率，可完成澎湖群島機率式海嘯危害度曲線(圖 1)。

由圖中顯示，澎湖群島外海水深-50m 處之百年發生率(1E-2)海嘯波高約為 0.001m；千年發生率(1E-3)海嘯波高約為 0.3m；萬年發生率(1E-4)海嘯波高約為 1.6m；十萬年發生率(1E-5)海嘯波高約為 3.7m。

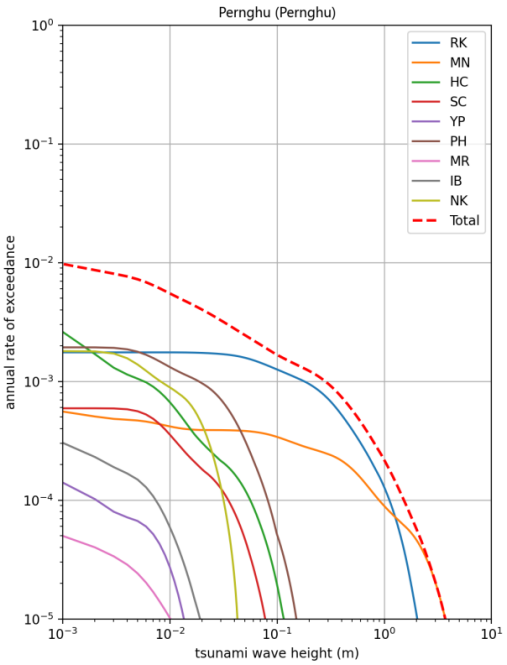


圖 1 澎湖群島機率式海嘯危害度曲線

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

氣候變遷海岸防護調適行動的自然解方

林宗儀 [1]　安薇娜 [1]

[1]國立臺灣師範大學地理學系

主題: C 海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：NSTC112-2625-M-003-004

通訊作者：林宗儀

E-mail:aeolin@ntnu.edu.tw

Tel:02-7749-1659

摘要

全球海岸在自然氣候變遷及各種人為開發利用的雙重壓力之下，環境生態功能正逐漸退化，檢視以往台灣海岸的防護與利用發展過程，因缺乏長期監測調查及研究的資料作為基礎，常有許多相較短視的決策作為，也導致海岸環境功能漸趨退化，也因此在面對氣候變遷所導致的海岸侵蝕、暴潮及洪患溢淹等海岸災害時，更增不少風險。近年國際間在面對這些天然災害的挑戰時，所謂的「自然解方」也愈來愈受到全球的關注，但何謂「自然」? 如何應用「自然」成為未來氣候變遷情境下海岸災害的「解方」，在理論與實作面向的關聯，仍有許多值得探究之處。本研究以台灣西北部的桃園海岸草漯沙丘為例，探究如何以沙丘地景的保育及生態維護為基礎，提供海岸保護、防護及土地利用管理策略擬定時的準據及建議。期能以真正的自然思維，執行有效的防災規劃，減少人為介入，也能兼顧生物多樣性的需求，還能促進環境的可持續性。本項研究成果將可提供內政部營建署、經濟部水利署或環境保護署未來面對氣候變遷，研擬海岸整合管理、生物多樣性資源保護及海岸防護計畫等長期因應思維及策略時的參考。

關鍵詞：氣候變遷、海岸減災、自然解方、海岸沙丘、離岸沙洲島

一、研究目的

越來越多年輕世代意識到地球環境的氣候變化是當今社會面臨的最大挑戰之一，愈頻繁和更強烈的風暴、海平面上升、洪水和乾旱等等天然災害都是人類和自然環境必須積極面對的問題 (IPCC, 2019)。全球海岸在自然氣候變遷及各種人為開發利用的雙重壓力之下，環境及生態的功能正逐漸退化，海水面上升造成的海岸侵蝕、暴潮及洪患溢淹等海岸災害，也都使這些退化的海岸環境變得相對脆弱，提高了災難發生的風險。檢視以往台灣海岸的防護與利用發展過程，因缺乏長期監測調查及研究的資料作為基礎，常有許多人類自以為是的短視決策作為，也導致海岸自然環境功能漸趨退化。尤其現在海岸環境在氣候變遷情境的威脅下，不論是海岸的防護或生態系統的保育復育，都應儘量依循自然的法則來規劃，環境的自然的防災與生態功能也才可以持續。

面對氣候變遷和環境退化帶來的挑戰和壓力，目前已有很多調適的方式（根據氣候變化的影響進行調整）和減輕緩解的行動（減少溫室氣體排放），

但其實自然環境本身對氣候變化和災害韌性也提供了多種的解決方案，「基於自然的解決方案(Nature-based Solutions)」或簡稱「自然解方」(NbS)」，近幾年已在國際間球掀起一片討論熱潮。在面對這些天然災害的挑戰時，所謂的「自然解方」(Nature-based Solution, NbS)一般認為是一種比人工解決方案更可持續的選擇，並且也更可以廣泛應用於各種挑戰。但何謂「自然」? 如何應用「自然」成為未來氣候變遷情境下海岸災害的「解方」，在理論與實作面向的關聯，仍有許多值得探究之處，尤其在不同的海岸環境，因其海岸作用營力及生態的差異，所謂的「解方」策略可能就不同。

「自然解方」非常適合降低海岸災害風險，本研究將以危險 (hazards)、脆弱性 (vulnerability) 和暴露 (exposure)等觀念，討論「自然解方」如何降低發生在海岸的各種災害風險，以利未來能透過「自然解方」的包容和多重利益特性，通過利益關係人（權益關係人）和當地社區的參與來達成這些目標。

二、研究方法

本研究首先將以文獻資料的蒐集為主，先對「自然解方」背後的構想和實用性進行回顧，並討論危險 (hazards)、脆弱性 (vulnerability) 和暴露 (exposure) 彼此之間的關係，並解釋造成災難 (disaster) 的原因。接著以海岸沙丘環境進行台灣海岸「自然解方」的理論探討與適用性及可執行性的研究。

方法上先行綜整海岸沙丘自然環境在氣候變遷，海水面上升趨勢下的地形演育趨勢，並蒐集國內、外的各種環境退化現況及防災作為案例，探討其如何進行「自然解方」的實作，一方面順應氣候的變遷，另一方面也能依照其自然的地形演育模式，重新提振環境本身抗災、防災的韌性，進而提供海岸地區保護、防護及土地利用管理策略擬定時的準據，希望以真正的自然思維，執行有效的防災規劃，兼顧生態需求的同時，也促進環境的可持續性。最後並擬以桃園海岸草漯沙丘的環境管理計畫為例，進行現場訪查，與相關在地社區討論社區的參與程度及各權益關係人之間協作的過程與成效，進一步探討「自然解方」在臺灣海岸的適用性。

三、初步結果

我們人類非常依賴自然，而人類的活動和決定也很大程度地決定了環境地景的形塑。整個生態系統可能因人類活動而消失，導致嚴重的後果。幸運的是，現在一些與自然合作、很有前景的概念也正在發展，而不是一味用傳統抗衡的方式去適應氣候變化和災害所帶來的影響，承認自然和社會之間的動態和互動，扮演著重要的基石功能。這些概念可以多種方式來應用，但應該要對人類和自然都有益。自然解方(NbS)就是這樣一個多種解決方案的框架，但所有結果都應為人類帶來福祉，同時也為生物多樣性帶來利益。由於「自然解方」仍然是一個相對新穎的概念，未來的研究可以專注在證據基礎方面的研究，找尋更多自然解方降低災害風險有效性的成果，特別是在災害影響最普遍的地區。此外，長期影響或大規模的自然作用動力學，以及不同方法策略的影響也仍有待進一步探索。公眾的觀點決定了接受的程度，這是自然解方實施和成功的關鍵。因此未來對於如何提高公眾識覺和接受程度，也是需要更多的研究。當更多的人意識到我們是多麼依賴自然，而某些環境又是多麼脆弱時，人與自然的聯結就會變得更加緊密。許多國家現在接受了「自然解方」的概念，這些倡議可以在各種大小尺度下來執行，確認社區參與是自然解方成功的重大要件。增強自然的韌性可以用來降低環境災害的風險。過去台灣海岸已開始有一些改採用軟性工法防護的案例，但迄今尚無任何地區以自然生態系統管理面向，來研究軟性工法或探究如何降低災害風險。在擬定「自然解方」專案計畫時，如何減少人為介入，促進了生物多樣性的發展，加速環境的恢復，都需要更進一步的探討。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

海岸地區高潮位淹水之災情紀錄：以箔子寮漁港為例

施虹如　陳偉柏　張志新

國家災害防救科技中心

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：施虹如

E-mail:shihruby713@ncdr.nat.gov.tw

Tel:02-8195-8618

摘要

高潮位淹水(High tide flooding)，通常發生在天文大潮期間，一般而言，影響的空間範圍不大，時間亦短，即在潮汐可達與漲潮時間範圍內。根據美國太空總署的定義，高潮位淹水事件發生在當地海平面「暫時」上升到超過一定程度的淹水閾值高度時，此種類性的淹水，無須發生於颱風暴潮、強降雨或河川溢堤時，因此，又稱為「晴天淹水(Sunny day flooding)」。高潮位淹水閾值高度因地區而異，通常與當地潮汐及地形高程有關，因此，制定易發生高潮位淹水區域的淹水閾值高度，有助於提早預警高潮位淹水。此外，在地層嚴重下陷的海岸地區，若海平面上升後，將導致高潮位淹水事件更加頻繁發生。箔子寮漁港位於雲林縣四湖鄉，根據水利署監測資料顯示，箔子寮漁港所在地區，過去 30 年地層下陷約 0.9 公尺，而當地氣象署觀測最大天文潮位超過 2.5 公尺，因此，長期以來，每逢天文大潮，必定面臨局部淹水災情，而在 2023 年 8 月初與 8 月底 9 月初的近地點天文大潮中，淹水範圍及深度更加嚴重。本研究目的在透過調查箔子寮漁港之監測、預報潮位與地理環境，進而記錄箔子寮漁港高潮位淹水災情與分析其高潮位淹水閾值高度。

關鍵詞：高潮位淹水、天文大潮、海平面上升、地層下陷

一、前言

高潮位淹水(High tide flooding)是一種潮汐性洪水，因為經常發生在無風無雨的天氣時，所有又稱為晴天洪水(Sunny day flooding)，且淹水範圍不大、深度不深，別稱滋擾性淹水(Nuisance flooding)。高潮位淹水好發於海岸低窪地區，尤其是緊鄰海岸的街道，在滿潮特別的期間，例如在滿月和新月時，這些區域會有暫時被淹沒的現象，而具體發生高潮位淹水的時間則因地點而異。雖然，這類型的淹水通常不至於對當地居民的生命財產造成危害，但會進一步降低海岸低窪地區基礎設施(例如漁港)的使用年限。因為與氣候變化相關的海平面上升以及其他人類相關的環境影響，如沿海侵蝕和地層下陷，高潮位淹水在人口聚集的海岸城市和其他沿海地區，變得越來越常見，也大幅提高海岸基礎設施的脆弱性(Wdowinski et al., 2016)。面臨高潮位淹水問題的地區，可以利用海

岸管理與開發規劃，來降低影響及衝擊，然而，越來越多這種類型的淹水可能會發展成需要進行有計劃的大規模撤離、遷居或其他更適用在氣候變遷的調適方式，以因應海岸脆弱地區面臨高潮位淹水的需求(Karegar et al., 2017)。本研究以雲林縣箔子寮漁港為例，記錄發生在 2023 年 8 月 3 日與 31 日，兩次近地點高潮位淹水(Perigean spring tide flooding)，進而分析箔子寮漁港可能的高潮位淹水閾值高度。

二、結果與討論

根據美國大氣暨海洋總署的解釋，近地點大潮發生在新月或滿月的時間，且月球達到近地點(月球距離地球最接近的點)時。近地點大潮的高潮位可能比遠地點大潮的高潮位高出 0.3 公尺以上，而在阿拉斯加的安克拉治，潮差更可能超過 9.14 公尺。如果在近地點大潮期間，又遭受強烈向岸風的吹襲，海岸淹水可能會比原本預期的更嚴重。2023 年有三次近地點大潮，發生時間分別在 1 月 21 日的新月期間，8 月 2 日與 8 月 30 日的滿月期間，而通常最大高潮位會發生新月或滿月後的 2 至 3 天。本研究以雲林縣箔子寮漁港為例，記錄 2023 年 8 月 3 日及 8 月 31 日發生的兩次近地點大潮淹水事件，圖 1 左圖顯示氣象署箔子寮漁港測站 2023 年 8 月 3 日的預報、觀測潮位，右圖為風速及風向，由圖可知，觀測高潮位比預報高潮位高出 0.344 公尺，然而最大風速僅約 8-10 m/s，可見潮位低估主要來自於預報誤差。而在高潮位達到 2.414 公尺條件下，海水即可滿出漁港，漫淹到港區道路上(圖 2)。箔子寮漁港在 8 月 31 日的近地點大潮更達到 2.562 公尺，淹沒範圍更廣。本研究分析，在滿潮位可能接近 2 公尺時，箔子寮漁港應事先做好防範淹水的措施，以降低可能造成的損失。

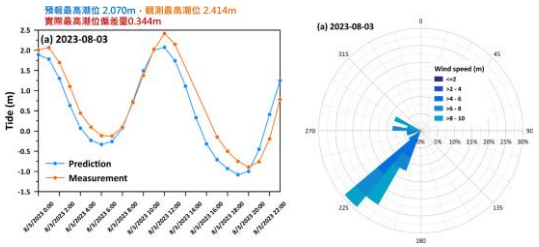


圖 1 箔子寮漁港測站於 2023 年 8 月 3 日潮位及風速紀錄

圖 2 箔子寮漁港於 2023 年 8 月 3 日港區淹水情況(照片來源：本研究)

三、結論

箔子寮漁港位於雲林縣四湖鄉，根據水利署地層下陷監測資料顯示，箔子寮漁港所在地區，在過去 30 年中，累積下陷約 0.9 公尺，而當地氣象署觀測最大天文潮位可超過 2.5 公尺，顯見當地是海岸淹水脆弱地區。此外，季節的因素對平均水位和潮汐的影響，例如夏季高水溫產生熱膨脹效應，進而導致水位較冬季高，也需列入考慮。隨著未來海平面與海溫可能持續上升，海岸淹水脆弱更加頻繁的發生高潮位淹水事件，制定淹水閾值高度，雖有助於提早預警，然而，考慮因應氣候變遷的整體海岸開發規劃與調適策略，更加刻不容緩。

參考文獻

Karegar, M.A., Dixon, T.H., Malservisi, R., Kusche, J., Engelhart, S.E. 2017. Nuisance Flooding and Relative Sea-Level Rise: the Importance of Present-Day Land Motion. Scientific Reports. 7 (1): 11197.

Wdowinski, S., Bray, R., Kirtman, B.P., Wu, Z., 2016. Increasing flooding hazard in coastal communities due to rising sea level: Case study of Miami Beach, Florida. Ocean & Coastal Management. 126: 1–8.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

海域遊憩活動辨識 AI 模型之研發與測試

陳威成[1] 楊文榮[2] 廖建明[2] 董東璟[1] 陳朝鈞[3]

[1]國立成功大學 水利及海洋工程學系
[2]國家海洋研究院 海洋產業及工程研究中心
[3]國立成功大學 製造資訊與系統研究所

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：陳威成

E-mail: jasonwuton@gmail.com

Tel:06-275-7575 **ext. 63244-27**

摘要

熱門海域遊憩區域的溺水救助是透過救生員進行監管，然而旺季期間遊客眾多，由數量不多的救生員維護每個民眾的安全相當困難。考慮到海域遊憩區域內救生員數量有限且難以顧及整個遊憩區域以及近年因 AI 技術在電腦視覺任務上的成效，本研究提出一套框架說明如何應用 AI 技術於海域遊憩活動辨識，定義海域遊憩活動的特性與可能問題，遵循框架中的原則能有效建立一個海域遊憩活動辨識模型，輔助並提供救生員即時且全面的海域遊憩區域活動概況，降低溺水意外死亡的發生可能，實現更安全的海域遊憩區域。

關鍵詞：人工智慧、深度學習、海域遊憩活動、電腦視覺

一、研究目的

熱門海域遊憩區域的溺水救助是透過救生員進行看管，然而部分遊憩區域在旺季期間遊客眾多，透過少數的救生員維護每個人的安全恐力有未逮。因應海域遊憩區域內救生員數量有限且難以顧及整個遊憩區域，且考慮到人工智慧(artificial intelligence, AI)在電腦視覺領域的優異表現，本研究提出一套框架說明如何應用 AI 技術於海域遊憩活動辨識，定義海域遊憩活動的特性與可能問題，遵循框架中的原則能有效建立一個海域遊憩活動辨識模型，提供救生員即時且全面的海域遊憩區域活動概況，實現更安全的海域遊憩區域。

二、研究方法

AI 辨識模型建置成效主要取決於影像資料庫的數量與品質。本研究透過現場拍攝的方式在各處海域遊憩區域蒐集影像，當有特別的活動或比賽時，也會前往拍攝，另外也在屏東南灣遊憩區架設監視站，拍攝海域遊憩活動。蒐集影像的畫面如圖 1 所示。

圖 1 本研究所蒐集之海域遊憩活動影像資料

這些原始影像需透過標籤(label)框出影像中遊憩活動的位置並標上類別來提供模型學習。本研究已蒐集並標籤的資料共近三千張，涵蓋的海域遊憩活動類別有游泳、衝浪、立式划槳(SUP)、香蕉船、水上摩托車、風帆、風帆船與橡膠船共八類。

在辨識海域遊憩活動方面，往往會受到現場天氣條件的影響，同時波浪和海面反射可能會對模型的辨識能力造成挑戰，模型需要具備在不同光線條

件下多變場景辨識的能力。海域遊憩活動的規模各異，但通常涉及戲水或游泳，模型的主要任務是辨識人類，相對於海面，遊憩民眾在畫面上佔的比例通常較小，模型需具備辨識較小目標物的能力。此外，海域遊憩活動容易受到環境影響，起伏的波浪或碎波可能會擋住民眾影響辨識，且同一類遊憩活動的型態多樣，如游泳可包括自由式或蛙式等不同泳姿，因此模型需要能夠從影像資料中學習多樣的特徵。

因此，針對以上海域遊憩活動辨識的特性與可能問題，本研究提出一套框架說明如何有效建置 AI 模型來辨識海域遊憩活動。對於多變的光線與場景，可使用影像擴增如使用 HSV 轉換讓模型學習不同場景的特徵。應對遊憩活動人員較小的問題，模型網路的輸入影像尺寸需能夠調整並且足夠大，才能讓模型很好地去學習較小目標物的特徵。最後，海域遊憩活動容易受到環境影響且多變，模型使用的網路架構需要足夠深，經過繁複的卷積過程提取更深層的特徵，才能很好地提升模型提取深層特徵的能力。綜以上所述，本研究定義海域遊憩活動辨識的特性與可能問題，並提出能有效因應的方法，提出一套如何有效運用 AI 技術於海域遊憩活動辨識的框架與原則，如圖 2 所示。

圖 2 應用 AI 技術辨識海域遊憩活動之框架與原則。本研究定義海域遊憩活動辨識可能遇到的問題，並且因應問題提出可應用的方法

本研究主要使用的深度學習方法為 Wang et al. (2022)以 Redmon et al. (2016)提出辨識效率高而聞名的 YOLO (you only look once)為基礎改良的 YOLOv7，強調增加辨識效率同時不失準確性的能力。YOLO 計算誤差的損失函數(loss function)由多個誤差平行和(sum-squared error)所組成，如下式所示，它會計算模型是否正確辨識出有目標在畫面中(第一項與第二項)、辨識目標的邊界框位置與大小是否正確(第三項與第四項)，以及該目標是否被正確的分類(第五項)。

$$L_{all} = \lambda_{coord}\sum_{i=0}^{S^2}\sum_{j=0}^{B}\mathbb{I}_{ij}^{obj}[(x_i-\hat{x}_i)^2-(y_i-\hat{y}_i)^2] + \lambda_{coord}\sum_{i=0}^{S^2}\sum_{j=0}^{B}\mathbb{I}_{ij}^{obj}\left[(\sqrt{w_i}-\sqrt{\hat{w}_i})^2-(\sqrt{h_i}-\sqrt{\hat{h}_i})^2\right] + \sum_{i=0}^{S^2}\sum_{j=0}^{B}\mathbb{I}_{ij}^{obj}(C_i-\hat{C}_i)^2 + \lambda_{noobj}\sum_{i=0}^{S^2}\sum_{j=0}^{B}\mathbb{I}_{ij}^{noobj}(C_i-\hat{C}_i)^2 + \sum_{i=0}^{S^2}\mathbb{I}_{i}^{obj}\sum_{c\in classes}(p_i(c)-\hat{p}_i(c))^2$$

YOLOv7 為先進的深度學習方法，開源且彈性高的程式碼方便我們根據需求調整模型的設置，能加入影像擴增方法、調整輸入網路的影像尺寸且提供不同深度的神經網路結構等。開源程式碼與可調整彈性大等眾多優勢能方便我們套用本研究提出的框架，因此，本研究使用 YOLOv7 應用提出的框架與原則來建立海域遊憩活動辨識模型。

三、初步結果

本研究套用提出的框架，包含應用影像擴增、增大輸入影像尺寸跟加深網路結構來建模，並與使用原始設定的 YOLOv7 建立的模型進行比較。初步結果顯示，套用框架所建立的新模型訓練與驗證損失均可隨著訓練時期增加而逐漸下降，若僅使用原始設定的模型損失則會有上升的趨勢，如圖 3 所示。

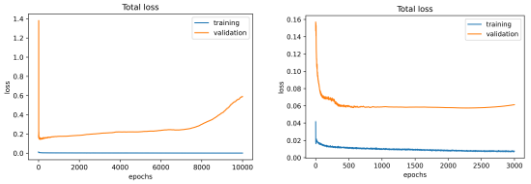


圖 3 兩種模型在訓練過程中訓練與驗證損失隨訓練時期之變化。圖中顯示套用框架建立的模型訓練損失與驗證損失均能有效下降

目前初步的測試結果也顯示，新模型的訓練成果良好，Recall 與 Precison 均可達八成五以上，評估模型綜合能力的指標 mAP 也可達近九成，顯示目前模型的辨識能力良好，辨識成果也能將大部分的活動辨識出來，如圖 4 所示。

圖 4 AI 海域遊憩活動辨識模型之辨識成果

後續將會應用本研究所建立的模型在動態影像上，觀察模型在辨識動態海域遊憩活動時是否也能有良好的表現，驗證本研究提出的框架之可行性。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

高頻方陣陣列雷達之徑向速度分析研究討探

黃郁軒[1]　陳世明[2]程嘉彥[3]

[1]財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心助理研究員
[2]財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心助理研究員
[3]財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心副研究員

主題: :C 海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：無

通訊作者：黃郁軒

E-mail:mey0810@narlabs.org.tw

Tel:07-698-6896 **ext. 364**

摘要

財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心(以下簡稱海洋中心)於 2019 年引進之高頻相位陣列雷達，於墾丁建置 8MHz 8 頻道 3x3 方陣陣列雷達系統(以下簡稱 KNTN)，採用影像識別(ImageFOLs)的方法來進行一階峰框定作業(A Kirincich，2017)，及多重訊號分類演算法(MUltiple SIgnal Classification，以下簡稱 MUSIC 演算法)解算出方向資訊。本研究主要針對徑向速度進行分析討論，其原理為高頻海洋雷達利用電波與海洋表面重力波之布拉格共振，產生後向散射之現象，並根據接收的回波訊號與發射頻率間因表層海流所造成之都卜勒偏移(Doppler shift) ，推估載在重力波上之徑向海流速度。本研究首先對 KNTN 之徑向速度品質進行驗證，驗證方式包含 1.與全球表面漂流浮標（以下簡稱 GDP）及周邊不同觀測系統之徑向速度比對；2.針對徑向速度進行調和分析。結果顯示在 KNTN 觀測穩定海域平均相關性落在 0.76~0.86 間，且同時段雷達、浮標與潮位站三系統在前三項主要分潮皆為 M2(主太陰半日週潮)、O1(主太陰日週潮)、K1(日月合成週潮)。在確認資料有效性後，延續 2022 年測試結果進一步討論損壞程度(支數增加/方陣變形)加劇，對徑向速度產出及資料正確性之影響。

關鍵詞：3x3 方陣陣列雷達系統、徑向速度驗證、調和分析

一、研究目的

財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心(以下簡稱 TORI) 於墾丁首次建置之 8MHz 8 頻道 3x3 方陣陣列雷達系統，利用多組天線同時接收反射雷達波訊號，藉由分析不同天線所接收之反射波的振幅及相位，判斷反射波的方向。本系統方向辨識技術採用多重訊號分類演算法(MUltiple SIgnal Classification，以下簡稱 MUSIC 演算法)，此演算法在計算目標訊號方位到達(Direction Of Arrival, DOA)時須提供接收天線場型資訊。本研究延續 2022 年測試結果，討論隨損壞程度(支數增加/方陣變形)加劇，對徑向速度精確度之影響。

二、研究方法

本文研究方法為透過透過模擬損壞不同位置之接收天線產出不同損壞情況的能譜資料，通過相同設定條件的 MUSIC 演算法解算出不同徑向速度結。

2022 年測試結果顯示，損壞不同位置之單支接收天線，對於整體徑向資料解算結果影響不顯著(黃等人，2022)。本年度將進一步討論隨損壞程度(支數增加/方陣變形)加劇，因而造成場型歪斜情況不等，進而討論其對徑向速度產出結果之影響。考量本實驗分析樣本為雷達徑向速度，其原理為利用電波與海洋表面重力波之布拉格共振，產生後向散射之現象，並透過一連串的數學轉換後推估而來。因此，在測試前選擇具有可信度的資料則為首要步驟。

三、雷達徑向速度品質

TORI 雷達團對於 2022 年中對 KNTN 接收天線優化設計與更新調整，並於同年針對徑向速度資料進行初步驗證。驗證資料來源包含與鄰近之集成式雷達資料(美國 CODAR 公司之 SeaSonde 高頻雷達測流系統)進行基線檢測(Baseline)、短時投放漂流浮標(連續 36 小時)，以及 2019 年 8 月至 2021 年 5 月間 GDP。

基線檢測結果於 2021 年 02 月之觀測穩定區相關性最高可達 0.81，其結果與台中港相位陣列系統 HTCN 和鄰近 CODAR 系統 TUTL 比對結果近似，其相關性落在 0.76~0.82 間(Dao et al., 2019)。另外，參考美國伍茲霍爾海洋研究所建置之相位陣列系統合成海流與漂流浮標比對結果，其穩定區域相關性約 0.83(Kirincich et al.,2019)。TORI 於 2022 年佈放之短時漂流浮標與南灣四站徑向速度分布結果皆一致，平均相關性為 0.86。GDP 通過 KNTN 觀測海域同時滿足 KNTN 運作期間之浮標共計 7 顆，徑向速度比對結果顯示平均相關性為 0.49；若僅針對穩定海域進行分析平均相關性則提高至 0.81。

近岸海域裡潮汐與潮流是十分重要的物理海洋現象；尤其在淺水域中，往往潮流強度相較於背景海流更加強勁。馬鞍山水文調查報告中曾指出，南灣海水運動最主要是受潮汐所主控，以全日與半日之混合潮為主(Liang et al. 1978)；范等人(2009)提到鵝鑾鼻海域流場的能量分佈以週期為半日潮 12 小時以及全日潮 24 小時為主。本研究討論之雷達站 KNTN 周邊有水利署後壁湖潮位站，以及水利署鵝鑾鼻浮標。分別對後壁湖潮位站、鵝鑾鼻浮標及 KNTN 徑向速度進行調和分析，分析結果顯示三者在 2022 年 7 月-10 月間，前三個主要分潮皆為 M2(主太陰半日週潮)、O1(主太陰日週潮)、K1(日月合成週潮)。第四項分潮鵝鑾鼻浮標為 N2(主太陰橢率半日週潮)，後壁湖潮位站及雷達 KNTN 皆為 S2(主太陽半日週潮)。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

高頻陣列雷達系統之天線場型檢校

張煥盟 [1,2*] 鄭安 [1] 連政佳 [2] 李政達 [3] 李俊穎 [3] 錢樺 [1,2]

[1] 國立中央大學 水文與海洋科學研究所
[2] 國立中央大學 地球科學前瞻應用研究中心
[3] 交通部運輸研究所 港灣技術研究中心

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：張煥盟

E-mail: navynco@gmail.com

Tel:03-422-7151 **ext. 65670**

摘要

本研究透過高頻陣列雷達系統天線的場型檢校作業，以獲得更精準、可信度高的雷達產品。高頻雷達發射天線的透過天線陣列的建設、破壞性干涉，將訊號傳遞至海面上。並由接收天線陣列則記錄海表反射訊號的相位差計算目標的方位角。得到良好觀測資料的關鍵之一，是確實安裝、確實維護發射和接收天線至理論場型。然而，實際的天線佈置可能會因為各種工程因素與理論場型產生差異。並且，高頻雷達站建置後，因長時間運作和海岸環境因素，雷達天線可能會受到惡劣天氣或氣候的影響，例如颱風、季風等，這會導致天線老化或損害，影響接收的數據品質。因此，為保證雷達系統的精確性和可靠性，天線校準、校正和補償在高頻陣列雷達系統中扮演重要的角色。

關鍵詞：高頻陣列雷達、天線場型、天線校準

一、研究目的

高頻陣列雷達得以觀測海流、海表參數，是藉由發射高頻訊號至海面，再由海表反射訊號計算出海表狀態。其中，為使高頻訊號能量傳遞至海面，並且避免訊號直接輸入接收天線。會藉由天線陣列的建設、破壞性干涉達成，天線陣列設計上由四隻天線組成矩形，平行海岸線間隔發射波長的一半、垂直海岸線間隔發射波長的四分之一，形成發射天線的理想場型。另外，接收天線接收海表訊號的相位差，以計算目標的方位角，此場型設計為平行於海岸線的線性陣列，每隻天線彼此間隔工作波長的一半，即為接收天線的理論場型。

然而在實務上，天線基座的工程施作、傳輸纜線長等因素，造成實際與理論場型有所差異。因此，高頻雷達建置完成後，應當進行發射、接收天線的校準。另外，高頻雷達由於長時間的運行以及海岸自然環境的影響，其天線陣列可能受到劇烈天氣的影響（例如強降雨、颶風等），導致天線接點老化生鏽、電纜破損受潮等，因而影響數據品質。

對此，高頻陣列雷達系統後期的校準、天線校正和補償非常重要。並且提高系統的精度、靈敏度和可靠性。這些過程通常需要定期施作以確保系統的正常運行和最佳性能。

二、研究方法

臺中港高頻陣列雷達站為港灣技術研究中心建置及管理，2018 年港研中心建置雷達北站(HTCN)，並在 2021 年增加雷達南站(HTCS)，透過兩座雷達的同時運行，更全面地觀測海表海流、波浪參數等資料。

兩套系統之接收天線(Rx)皆為 16 支，呈線性排列平行於海岸線，彼此相距 1/2 λ；發射天線(Tx)皆為 4 支，呈矩形陣列，與海岸線平行的長邊距離 1/2 λ、與海岸線垂直的短邊距離 1/4 λ。而接收及發射天線距離 10 λ。

雷達北站(HTCN)，中心頻率為 27.6MHz、發射波長(λ)為 10.87 公尺，雷達指向 296°，接收天線中心位置(8-9 號天線間)為北緯 24.309854 度、東經 120.523154 度；南站(HTCS)，中心頻率為 27.9MHz、發射波長(λ)為 10.75 公尺，雷達指向 293.5°，接收天線中心位置(8-9 號天線間)為北緯 24.21828 度，東經 120.46275 度。

天線場型檢校的作業分為三個項目：

第一、雙雷達發射天線(Tx)場型檢測：以駐波比儀量測駐波比、阻抗匹配，調整每支發射天線以符合預期。架設臨時發射天線於 10 波長以外，模擬遠距訊號來源，測量發射天線相位差及增益，並進行調整。回復原始設計的發射天線場型。

第二、雙雷達接收天線(Rx)相位調整：使用訊號產生器、示波器測量各支接收天線相位差異，並修正傳輸電纜長度，以符合理想接收天線場型型態。

第三、雙雷達接收天線(Rx)強度補償：以船舶搭載發射天線，在海上規劃以雷達站為圓心的近域(1.5 公里)和遠域(3.0 公里)航線，向岸上各天線發射工作頻率之連續波。接收天線利用波束成型（Beamforming）方法計算出船舶方位角，再與船舶上紀錄之 GPS 位置進行比較，從而修正各支天線能量強度和天線基座距離所產生的相位差異。

三、初步結果

目前初步結果完成天線場型檢校的第一個項目，臺中港南、北站發射天線駐波比、相位差的修正結果如表 1、表 2。

表 1、臺中港北站發射天線電纜測量結果與修正建議

天線編號	1	2	3	4
調整前駐波比(SWR)	2	1.8	2.5	3.2
調整後駐波比(SWR)	1.2	1.3	1.2	1.2
原設計 1 號電纜相位差(ns)	0	9	18	31.2
實測電纜相位差(ns)	0	3.7	16.4	27.9
電纜與原設計相位差(ns)	0	5.3	1.6	3.3
電纜修正(cm)	0	10.49	3.17	6.53

表 2、臺中港南站發射天線電纜測量結果與修正建議

天線編號	1	2	3	4
調整前駐波比(SWR)	2	1.8	2.5	3.2
調整後駐波比(SWR)	1.2	1.3	1.2	1.2
原設計 1 號電纜相位差(ns)	0	9	18	31.2
實測電纜相位差(ns)	0	3.7	16.4	27.9
電纜與原設計相位差(ns)	0	5.3	1.6	3.3
電纜修正(cm)	0	10.49	3.17	6.53

接續將完成第二、雙雷達接收天線(Rx)相位調整及第三、雙雷達接收天線(Rx)強度補償之觀測及分析。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

基於 YOLOv7 建置分析海岸攝影機影片之裂流辨識模型

簡子傑 [1]　王敘民 [1]　董東璟 [1]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系

主題: C、海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：簡子傑

E-mail:jaychien131@gmail.com

Tel: 0978-313-072

摘要

臺灣擁有許多適合從事水上遊憩活動的海岸，然而水上遊憩活動暗藏許多風險，陷入離岸流而溺亡的受害者不在少數，且海流不像波浪及潮汐能夠簡單以肉眼辨別。「裂流」屬於離岸流的一種，可以透過海表面特徵判斷裂流是否發生，因此，本研究搜集裂流衛星照片及外澳海灘裂流監測攝影機之裂流影像，使用機器學習的方式訓練影像辨識模型，期望能將模型應用於岸邊監測站，達到即時辨識裂流的成果，降低從事海域遊憩活動的潛在風險，目前初步以衛星照片訓練的模型已可以辨識出部分裂流現象。

關鍵詞：裂流、影像辨識、機器學習、電腦視覺、YOLOv7

一、研究目的

各類海域遊憩活動均潛藏風險，在近岸的海洋災害中「裂流」(rip current)是最常造成海岸邊意外的主因，裂流是一種離岸流，速度可達 2m/s，當受害者陷入裂流時，會被裂流快速帶往外海，若受害者依本能逆流游泳，由於強大的阻力，可能會筋疲力盡而溺亡。臺灣周圍海域是裂流好發的區域，根據文獻記載，於 2003 年至 2006 年間在福隆沙灘有 6 起案例(黃，2009)，甚至於 2005 年白沙灣海灘就有 45 起，近十年來宜蘭外澳海域、臺南安平海域和新北沙崙海域均有裂流發生的記錄(林等，2007、2009；郭等，2011；蕭等，2014)，為了從事海域遊憩活動民眾的安全，有建立裂流監測系統的必要性。

本研究目的為提升海域遊憩活動的安全性，基於 YOLOv7 建立裂流辨識模型， 並將該模型應用於外澳裂流影像監測站，藉由監測海表面特徵達到即時辨識裂流發生的成果，為後續建置裂流警報系統建立基礎。

二、研究方法

2.1 研究資料來源

本文之研究資料取自國立中央大學太空及遙測研究中心之衛星照片，以及架設於宜蘭縣外澳飛行傘基地之 3 支監測攝影機，視野及位置如圖 1、圖 2 所示，攝影機紀錄時間自 2021 年 10 月 1 日至 2022 年 9 月 30 日，僅取用 6 時至 18 時之影像。攝影機影像需經由影像平均(frame averaging)處理後，獲取裂流特徵較明顯之照片才可作為資料集訓練模型。

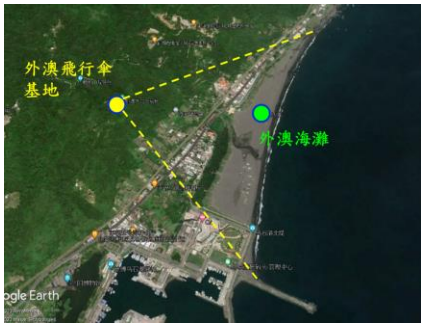


圖 1 監測攝影機位置及拍攝範圍示意圖

圖 2 架設於外澳飛行傘基地之攝影機視野

2.2 理論方法

本文之研究工具為 YOLOv7(王等，2022)，YOLOv7 是 YOLO(You Only Look Once)系列物件辨識模型(Joseph Redom 等，2016)的其中一個版本，YOLOv7 在 5FPS~160FPS 範圍內的準確率及偵測速度都超過了當時已知的物件偵測模型。

YOLO 系列辨識物件的核心原理由提取圖片特徵的卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)及 Non-Maximum Suppression (NMS)演算法(1)組成，S_i為邊界框的評分，M為物件邊界框的評分，b_i為任一邊界框，N_t為 IoU 閥值。

$$S_i = \begin{cases} S_i, & IoU(M, b_i) < N_t \\ S_i\left(1 - IoU(M, b_i)\right), & IoU(M, b_i) \geq N_t \end{cases} \quad (1)$$

以 YOLOv1 為例，首先會將圖片分割成多個網格，每個網格會分別輸出邊界框(Bounding Box)的資訊，包含偵測物體的中心點、邊界框的長寬以及對每個分類(classes)的信心程度(confidence)等資訊，並藉由 NMS 演算法計算每個邊界框的資訊，使用 NMS 演算法時必須先設定一個 Intersection over Union (IoU)(2)的閥值，IoU 定義為兩個邊界框的交集除以兩個邊界框的聯集。

$$IoU(A, B) = \frac{A \cap B}{A \cup B} \quad (2)$$

NMS 演算法會先選出信心水準最高的邊界框，將此邊界框定義為一個物件，接著計算其他邊界框與物件的 IoU，若邊界框與物件的 IoU 大於閥值，則判斷物件被重複標示，必須刪除這個邊界框，反之則判斷標示到另一個物件，保留該邊界框並將其定義為另一個物件，重複進行 NMS 演算法直到所有的邊界框被處理完畢即完成偵測。

YOLOv7 主要針對模型架構及訓練過程進行改善，模型架構方面提出了新的 extend ELAN (E-ELAN)架構，在不破壞原本梯度路徑的情況下加強模型的學習能力；訓練過程使用模型重參數化(model re-parameterization)提升運算的效能、減少使用的記憶體儲存空間。

三、初步結果

本研究目前使用的資料集總共有 350 張衛星照片，其中 310 張為有裂流的照片，40 張為沒有裂流的照片(作為 background data)，搭配旋轉、縮放兩種影像擴增方法(image data augementation)進行 3000 個 epochs 訓練，各項損失(loss)變動的情形如圖 3，總損失(total loss)為物件損失(objectness loss)和邊界框損失(bounding box loss)的總和，此模型的總損失受到物件損失的影響較大，而總損失的在最後 500 個 epochs 時已經收斂，再接續訓練的成果不會有顯著的提升。

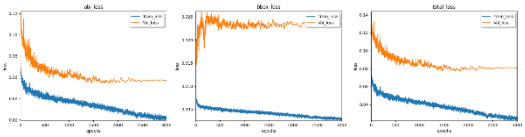


圖 3 模型訓練損失發展趨勢

經混淆矩陣(confusion matrix)(3)計算，此模型驗證(validation)的精確率(*precision*)為 0.759，召回率(*recall*)為 0.611，測試(test)的精確率為 0.525，召回率為 0.602，還有進步空間。

$$\begin{cases} precision = \dfrac{TP}{(TP + FP)} \\ recall = \dfrac{TP}{(TP + FN)} \end{cases} \quad (3)$$

以此模型對外澳海灘的衛星照片進行裂流辨識的成果如圖 4 所示，可以看到圖中較明顯的裂流有被模型成功偵測。

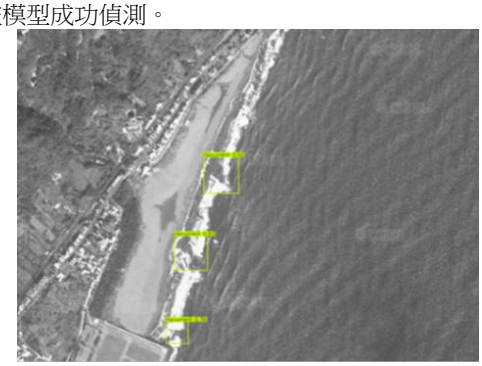


圖 4 模型辨識外澳衛星照片之結果

本研究後續將對外澳監測攝影機搜集之影像進行影像平均，將影像平均的結果製作為資料集進行模型訓練，同時改進訓練策略精進裂流辨識模型，將模型應用於外澳裂流監測站影像進行測試，檢視模型即時辨識的成果。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

基於 Yolov8 與無人機影像達成港區岸邊設施自動辨識

洪維屏 [1]　甘翊萱 [2]　林育銓 [3]　韓仁毓 [4]

[1]港灣技術研究中心
[2]國立臺灣大學土木工程學系
[3]國立臺灣大學土木工程學系
[4]國立臺灣大學土木工程學系

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：甘翊萱

E-mail:ki1394@gmail.com

Tel:02-3366-4347

摘要

台北港為北部重要商港，其使用單位多且任務繁雜，相關設施之利用與管理是港區營運的重要工作之一。然而港區幅員廣大，且人力有限，如何有效率且智慧化的掌握各區域之使用狀況並妥善管理為重要議題。另一方面，目前各類感測技術雖可有效的獲取大量的現地觀測資訊，但以人工判讀耗時費力，反而降低實務應用效能，而一些特殊任務需求，在有限的管理人力下，若無適當的科技輔助，將更顯額外負擔。本計畫的目的為以臺北港為示範港區，利用無人機進行巡檢拍攝岸邊設施影像，並使用新一代 Yolov8 模型針對岸邊設施物建立模組，藉以達到港區自動化管理效能。本計畫之成果，將能提供上述問題實務解決方案，在人力持續精簡的長期趨勢之下，以現代化多維度感測、即時通訊傳輸與智慧化空間資訊分析技術，來提供港區營運管理與安全之重要參考數據。

關鍵詞：無人機巡檢、Yolov8、自動化管理

一、研究目的

港區使用單位多且任務繁雜，相關設施之利用與管理是港區營運的重要工作之一。然而港區幅員廣大，且人力有限，如何有效率且智慧化的掌握各區域之使用狀況並妥善管理為重要議題。另一方面，目前各類感測技術雖可有效的獲取大量的現地觀測資訊，但以人工判讀耗時費力，反而降低實務應用效能，而一些特殊任務需求，在有限的管理人力下，若無適當的科技輔助，將更顯額外負擔。

無人移動載具在近年發展成熟，其具有高度的移動性以及遠距自動導控功能，並已應用到空中、地面、室內與室外空間，能夠取代人力快速且輕易到達過去不容易接近的區域，此外，其拍攝影像搭配人工智慧技術的應用於近年逐漸興盛，透過適當的訓練程序與學習策略，可針對大量數據進行快速的分析與判斷。若能有效整合無人飛行載具影像與各式空間資訊，針對特定應用標的導入適當的影像辨識學習技術，並以港區實際案例進行驗證，便能有效應用這些新科技，建立智慧港區之示範管理方案。

二、研究方法

本文之研究區域為台北港公共瑪頭，並以無人機自行蒐集影像，設定航高為 40 公尺，離岸距離 40 公尺，拍攝時間間隔 2 秒/張，拍攝角度為 45 度。欲辨識之設施物件則依照<港灣構造物維護管理手冊>選取碰墊、繫船柱及車擋。辨識模型上使用 Yolov8，該模型於今年一月份發表，是目前電腦視覺在辨識、偵測與分割上的 State-Of-The-Art 模型。Yolo 系列(Li et al., 2022; Redmon & Farhadi, 2018; Wang et al., 2023)是著名的物件偵測模型，在第八版的 yolo 中提供了不僅只物件偵測，也能進行實例分割與影像辨識，此外，Yolov8 放棄了前幾版 yolo 使用 Anchor 作為 Bounding Box 基準的機制，這方面的調整使 yolov8 能更好的去偵測長寬比較大的物件框，在本計畫的目標物中，車檔與碰墊的形狀常為細長型，適合使用類似的 Anchor free 模型架構來偵測。

三、初步結果

初步套用 yolov8 模型於台北港的偵測中，訓練資料使用 2023 年 5 月 6 日所蒐集的台北港岸邊設施巡檢影像，總共 162 張影像，其中視角不符合基準之影像 15 張，剔除後總計 147 張，標註碰墊(類型一)、碰墊（類型二）、車檔（類型一）、車檔（類型二）與繫船柱（台北港岸邊並無安裝反光板），並調整將 8K 影像縮小為長寬皆為 640 像素的影像，以節省訓練所需之記憶體空間並且縮短訓練時間，然後以 7:2:1 的比例分成訓練資料、驗證資料與測試資料，並將訓練資料進行資料擴增後增加為原本的三倍。最後訓練資料共 339 張、驗證資料共 32 張而測試資料共 17 張。

圖 1 標註樣式由左而右分別為：繫船柱、碰墊、碰墊、車擋、車擋

模型共訓練 100 個 epoch，在訓練樣本上精準度(Precison)與招回率(Recall)皆達到九成左右的數值(圖 2)。mAP50 也可達到九成；mAP50-95 則能達到 6 成，各物件的混淆矩陣如圖 3 所示，訓練效果相當優異。

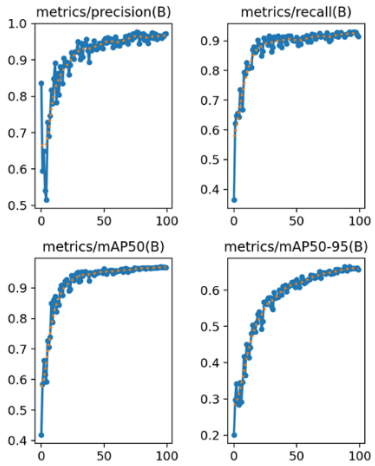


圖 2 台北港物件偵測訓練結果。Precision(左上)Recall(右上)mAP50(左下)mAP50-95(右下)

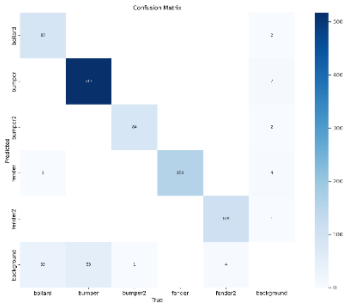


圖 3 台北港物件偵測訓練資料混淆矩陣

參考文獻

1. Li, C., Li, L., Jiang, H., Weng, K., Geng, Y., Li, L., Ke, Z., Li, Q., Cheng, M., & Nie, W. (2022). YOLOv6: A single-stage object detection framework for industrial applications. arXiv preprint arXiv:2209.02976.

2. Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). Yolov3: An incremental improvement. arXiv preprint arXiv:1804.02767.

3. Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H.-Y. M. (2023). YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

海洋光生物反應器系統之研發應用於海木耳養殖

許弘霖 [1]　葉博弘 [1]　謝孟璋 [2]　陳邦富 [1, 3,*]

[1] 國立中山大學海洋環境及工程學系
[2] 國立中山大學海下科技研究所
[3] 國立臺灣海洋大學海洋工程科技中心

主題：B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：NSTC 112-2221-E-019-048

E-mail : chenbf@g-mail.nsysu.edu.tw

Tel: 09-1932-6961

摘要

隨著全球氣候變遷、碳排放的增加，世界各國開始商討因應相關對策解決方法，其中包括生物碳捕捉，而在藻類中，海木耳除了可料理、製成對人體有益處之保健食品等多用途外，最主要的是其碳捕捉能力在大型藻類中，屬於名列前茅。農委會於 2012 年成功研發出陸上養殖海木耳技術，但為了滿足其養殖條件，隨之而來的是產生許多養殖成本，因此本研究設計一套水下海木耳養殖系統，藉由海水本身恆溫、鹽度穩定的特性，可省下不必要之養殖成本。

關鍵詞：海木耳、碳捕捉能力、水下海木耳養殖系統

一、研究目的

自工業革命以來，工業發展快速、世界經濟大幅成長，也促使了現今科技的進步、人類生活品質之提升，其背後代價為犧牲大自然。隨著人類大量使用石化燃料，二氧化碳排放也隨之增加，導致全球暖化、氣候變遷等問題，由氣候變遷衍生之自然災害正威脅著人類的安全。海木耳(*Sarcodia suiae*)是一種富含營養的紅藻，包含許多微量元素和其他重要的營養物質，如維生素 E、有助於保持腸道健康的膳食纖維和降低血糖的海藻多醣等，對於人體有益。海木耳具有多功能用途，如食材、保健食品等，其中海木耳之碳捕捉能力為近期備受關注之議題，根據國立中山大學海洋科學院院長洪慶章團隊，測試發現台灣海木耳固碳率每年每公頃可達 30 噸，是台北大安森林公園的 2 倍。目前在陸地上有進行海木耳人工養殖，為了使其完整成長，需要將環境控制於最佳的條件，也因此產生不少成本。為了避免這些不必要的成本，本研究設計一套水下海木耳養殖系統。

二、研究方法

本研究於國立中山大學水工模型實驗室實驗，分成四大主軸，分別為光導系統實驗、樹莓派監測系統實驗、太陽能光電 LED 輔助系統實驗、水工實驗室攪拌系統實驗做介紹：

1. 樹莓派監測系統

本研究利用樹莓派讀取 DS18b20 溫度感測器回傳之溫度、TEMT-6000 光照度感測器回傳之電壓值再轉換成光照度，來觀察環境是否有異常，藉此推斷兩者對海木耳生長之影響，以及電壓感測器回傳供電用蓄電池之電壓值，觀察是否放電異常或故障，再加上 Webcam 網路攝影機來觀察海木耳外觀是否變色推斷其健康狀況，最後用防水密盒將上述物品封裝放置水中。為了隨時遠端讀取到上述所說的感測器之數據，使用 Flask 模組搭配 jQuery 套件，從後端樹莓派取得數據以及 webcam 影像，放置前端網頁中，並搭配隨身 Wi-Fi 機及無線網卡，透過連線至同一區網，利用手機或筆電輸入相對應之網址，即可隨時觀測數據，但僅限於隨身 Wi-Fi 之覆蓋範圍內。

2. 太陽能光電 LED 輔助系統實驗

本研究使用 30W 太陽能板作為充電來源並藉由最大功率點追蹤(Maximum power point

tracking, MPPT)太陽能控制器，將太陽能轉為電能之效率最大化以及控制蓄電池的充放電，為了使太陽能板能隨時處於最大發電狀態下，本研究使用雙軸太陽能追蹤系統(Dual-Axis Solar Tracker, DAST)。為了避免光照時數不足之情況，本研究使用 5050 白光 LED 燈做輔助，藉由 Arduino Nano 3.0 板搭配 MOSFET 繼電器來控制 LED 燈開關，設定一閾值，當光照度超過時，關燈，反之則開燈。

3. 水工實驗室攪拌系統實驗

本研究所設計之機構，於水工模型實驗室造波機裡進行實驗，水深設定為 0.85 m，根據 2002-2022 年大鵬灣浮標每月波高統計表所示，大鵬灣各月份平均波高介於 0.5 m-1 m 經 1/16 縮尺後，分別以週期為 1、1.5、2 秒及波高為 3.2 cm、4.4 cm、5 .6 cm、6.4 cm、6.9 cm，以及無孔葉片、5 mm 擴孔葉片、10 mm 擴孔葉片三種不同葉片來做比較，做排列組合實驗，找出最佳組合，也就是旋轉一圈所需時間最短者。

4. 光導系統實驗

由於光進入海水中會被快速吸收以及散射的特性，在海水下面養殖會有光照不足之問題，因此本研究設計一平台搭載四塊焦距為 30 cm 之雙凸透鏡，並將光纖放置於焦距處，將光導入塑膠光纖內部進行全內反射至光纖尾端導出，尾端放置於海木耳養殖槽內，提供海木耳光照。為了確保雙凸透鏡以及光纖匹配，必須事先計算兩者之數值孔徑(Numerical aperture, N.A.) [1]：

$$N.A. = n * sin\theta$$

其中：n 為光傳播之介質折射率(本實驗於空氣中做實驗因此$n = 1$)，θ 為則是光進出透鏡時最大錐角的一半。

本實驗之雙凸透鏡 N. A. 值為：

$$N.A. = 1 * 0.167 = 0.167$$

本實驗之光纖 N. A. 值則是以核心層$(n_{core} = 1.48)$以及包膜層$(n_{cl} = 1.33)$做計算 [1]：

$$N.A. = n * sin\theta = \sqrt{n_{core}^2 - n_{cl}^2}$$

$$= \sqrt{1.48^2 - 1.33^2} = 0.649$$

光纖之 N.A.值大於雙凸透鏡之 N.A.值，因此光纖可幾乎全部接收來自雙凸透鏡的光。

三、初步結果

圖 2 為筆電連線樹莓派測試左邊為 VNC Viewer 連線進入樹莓派系統啟用程式碼，右邊為在同區網下使用網頁連接觀察數據變化及網路攝影機之畫面。

圖 2 樹莓派監測實驗測試圖

根據表 1 所示，使用 10mm 擴孔葉片在波高為 6.9cm 及週期為 2 的狀態下為最快，只需 14 秒即可轉一圈，亦可得知在波高及週期都上升的狀態下，旋轉所花時間皆明顯減少，三者葉片所需時間差別也越來越小。

表 1 攪拌機構實驗結果表

波高 (cm)	週期(s)	無孔結果 (s/Rnd.)	5mm 擴孔結果 (s/Rnd.)	10mm 擴孔結果 (s/Rnd.)
3.2	1	N/A	82	31
3.2	1.5	120	34	28
3.2	2	41	33	18
4.4	1	N/A	33	26
4.4	1.5	48	27	21
4.4	2	39	25	16
5.6	1	189	27	22
5.6	1.5	36	25	16
5.6	2	30	21	16
6.4	1	126	21	20
6.4	1.5	32	21	15
6.4	2	28	17	15
6.9	1	121	21	19
6.9	1.5	30	21	16
6.9	2	24	16	14

四、參考文獻

[1] Hamam, H., & Guizani, S. (2007). Optical Fiber Communications. In Handbook of Computer Networks (pp.692-707). https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118256053.ch44

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

以數值方法於臺灣周遭海流歷史資料重建之初探

陳沛宏　廖建明　吳虹儀

國家海洋研究院

主題: E 氣候變遷對臺灣海洋環境及工程衝擊

國科會計畫：無

通訊作者：陳沛宏

E-mail: PHchen@namr.gov.tw

Tel: 07-338-2097 **ext. 263605**

摘要

臺灣位於西北太平洋邊陲，近年來受到氣候變遷影響，使得臺灣附近海域的水文特性及海洋生態系統產生不規則的劇烈變化。世界氣象組織(World Meteorological Organization, WMO)建議用作氣候統計的參考年期應不少於 30 年，為了解臺灣周遭海域過去海流變動特性受氣候變遷的影響，本研究以 0.08 度解析度三維 HYCOM 海洋數值模式重建近 30 年西北太平洋及臺灣周遭海域之海流歷史資料。在初步結果中顯示，本研究所建置之 0.08 度解析度 HYCOM 模式系統確實可合理的反應海面大氣資料的變化特性，並能模擬中尺度渦流以及黑潮蜿蜒特性，未來可應用在更長期的海洋狀態模擬。

關鍵詞：HYCOM、海洋模式、海洋資料重建、氣候變遷

一、研究目的

臺灣周遭海域主要受黑潮(e.g., Chao, 1991; Hsueh et al., 1992; Chern and Wang, 1994; Chuang and Liang, 1994)、自臺灣海峽南端流入的海流(e.g., Chern and Wang, 1992; Jan et al., 2002)、冬季時的中國沿岸流(e.g., Jan et al., 2002; Jan et al., 2006)、菲律賓海峽的中尺度渦漩(e.g., Yang et al., 1999; Johns et al., 2001; Zhang et al., 2001; Vélez-Belchí et al., 2013; Wu et al., 2014)、正壓及斜壓潮(Hu et al., 2010; Lien et al., 2013)、以及半穩態的湧升流(Chern and Wang, 1990)的影響。相較前上個世紀，黑潮的暖化速度已增快 2 倍左右(Wang and Wu, 2019)，延伸至東海的主流流軸逐漸向陸地移動，證明西北太平洋的海洋環流模型在過去數十年間已開始改變(Yang et al., 2016)，也造成大洋性洄游魚類(包含日本鰻)分布、洄游路徑與來游量多寡的變動(Liu et al., 1992; Chen et al., 2021)。

為能完整模擬氣候變遷影響臺灣周遭海域的海流特性，本研究利用三維 HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model)海洋數值模式進行西北太平洋海洋模擬，並以 0.08 度解析度重建過去近 30 年(1993-2022)臺灣海流資料。討論過去的大氣特性與驅動海洋模式產出相對應之臺灣附近海洋狀態，藉以分析模式的效能與探討臺灣附近海域於氣候變遷下之海洋變動特性。

二、研究方法

本研究採用的三維 HYCOM 海流模式修改自邁

阿密等密度座標海洋模式 (Miami Isopycnic Coordinate Ocean Model, MICOM) (Bleck 和 Smith, 1990)，現由美國海軍海洋局所運作，並已廣泛的應用在海洋模擬與預報作業上(Castellanos et al., 2016; Chassignet et. al., 2007; Samuelsen et al., 2015; Wei et. al., 2013)。

本研究探討的模擬範圍為 98.95^{O}E~148.88^{O}E、1.99^{O} E~40.94^{O}N，起始時間為 1993/10/01 00:00 模擬至 2023/01/01 00:00，共計模擬時間長度為 27 年(1994/01/01~2020/12/31)。另一方面，海面邊界條件式採用 NCEP CFSR (NCEP Climate Forecast System Reanalysis) (Saha et al., 2010、2014)大氣資料庫來提供，其涵蓋全球範圍、空間解析度約為為 0.3125 度、使用的時間解析度為每 6 小時。因 CFSR 涵蓋時間僅至 2010 年，故同時收集 NCEP CFSv2 (NCEP Climate Forecast System Version 2)之資料庫。溫鹽氣候值採用 World Ocean Atlas 2013 月平均資料，做為模式溫鹽之起始值，利用 HYCOM 工具程式處理內插至模式範圍做為模式溫鹽之起始值，並於模擬計算中進行 relaxation，避免長期模擬造成溫鹽氣候值造成偏差。模擬時採用時間連續而模式中斷之方式，每次模擬間距為 1 個月。本研究之模式相關設定如表 1-表 2 所示。

表 1 本研究之模式格網設定

範圍	98.95~148.88E
解析度(度)	1.99~40.94N
格網數	0.08
地形資料	625x538x41
溫鹽氣候資料	HYCOM 全球模式
邊界條件資料	WOA13

表 2 本研究模擬所使用之大氣資料庫一覽表

資料庫	CFSR	CFSv2	NCEP/NCAR Reanalysis2
範圍	全球	全球	全球
空間解析度(度)	0.3125	0.2045	1.87
格網數	1152x576	1760x880	192x84
涵蓋時間	1979/01~2010/12	2011/03~2021/06	1979/01~2022/12
時間解析度	6 hourly	6 hourly	6 hourly

三、初步結果

本研究採用 HYCOM 模式以 0.08 度格網解析度進行西北太平洋範圍長期模擬，透過與大氣資料(圖 1)之定性分析顯示，模擬的海洋變動可合理的反應海面大氣資料的變化特性；而模擬的細節亦可合理呈現臺灣周遭海流的特性，如黑潮主流溫度與鹽度較高現象、在秋冬之季節受黑潮入侵南海鹽度較低與渦流產生的溫度、鹽度與海面高的變化、以及臺灣海峽冬季海表面溫度降低但東部因黑潮主流而海表面溫度較高等等現象(如圖 2 所示)。

整體而言，本研究使用的數值方法對臺灣附近海域長期海流特性有合理的描述，適合進行長時間尺度受氣候變遷影響的研究，而其定量驗證有待後續研究確認其準確度。

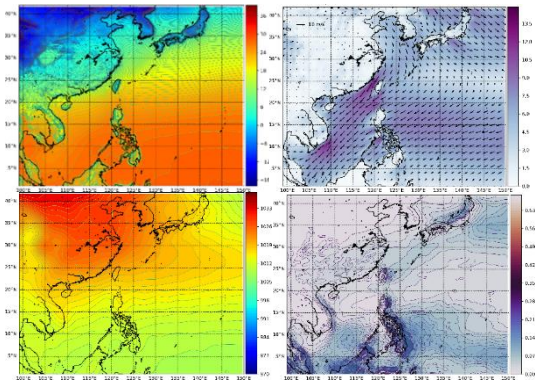


圖 1 1994 至 2022 年之 1 月平均西北太平洋及臺灣周遭海域範圍之大氣資料分布圖(從上至下，從左至右為 2 公尺高大氣溫度、海表面大氣壓力、10 公尺高風速風向及降水率)。

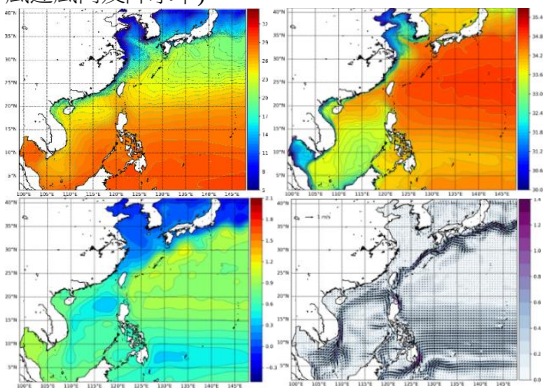


圖 2 1994 至 2022 年之 1 月平均西北太平洋及臺灣周遭海域範圍之海洋模擬分布圖(從上至下，從左至右為海面溫度、海面鹽度、海面高及海表面流速及流向)。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

應用沙腸袋工法於七股沙洲復育之減碳效益評估

周純平[1]　曾以帆[1]

[1]國立中山大學海洋環境及工程學系

主題: E 氣候變遷對台灣海洋環境及工程衝擊

國科會計畫： NSTC 111-2622-E-110-013 -

通訊作者：周純平

E-mail：M115040016@g-mail.nsysu.edu.tw

Tel：0983-693-479

摘要

隨著國家 2050 年淨零排放目標的確立，氣候變遷、永續發展等議題被廣泛討論，減碳、減能等相關技術發展於各方面視為重要目標。除此之外，近年來國內對於海事工程之開發受高度重視，如風能發展之離岸風電及氣候變遷調適之人工養灘等，相關技術的提升必定需與現今永續發展之議題相結合，朝環境永續目標邁進。爰此，該如何選擇適合之減碳工法及綠色材料為工程減碳之重要目標，本文以 101 年度七股青山港沙洲復育工程所使用之沙腸袋工法為例，透過材料選取及機具使用方面之碳排放量，進一步與傳統之消波塊佈放工法及拋石工法比較，探討及評估其工法選擇上之減碳效益。

關鍵詞：工程碳足跡、綠色材料、減碳工法、減碳效益

一、研究目的

我國為呼應對於環境議題之重視，於 2022 年 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，確立其減碳之決心及目標，行政院環境保護署(2023 年 8 月 22 日升格為環境部)亦於 2023 年 2 月 15 日將「溫室氣體減量及管理法」修正為「氣候變遷因應法」，進一步強化中央機關對於事業碳排放量之管理方針。

隨著國內碳相關議題蓬勃發展，綠色材料及減碳工法的發展重要性逐步提升。同時為因應氣候變遷調適，各海岸地區陸續進行之人工養灘及疏浚工程，海事工程資金投入逐漸增加，選取適當之減碳工法及綠色材料為工程建築階段重要之減碳方向。

臺南市政府自民國 101 年起委託盟鑫工業公司應用地工沙腸袋於七股沙洲復育上，於現地抽灌海砂快速堆疊多層地工沙腸袋圍堵潮口，克服海流流速急快難以封口的問題，沙洲主體固砂效果顯著。

地工沙腸袋為近來海事工程、河川護岸及環保淤泥處理等工程時常應用的工法之一，由於是使用輕質的地工織物織造而成，再配合現地海沙或河沙灌注而成等，大大減少了高耗能及高碳排工程材料的使用，唯目前國內對於以地工沙腸袋於海事工程用之減碳效益仍缺乏長期數據及案例的累積。爰此，本文藉由工程建造過程產生之機具排碳量、工程材料排碳量及運輸排碳量作為要點，分析其綠色工法與傳統工法比較所來之減碳效益。

二、研究方法

本文以民國 101 年七股青山港沙洲復育工程所使用之沙腸袋工法為研究案例，以該工程之施工設計圖為基礎，計算工程所需使用之材料數量及推估

施工機具使用時數，並藉由收集國內外碳排係數，計算工程碳排放量。

因國內尚無管理海事工程碳足跡之依據，本文參考環境部核准之基礎建設-公路隧道、道路、橋梁等三種工程類型之碳足跡產品類別規則(PCR)，將工程之生命週期拆分為工程材料取得、施工建造階段、營運管理與使用階段及拆除(解)階段，進而擬定工程碳盤查計算範疇，如圖 1 所示，然本文主要以沙腸袋工法及傳統工法建造階段之減碳效益，且營運管理與使用階段及拆除(解)階段多以主管機關規劃為主，故暫不納入碳足跡估算範疇，主要以工程建造過程產生之機具碳排量、工程材料碳排量及材料場內運輸碳排量進行估算，其計算方式如表 1 所示。

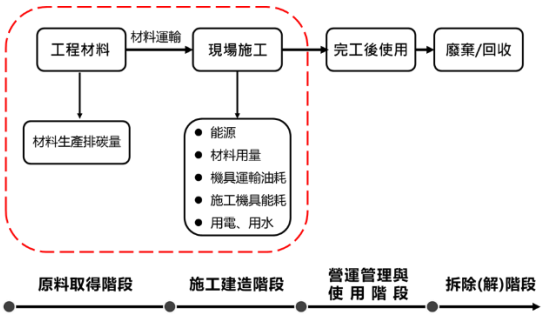


圖 1 工程碳足跡計算範疇

表 1 碳排放計算方式

項目	碳排放量計算
工程材料	Σ(各項材料使用數量*材料碳足跡)
機具、材料運輸	Σ(運輸距離*單位運輸油耗*燃料碳排係數)
機具使用	Σ(機具操作時數)*機具操作碳排係數)

三、初步結果

參考盟鑫工業公司所提供之國際碳足跡認證資料，原料開採及生產過程碳足跡係數為為 2.479 $kgCO_2e/ m^2$。再根據交通部統計處 2021 年汽車貨運調查報告之數據，人造纖維及玻璃纖維紡織品之平均運距為 49.5 公里換算。地工織布由工廠至工地產生之碳足跡約 0.021 $kgCO_2e/m^2$，故地工織布原料取得階段碳足跡約 2.5 $kgCO_2e/ m^2$；機具使用則以 2 台挖土機用以調整沙腸袋位置進行計算，其共計需 79.6 hr；場內材料運輸則以 21T 傾卸卡車作為運輸工具，考量工地大小及卡車容量，其材料運具約 12.4 公里。依上述所述之數據進行計算，七股沙洲復育工程沙腸袋鋪設工程碳排放量，如表 2 所示

為比較沙腸袋工法在施工過程產生之減碳效益，需比較同一工項不同工法產生之碳排放量，故針對拋石工法及消波塊工法於相同工地產生之碳排量估算，地工沙腸袋工法碳排量為 11,184 $kgCO_2e$；消波塊工法碳排量為 1,023,637 $kgCO_2e$；拋塊石工法之碳排放量為 174,609 $kgCO_2e$。進一步比較沙腸袋工法與傳統工法之減碳效益，消波塊工法及拋塊石工法分別為 98.9%及 93.6% (如表 3)，可見沙腸袋工法對於碳排量之減少有其顯著效益。

表 2 七股青山港沙洲復育工程地工織布工程碳排放量

碳排項目	材料/設備	活動強度	碳排係數	碳排放量 ($kgCO_2e$)
工程材料	地工織布	2,468 m^2	2.5 $kgCO_2e/m^2$	6,170
	填充物(沙)	3,692.4 m^3	就地取材	
機具現場	1.9m^3 挖土機*2	73.8 hr	67.8 $kgCO_2e$/hr	5,003.64
材料運輸	21T 傾卸卡車	12.4 km	3.38 $kgCO_2e$/L	10.74
合計				11,184.38

表 3 各施工工法碳排放量

施工工法	工程材料	機具排碳	運輸排碳	總和 ($kgCO_2e$)	減碳效能
沙腸袋	6,170	5,003.6	10.74	11,184	-
消波塊	980,640	42,946.6	50.7	1,023,637	98.9%
拋塊石	166,493	8,069.6	46.88	174,609	93.6%

註 1：單位為 $kgCO_2e$。

註 2：減碳效能=(其他工法碳排量-沙腸袋碳排量)/其他工法碳排量

整體而言，以工程生命週期之原料生產至施工建造階段，沙腸袋之碳排量遠少於傳統工法，顯見良好減碳效益，且工程材料簡單及易施作特性，在機具排放、材料使用及運輸上皆有體現低碳排量成果，此外地工沙腸袋之填充物為清淤工項之沙，除為就地取材減少碳排量外，亦可配合清淤工程減少機具使用量，進而減少整體施工碳排量。完工後之地工沙腸袋需維修情形甚少，若有需拆除或回收情形，相較傳統工法亦有減碳效用。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

應用移動視窗法初探近 20 年臺灣沿岸海水位及潮汐不對稱變動趨勢

黃子濬 [1] 林鼎傑 [2] 許泰文 [3,4]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程學系 碩士班研究生
[2]國立臺灣海洋大學河海工程學系 助理教授
[3]國立臺灣海洋大學河海工程學系 講座教授兼校長
[4]國立臺灣海洋大學海洋工程科技中心

主題: E. 氣候變遷對台灣海洋環境及工程衝擊

科技部計畫： NSTC 112-2218-E-019-001 -

通訊作者：黃子濬

E-mail: peter1041047@gmail.com

Tel: 0979-389-563

摘要

本研究使用移動視窗法初探近 20 年(2003 年至 2022 年)全臺灣沿岸海水位變動趨勢及潮汐不對稱型態。研究成果指出，近 20 年臺灣沿岸海水位及潮汐不對稱變動趨勢可劃分為西北部、中西部、西南部及東部四大區域來討論: (1)海水位變動趨勢由劇至緩依序為中西部、西南部、東部及西北部；其變化趨勢分佈與臺灣潮差特性一致，其中以台中(16.38 mm/year)及東石(16.40 mm/year)最為劇烈；基隆(0.61 mm/year)及新竹(0.68 mm/year)為臺灣海水位變動趨勢最不明顯之區域。(2)潮汐不對稱型態方面結果指出，全臺僅有新竹顯示漲潮主宰型態，而基隆、竹圍、台中及蘭嶼為對稱型態，其餘皆為退潮主宰型態。(3)西南部退潮主宰顯著性大於中西部，東部海域由蘇澳往南可觀察出退潮主宰顯著性逐漸降低。

關鍵詞：移動視窗法、海水位變動趨勢、潮汐不對稱性

一、研究目的

海岸工程為海島國家必要的工程項目，完善的海岸工程規劃，不僅保障沿海居民安全及航行船隻順利通行，優良的海岸環境更能夠帶動養殖漁業及發展海洋觀光產業。21 世紀氣候變遷使海水位變動趨勢(Sea Level Variation Trend , SLVT)成為熱門的環境議題，沿海城市面臨氣候變遷帶來的海水位上升趨勢將造成嚴重的經濟損失及生態多樣性減少，透過分析各區域 SLVT 將有利於未來海堤高度設計之參考依據並有效減少海岸侵蝕造成的國土流失。河口地形變化主要由殘餘沉積物運輸模式決定，殘餘沉積物運輸方式則取決於漲退潮持續時間之差異性(Dronkers, 1986)，此差異性即為潮汐不對稱性(Tidal Asymmetry, TA)，當漲潮持續時間較退潮時間短被稱為漲潮主宰(Flood Dominant,FD)，反之則稱為退潮主宰(Ebb Dominant,ED)，Song et al. (2011)提出可應用於任何海域之統計偏度法進行 TA 研究。臺灣 TA 相關研究鮮少被分析及探討，本研究採用移動視窗法(moving window)將資料分割為不同視窗長度進行個

別計算，透過視窗計算結果檢視不同年份下的 SLVT 及 TA 變動程度，有助於未來海岸工程規劃及管理。

二、研究方法

本研究選取全臺資料長度滿足 20 年之 12 座潮位站資料(基隆、竹圍、新竹、台中、塭港、東石、將軍、高雄、蘭嶼、成功、花蓮及蘇澳)，並使用 S_TIDE() 進行 SLVT 及 TA 分析。潮位資料使用統計學之離群值概念移除異常潮位資料，爾後使用視窗長度 2 年進行 SLVT 及 TA 之整合分析；SLVT 方面使用最小二乘法彙整各個視窗 SLVT 獲得單一測站整體變動趨勢；TA 亦針對型態、顯著性及變動量進行各個測站之探討。上述 SLVT 及 TA 彙整後可瞭解近 20 年於臺灣沿岸之整體變動趨勢。

三、初步結果

圖 1 彙整全臺近 20 年潮差及 SLVT 之變動趨勢圖，結果顯示(1)西部海域 SLVT 相較東部海域 SLVT 劇烈，西北部皆為無顯著上升趨勢，中西部皆為劇烈上升趨勢，西南部皆為顯著上升趨勢(圖 1 A)。東部除了基隆為無顯著上升趨勢，其餘測站皆呈現為顯著上升趨勢(圖 1 C)。值得注意的是，臺灣東西部海域 SLVT 之區域性皆呈現往南先上升後下降之特性，與近 20 年平均潮差有著相似之特性。

圖 2 彙整全臺近 20 年 TA 及潮差變動趨勢。Song et al. (2011)指出當$|\sum\gamma|>0.1$ ($|\sum\gamma|$為所有分潮引致潮汐不對稱之總和) 即可視為擁有顯著 TA，因此定義 0.1 為對稱型態。分析結果指出，全臺 TA 以 ED 為主(圖 2 B)，西海岸方面，新竹至台中由 FD 型態轉為對稱型態(i.e. tidal symmetry)，爾後往南隨著潮差減少，逐漸轉為 ED，並且 ED 顯著性隨著潮差減少而逐漸增強(圖 2 A)。東海岸方面，蘇澳往南 ED 顯著性逐漸減弱，隨著潮差增加而 ED 增強趨勢逐漸減弱；於潮差最大的成功測站可觀察出 ED 增強量轉為 FD 增強量，爾後隨著潮差減少，FD 增強量亦逐漸減弱 (圖 2 C)。更多研究結果可參閱 Lin et al. (2023, in review)。

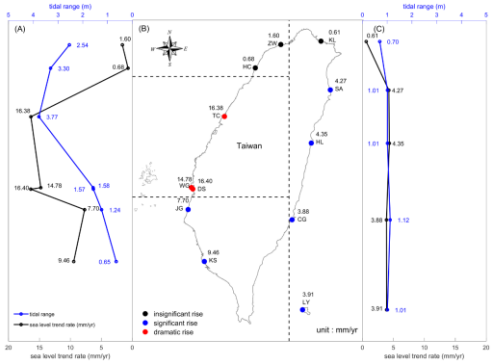


圖 1 全臺 SLVT 及潮差關係圖

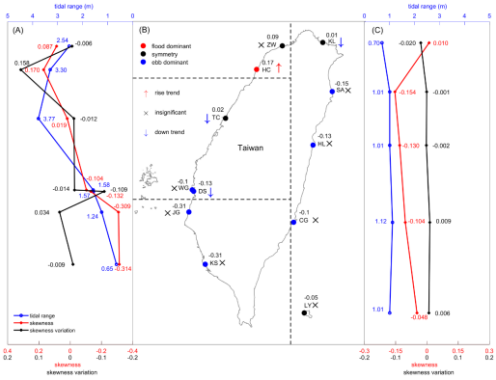


圖 2 全臺 TA 及潮差關係圖

四、參考文獻

1. Dronkers, J. (1986). Tidal asymmetry and estuarine morphology. *Netherlands Journal of Sea Research*, *20*(2-3), 117-131.
2. Pan, H. D., Lv, X. Q., Wang, Y. Y., Matte, P., Chen, H. B., & Jin, G. Z. (2018). Exploration of Tidal-Fluvial Interaction in the Columbia River Estuary Using S_TIDE [Article]. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, *123*(9), 6598-6619. https://doi.org/10.1029/2018jc014146
3. Song, D., Wang, X. H., Kiss, A. E., & Bao, X. (2011). The contribution to tidal asymmetry by different combinations of tidal constituents. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *116*(C12).
4. Lin, TC, Huang, TC, Hsu, TW. (2023) The trend of sea level variation and tidal asymmetry around the Taiwan coast during the past two decades. *Applied Ocean Res.* (in review).

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

國際離岸風電職業安全衛生管理作法探討

簡連貴[1] 廖嘉宏[1] 詹明翰[1] 沈育霖[2]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程學系
[2]勞動部勞動及職業安全衛生研究所

主題: A.海洋能與離岸風力

通訊作者：簡連貴

E-mail:ntoulkchien@gmail.com

Tel:02-2462-2192 **ext. 6169**

摘要

在龐大開發需求下，離岸風電職業安全衛生係一大關鍵議題，惟離岸風電產業於國內仍係屬於新興產業，目前仍相當仰賴開發商及系統商攜手國內本土廠商共同發展本土離岸風電產業供應鏈環境，仍缺乏離岸風電職業安全衛生相關法令規範，現行法規未涵蓋監管部分主要採用國際規範與第三方驗證，因此有研析離岸風電職業安全衛生相關國際規範、技術指引及實務建議之必要性與重要性，以因應我國離岸風電產業蓬勃發展下職業安全衛生管理框架之健全性。本研究探討歐盟及美國離岸風電職業安全衛生體系相關法規、指引、實務建議及標準等，以政府職業安全衛生主管機關為核心角色研析離岸風電產業職業安全衛生監管機制，提出國外職業安全衛生管理作法可提供國內借鏡處。

關鍵詞：離岸風電、職業安全衛生監管體系、職業安全衛生技術規範、職業安全衛生法規

一、研究目的

離岸風場開發涵蓋陸域作業與海上作業，根據 GWEC 2022 年報告指出一座 500 MW 離岸風場在生命週期內需 210 萬人天(person-days)彰顯離岸風場開發人力需求，然而根據國際離岸風電職業安全與衛生組織 G+年度報告統計 2013 至 2022 年離岸風場專案開發事故(incidents)，共 437 起失去工作天(lost work day)事故及 231 起限制工作天(restricted work day)事故，平均每百萬工作小時發生 2 起失去工作天事故。事故發生可能造成人員傷亡或資產損失，因此如何降低離岸風電相關職業安全衛生事故發生風險係政府單位、開發商、承包商至勞工由上至下須共同認知風險、降低風險甚至避開風險。

本研究彙整歐盟與美國職業安全衛生體系背景，並探討其離岸風電職業安全衛生相關監管法規、標準及相關規範，並以政府部門管理角度探討不同國家勞動檢查作法與稽核管理機制。

二、研究方法

本研究藉由探討、丹麥、荷蘭、德國及美國等國際各國之離岸風電職業安全衛生歷史背景、體系制度及相關法規，並彙整國內目前既有職業安全衛生相關法規，如《離岸風電海域作業安全指引》、《離岸風力發電製造及施工技術指引》、《離岸風力發電運轉及維護技術指引》等離岸風電相關指引內容，初

步比較國內外職業安全衛生相關法規差異，提出國際職業安全衛生法規可借鏡之處。

三、初步結果

本研究彙整英國、丹麥、荷蘭、德國及美國職業安全衛生體系歷史背景、職業安全衛生部門成立背景與功能性等，並彙整離岸風電職業衛生法規。各國多已有完整職業安全衛生體系如表 1，具有完整職業安全衛生立法框架，其法源多源自職業安全衛生母法如我國「職業安全衛生法」，立法中多闡明其職業安全衛生精神與授權成立職業安全衛生專責機構，規定雇主相關責任等，作為各領域衍生相關職業安全衛生法規條例之基礎依據。

表 1 各國職業安全衛生體系彙整

國家	安全衛生母法	安全衛生機構
英國	健康和安全法	英國安全衛生執行署
丹麥	工作環境法	丹麥工作環境管理局
荷蘭	工作時間法、 工作條件法	荷蘭勞工局
德國	職業安全與健康法	德國聯邦勞工和社會事務部
美國	職業安全衛生法	美國職業安全健康管理局

資料來源：本研究彙整

針對離岸風電相關職業安全衛生，各國多以職業安全衛生母法所衍生相關職業安全衛生法規延伸適用於離岸風電如英國《健康和安全法》在英國境外適用 2001 法案(AOGBO)將職業安全衛生法之範圍延伸至 12 浬甚至是英國所屬再生能源區(REZ)。除衍生相關法案外，與政府部門訂定特別協議亦有國家採用如丹麥，對 12 浬外的風場進行管理。較不同處是海事工程通常需要進行面臨數天連續工作之情境，對於工作時間之立法國外常以類似立法限制工作時間之做法如德國工作時間法及離岸工作時間法等，保障海事工程從業人員權益。

本研究綜整以上五國職業安全衛生檢查與稽核如表 2，做法可分為自主查核與公部門查核，其中自主查核即是企業對內部專案或子機構進行職業安全衛生管理的稽核，公部門查核則係由政府職業安全衛生主管機關或受法律授權的機構代為檢查，而公部門執行之檢查常包含未通知檢查、被動檢查、事故調查、追蹤檢查等，目的係得以檢視受檢查機構日常原始狀況，並依照檢查結果作為後續再次施行檢查之依據；而對於事故災害，事故調查則是職業安全檢查單位依照事故發生之事實，調查是否具有系統性之職業安全衛生議題或針對重大缺失處要求雇主進行改善與相關懲罰。

表 2 各國職業安全衛生檢查作法

國家	檢查做法	稽核機制
英國	一般檢查、抽樣檢查、安全調查、事故調查。	非正式通知、缺失改善令、禁止令、起訴。
丹麥	主題檢查、及時檢查、未通知檢查。	禁止令、及時處分令、限期令、違規處理。
荷蘭	現地檢查、辦公室檢查。	複檢、調整公司等級、依法裁罰。
德國	國家檢查、自主檢查	口頭陳述、發出糾正函、提起行政訴訟
美國	計畫檢查、被動檢查、後續檢查	提出糾正與建議、處罰

針對我國職業安全衛生體系，我國已有完整職業安全衛生法制框架，以《職業安全衛生法》為本，規定包含安全衛生設施、安全衛生管理及監督與檢查等規定。依不同事業領域工作環境所面臨之職業安全衛生危害，基於《職業安全衛生法》衍生適用不同危害之規則。離岸風場開發涉及跨部會溝通及業務包含風場管理、政策推動、標準及指引制定、海洋生態與環境保護、空間競合、海上交通安全、職業安全衛生等業務。勞動部職業安全衛生署於 2019 年公告《離岸風電海域作業安全指引》，參考國際規範及第三方驗證組織等針對台灣離岸風電全生命週期，探討各作業階段可能發生之為危害風險及相對應降低風險之措施。經濟部標準檢驗局於 2023 年公告《離岸風力發電場址調查及設計技術指引》、《離岸風力發電製造及施工技術指引》及《離岸風力發電運轉及維護技術指引》，參考國內多項法規、標準及規範並結合國際規範及第三方驗證標準提出，涵蓋全生命週期規劃參考。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

離岸風機吊裝工程之風險評估

胡允睿 [1]　何亞凡 [2]　張揚祺 [3]

[1]國立中山大學海洋環境及工程學系碩士
[2]國立中山大學海洋環境及工程學系博士候選人
[3]國立中山大學海洋環境及工程學系教授

主題: A 海洋能與離岸風力

通訊作者：何亞凡

E-mail:D085040004@g-mail.nsysu.edu.tw

摘要

經濟部能源局「千架海陸風機計畫」預計最終會有 600~800 支離岸風機矗立於臺灣西部海域，然而離岸風機施工相當複雜，其中更以吊裝工程作業的難度最高、風險最大，面對離岸風機快速發展，如何降低施工作業之風險，實為重要的課題。本研究透過整合決策實驗室分析法與貝氏網路，能有效地評估離岸風機吊裝工程的風險，結果顯示「人員經驗與熟練度」及「溝通」是影響該工程作業最重要的因子，透過系統化因果鍵結，本研究擬定適當管理策略，降低整體吊裝工程作業危害，相關做法為新增交接手冊確保船員交接品質，而吊裝作業時嚴格管制甲板禁止活動區域與確立人員疏散動線，並擬定吊裝檢查表完善整體計畫完整度，最後為了提升溝通品質，建議建立全體組織表以確保各單位溝通對象，檢查通訊設備的品質以及數量，並在施工作業時必須有警戒船隨時監督回報海面狀況。

關鍵詞：離岸風機、吊裝工程、風險評估、風險分析

一、研究目的

臺灣是高度依賴進口能源來進行電力供應的國家，但緊鄰台灣海峽，使得海上風力發電具有巨大的潛在優勢。中華民國四面環海，特別是西面台灣海峽每年都有豐富的風力能量，因此政府預計於 2025 年完成 5.6GW 的離岸風電裝置容量並於次年全數併網完成發電，2025~2035 年每年增加 1.5GW，10 年共 15GW，至 2035 年止累積裝置容量達大約 20GW，直至 2050 年離岸風電總裝置容量預計達 40~50GW。

面對快速的電力結構轉型，離岸風機勢必加速機組的裝設，以提高整體電力的備轉容量率。根據審計部於 2021 年報告指出『截至 110 年底止，離岸風電累計裝置容量為 237.2MW，較目標量仍短缺 2,436.8MW，約 91.13%，已連續 2 年未達目標值，且短缺量與 109 年底之 848MW 相較，大幅增加 1,588.8MW，約 187.36%，設置成效未如預期。2023 年一月為止，離 2025 年目標裝置容量 5.6GW 短缺約 4.8GW。

離岸風機吊裝潛在風險高，且臺灣海上大型專案工程的經驗不足，使得離岸風電工程欠缺有效的安全評估。根據全球離岸風能安全及安全組織 2021 年意外資料報告 G+ (global offshore wind health and safety organization) 2021 incident data report 統計，2021 年離岸風電高潛在災害裡，「吊裝作業(Lifting operation)」風險最高，隨著氣候不確定性的增加，離岸風力發電通常具有高度不確定性(Kim et al., 2018)。臺灣在離岸風電吊裝工程需考慮的自然條件包括風速、波高、流速、潮汐、能見度、地質、船舶穩定度、

人員操作、責任歸屬問題、通訊品質等諸多條件(Cheng et al., 2019; Vis & Ursavas, 2016)。甚至會有雷擊以及鳥擊風險，特別在臺灣有颱風、地震侵襲皆會導致風險及預算增加(Kao & Pearre, 2017)，除此之外，Jiang (2021)提及近年來風機大型化趨勢，風機葉片的長度隨之增加會提升吊裝時葉片對風應力之敏感性。因此離岸風機吊裝工程風險評估在我國將越來越重要，研究選擇使用多評準決策(multi-criteria decision analysis，MCDA)方法能夠有效擷取不同維度以及不同等級之風險，當在決策中考慮風險和不確定性時，多評準決策方法適用於風電場相關的決策問題(Xu et al., 2020)。

二、研究方法

MCDA 是一套有效分析離岸風機風險評估的方法，但過去鮮少人從吊裝工程因子間的相互影響來探討它們的風險因子。過去離岸風機議題研究充足，包括風險評估、趨勢分析、決策應用、潛力點評估等(Li et al., 2022; Barney et al., 2022; Shafiee, 2015)，但這些方法大多透過文獻、權益相關者及專家來給予權重值，缺乏探討因子間本質的相互影響關係。

研究透過決策實驗室分析法(Decision making trial and evaluation laboratory, DEMATEL)來進行因子間計算，並由 5 位具豐富經驗的專家填寫，閥值選擇問卷填寫量化數據 0~4 的 3/4 即為數字 3，並與專家討論後，閥值=3 即可描述個因子間之關係，因此研究挑選大於 3 的數值，作為影響關係圖，如圖 1 所示。

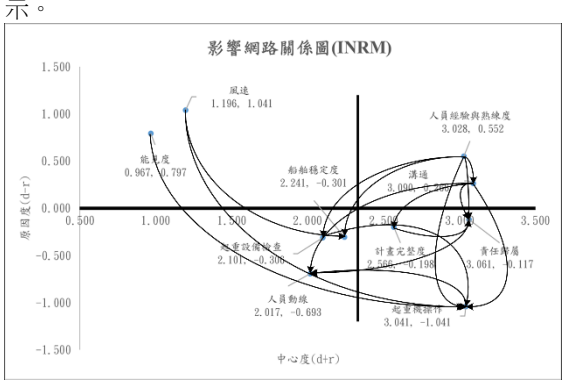


圖 1 影響網路關係圖

後續利用 DEMATEL 來進行貝氏網路的建立，最上層父節點(也稱根節點)需要自行設定其初始機率才能進行後續計算，分別有【A1 風速】、【A2 能見度】、【C5 人員經驗與熟練度】，故設定為 Input。另外，本研究將【B1 起重機操作】與【C3 人員動線】視為最後結果，【B1 起重機操作】為起重機操作可能生意外之風險；【C3 人員動線】為船舶操作人員可能發生意外之風險，故視為模型之 Output。

三、研究結果

研究結果整體來說關鍵風險因子為人員經驗與熟練度以及溝通品質兩項；起重機操作除了人員經驗與熟練度以及溝通品質以外風速以及能見度也是不可忽視的因子。後續利用模型進行案例分析，以歐洲某顧問公司危害可操作性分析 HAZOP 報告比對，此案例報告為多家國際公司(Noble Denton、Siemens、A2Sea、GMS、Statoil 等)，集合 30 共餘位專家合作會議產出。

貝氏網路模型設定，如圖 2 所示，模型設定為天氣不佳人員熟練度高，【風速】Strong=100%，【能見度】Foggy=100%，【人員經驗與熟練度】High=100%，及另外相同天氣但人員熟練度低情境，結果起重機操作的 Unsafe 數值會從 69%降低至 4%；人員動線 Unsafe 數值會從 41%降低至 13%；責任歸屬 Unclear 數值將從 49%降低至 1%。

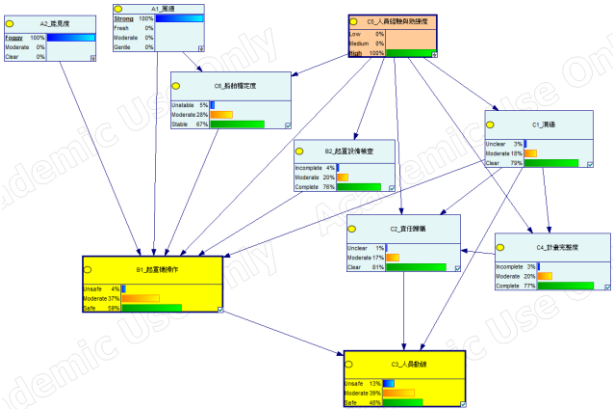


圖 2 天氣嚴峻、人員經驗與熟練度高之情境

從初步研究成果分析人員經驗與熟練度相當重要，因此建議新增交接手冊確保船員交接品質，此外溝通也是相當重要的環節，所以也應提升溝通品質並建立全體組織表確保各單位溝通對象，並檢查通訊設備的品質以及數量，並在施工當下必須有警戒船隨時監督海上情形。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

基隆海檻三維潮流發電潛能之初估

楊鎮瑋 [1]　林鼎傑 [2]　許泰文 [3,4]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程學系 碩士班研究生
[2]國立臺灣海洋大學河海工程學系 助理教授
[3]國立臺灣海洋大學河海工程學系 講座教授兼校長
[4]國立臺灣海洋大學海洋工程科技中心

主題：A 海洋能與離岸風力

科技部計畫：NSTC 112-2218-E-019-001 -

通訊作者：楊鎮瑋

E-mail：yanghenry11@gmail.com

Tel：0923-205-206

摘要

和平島及基隆嶼間之狹長海域稱為基隆海檻，海流通過時因地形驟減進而產生潮流局部加速之天然現象，使得此處深具開發潮流發電之高度價值。本文根據 Delft3D-FLOW 重現當地三維水動力現象，藉此(1)估計設置潛沒式海流發電機於不同水深及機組排列組合條件下之發電效能參考值及(2)發電機組設置後對海流流況影響。初步結果顯示(1)發電效果以並聯型式為最佳、(2)設置之最佳水深為 6 m 及(3)發電機組於離岸方向之排列寬度相對於沿岸方向排列寬度來的寬為最佳設置。

關鍵詞：基隆海檻、潮流發電、天文潮汐

一、研究目的

近年臺灣積極探索潛在之海洋再生能源，包含沿海區域固定式離岸風力機及深水區域浮式風機。海洋中因星球運動所引起的潮汐運動相較於風力發電而言，擁有更規律之往返運動及流速特性，具有不可小覷之發電潛能。基隆海檻(Keelung sill)位處於基隆和平島嶼基隆嶼之間，此處水深相較於鄰近水域而言來的淺，因此海流通過此區域時會造成流速加速，有利設置潮流發電機組；此處海域距離和平島及基隆市區近，更有利設置陸上集電站。本研究主要目的係透過數值模式評估基隆海檻處三維水動力特性及其隱含的潮流發電潛能。

二、研究方法

本文使用 Delft3D-FLOW 進行基隆海域(包含基隆海檻)的三維水動力模擬，並使用中央氣象局實測海水位作為潮汐邊界輸入條件，並透過港灣技術研究所之實測海流資料進行流速驗證。模擬時根據 Sanchez 等人(2014)之建議，使用適合淺水環境下的 Evopod 型態發電機，並透過 Delft3D-FLOW 的透水結構物(porous structure)針對(1)不同水深、(2)排列組合及(3)發電機參數進行情境模擬， 藉此評估各情境下的發電機組設置及其對應之潮流發電潛能。

三、初步成果

圖1顯示之3種潛沒式潮流發電機之排列方式，包含(a)串聯型式、(b)並聯型式及(c)串-並聯型式，並同時考量於不同水層 (水面下 6 m、7 m 及 8 m) 時之情境，估算 9 種情境下之發電潛能量於圖 2。初步結果顯示(1)發電效果以並聯型式為最佳、(2)設置之最佳水深為 6 m 及(3)發電機組於離岸方向之排列寬度相對於沿岸方向排列寬度來的寬為最佳設置；更多研究成果請參閱 Lin et al. (2023)。

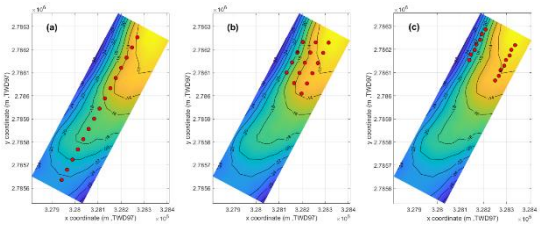


圖 1. 發電機排列方式

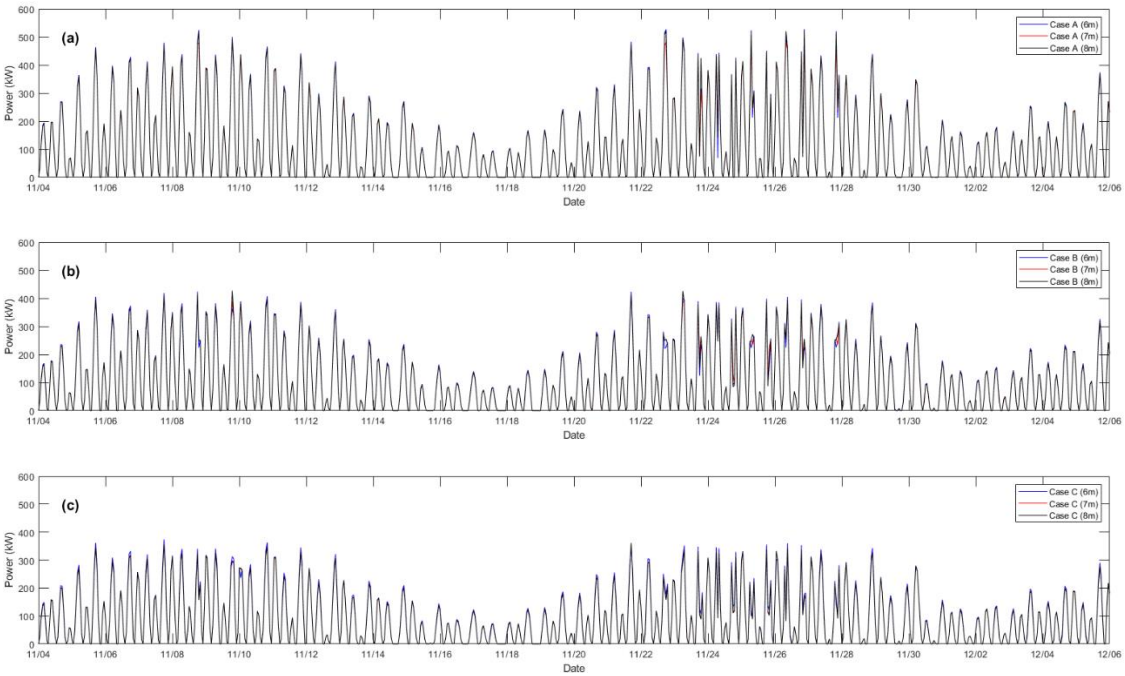


圖 2. 不同水深及發電機組排列位置之發電潛能時序列比較圖

四、參考文獻

1. M. Sanchez, R. Carballo, V. Ramos, G. Iglesias (2014), “Floating vs. bottom-fixed turbines for tidal stream energy: A comparative impact assessment”, *Energy 72*, 2014, 691-701. http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.096
2. Lin TC, Yang CW, Hsu TW. (2023), “Estimation of tidal stream power potential in the coastal water of Keelung sill.”, *Eenergy* (in review).

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

整合型水下工程位址監測技術
-----以離岸風場位址為標的

田文敏 [1]

[1]國立中山大學海洋環境暨工程學系

主題: A.**海洋能與離岸風力**

國科會計畫： **111-2221-E-110-015**

通訊作者：田文敏

E-mail:tiwemi@mail.nsysu.edu.tw

Tel:0935411476

摘要

應用水下聲學遙測技術，以達到海床結構體與底質環境描繪以及整合魚隻生態資訊的目的，將有助於工程結構體現況評估以及水域生態系的理解與資源的永續經營與管理。此項遙測技術的核心單元包含：聲學探測單元、投放與操作能力、資料整合與處理以及生態模式建置等。其中資料處理方法與程序建置是此項技術的關鍵項目。本文的要旨在於應用結合**水下聲學探測裝置、聲學電子標籤裝置與準光學探測裝置**三項儀器特點，具有工程結構體細部描繪以及**間歇式全域魚隻偵測與追蹤功能**之底床固定型掃描式聲納系統，進行水域時間空間影像資料收集、處理與生態模式建置，以期達到解決水下動態目標物探測作業時有關影像解析度、空間維度、時間重複率以及掃描時間涵蓋性等議題的目的。

關鍵詞：掃描式聲納、人工智慧、工程結構體、魚隻行為、生態結構與功能、離岸風場位址

一、研究目的

海域自然環境、離岸工程位址以及漁業資源的現況評估與定量化資訊的建置，包含水下靜態目標物特徵描繪與水下動態目標物行為模式建置等，是一項極富挑戰性與困難度極高的工作。針對水下小型動態目標物(魚隻)之偵測、辨識與系統性量測作業而言，在水下動態環境、目標物位態與目標物移動速度等因素的影響下，是一項困難度極高的工作。長久以來，對於海域工程位址(例如：人工魚礁區、離岸風電場址以及海底管線區域) 環境規劃與評估之生態監測作業而言，定量化時間與空間資料的收集與評估，是一個急需探討與克服的議題。

本研究針對水下小型靜態目標物與動態目標物(魚隻)之偵測、辨識與系統性量測作業等議題進行探討與研究，並應用底床固定型、機械旋轉掃描式影像聲納系統（簡稱掃描式聲納）進行水域環境影像資料收集，以期達到探討資料規格與魚隻特徵性質關連性的目的。掃描式聲納系統與傳統型聲納系統（包含：單音束、雙音束、裂音束、多音束聲納系統以及聲學照相機等）的基本差異，在於掃描式聲納系統具備自主性旋轉功能，而所有其他系統則不具備此項功能。因此在區域含蓋率上，較傳統型聲納系統更為優越。

應用掃描式聲納系統，以空間生態學為主軸，進行魚隻時空行為模式探討的研究與發展過程中，經由作業方法的研擬、分析程序的設計以及實務經驗

的累積與驗證，已建置完成具完整性的模組化作業程序與組件。其中，以自動化影像處理流程的建置與參數律定，是此項研究的核心議題。值得注意者，此項以掃描式聲納系統進行之工程及構體與魚隻行為研究，在國際上極為少見，在方法上具有前瞻性與創新性。

二、 研究方法

本研究針對魚隻時間-空間性質方面的討論，係以智慧型感測系統之原理為基準，包含四個主要程序(圖-1)。

影像資料收集：掃描式聲納系統(俗稱：水下雷達、水下聲學定置網》，採取底床固定式、全方位、連續性、重複性以及系統性巢狀(nested)作業模式，以達到同時滿足時間(重複率與整體涵蓋時間)與空間尺度(空間涵蓋範圍與影像空間解析度)的要求。

影像擷取：以系統性擷取方式將全方位且具連續性之線性掃描資料轉化成圓形影像圖幅序列。對於魚隻時空特徵之研究，掃描半徑以 50m 為基準。其中，像素解析度 10.5cm，掃描面積為 7,854m^2，單張影像掃描所需時間或影像重複率為 68sec。

影像資料處理：採取動態與靜態像素分離方式進行。其中動態目標物內容包含：魚隻特徵擷取、辨識、分析與定量化等。靜態目標物包含：海床地貌特徵及組成物之擷取與分析。有關魚隻影像擷取程序，請參閱相關文獻。此二項資料可據以建置特定環境中魚隻之認知地圖(cognitive map)。

魚隻現況評估與行為分析：魚隻數量、位置、分布狀態、移動路徑、長度與移動速度、與底床組成的關聯性以及整體行為模式等。

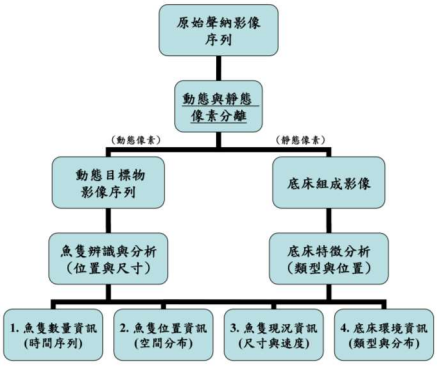


圖-1. 監測作業程序

三、初步結果

高雄市鳥松濕地區探測結果

底床特徵影像的取得與辨識依據，則係由三組斜距之影像經交互比對與綜合研判所取得之結果為準(圖-2)。探測區域底床特徵包括：地貌特徵(池底岸壁與中央凹陷區)、底床遺留物(樹幹、竹枝與廢棄水管)、生物遺跡(吳郭魚挖掘之圓坑，直徑超過 1m)以及水動力造成的沖刷與侵蝕痕跡(包括岸壁損傷狀態)等。

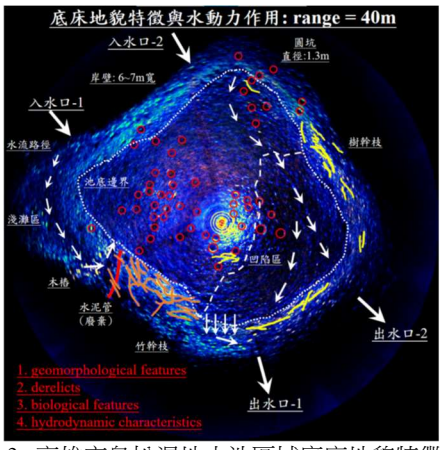


圖-2. 高雄市鳥松濕地小池區域底床地貌特徵。

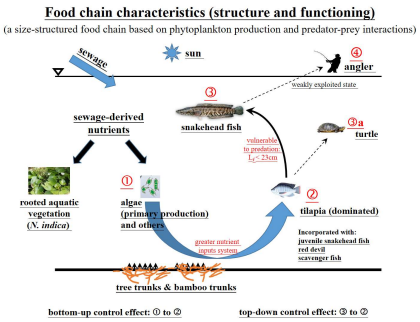


圖-3. 鳥松濕地小池區域之食物鏈特徵要點。

東沙島檸檬幼鯊時空行為模式

屏東縣琉球嶼近岸區域探測結果

本研究所列舉之方法與結果，對於海域工程位址(例如：人工魚礁區、離岸風電場址以及海底管線區域)之工程結構體現況評估嶼生態監測作業，具有提供定量化資料以供環境規劃與評估的功能。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

海面型吸收式波浪發電機組開發流程與水槽、實海域性能試驗分析研究

王柏翰[1] 鍾揚棋[1] 黃子鴻[1] 陳宏銘[1] 許文陽[1]

[1]工業技術研究院綠能與環境研究所

主題: A 海洋能與離岸風力

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：王柏翰

E-mail: ATwang@itri.org.tw

Tel: 06-363-6650

摘要

工研院長期投入波浪發電技術研發，逐漸建立我國波浪發電自主技術，機組自製率大於90%。近期研發之海面型點吸收機組將延續研發能量，以克服過去驅動纜繩壽命與發電機最佳負載控制等關鍵議題，本研究旨在建立分析海面型點吸收式波浪發電機組(1 kW 級縮尺模型)數值模型，計算在不同示性波高、週期條件下，浮體水動力、動力轉換(Power Take-Off, PTO)系統與發電機負載組尼之間的相互關係，最後透過成大水工所水槽試驗與基隆海洋能源測試場實海域測試，瞭解海面型點吸收式波浪發電機組佈放於真實海況條件下，機組作動參數與數值模擬、水槽實驗之間的差異性，作為未來機組開發放大比尺的數值依據。首先分析海面型點吸收式波浪發電機組(1/4 縮尺模型，1 kW 級)動力鏈，根據機組幾何外型與波浪能動力轉換機構設計參數，建立 wave-to-wire 數學模型，再利用水動力分析軟體進行時域與頻域流固耦合計算，藉由調整不同電機負載阻尼係數(N*s/ m)，評估在不規則波(JONSWAP, $\gamma = 2.4$)條件下，波浪發電機組在不同示性波高、週期之驅動纜繩最大張力、驅動纜繩線速度、浮體運動姿態，計算整機理論發電功率矩陣與相對應的電機負載阻尼區間，作為水槽試驗與實海域測試時，調整設定參數的依據。水槽試驗條件係根據海洋大學研究團隊提供之佈放於基隆海洋能源測試場 ADCP 觀測資料，分析該場域全年度符合縮尺機組測試海況之月份，最後盤點於六月進行實海域測試。由水槽試驗與實際佈放於基隆海洋能源測試場量測而得之驅動纜繩張力值、驅動纜繩線速度、浮體運動姿態與發電量數值，探討實海域試驗、水槽試驗與數值模擬三者之間數據差異性，了解在有無海流與風速因子影響下，機組動態參數的變化特性，作為機組後續開發放大比尺、修正數學模型與驅動纜繩壽命分析的參考依據。最後利用統計分析方法，將重點參數轉換成機率分布圖，可清楚找出最常作動的參數範圍區間與極限值，此為後續進行陸上驅動纜繩磨耗試驗研究的關鍵測試條件，作為推估驅動纜繩使用壽命與運維週期及規劃波浪發電陣列電廠配置。

關鍵詞：點吸收式、水槽測試、基隆海洋能源測試場、ADCP、機率分布

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

雙浮游式黑潮渦輪發電機陣列影響分析

李傳宗 [1]

[1]國家海洋研究院

主題: A 海洋能與離岸風力

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：李傳宗

E-mail:ctjerry.lee@gmail.com

Tel:07-338-2097 **ext. 263612**

摘要

黑潮全世界第二大洋流流經台灣東部，每秒提供 20~40 百萬噸流量之能量，流向穩定，善加發展利用可為台灣基載電力的再生能源，提高國內能源自主及安全性。為發展黑潮電廠之商轉，發展百瓩浮游式洋流發電機組陣列設置，故本計畫預計持續前年成果研發，藉由機組設計並以商業計算流體動力學模擬軟體研究二機組之設計距離之影響，由研究結果顯示二機組之安裝距離至少需距離 9D〔9 倍 D(葉片直徑)〕可降低其紊流之影響，計算結果將提供後續之黑潮發電廠之設計參考。

關鍵詞：黑潮發電、水渦輪機、機組陣列、黑潮、洋流發電

一、研究目的

黑潮全世界第二大洋流流經台灣東部，每秒提供 20~40 百萬噸流量之能量，流向穩定，洋流能發電相對於其他能源具有乾淨且穩定持續供應之特性，善加發展利用可為台灣基載電力的再生能源，提高國內能源自主及安全性。繼第一期國家型能源計畫(NEP-I)執行完成台灣黑潮資源綜合性調查研究(96-101)，第二期國家型能源計畫(NEP-II)執行浮游式黑潮發電先導機組設計開發關鍵技術之研究(104-106)，海洋委員會之「洋流能關鍵技術開發與推動」(108)，以及本院「洋流能關鍵技術開發與推動(1/4)及(2/4)」(109)及(110 年)的計畫執行，已發展出 20 瓩單一發電機組的浮游式洋流發電機且於 110 年完成實海船拖及上升下潛測，下一階段之重點為商轉之洋流發電廠之研擬與設計，然要發展洋流發電廠時為機組設計及陣列時兩機組安裝距離之影響至為重要。

為能夠完成洋流發電廠之研擬，本計畫預計持續去年 20 瓩成果研發，進一步研究發展機組商業化尺寸，並以商業計算流體動力學模擬軟體研究二機組之設計距離，降低其紊流之影響，計算結果將提供後續之黑潮發電廠之設計參考。

二、研究方法

本研究預計採用目前之 20 瓩浮游式黑潮發電先導機組之研發成果，進一步設計百瓩之洋流發電機組，並以計算流體動力學模擬軟體採用解析 Navier-Stokes 方程式並搭配 k-ε 紊流模式計算二機組安裝距離(如圖一)之尾流紊流影響，並提出安裝距離之建議，相關研究結果將提供後續之黑潮發電廠之設

計參考。

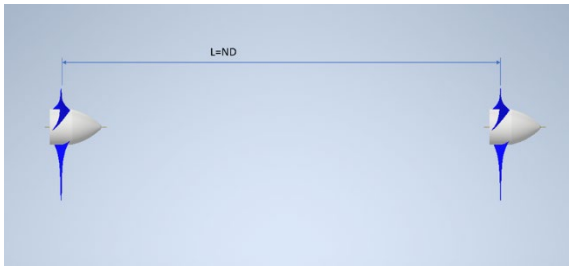


圖 1 渦輪機計算規劃

三、初步結果

根據計算結果如圖 2 所示，前後渦輪於 7 倍葉片直徑(D)時，前後葉片間之速度逐漸近於定值(如圖 3 及圖 4 所示)，且互相影響變小，但於 8 倍 D 時前後葉輪速度差距有些許變化，代表在此距離時機組尚存有速度不穩定之風險，至 9 倍 D 時才再度縮小，因此本研究之建議為使機組運作時更加穩定，兩機組於安裝時之距離至少須保持 9 倍 D(葉片直徑)。

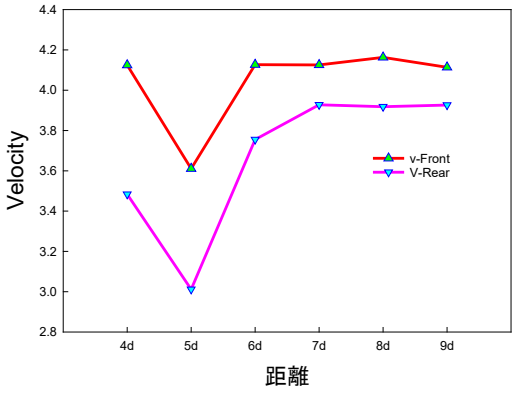


圖 2 葉片速度計算圖

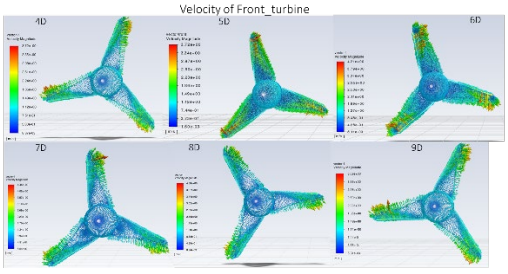


圖 3 前葉片速度分布圖

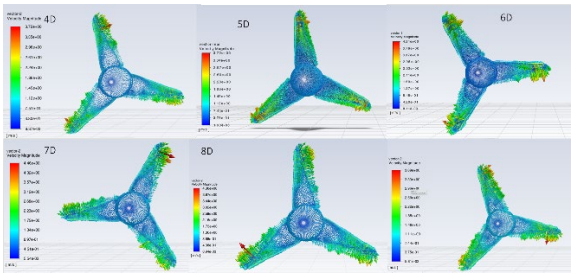


圖 4 後葉片速度分布圖

第45屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023年10月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

小型浮式柔性深水井海中試驗研究

梁乃匡[1]　彭海鯤[2]

[1]國立臺灣大學海洋中心
[2]國立海洋科技博物館

摘要

主題: A.海洋能與離岸風力

科技部計畫：110-2221-E-002-063

通訊作者：梁乃匡

E-mail: liangnk@ntu.edu.tw

Tel: 0935718629

一、研究目的

由於海洋溫差發電需要大量的深層海水，首先的想法就是離岸式的浮體或船舶，冷水管和浮体結合在一起，這樣管長最短。但浮體或船舶最怕颱風， 因為颱風巨浪容易造成浮體和冷水管結合處的損壞，甚至整個結構的破損。如電廠在岸上，海底管長視一千米等深線離岸多遠，台灣最佳地點也要 4 公里。以 5MW 電廠計，海底冷水管直徑需 3 米，目前技術已有進步但還是不容易，使得現行陸基示範電廠才 50-100KW 而已。現有配合浮體或船的冷水管技術，多來自外海採油技術，仍然採用剛性管體，安裝運維及收回均極不方便。目前還沒有大於 2MW 的試驗發電機組，對海洋溫差發電推展造成莫大的阻礙，因此極須有所突破。

為解決傳統剛性冷水管安裝、運維及收回不便的困境，本計畫提出浮式柔性海洋深水井構想解決。

二、理論分析

理論分析依第 37 屆海洋工程研討會論文發表(彭及梁，2015)，解析柔性管受海流作用下的姿態，假設浮式柔性海洋深水井簡化為垂懸在海中的繩索，取一小段管單元，並假設波浪影響有限，予以忽略。船弦撐出的支架上以鋼環或纜索繫住浮力座，以抵擋海流對深水井的的拖曳力，建立力平衡方程式。

採試誤法計算，假設選定深水井長度、半徑、深水井管段單元在水中重量、重物水中重量和海流剖面。再設定一深水井入水口深度，可算得所受水流之拖曳力，深水井上端出口纜索的張力和傾斜角度，此為上端井口的邊界條件。可逐步推算海流造成深水井各段之水平飄移(x)、深度飄移(y)，最終算出深水井入水口水深 Y 與深水井入水口處的傾斜角度。檢查入水口水深 Y，和之前假設深水井入水口深度的誤差是否在容許範圍內，如否重新假設另一深水井入水口深度再算，直到誤差在容許範圍內。

三、模型製作及海上試驗

為測試浮式柔性海洋深水井構想的實際運作可行性，設計及製作一套小型模型。其中龍頭即浮力座，柔性管為市售的消防送風蛇管，即前述連接管；重塊即配重，和重塊綁在一起的 SBE39 溫深儀，可量取柔性管下端的深度；轉接環為連接相鄰蛇管的法蘭(Flange)，以不銹鋼束環將蛇管和法蘭鎖緊；法蘭焊了 4 支 L 型鐵棒，用鋼索夾把鋼索和

法蘭固定在一起。鋼索長略短於完全伸展的蛇管長度，使蛇管不受縱向拉力，四條鋼索在受張力狀態下，限制蛇管束於鋼索圍住的空間。參加新海研 2 號 CR0074 航次，於民國 111 年 7 月 17 日，在基隆深澳灣內水深 25 至 30 公尺處進行試驗。

四、試驗及數值模擬結果

模型下水時最關鍵的是重物必須慢慢下降，讓管內空氣完全排出，管內外壓力平衡，使管壁不受水壓。這次試驗如果只做本試驗，船可以移動，安裝會更方便。試驗的 2 小時期間，駕駛台的流速 0.4-0.6 節，取中間 0.5 節，相當 0.25m/s。重物水中重 24.9 公斤，管段 1 米，管半徑 0.1 米，流速 0.25m/s，段數 16，每米管段水中重 1.36 公斤，儀感應器和管末端距離 1.28 米，浮體下沉 0.44 米，修正值 1.72 米，中間時段半小時平均儀深 16.72，得管下端距上端 15 米，計算得 Cd 值為 2.6。海上試驗時的流速不確定，導致算出來的 Cd 值可能偏大，理論上深水井尺寸放大時 Cd 值變小，因此估算深水井在實際應用時，採用 Cd 值為 1.5。

取重物重 100kg 比較管半徑變化時管的姿態(圖 1) ，可知管半徑加倍，由相對流速所造成的阻力也會加倍，造成較嚴重的飄移影響(表 1)。

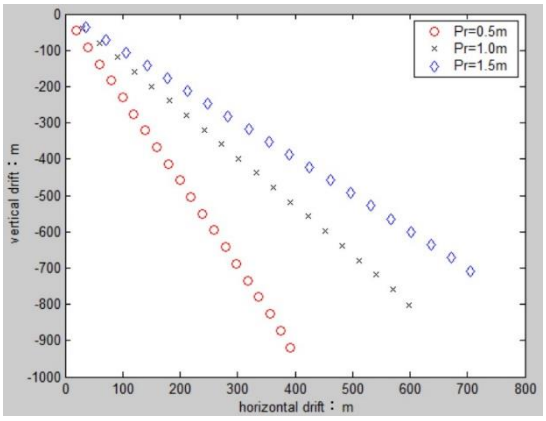


圖 1 重物 100kg 比較管半徑變化時管的姿態

表 1 管半徑與單位管長重的影響

管半徑 / 單位管長重			
0.5	**591.0，806.2**	**392.6，919.6**	**286.4，958.0**
1.0	763.1，645.8	598.2，801.1	481.0，876.7
1.5	834.3，550.8	704.7，709.3	600.9，799.3

取管半徑為 0.5m 比較重物重變化時管的姿態，可知重物雖可降低相對流速造成阻力的效應，但對漂移的影響較小。

取管半徑為 0.5m 比較單位管長重變化時管的變形，可知單位管長重增加會增加垂直荷重，可降低由相對流速所造成阻力的效應，即可降低漂移的影響。

取管半徑為 0.5m 比較海流速度(m/s)變化時管的姿態，顯見海流速度增加會會平方增加阻力的效應，讓漂移大幅增加。

五、討論與結語

海上試驗證明設計的浮式柔性深水井的安裝和收回法可行。本文所製作的浮式柔性深水井由浮體、消防送風蛇管、法蘭、鋼索和重物組成，其中消防送風蛇管的柔性材質需加強，現市售的產品最大直徑僅 12 吋，未來只剩下製作大口徑的蛇管的技術問題須要克服。

依數值分析可知，相對海流速率、管半徑和單位管長重是影響柔性深水井的主要因子，在施放作業考量下，重物不宜太重。本研究乃為遊牧式海洋溫差發電船而作，以前述推估浮式柔性深水井受海流作用的分析，發電船發電時建議隨海流自然飄流，讓深水井和海水的相對流速低。最好讓遊牧式海洋溫差發電船飄在海洋渦漩中，讓發電船在海洋中打轉，待發電船已偏離高水溫區域，再開船回到原處，當然在開船期間抽不到足夠冷的水，發電量就會變小。另一種利用浮式柔性深水井的方式，乃將深水井錨碇而發電船繫在浮體上，此時井口深度固定，而且電可傳送到岸上。另，亦可用來任意抽取不同海域和深度的深層海水，作資源利用。浮式柔性深水井的應用範圍很廣，因此本研究方向值得繼續做。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

振盪水柱式波浪能轉換器氣室彈簧效應之探討

林鎮洲　盤奕辰

國立臺灣海洋大學 機械與機電工程學系

主題: A 海洋能與離岸風力

通訊作者：林鎮洲

E-mail:cclin@email.ntou.edu.tw

Tel: 02-24622192 **ext 3211**

摘要

本研究探討幾何條件包括 OWC 水平通道長度與入口距水面高度，可以發現在不同幾何參數下，不同的彈簧係數會造成轉換效率的提升，且存在一最佳彈簧係數可以最大化的提升轉換效率。本研究探討波浪週期與氣室內彈簧效應間的關係，研究結果發現在小週期時，在特定的彈簧係數下轉換效率可以大幅提升，但是在大週期時彈簧效應將會導致效率下降，整體而言，氣室內之彈簧效應可以提供一個調整參數使 OWC 面對不同的波浪條件以達到最佳的轉換效率。

關鍵詞：振盪水柱式波浪能轉換器、捕獲效率、類彈簧效應、數值模擬

一、研究目的

過去的研究顯示空氣可壓縮性產生的類彈簧效應對振盪水柱式波浪能轉換器（OWC）之性能具有顯著的影響，基於此，本文在不同波浪條件、幾何下，探討在氣室中加入彈簧效應對振盪水柱式波浪能轉換器之轉換效率的影響。本研究將利用計算流體力學軟體進行模型尺度的數值模擬，在空氣不可壓縮的條件下進行三維模擬。

二、研究方法

振盪水柱式波浪能轉換系統(OWC)是一種利用海浪能量轉換為電力的技術，通過一個中空的半潛式結構體來實現。當海浪打來時，水柱會隨著海浪的上下運動而振盪，推動氣室內的空氣通過開口處進出，進而推動位於開口處的渦輪機旋轉。渦輪機連接發電機，透過渦輪機轉動將機械能轉換為電力。OWC 的幾何尺寸對效率有很大的影響，良好的尺寸設計可以使裝置與入射波達到共振，使效率最大化。

$$C_F = \frac{P_{air}}{P_i} = \frac{P_{air}}{\frac{1}{8}\rho_w g H_i^2 C_g B} \quad (1)$$

其中 P_{air} 代表空氣對 PTO 系統（如渦輪機）的平均功率，PE 為瞬時功率，Pi 為入射波之功率；ρ_w 為水的密度，H_i 為波浪入射波之波高，C_g 為群波速度，B 為 OWC 之寬度另外也可以透過響應幅度運算子(response amplitude operator, RAO)作為性能分析的指標，RAO 包括(1)水柱高度差響應幅度運算子，標示為 RAO_C；與(2)壓差響應幅度運算子，標示為 RAO_P。

本文以 FLOW-3D 進行模擬，基線模型如表 1 所示，在氣室中加入活塞與彈簧如圖 1 所示。

表 1 OWC 基線模型之幾何參數(單位 mm)

模型幾何參數	參考值
氣室寬度 a	192
水平通道長度 b	976
入口距水面高度 c	113
入口垂直高度 d	263
出口圓孔直徑 D	51
氣室靜水面高度 f	260
水深 h	500

迎波寬度 B	736

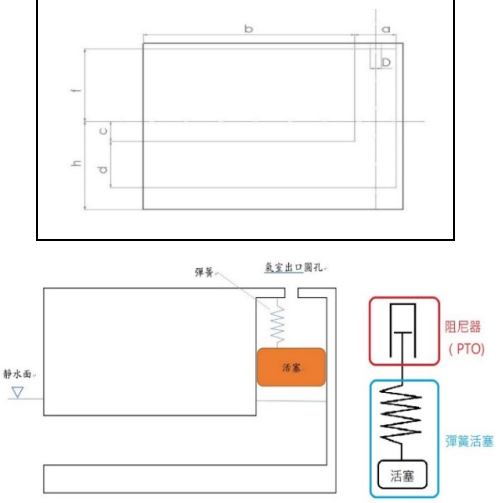


圖 1 具活塞彈簧之 OWC 示意圖

三、初步結果

圖 2 為不同水平通道長度在彈簧係數為 0 與 *CF* 提升最多的彈簧係數之模擬結果，經過彈簧效應的提升後，三者差距明顯縮小。三者模型提升最多 *CF* 的彈簧係數與水平通道長度也有一定程度的關聯，越長的水平通道長度，需要越大的彈簧係數以達到 *CF* 峰值，並且三者達到的最大 *CF* 相當接近，可認為彈簧效應可改變水平通道長度的影響。調整水平通道長度對於在特定波浪週期下達到共振有顯著的影響，透過本研究，在某些因為幾何限制無法達到最佳尺寸的情況下，可以利用彈簧效應進行補足。

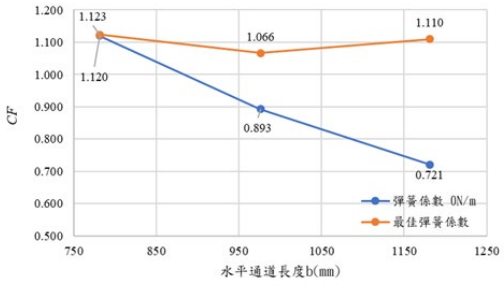


圖 2 不同水平通道下彈簧效應比較

圖 3 為改變入口距水面垂直高度在彈簧係數為 0 與 *CF* 提升最多的彈簧係數之模擬結果，從三者模擬結果可以發現不論入口距水面高度大小，最佳 *CF* 皆發生在彈簧係數150N/m時，且三者之差距有些微縮小。圖 4 為基線模型在不同波浪週期在彈簧係數為 0 與 *CF* 提升最多的彈簧係數之模擬結果，週期 2.3s 在本研究所使用的彈簧係數下 *CF* 皆為下降，但是週期 1.45s 與 1.9s 皆有提升，其中週期 1.45s 的提升幅度達到 726.57%。

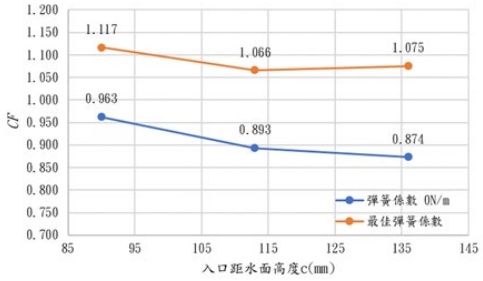


圖 3 不同入口距水面高度下彈簧效應比較

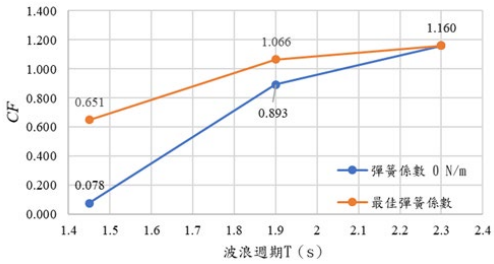


圖 4 不同週期下彈簧效應比較

本研究探討彈簧效應於 OWC 氣室內部的影響，分別探討在不同波浪週期與兩種幾何參數下對捕獲因子 *CF*、RAO_P、RAO_C的影響，並調整彈簧係數使裝置調整至符合特定之波浪條件，在感興趣的波浪條件下達到提升捕獲因子的效果，總結如下：

1.增加彈簧效應會改變 *CF*，並且在多數的模擬中，隨著彈簧係數增加，*CF* 會呈現先上升後下降的趨勢，RAO_P、RAO_C也呈現相同的趨勢。

2.週期 1.9s 在三種不同水平通道長度條件下，加入彈簧效應對於 *CF* 會有程度不一的提升，三者 *CF* 的差距明顯縮小。達到 *CF*峰值的彈簧係數與水平通道長度有關，越長的水平通道長度，需要越大的彈簧係數以達到 *CF*峰值。根據以上可知，當給定一個水平通道長度下，存在一對應的彈簧係數，可提升 *CF* 至最大值。

3.週期 1.9s，在三種不同入口距水面高度條件下，加入彈簧效應對於 *CF* 會有程度不一的提升，三者 *CF* 差距縮小，且不論高度多少，產生 *CF*峰值的彈簧係數皆相同。

4.基線模型下，加入彈簧效應對於不同波浪週期會有提升或下降 *CF*的影響，在波浪週期較小時，加入彈簧效應會提升 *CF*；反之，波浪週期較大時，加入彈簧效應會降低 *CF*。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

浮式平台穩定性制震技術設計

曾以帆[1]　唐宏結[2]　謝武錡[1]　陳陽益[1]

[1]國立中山大學海洋環境及工程學系
[2]國立台灣海洋大學海洋工程科技學士學位學程(系)

主題: A 海洋能與離岸風力-資源調查

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：曾以帆

E-mail: ifan@mail.nsysu.edu.tw

Tel:07-525-2000 ext. 5078

摘要

本研究利用水工模型試驗，測試不同形狀的浮式平台以及懸垂式繫纜包含單點繫纜及多點繫纜，並透過自由衰減實驗找出浮式平台的自然頻率作為設計波浪條件，透過規則波試驗分析 RAO(Response Amplitude Operator)結果，評選較為穩定的平台進行下一階段的測試，加入運動補償裝置後，確認是否能在極端波浪下抑或是與平台自然共振週期的波浪條件條件下，能有效降低其自由度的振幅。並且分析其他自由度以及纜繩張力變化。根據目前的試驗，運動補償裝置開啟時，能有效的抑制 Pitch 的振幅，並且不會導致其他自由度振幅異常增加的情形。

關鍵詞：運動補償裝置、懸垂式繫纜模式、離岸風電、主動式制震、角動量守恆

一、研究目的

固定式離岸風電發展已趨成熟，但在深海區域水深定樁不易且海底地形複雜，進而研發浮動式離岸風機，往深海取得更豐富與穩定的風能。目前浮式風機主要是以纜繩固定，若遇斷纜安全性較不足，尋找可以輔助平台穩定的系統就相對重要。

本研究透過"角動量守恆"物理概念，藉由水工模型試驗造出規則波，並運用陀螺儀(IMU)測量出浮式平台在規則波下所產生的響應六個自由度變化，再加入運動補償裝置後，透過增加角動量的形式，以減少浮式平台在波浪作用下的晃動幅度，增加浮動式離岸風電平台的穩定性。

二、研究方法

本試驗於國立中山大學海洋環境及工程學系之三維水工模型試驗場進行，斷面水槽總長度為 32 公尺，寬度為 1 公尺，深度為 1 公尺，於水槽前端設置一平推式造波機，以及透過陀螺儀以及影像辨識的技術，精準量測浮體自由度的變化，而纜繩張力部分則是透過張力計進行量測。本次實驗的波浪條件為固定波高變化七組週期中包含一組 Pitch 方向的自然週期，以獲取不同波高與週期下以及共振週期下平台自然擺動頻率，並且算其 RAO。

運動補償裝置所需之動力使用 110V 轉 12V 電源供應器進行供電，利用馬達所產動力使中間飛輪

進行高速旋轉，選用高速 DC12V 19000 轉馬達，飛輪為直徑 14cm 厚度 2.2cm 飛輪重量 0.8kg，經由非接觸式轉速計測量，馬達啟動 1 分 30 秒後，能保持轉速 7200rpm，後續實驗皆保持轉速 7200rpm 後才進行造波。運動補償裝置裝示意圖如圖 1 所示。

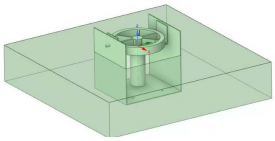


圖 1 運動補償裝置示意圖

三、初步結果

首先，會先針對懸垂式多點繫纜進行自由衰減試驗測試，鐵鍊採用 2mm 無檔鍊的白鐵材質，而薄長方體，其長 50cm、寬 50cm、高 10cm、總重量為 13.52kg 與短圓柱體，其直徑為 50cm、高 10cm、總重量為 11.17kg。圖 2 為浮台的錨定俯視圖，自由衰減試驗的結果如圖 3、圖 4 所示。

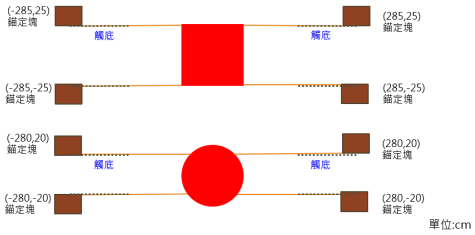


圖 2 浮台錨定俯視圖

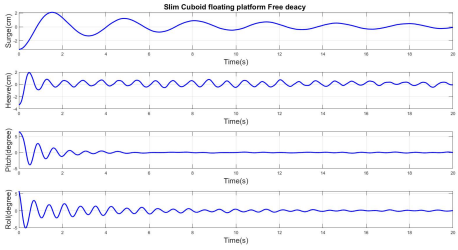


圖 3 薄長方體浮台自由衰減時序列

為了能找出浮台自然頻率需透過快速傅立葉分析(FFT)找出其峰值所在，對應到的頻率倒數即為浮台自然週期，浮台自由衰減 FFT 結果得知(如圖 5、圖 6 及表 1 所示)，兩者浮台 Pitch 自然週期皆為 0.7 秒，將此週期加入設計波浪條件之中。本試驗之波浪設計條件，初始水深 70cm、波高 3cm、週期 0.7~2.0sec。

有無開啟運動補償裝置的RAO平均結果如圖7、圖 8 所示，開啟補償裝置對於 Pitch 方向的減震效果很好，而對於其他自由度(Surge、Heave)則是影響不大，不會因為減少一個自由度振幅，而導致其他自由度振幅變大。

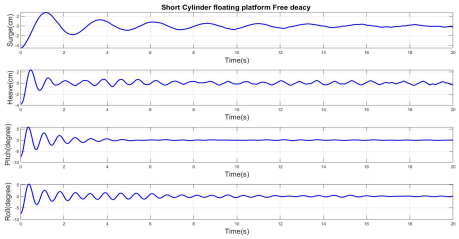


圖 4 短圓柱體浮台自由衰減時序列

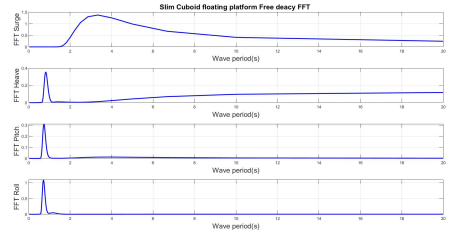


圖 5 薄長方體浮台自由衰減 FFT

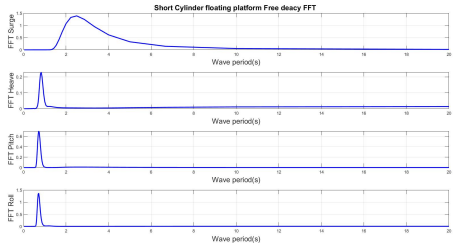


圖 6 短圓柱體浮台自由衰減 FFT

表 1 薄長方體與短圓柱體之自然週期表

	Surge	Heave	Pitch	Roll
薄長方體自然週期(s)	3.34	0.83	0.74	0.72
短圓柱體自然週期(s)	2.50	0.83	0.72	0.72

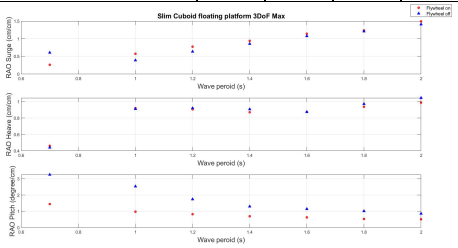


圖 7 薄長方體浮台運動補償裝置有無開啟 RAO

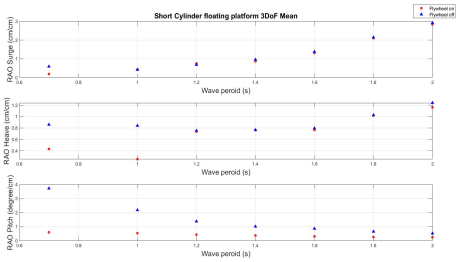


圖 8 短圓柱體浮台運動補償裝置有無開啟 RAO

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

浮式消波單元之試驗研究

陳信宏[1] 賴明松[1] 張秩薰[1] 宋志先[2] 吳信宗[2]

[1]國立成功大學水工試驗所
[2]台灣和暄綠能股份有限公司

主題: A.海洋能與離岸風力

國科會計畫：

通訊作者：陳信宏

E-mail: hander@mail.ncku.edu.tw

Tel: 06-2371938 ext. 701

摘要

太陽能板的設置可能占用大量土地，而影響土地利用而引發爭議，加上取得土地成本不斷增加，因此朝向在水面上建置浮動式太陽能板。考量波浪對浮式太陽能板之影響，將於浮式太陽能板前方放置浮式消波設施，以減緩波浪對浮式太陽能板之作用與破壞。因此，本研究以水工模型試驗探討 Wave Eater 與浮桶此 2 種不同型式消波單元組合之消波效率，並搭配消波單元不同之排列方式，以保護後方浮式太陽能板之穩定性。

關鍵詞：浮動式太陽能板、浮式消波設施、水工模型試驗、Wave Eater、浮桶、消波效率

一、研究目的

世界各國為了達成 2050 淨零排放的目標，無不積極規劃相關的再生能源使用，太陽能板就是其中之一。但太陽能板的設置有可能占用大量土地，而影響糧食生產、漁業養殖、野生生物的可利用土地而引發爭議，加上取得土地成本不斷增加，在陸地設置太陽能面臨發展困境，因此太陽能板的放置地是我們需要審慎思考的課題。既然陸地上的空間嚴重不足，因此已經開始將太陽能板放在水面上，如放在水庫、水壩、人工湖、潟湖、湖泊、海上等，也就是在水面上建置浮動式太陽能板(Floating Solar Photovoltaic, FSPV)。

由於浮動式太陽能板不需設置於陸地上，因此取得設置場址部署浮動式太陽能板成本較低。再者，太陽能模組在較低溫的條件下發電效率較高，因此浮動式太陽能板利用水自然冷卻的優勢，可比陸域太陽能多產生 10%的電量。此外，浮動式太陽能板可防止水分蒸發（最多可減少 40%的蒸發量）達到節水效益，亦可抑制藻類生長與較無沙塵積累於面板上影響效率。但根據統計浮動式太陽能的設置成本約為陸域太陽能的 1.25-1.5 倍。然而，隨著部署規模擴大，浮動式太陽能設置的成本將呈現下降趨勢。另外，若在海上設置浮動式太陽能，其環境條件(包括強風、海浪、高鹽度)也將使得浮動式太陽能的營運和維護更為複雜和耗時。

國內位於彰濱工業區之浮式太陽能發電區或規劃建置於海上之浮式太陽能板，考量波浪對浮式太陽能板之影響，將於浮式太陽能板前方放置消波設施，以減緩波浪對浮式太陽能板之作用與破壞。因此，本研究以水工模型試驗探討消波設施之消波效率，

以保護後方浮式太陽能板之穩定性。

二、研究方法

為使模型試驗結果儘可能與實際現象吻合，則試驗與實體必需滿足幾何相似、運動相似與動力相似，本研究之浮式消波單元安定及消波效率試驗將考量模型相似律。消波單元設施與繫纜繩所受之外力以波力為最主要，而波浪運動主要受重力所主導，因此實體與模型間動力相似需遵循福祿律(Froude law)，亦即實體之福祿數與模型之福祿數應相同。本研究考量福祿數與滿足動力相似條件、試驗範圍、實驗設備、水深及試驗場地大小等因素之限制，決定水工模型試驗之長度比尺為 1/10。

本研究將以 Wave Eater 與浮桶此 2 種不同型式之消波單元組合來探討消波效率，並搭配消波單元不同之排列方式，消波單元如圖 1 所示。

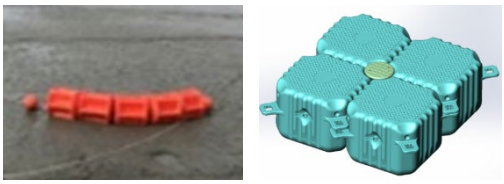


圖 1 Wave Eater 與浮桶消波單元

浮式消波單元試驗於成功大學水工試驗所內之風波流水槽中進行，規劃之試驗佈置如圖 2 所示。將消波設施組裝完成後，再佈置於風波流水槽之造風機後方之試驗區域位置，並於浮球上配置好繫纜繩與底床上之錨錠塊，而於消波設施前後各架設 3 組波高計以記錄入射波高及透射波高。另外，試驗造波過程中架設攝影機進行錄影，並觀察消波設施於波浪作用下之運動行為與安定性。

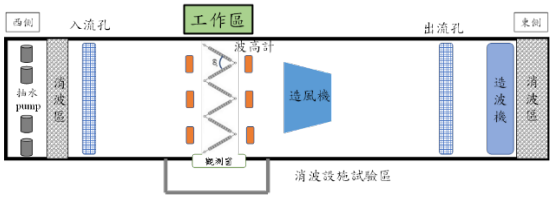


圖 2 浮式消波單元試驗佈置示意圖

三、初步結果

Wave Eater 型式之消波單元以 10 個 Wave Eater 單元串接的方式組合成長條狀，再依夾角 60°與 100°不同的排列方式來探討其消波效能；而浮桶型式之消波單元以 18 個浮筒單元串接的方式組合成 2 排長條狀，而下層則間格排列，再依夾角 60°與 100°不同的排列方式來探討其消波效能，以進行兩種消波單元之比較。

Wave Eater 與浮桶消波設施試驗初步結果，整體來看 Eater 與浮桶消波設施都是以 60°的佈置方式有較佳之消波效率，而兩者消波設施比較之下，相對以 Eater 消波設施之消波效率更好，在波浪週期 1.58 秒時，其消波效率達到 36.3%，比浮桶消波設施多了 5%。而當波浪週期為 3 秒時，Eater 與浮桶消波設施的消波效率都明顯下降，分別降至 6.2%與 6.9%；在週期大於 3 秒後，消波效率普遍偏低約 2～4%之間。

圖 3 為 Wave Eater 與浮桶消波設施於波浪週期與消波效率之關係圖。綜合試驗結果，消波效率明顯與波長有關，當週期越大則波長越長，相對消波效率就會變差；由試驗結果判斷這與消波設施的寬度有關系，當波長長度大於消波設施的寬度後，則消波效率明顯變小。以 Wave Eater 消波設施 60°的佈置來計算，其消波設施的寬度約為 8～9 m(考量加上浮球後之寬度)，當波長大於 9 m 後，消波效率快速變差；這也反應出 100°的佈置方式，因其消波設施的寬度更窄(6～7 m)，所以消波效率都比 60°的佈置方式來的小。

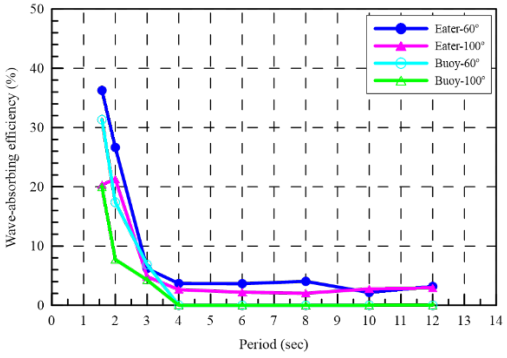


圖 3 Wave Eater 與浮桶消波設施於波浪週期與消波效率之關係圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

浮動式離岸風力發電場址結合儲能系統之儲能需求預估

林亭里 [1]　楊舜涵 [1*]

[1]國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系

主題: A 海洋能與離岸風力

通訊作者：楊舜涵

E-mail: hedyshyang@ntu.edu.tw

Tel: 02-3366-5744

摘要

因自然風變動造成風力發電之發電不穩定性，若於風力發電場中結合儲能系統減少發電負載高低峰落差，預期可降低發電量變動衝擊電網所造成之損失。本研究之研究目的為建立離岸風力發電場之儲能需求預估方法。研究中以臺灣浮動式離岸風電潛力場址假設為儲能應用的目標場址，透過評估離岸風力發電場址環境特性，並參照再生能源併網規範，推算目標場址的儲能需求量。本研究成果可作為未來近一步開發儲能系統所用，所建立之場址評估與儲能需求推算方法，亦可作為其他海洋再生能源應用之參考。

關鍵詞：浮動式離岸風力發電、儲能需求、風場評估

一、研究目的

隨著再生能源的持續發展，其發電特性對於電力電網應用所造成之衝擊逐漸擴大。以離岸風力發電為例，因利用自然風能發電而存在的間歇(intermittent)、變動 (stochastic) 及不穩定 (unsteady) 等特性，使得大量再生能源併網時難以預測每一瞬間之發電量，其併聯的電網亦可能面臨系統頻率、電壓不穩定等情形，減損供電可靠度 (吳進忠與鄭宇軒, 2020)。為降低應用再生能源對於電網衝擊的潛在問題，可設置合理容量的儲能系統，因應增加的調頻備轉需求量。儲能系統除了可應用於削減發電量高低峰的落差，也能用於升降載率控制 (太原麗子, 2019)。

因應臺灣未來朝向浮動式離岸風力發電發展之願景，本研究旨於探討潛在浮動式離岸風力發電場之儲能需求，作為往後開發浮動式離岸風場所用之儲能系統時，擇定儲能裝置之限制條件。

二、研究方法

本研究共分為二大步驟：

1. 定義目標風場。此步驟比較現有浮動式風場潛在場址之場址條件，擇定可代表臺灣整體浮動式風場特性之場址。再以離岸風力發電區塊開發規範，決定目標風場之環境條件、風場規模及發電能力。

2. 儲能需求分析。此步驟依據吳進忠與鄭宇軒 (2020) 建議之規範，計算營運中離岸風力發電場之儲能需求，再以步驟 1 得到的風場環境條件、發電規模，推估目標風場之儲能需求。

於定義目標風場方面，主要目標為定義具代表性之臺灣浮式風場資訊。由於臺灣現有風場之間的基本特性差異，本研究藉由離均差等統計方法排除資料極端值，減少特定風場的極端值影響分析結果。於數據分析中，則主要依據環境條件、風速條件、發電量條件，及風機數量與裝置容量條件，選定能代表整體風場的基礎環境數值。最後，參照經濟部能源局之開發規則 (經濟部能源局, 2021)，設定目標風場環境及發電相關參數。

儲能需求分析方面，本研究依據參考文獻 (陳國墉, 2019; Hunt et al., 2021) 所建議之方法，依序評估單一風場全年每單位時間之實際發電量，並依吳進忠與鄭宇軒 (2020) 之規範修正負載曲線，計算儲能需求。其中，由於國內目前尚未正式有離岸浮式風場的發電資料，為克服此議題，本研究於發電量的計算方法如下：1. 擇定已開始營運之臺灣離岸固定式風場作為需求參考風場，並計算需求參考風場之儲能需求。2. 依據目標與需求參考風場之場址差異，修正推估目標風場之儲能需求量。

由需求參考風推估至目標風場儲能需求的計算步驟如下：1. 決定需求推估因子，用以推算目標風場之初步儲供能需求量差、儲能需求量以及供能需求量。2. 決定時長推估因子，用以推算目標風場之備轉需求儲能時長。運用推得之數據計算目標風場之目標儲供能需求量差。

三、初步成果

表 1 所示，為步驟 1 描述之目標風場定義。表中所示，包含目標風場之環境及發電參數。

表 1 目標風場相關參數設定

參數	目標風場
地點	新竹外海
離岸距離 (km)	25
水深 (m)	64 ~ 96
面積 (km^2)	123
平均風速 (m/s)	10.76
單機裝置容量 (MW)	15
風機數量	40
總裝置容量 (MW)	600
容量因子 (%)	48.92
預估淨年平均發電量 (GWh)	2,426.70

依據場址環境條件及風場規模，本研究以海洋苗栗竹南風場 (Formosa 1) 及允能雲林風場 (Yunlin Wind Farm) 作為需求參考風場。圖 1 便為透過前述步驟 2 之儲能需求分析方法所得之需求參考風場的儲能需求。

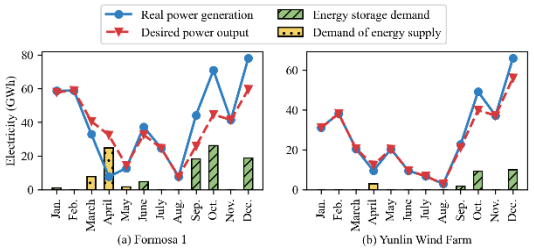


圖 1 需求參考風場之儲能需求

目標風場之儲能需求相關評估結果如表 2 所示，在初步及目標儲功能需求量差上皆為正值，表示目標風場本身發電所需儲存之電量，可滿足限制規範下不足之電量，即為儲能需求量多於供能需求量。

表 2 目標風場之儲能需求相關評估結果

參數	目標風場
儲能需求 (GWh)	1,241.9
能源供應需求 (GWh)	1,051.1
初步儲供能需求量差 (GWh)	190.8
備轉需求時長 (hr)	1,246 ~ 1,835
備轉需求電量 (GWh)	74.8 ~ 110.2
目標儲供能需求量差 (GWh)	80.7 ~ 116.0

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

離岸浮動式風波雙能發電系統之創新開發與研究

蘇煒程 [1]　楊舜涵 [1*]　毛柏權 [1]

[1]國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系

主題: A 海洋能與離岸風力

國科會計畫：NSTC111-2222-E002-010-MY3

通訊作者：楊舜涵

E-mail: hedyshyang@ntu.edu.tw

Tel: 02-3366-5744

摘要

本研究希望透過創新開發離岸浮式風波雙能發電機(Wind-wave energy system, W2)，提升現有離岸能源場域之單位面積可用發電量，突破單一離岸風力機發電產能的極限，並使波浪發電成本得以降低，以強化波浪能之經濟可能性。於本研究當中，以 UMaine VolturnUS-S Reference Platform 為載台基礎，並基於應用在台灣離岸能源場域的假設下，進行加載於載台之上的點吸收式波浪發電機設計。最後，在確認波浪發電機之設計參數後，以數值模擬方式預估風波發電機系統之水動力特性及發電量。本研究預期完成 W2 發電機系統於台灣海域之設計與經濟評估技術，以延伸拓展台灣離岸海洋再生能源之可能。

關鍵詞：風波雙能發電機、耦合分析、運動與結構響應、海域波浪資源分析、發電特性分析

一、研究目的

因應國際推動 RE100，全球再生能源需求大幅增加，可再生能源將在未來成為主要能源，使得各國皆致力發展再生能源技術。

而台灣近年也於西部離岸建設風力發電場域，截至 2023 年，台灣離岸風電裝置容量已超越陸域風電，可見離岸風電已成為台灣主要風力能源形式。但隨著近岸海域空間趨於飽和，未來將逐漸往更深海域開發獲取更多風能資源，浮動式風機基礎也將成為此趨勢下一項重點技術。

此外，波浪發電亦作為台灣離岸海域中之再生能源種類，台灣島嶼周圍海域具有龐大潛能，但其基礎設備、海域環境與繫留系統等瓶頸，使得波浪發電成本過高，難以實現經濟價值。但 Pérez-Collazo et al.(2015) 之研究曾指出，結合浮動式風機與波浪發電機可使兩個系統共用輸電設備與繫留系統，降低兩者發電成本，並增加海域單位面積發電量，為提升波浪能經濟性之合理發展方向。

本研究之衷旨為建立適用台灣海域之風波雙能系統並提供此系統之發電量預估方法，以評估是否具有建設風波雙能系統之可能。於此次發表之研究成果中，則是預先建立所需之數值模擬方法，以分析 W2 發電機系統之水動力特性及波能發電特性。

二、研究方法

本研究首先針對台灣第三階段區域開發場址中的環評報告書進行資料分析，以提取可用於波能發電機設計之環境參數基礎資訊。在針對各海域進行比較評估後，本研究初步選定新竹外海作為波能發電機的規格參數制定基礎。新竹外海之風、波環境資料如表 1 所示。

表 1 新竹外海之風波環境資料

月份	平均示性波高 (m)	平均波浪週期 (s)	平均風速 (m/s)
1	1.28	5.0	14.28
2	1.20	4.9	12.62
3	0.95	4.7	11.38
4	0.73	4.5	11.38
5	0.64	4.3	9.93
6	0.67	4.2	12.62
7	0.63	4.2	11.59
8	0.61	4.5	9.52
9	0.89	4.8	10.14
10	1.23	4.9	14.90
11	1.20	4.9	14.07
12	1.35	5.0	16.35

本計畫選用美國緬因大學設計之 UMaine VolturnUS-S Reference Platform (Christopher et al., 2020)作為基礎載台，其上搭載 IEA 15MW 風機 (Gaertner et al., 2020)，其下則根據表 1 之資料進行波能發電機之設計。設計項目包含載台與波浪發電機結合形式，並根據海域條件率定波浪能量轉換器與輔助功率輸出裝置類型，以達到 W2 發電機之最佳結合性，並降低可能面臨之風險。

於發電產能部分，在基於風力發電機和波能發電機彼此獨立的假設下，分別解析風機葉片所能截取之風能評估風力發電量，並根據線性理論評估波浪機之發電量。

最後，將進行全系統之全域耦合分析，以評估風波雙能發電機於實海域下運動與受力響應。於全域分析中，首先將頻域之水動力係數轉換成時域響應函數，並利用連續體力學解析系統內桿件之相對運動，最後在假設特定之風波流海況條件後，模擬預估時域下載台之運動以及波浪發電機、風力發電機之發電量。亦可透過建立多種幾何設計模型，比較波浪發電機排列配置，以對比各種設計下響應差異，藉此尋找風波雙能系統最佳之機組幾何配置及數量。

三、初步結果

本研究初步以三台裝置容量為 30kW 之波浪發電機與載台結合。根據表 1 所示之環境參數，圖 1 及圖 2 分別呈現風力發電機及波浪發電機之發電量預估結果。由圖 1 可知，新竹外海的風力潛能，均可使風機在各月的平均發電量接近裝置容量 15MW。相較於離岸風力發電，波浪能發電量則落在 kW 級，且尚未達到理想設計之裝置容量，故有進一步優化的空間。此外，主要風力和波浪發電季節似乎有相依性，均落在冬季期間，推測是由於盛行之東北季風使風力潛能增加，亦帶來較多波浪潛能。

由於目前假設兩種機組間無相互影響，故可預期再將兩者機組結合所得之發電量，預估將會和現有的結果有所差距。另外，由於初步結果尚未評估風波雙能發電系統與單一風力發電系統的全域運動差異，且未完成波浪發電機與浮台結合的最適化設計，後續將以實際模擬機組間相對運動速度進行波浪潛能預估，完善風波雙能系統之開發可能性評估流程。

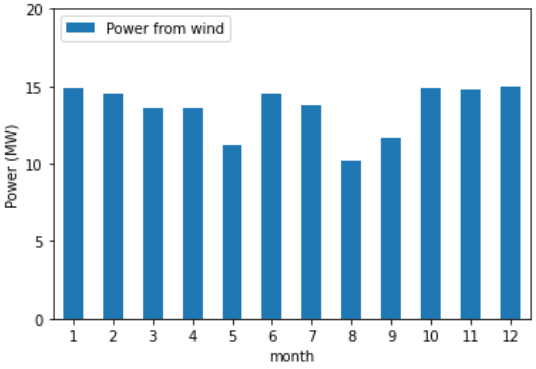


圖 1 新竹外海各月風力發電量

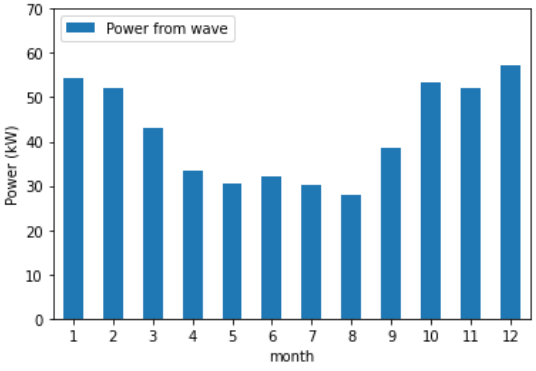


圖 2 新竹外海各月波浪發電量

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

節點潮對臺灣沿海海圖高程估算的影響

張憲國 [1] 陳蔚瑋 [1] 劉勁成 [1]

[1]國立陽明交通大學土木工程學系

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：MOST 111-2221-E-A49-020-

通訊作者：張憲國

E-mail: hkc@nycu.edu.tw

Tel: 03-5131487

摘要

海圖高程對於港口工程的航行安全和結構設計是非常重要的因素。 18.6 年周期的節點潮影響某些成分潮的調合常數，進而影響海圖潮位的估算。本文首先以澎湖站的長期潮位資料為例，說明節點潮的分析方法及其對調合常數特徵的影響。使用台灣海域周圍 34 個驗潮站的 2012 年至 2013 年每小時數據，估算傳統設計使用的近似最高高水位(AHHW)和近似最低低水位(ALLW) ，並比較國際標準的最高天文潮(HAT)和最低天文潮(LAT)。所有驗潮站的 HAT 均超過相應的 AHHW，平均值為 13.03 厘米，標準差為 5.95 厘米。所有驗潮站的 LAT 均低於相應的 ALLW，平均值為 24.48 厘米，標準差為 10.95 厘米。如果考慮節點潮，這些差異比沒有節點潮修正的差異更大。

關鍵詞：海圖高程、長期潮位資料、調合分析、節點潮

I. INTRODUCTION

The design of marine structures must consider the high tide level. The more important for the structure, the higher the accessible tide level must be, and HAT can be taken as a design reference of the tide level. Additionally, the captain must pay attention to the drying height depending on the navigation (nautical) charts for the ship safely. The chart level on the navigation chart for international use is based on the chart datum, LAT. The International Hydrographic Organization (IHO) has resolved that the chart datum should be LAT [1]. LAT and HAT are defined as the lowest/highest tide level that can be predicted to occur under average meteorological conditions and under any combination of astronomical conditions. Both values are taken from 19 years of tidal predictions. The existing water level prediction methods can be mainly divided into hydrodynamic, stage routing, neural network model, and harmonic analysis (HA) methods [2].

II. METHODS

The observed tidal level, $h(t)$, at time t, can be expressed by the harmonic constants as follows.

$$h(t) = z_0 + \sum_{j=1}^{60} A_j \cos(\omega_j t - \delta_j) + e(t) \qquad (1)$$

where A_j and δ_j are the two unknown harmonic constants to be determined. When harmonic constants, z0 and A_j and δ_j are obtained using HA, we can calculate the tide level in 19 years and then

take their maximum value and minimum value to become HAT and LAT. The ALLW and AHHW can also be calculated from the sum of the amplitude of the four main constituents as follows.

$$ALLW = z_0 - (A_{M2} + A_{S2} + A_{K1} + A_{O1}) \quad (2)$$

and

$$AHHW = z_0 + (A_{M2} + A_{S2} + A_{K1} + A_{O1}) \quad (3)$$

After the calculation of f_j and u_j in 19 years, the tide level for each year can be calculated, and then the maximum and minimum value of all tide levels can be found, which is called HATn and LATn.

III. RESULTS

Observational data were collected on an hourly basis of 34 gauges for HA. Among them, most stations are classified as stable stations with a life of more than 10 years.

The hourly tide level data of 34 stations from 2012 to 2013 were selected to compute the tide level chart using HA. Figure 1 shows that ALLW, LAT and LATn vary from station to station, and ALLW of each station is the highest and LATn is the lowest.

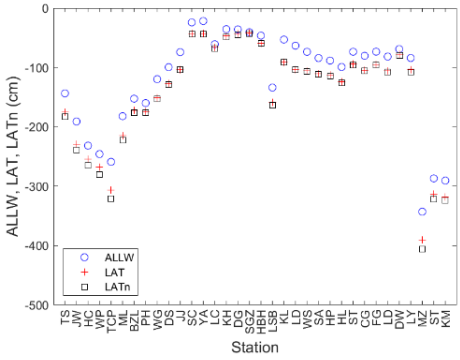


Figure 1: ALLW, LAT and LATn of 34 tide gauges

According to this method, the other differences in the figure between LATn and ALLWn, HAT and AHHW and HATn and AHHWn are shown in the crosses, the x crosses, and the diamonds in Figure 2, respectively. The corresponding statistical estimates of the difference at the chart level are: maximum, minimum, mean, standard deviation (std), which are presented in Table 1.

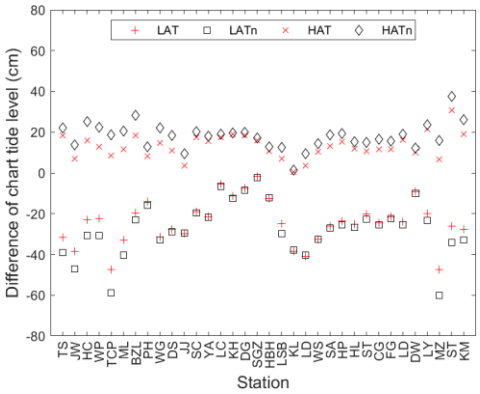


Figure 2: The difference between HAT or HATn and AHHW and between LAT or LATn and ALLW for 34 tide gauges

Table 1: Maximum, minimum, mean, and standard deviation of different chart level differences (unit: cm)

Difference	Max	Min	mean	std
LAT-ALLW	-1.73	-47.55	-24.39	10.95
LATn-ALLWn	-2.44	-60.19	-27.57	13.13
HAT-AHHW	30.78	0.31	13.03	5.95
HATn-AHHWn	37.60	1.35	18.02	6.30
ALLWn- ALLW	-0.03	-3.31	-0.53	0.90
LATn-LAT	0.40	-15.40	-3.71	4.35
AHHWn- AHHW	3.31	0.03	0.53	0.90
HATn-HAT	13.08	0.61	5.53	3.49

We explore the differences in high tides and low tides based on different types of chart datum. The difference between ALLW and LAT is between -1.73 cm and -47.55 cm with a mean of -24.39 cm and a standard deviation of 10.95 cm. As for the difference between LATn and ALLWn, it ranges between -2.44 cm and -60.19 cm, and the mean and std are -27.57 cm and 13.13 cm, respectively. The range and std of the latter difference are larger than those of the former. The minimum value of these two differences is at the SGZ station and the maximum value is at the MZ station.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

弱湧波與垂直牆互制下之反射波流場特性探討

徐瑋崙[1]　林呈[1]　高明哲[1]　羅立芳[1]　黃晨洧[1]　黃昱元[1]

[1]中興大學土木工程學系

主題：B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：MOST 109-2221-E-005 -026 -MY3

通訊作者：黃昱元

E-mail： king121612166@gmail.com

Tel： 0975730370

摘要

本研究應用流場可視化法與具備高時間解析度之 HSPIV 量測系統，針對弱湧波行進水平底床並與垂直牆相互作用下之反射波流場特性進行分析。過去之相關研究中，較少去探討弱湧波之反射波，然 Lin et al.(2020)則是有針對弱湧波之入射波進行實驗探討，故本實驗將延續其實驗內容，針對反射波的部分，以流場中的變化為研究目標。以不同上、下游水深比 h_1/h_0 = 1.70、1.61、1.50 及 1.40 的實驗條件下進行實驗量測，其中 h_1/h_0 = 1.70 為主要研究目標。探討波形隨時間而逐漸衰退之特性，並觀察到波峰值跳躍之情形類似波的調幅現象。先於巨觀之角度量測全水深之速度場，再以微觀之角度針對邊界層深入分析，並透過速度時序列觀察流場速度隨著時間的變化。後面則是針對不同實驗條件進行無因次化之相似性分析，最後嘗試進行弱湧波反射波波型、速度的分離，並觀察到引導波於波形與速度時序列中呈現之特性和上述提到的調幅現象也有其相似性。

關鍵詞：弱湧波、反射波、垂直牆、調幅現象、波形分離

一、研究目的

回顧歷史，2004 年 12 月印度洋海嘯，由一次強烈海底地震引發，海嘯的侵襲造成數十萬人失去生命。接著在 2011 年 3 月 11 日於日本附近發生了規模 8.8 的大地震引發海嘯，其中受影響最深的日本東北地區沿海城市和島嶼，甚至遭受了高達 40.1 公尺的毀滅性海嘯衝擊，造成了巨大的破壞並重創日本，上述的事件都凸顯了對海嘯研究的迫切需求，如何防患未然，尤為重要議題。

自 1935 年以來，湧波的研究在各個方面都取得了很大的進展，對波浪進行了各式研究其包括：Favre (1935)於研究中觀察到，並提出湧波的形式，而 Stoker (1957) 和 Peregrine (1966)，更是近一步探討了湧波的動力學行為和波浪理論的應用。Shimozono (2011)則是透過觀察流場的特性後，提出湧波強、中、弱的一個指標。Feng et al. (2014)利用 PIV 量測系統探討強湧波於 1：6 傾斜海灘上傳播時，邊界層流中速度剖面與床底剪應力(透過對數定律法估算而得)之時間變化。Lin et al. (2020 a)則是以更多種不同的上下游水深比、邊界條件下進行實驗，對波型、流場速度、流場加速度進行更詳盡之研究。

本文為了初步解湧波行進於水平底床過程中，反射波之自由表面運動與內部流場運動特性，對沿海地區造成之衝擊破壞，故利用本實驗模擬海嘯發生時，弱湧波撞擊構造物產生反射波之運動情形。

二、研究方法

本文利用質點軌跡可視化法(FV)以及高時間解析度量測系統(HSPIV)，於流體中加入二氧化鈦模擬水中質點，針對弱湧波行進於水平底床時之運動特性探討。本實驗於中興大學雷射實驗室的精密造波水槽中進行。水槽總長度為 14.0 m，寬度為 0.25 m，高度為 0.5 m，水槽底部及兩側均安裝透明強化玻璃，以利觀察實驗之流場運動特性以及高時間解析度 HSPIV 系統進行量測。於水槽上方設有電動閘門，透過控制上、下游之水深並搭配開關進行驅動，進而製造出不同波浪條件之弱湧波。

本文針對不同上、下游水深比進行波浪於撞擊垂直牆後，透過自由表面粒子運動軌跡，以量測自由表面之速度分佈，同時將閘門啟動瞬間定義為 t = 0 (s)。隨後再探討受到垂直牆反射前後邊界層的速度場特性。

三、初步結果

透過流場可視化法與高時間解析之 PIV 量測系統進行量測拍攝，擷取自由表面水粒子運動的速度變化。首先定義垂直牆模型板置於距電動閘門下游 500 cm 處，x = 0 cm，往上游為負方向，透過架設之超音波式波高計量測，可以獲得弱湧波在不同實驗條件下於垂直牆前之波形水位時序列資料，如圖 1 所示，上下游水深比分別為 1.70、1.61、1.50 及 1.40 的實驗條件，其中包含 Lin et al. (2020)於入射段之實驗數據，從圖 1 中可見在入射段呈現良好的再現性，而反射波因受到垂直牆反射波疊加的影響波形水位受到提升，先是產生一明顯高於入射段波高之波峰相位，後續波高則是隨著時間持續的下降，另一方面可以注意到上下游水深比 1.70 的波形資料中，於反射段第四個波峰相位出現一處波形跳躍之情形，與波的調幅現象(modulation)有其相似。

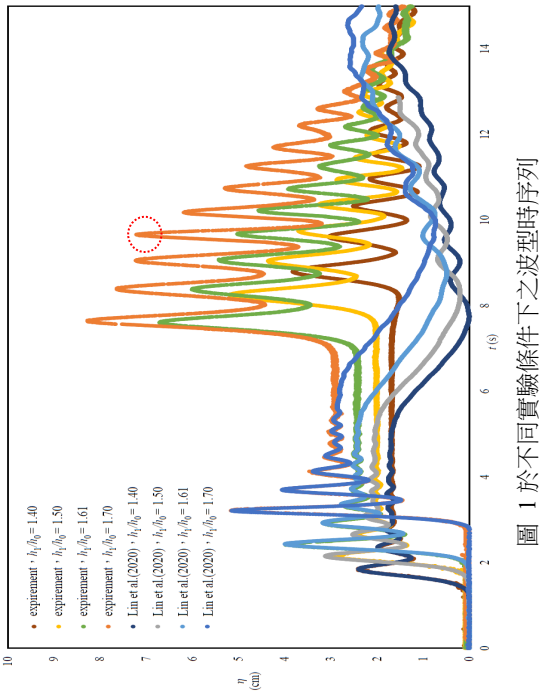


圖 1 於不同實驗條件下之波型時序列

由孤立波入射垂直牆之實驗過程中，內部流場之自由流速 u_∞會隨著時間先是大幅下降，接著則是於正負之間來回震盪，最終只剩下負向速度，如圖 2 所示。而於 t = 7.250 s，波形水位於上升段時，發現在入射波開始受到反射波影響時，會於底床開始產生一逆向速度，接著往負向方向持續加速直到第一個波峰相位。

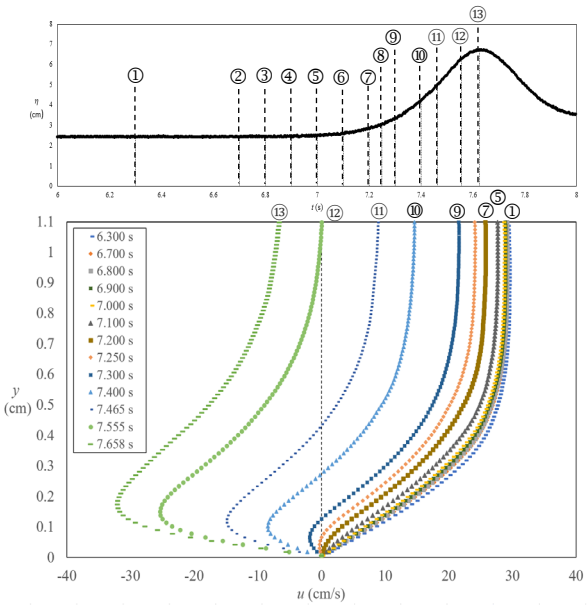


圖 2 於不同水面波型相位之速度剖面

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

海岸光學影像中瞬時波浪溯升水線之 AI 辨識

莊士賢[1]、何永寶[2]、鄭詰霖[3]、蔡博安[4]、陳美慧[4]

1 國立成功大學海洋科技與事務研究所副教授
2 國立成功大學海洋科技與事務研究所碩士暨研究助理
3 國立成功大學海洋科技與事務研究所碩士生
4 國立成功大學海洋科技與事務研究所博士生

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫： NSTC 112-2221-E-006-148

通訊作者：鄭詰霖

E-mail：NA6114021@gs.ncku.edu.tw

Tel：06-2757575 #63244 #21

摘要

本研究評選出兩套 AI 網路架構（U-Net 與 DeepUNet）進行溯升水線偵測的深度學習，原始資料來源是利用無人飛行載具在海岸沖刷區所拍攝的光學影像，各幀影像對應的遮罩圖像是以改良版水線偵測演算法的偵測結果，輔以人工修正來產出。然後對二套架構分別選配不同的超參數組合，來進行模型的深度學習，並以同一測試集做效能評估和比較，以評選出最優模式。最後再以數個特性不同的測試集，檢驗最優模式在不同時空環境與條件下的溯升水線偵測能力。結果顯示，最優模式在面對多變的海岸環境和海象條件、及相異的攝影狀況下取得的各類光學影像，大都能提供精準且可靠的偵測結果，充分證明了其在辨識溯升水線方面的強大能力，也突顯後續應用在相關議題上的巨大潛力。

關鍵詞：水線辨識、深度學習、U-Net、DeepUNet、影像分割、光學影像

一、研究目的

全球海岸存在諸多議題，其中如侵淤、污染、生物多樣性喪失和海平面上升等日益引起關注。要處理海岸的侵淤和海平面上升問題，首要是掌握海岸線變化，但傳統監測海岸線方法難以持續獲取大量高解析度的海岸時空資訊，而如今無人飛行載具（UAV，以下簡稱無人機）拍攝影像及人工智慧自動偵測物件技術逐漸成熟，如能整合此二種新興科技，將可成為海岸監測的有效工具之一。

海岸線指的是陸地與水體相交的邊界，而海岸線會隨著時間而變化，因此在不同時間點可能會有不同外觀與位置，以至於在定義上，海岸線就有許多方式，而本研究是根據波浪溯升時的前緣水線（以下簡稱溯升水線）來做定義。

本研究目的是選用深度學習模型，並調配其超參數組合，以評選出一套最優模式來偵測溯升水線。據此，提出四項研究目標：

1. 改進並優化莊（2020）所提出的水線偵測演算法的效能。
2. 建立半自動化處理程序，產出單幀影像的對應遮罩圖像。
3. 選用適用於研究主題的深度學習架構，進行溯升水線辨識的深度學習。
4. 創建不同時空環境與條件類型的多種測試集，以檢驗最優模式偵測溯升水線的正確性。

二、研究方法

本文之研究區域為 2019 年 09 月 11 日於台南七股潟湖西側沙洲（網仔寮沙洲），該區域的海岸水深和地形變化平緩。在進行觀測時，無人機的懸停高度約為 300 公尺，每次觀測時間為 5 分鐘。考慮到波浪取樣頻率、攝影機幀率與電腦效能等因素，選擇以 3Hz 的影像擷取頻率進行後續分析。儘管無人機具備自動定位功能，但因攝影機晃動與移動，可能會導致影像空間錯位的情況，因此需要對每幀影像進行特徵偵測、特徵匹配、影像轉換，以及重取樣的技術來降低影像錯位之情況。

深度學習模型之預測結果的成功關鍵在於正確地標注目標，儘管標注過程可能耗時費力且需要具備專業背景知識，但對於深度學習來說，此步驟的正確性和嚴謹度決定了模式辨識結果的準確程度。因此，為降低人工標注溯升水線的不確定性，並確保標注的正確性，本研究首先改良莊等（2020）所提的水線偵測演算法，再以其偵測結果輔以人工修正的方式來完成逐幀影像的溯升水線標注。

莊等(2020)所提出的水線偵測演算法在偵測時，會因影像當中的雜訊和異常光線出現誤判的現象，本研究提出多項改良策略。首先，引入更嚴格的品管機制，透過合理性和連續性品管步驟，能有效排除大部分異常值（如圖 1 之左圖），但過程仍需要進行人工檢查，以確保標注影像的穩定性。其次，優化演算法對多條水線的偵測能力，使改良版的水線偵測演算法能在單幀影像上偵測多條溯升水線（如圖 1 之右圖）。

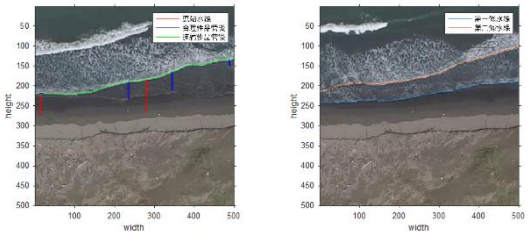


圖 1 改良版水線偵測演算法之偵測效果

改良版水線偵測演算法(WDA)偵測出多條溯升水線後，將結果（如圖 2 之左圖）載入標注工具進行人工修補，且透過光譜分析介面確認水線位置的正確性，並將碎浪水線從溯升水線中去除（如圖 2 之中圖），最後生成深度學習模型所需的遮罩圖像（如圖 2 之右圖）。

本研究採用 U-Net 和 DeepUNet 作為深度學習模型，進行溯升水線辨識的訓練和效能測試評估。對於每種模型的重要超參數，包括訓練次數、批次量、學習率、優化器和激活函數，均從文獻中整理出超參數組合與函數，隨後針對每個超參數和其他超參數選項的組合，進行逐一的測試和比較，以找出每個模型優化後的最佳設定。

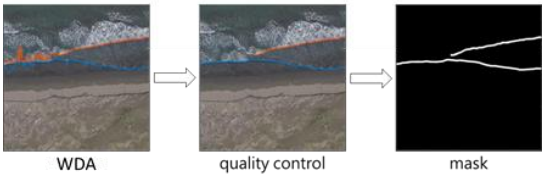


圖 2 資料標注程序示意圖

三、初步結果

將 U-Net 和 DeepUNet 進行不同超參數選項的搭配組合之測試，並以精確率(precision)、召回率(recall) 和 F1-score 作為效能評估指標，據以決定兩模型之各超參數的最佳設定。經綜合比較後，DeepUNet 的溯升水線偵測結果之三項評估指標分數皆優於 U-Net (表 1)，檢視偵測效果也發現 DeepUNet 的辨識結果更為精細與正確（見圖 3）。因此本研究選擇以 DeepUNet 搭配其最佳超參數組合（訓練次數 50 次、批次量 2、學習率 1e-3、優化器為 Adam、激活函數為 PReLU）作為最優模式，並據以進行後續多種類型的測試集檢驗及案例探討。

表 1 溯升水線偵測效能之評估指標分數

	精確率	**召回率**	**F1-score**
U-Net	53.7%	78.2%	63.7%
DeepUNet	86.0%	90.1%	88.0%

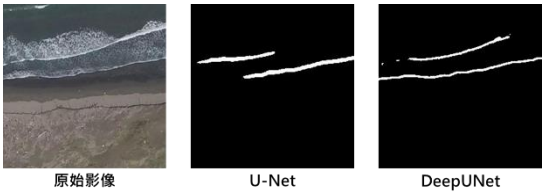


圖 3 U-Net 與 DeepUNet 之最佳化模式的溯升水線偵測結果比較

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立台灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

海流出現對波浪特性影響之觀測研究

李鑑洲 [1]　王駿瑋 [1]　董東璟 [1]

[1]國立成功大學水利及海洋工程系

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：MOST 110-2221 -E-006 -072 -MY3

通訊作者：李鑑洲

E-mail:N86114245@gs.ncku.edu.tw

Tel:062757575#63244-24

摘要

波浪和海流間會產生交互作用，本研究目的在於探討海流出現時對波浪特性之影響，透過研究發現以貝斯推估法(BDM)對波浪方向特性的整體解析能力較佳，本研究分析高雄興達電廠棧橋海域 7204 筆陣列式波高儀之流速觀測結果發現，當波浪和海流方向相反時，波浪能量會堆疊，波高變大且與流速成正比，流速增加 0.3m/s 時，波能增加 2%，且波浪主頻會由高頻往低頻移動，波浪方向會受到海流影響而偏移，當波浪與海流方向近乎垂直時，會出現最大的波向偏移，隨著海流速度的增加，此偏移量愈大，本研究基於現場實測數據分析獲得定量數值，對於掌握波流交互作用有更多的認識。

關鍵詞：方向波譜、海流、波流交互作用、BDM、MLM、IMLM、MEM

一、研究目的

臺灣四面環海，人們的日常生活與海洋環境有著密切關係，在各式海洋環境因素中，波浪是對人類影響最大且最為複雜的環境因子，對海上產業來說瞭解波浪的方向以及能量大小是至關重要的，在海洋中，複雜的海流運動對波浪動力學有重要影響，直接觀察波浪在複雜海流條件下的動力學有助於揭示波流交互作用的機制，並可應用於多種工程領域，本研究的目的是探討波浪與海流之間的相互作用。

本文將彙整不同海況條件下的方向波譜數據，分析其能量和方向的分布情況，接著，分析高雄外海在不同流速、流向下對方向波譜造成的影響。

Longuet-Higgins & Stewart (1961,1964)描述波浪和海流交互作用時引入輻射應力的概念說明了波浪和海流之間存在能量轉移。爾後，Bretherton & Garret (1968)定義了波浪和海流共存時，內部能量轉移的作用，在波浪生成或耗散不存在的情況下，波浪作用是守恆的，引入波浪作用的概念可以簡化波流相互作用的數學式。

二、研究方法

由於潮汐影響，會導致在計算交錯譜時出現誤差，因此參考 Goda(1985)提出的分析方法進行去潮位分析。由 Isobe(1984)推導出的方向波譜的基本理論可得任意兩波浪特性間的交錯譜與方向波譜之關係通式如下：

$$\Phi_{ij}(f)=\int_{-\pi}^{\pi}H_i(f,\theta)\bar{H}(f,\theta)\{Cos[k(x_{ij}Cos\theta+y_{ij}Sin\theta)]-iSin[k(x_{ij}Cos\theta+y_{ij}Sin\theta)]\}S(f,\theta)d\theta$$

式中$\Phi_{ij}(f)$可由現場實測資料帶入求得，x_{ij}及y_{ij}則可以透過波高計擺放的陣列形狀求得，波數k則可以

透過微小振幅波理論的平散關係式疊代來求得，傳遞函數$H_i(f,\theta)$可以用以下式子來表示:

$$H_i(f,\theta) = h_i(f)cos^{\alpha i}\theta sin^{\beta i}\theta$$

至此式中只剩下方向波譜 $S(f,\theta)$待求，本文選擇以下四個方法求得方向波譜：

1. 最大概似法(Maximum Liklihood Method, MLM)：
   假設交錯譜為每一頻率方向譜的線性疊加，以此計算方向波譜。
   $$\hat{S}(\omega,\theta) = \frac{\varepsilon_s}{X(\theta_j,\omega_k)C^{-1}(\omega_k)X^T(\theta_j,\omega_k)}$$
2. 疊代最大概似法(Iteration Maximum Liklihood Method, IMLM)：
   利用疊代的技巧強制方向波譜估計的結果與實測得到的能量密度一致。
   $$S_{(n+1)} = S_n + v(S_{MLM} - {S_{MLM}}^R)$$
3. 最大熵法(Maximum Entropy Method, MEM)：
   透過計算出機率分布對於密度函數的偏差值最小的時刻，可以應用於推導方向分布函數。
   $$\phi_j(f) = \frac{\Phi_{mn}(f)}{S(f)} = \int_0^{2\pi} q_j(\theta)D(\theta|f)d\theta$$
4. 貝斯推估法(Bayesian Directional Spectrum Estimation Method, BDM)：
   藉由估計每個頻帶上的分布函數使其達到與數值模擬出的方向波譜一致以修正誤差。
   $$\sum_{i=1}^{2N}\{\phi_i - \sum_{k=1}^{K}\alpha_{ik}\exp[x_k]\}^2 + \mu^2\sum_{k=1}^{K}(x_k - 2x_{k-1} + x_{k-2})^2 = \varepsilon_u^2$$

為了驗證方向波譜之正確性，透過數值模擬方式模擬一個實際海況所得的波浪資料作為目標值，並比較四種方法的差異，分別探討海流對波高、波浪主頻及波向的影響。

三、初步結果

本研究蒐集了高雄興達港外橋上之波高計所測得的水位資料以及由流速儀觀測到的流速資料，時間為 2015 年 7 月至 2016 年 7 月，每 15 分鐘一筆，一天共有 96 筆資料，每筆資料共有 512 點。

比較四種方法的解析度，發現貝斯推估法的表現最佳，與目標值的相關性高達 0.96，其餘三種方法在雙峰情況下的解析能力都不佳(如圖 1)，因此以貝斯推估法進行後續研究。

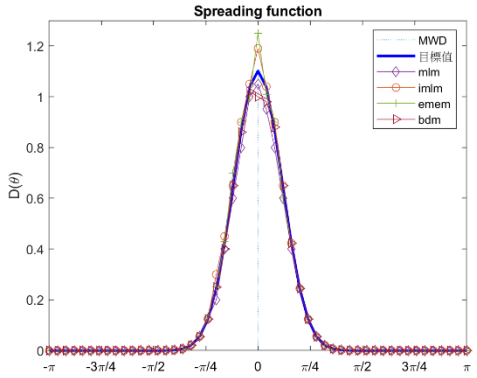


圖 1 MLM、IMLM、EMEM、BDM 與目標值之相關性分析

波流同向時，波浪能量受海流能量壓制，波高下降，波流逆向時，波浪前行的力量與海流相反，使得能量堆積，波高反而增加。

下表之變化率定義如下：

$$變化率 = \frac{受海流影響之示性波高 - 無海流影響之示性波高}{無海流影響之示性波高} \times 100\%$$

表 1 順向流之示性波高變化

流速(m/s) / 風速(級)	<0.3		0.3~0.6		>0.6	
	H_{m0}	變化率	H_{m0}	變化率	H_{m0}	變化率
1 級風	1.35	-0.7%	1.33	-2.2%	1.32	-2.9%
2 級風	1.46	-0.7%	1.45	-1.3%	1.44	-2.0%
3 級風	1.53	-0.6%	1.50	-2.5%	1.50	-2.6%
4 級風	1.58	-0.6%	1.57	-1.2%	1.57	-1.3%

觀察流與週期的關係時，發現當順流時，不同風速皆會出現尖峰頻率會隨著順向能量的上升從低頻逐漸往高頻前進的現象；逆流時，尖峰頻率則會隨著逆向能量的上升從高頻逐漸往低頻前進。在測試海流強度對波浪方向影響的環節中，則發現隨著流速增加，波浪的偏移量確實有增加，後續將針對流、周期和波向之間的相互作用進行定量討論。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

高雄港外海風驅流研究

陳昭祥 [1]　林勝豐 [1,]

[1]國立高雄科技大學海岸水與環境中心

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者： 陳昭祥

E-mail:d9047290@nkust.edu.tw

Tel:07-361-7141 **ext. 23759**

摘要

本研究以 2020 年 5 月實測觀測資料與數值模式，分析探討高雄港外海風驅流的特性。分析方法將實測與模式之風、流資料，經由低頻濾通(Low-Passed Filter)方式濾除潮汐等較高頻率的擾動，再經主軸分析(Principal Component Analysis, PCA)獲得低頻風與低頻海流於各自主軸上之速度分量。由相關性分析得知低頻海流約延遲低頻風 2 小時，相關係數(R)為 0.82，低頻海流流速約為低頻風風速之 0.035 倍。以數值模式亦可得相似之結果，但由不同大小之模式範圍試驗，得知若欲獲得與實測低頻海流同等級的流速大小，數值模式範圍須涵蓋較大的風驅海域。

關鍵詞：高雄港、低頻濾通、低頻風、風驅流

一、研究目的

高雄港為臺灣七大商港之一，也是國際重要的商港。近年其洲際貨櫃中心興建工程為我國重大建設，其工程內容包含興建新式貨櫃基地及興建石化油品儲運中心，除能強化高雄港貨櫃樞紐港之競爭優勢，亦促進高雄港、市的整體發展。高雄一、二港口與洲際貨櫃中心往來的船隻非常頻繁，而船隻進出港受風與海流影響極大。本研究以實測觀測資料探討高雄港風與風驅流之相關性，並利用 POM 模式進行風驅流模擬，除以實測觀測數據驗證外，亦獲得高雄港海域之風驅流特性，可強化港灣航行安全。

二、研究方法

本研究收集2020年5月高雄第二港口綠燈塔風力測站，與港灣技術研究中心高雄第一港口海流測站資料(見圖1)，透過美國普林斯頓大學POM模式(Princeton Ocean Model)，利用其三維模式的特性模擬高雄港外海風驅流，分析其風驅流特性。模式水平網格(見圖2)包含2組不同大小網格(A與B)，分別為1000 x1000 m(大網格)與200x200 m(小網格)，大網格範圍為22.25～23.25°N，119.50～120.50°E；小網格涵蓋高雄港，範圍為22.42～22.70°N，120.12～120.50°E。

將實測與模式風、流資料經由低頻濾通(Low-Passed Filter)方式濾除較高頻率的擾動，保留變動週期較長(頻率較低)的信號，之後作主軸分析將 U、V 向量數據投影到單一的主軸上，而保有最大的變異能量。分析頻率低於 36 小時之海流、風，定義為低頻流(風驅流)、低頻風，使用互相關性係數函數(Cross-Correlation Coefficient Function，ρxy)進行相異資料間的相關性比對。

圖 1 高雄港風流測站位置示意圖

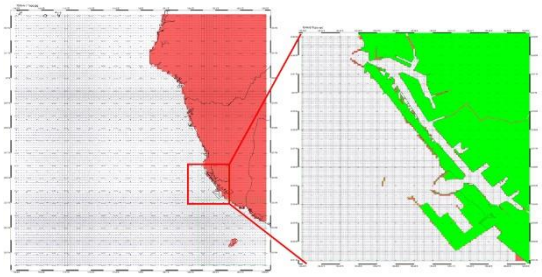


圖 2 風驅流模式涵蓋範圍圖

三、初步結果

圖 3 為 202005 期間實測與模式風與海流時序圖，實測平均風速為 3.85 m/s，模式平均風速為 3.40 m/s。實測平均流速為 22.5 cm/s(含潮流、風驅流等因子)，模式平均流速為 7.0 cm/s(僅為風驅流)。將實測與模式風、海流作低通濾波(圖 4)，實測平均低頻風速為 3.14 m/s，模式平均低頻風速為 2.85 m/s。實測平均低頻流速為 14.9 cm/s，模式平均低頻流速為 6.7 cm/s。

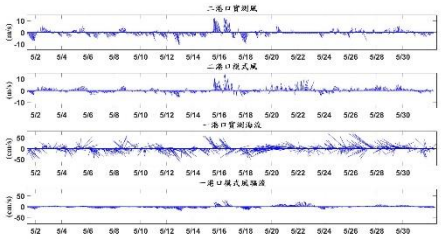


圖 3 202005 實測與模式風與海流時序圖

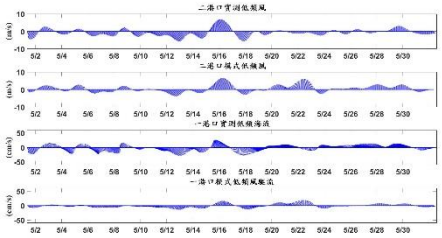


圖 4 202005 實測與模式低頻風與風驅流時序圖

圖 5 為實測與模式轉主軸低頻風與風驅流時序圖，將實測與模式低頻風流(V 向量)做回歸分析，圖 6 為轉主軸實測低頻風與風驅流延遲時間圖，轉主軸實測低頻流延遲 2 小時，回歸分析後，實測低頻流=0.035*實測低頻風，相關性 R=0.82; 圖 7 為轉主軸模式低頻風與風驅流延遲時間圖，轉主軸模式低頻流延遲 4 小時，回歸分析後，模式低頻流=0.018*模式低頻風，相關性 R=0.94。

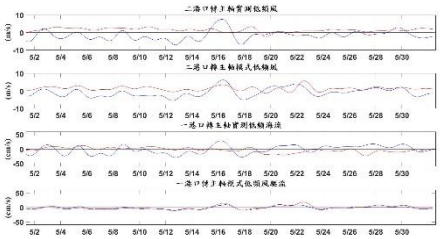


圖 5 202005 實測與模式轉主軸低頻風與風驅流時序圖

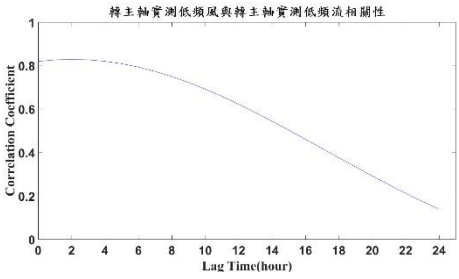


圖 6 轉主軸實測低頻風與風驅流延遲時間圖

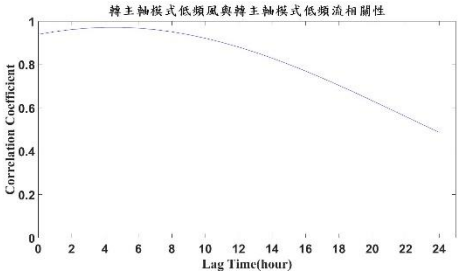


圖 7 轉主軸模式低頻風與風驅流延遲時間圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

高雄港第二港口外堤潮流特性

黃宇君 [1]　林勝豐 [1]　王樹倫 [1]

[1]國立高雄科技大學海岸水與環境中心

主題: D 港灣與海域工程

通訊作者：黃宇君

E-mail:yjhuang@nkust.edu.tw

Tel:07-361-7141 **ext. 23773**

摘要

本研究於高雄港第二港口北側離岸外堤與西防波堤設置水平海流監測系統，即時收集與分析第二港口主要航道附近距堤體 16 ~ 192 m 處的海流數據，結果顯示海流沿著北側離岸外堤繞行，主/長軸方向於外堤遮蔽區和非遮蔽區有明顯變動；退潮流速較漲潮時強，且主要流向為西北和北北西；漲潮時流速較弱，流向並不顯著。受東西方向的西防波堤影響，漲退潮流向主要為西向，且無論是月大潮(全日潮為主)或月小潮(半日潮為主)，海流流速均呈現半日週期的變化，整體變化特性明顯受到堤體結構的影響。

關鍵詞：高雄港、水平海流觀測、即時監測系統、潮流

一、研究目的

臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司(以下簡稱高雄港務分公司)為因應貨櫃船舶大型化之趨勢，實施洲際貨櫃中心計畫，於第二港口興建北側離岸外堤和西防波堤等可供遮蔽之防波堤設施，消減外海波浪經第二港口直接傳入港內，而港口附近海域的海流變化可能產生局部地形效應影響，致使防波堤附近海域潮流運動方向與區域潮流運動方向不一致。

高雄港務分公司為確保高雄港海域交通運輸之航行安全，自 2020 年 03 月起委辦『海流即時資料展示系統建置與維運委託專業服務』計畫，於高雄港第二港口兩處防波堤，架設海流即時監測站(圖 1)，收集高雄港主要航道即時海流之情形。

歷年相關研究指出高雄港潮型屬於近混合潮之全日潮型(莊文傑等人, 2012)；潮流特性呈現漲潮時流向為東南方向，退潮時為西北方向，僅在全日潮的平潮附近較為不規則(張國棟等人, 2006、劉勁成等人, 2008)。本研究主要探討洲際貨櫃碼頭工程完工後，對高雄港第二港口外堤潮流特性變化的影響。

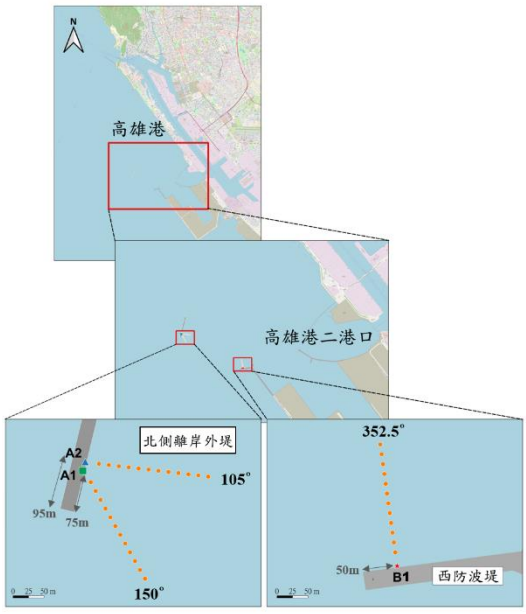


圖 1　海流即時觀測站之觀測地點

二、研究方法

本研究在高雄港第二港口北側離岸外堤 A1、A2 站與西防波堤 B1 站共設置三個水平海流監測系統，使用水平式聲學都卜勒海流剖面儀(Horizontal Acoustic Doppler Current Profilers, H-ADCP) ，觀測頻率為每 10 分鐘記錄一筆流速流向資料，每一筆資料為連續觀測 5 分鐘之每 1 秒發射一次音波的向量平均海流數據。三站之 H-ADCP 設定觀測離岸 16 公尺至 192 公尺間，每測點間距 16 公尺的流速、流向資料。

三、初步結果

配合中央氣象局 2020 年 3 月至 2022 年 2 月高雄港潮位站潮位能譜(圖 2)得知，高雄港潮位變化主要的能量集中在全日潮和半日潮兩個頻帶，且全日潮能量略大於半日潮。另外能量峰值超過 90%信賴區間的尚有 1/3 日潮及 1/4 日潮，但其能量峰值均遠小於全日潮和半日潮。若以調和分析方法探討各分潮的振幅，分別為全日潮(O1: 0.175 m，K1: 0.182 m)、半日潮(M2: 0.181 m，S2: 0.076 m)，以法國製的潮型分類 F=(O1+K1)/(M2+S2)=1.389，大於 1.25 為全日潮型。

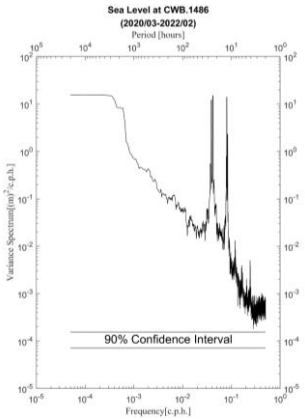


圖 2　高雄港潮位站潮汐能譜圖

挑選 2021 年 10 月 07 至 20 日共 14 天的潮位和離岸 144 m 處海流資料(圖 3)，探討潮汐漲退潮時的海流觀測的流速流向變化。高雄港第二港口 3 個測站離岸 144 m 的潮流特性，因 A1 站和 A2 站兩者測點位置相近，故潮流特性也較為相近。退潮流向明顯為西北和北北西，與張國棟等人(2006)、劉勁成等人(2008)、莊文傑與江中權(2012)之研究成果相同，但漲潮方向似乎與前人的研究成果(東南向)略有不同。本研究 A1 站和 A2 站於漲潮期間的流速較退潮時弱，且主要流向並不顯著，但仍可些微看出是以微弱的北向流為多數。B1 站則受東西方向的西防波堤的影響，主要漲退潮流向都以西向流為主，且流速時間序列可明顯看出有半日週期的變化。

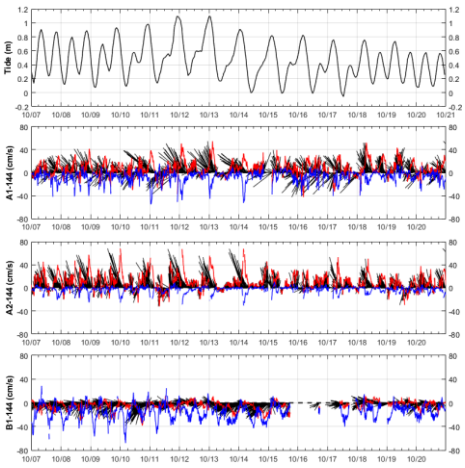


圖 3　離岸 144m 流速流向分布與潮位時序圖(2021/10/07-2021/10/20)。潮位(黑色線)；東西方向分量(藍色線)和南北方向分量(紅色線)。

經調和分析之潮流橢圓長軸方向之研究成果，得知 A1 站位於北側離岸外堤堤頭端點 75 m 處，測線與海堤呈 45 度夾角，在離堤 64m 與 80m 測點間受到北側離岸外堤堤體遮蔽阻擋的影響，明顯區分為遮蔽區域和非遮蔽區域，兩區域之間的潮流特性並不一致，說明此區域的海流明顯受到地形特徵的影響。

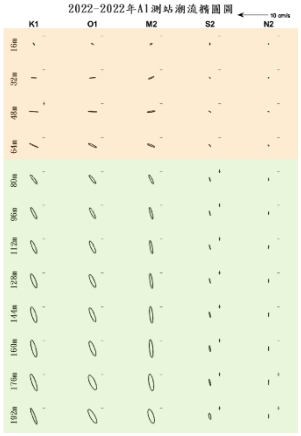


圖 4　A1 測站之潮流橢圓圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

斜坡底床淺埋管線因波浪淺化及碎波引致之滲流力

林孟郁 [1] 林奕翔 [1] 林昱維 [1]

[1]中原大學土木工程學系

主題: B. 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：MOST 111-2221-E-033-021

通訊作者：林昱維

E-mail:wayne010104@gmail.com

Tel:03-2654247

摘要

當波浪傳遞至近岸時，水深變淺而波浪高度增加，而後產生碎波。為探討波浪之淺化與碎波現象引致之底床土壤反應及淺埋管線之滲流力，本研究採用開源流體力學計算軟體 OpenFOAM 建立二維數值模式，分析波浪傳遞至近岸時，在不同的土壤條件下，管線埋設於平坦段，淺化段及碎波後等位置，管線周圍土壤之應力與孔隙水壓變化，並計算管線因超額孔隙水壓引致之滲流力。研究結果發現隨著波浪淺化之過程，傳至土壤之孔隙水壓增大。碎波後孔隙水壓隨之降低，並由於水下逆流之效應，碎波區之孔隙水壓週期振盪淨值將朝向正值偏移。此外，隨著土壤飽和度降低，可以發現孔隙水壓傳遞深度減少，相位延遲現象越加明顯，導致孔隙水壓在管線上呈現不對稱分布。

關鍵詞：海岸斜坡、波浪淺化與碎波、Biot 壓密理論、OpenFOAM、數值模擬

一、研究目的

台灣特殊的地理位置且四面環海，海洋結構物也大多築構在近岸區，因此在進行工程規畫時，波浪對其產生的影響是需要考慮的重點。當波浪從外海傳遞至近岸時，波浪會因底床的影響而產生變化，波高因淺化效應而逐漸變高，波浪之動壓也逐漸加大，波高至最高點後，會坍塌產生碎波效應，而碎波效應帶來之能量對近岸底床影響巨大。對於斜坡底床因波浪淺化與碎波後造成之土壤反應，以及埋設其中管線所受的滲流力之相關研究仍相當有限。為了探討此現象，本研究使用開源軟體 OpenFOAM 建立數值模式，以探討規則週期波於斜坡底床之淺化與碎波造成的土壤應力與超額孔隙水壓的變化，並進行淺埋管線滲流力之分析。

二、研究方法

本研究目的為使用開源流體力學計算軟體 OpenFOAM，使用其波浪模組 waves2Foam 及土壤模組 upFoam，進行規則週期波通過斜坡底床波浪淺化與碎波，以及引致之土壤反應的數值模擬。底床土壤假設為多孔彈性體，僅考慮波浪傳至土壤之單向水壓傳輸，並不考慮質量傳輸與輸砂現象。在波浪模組中，應用了 wilcox (2006)之紊流模式，以模擬 spilling wave 及 plunging wave 兩種不同碎波型態。在土壤模式中，探討不同滲透係數及不同土壤飽和含水率對於底床土壤內管線之影響，並分析在何種情況下會有較大的應力發生。

OpenFOAM 本身雖已提供紊流模式，但內建之傳統模式會造成碎波後紊流強度之高估，而 Wilcox (2006)之紊流模式能夠避免碎波產生之不合理的紊

流高估、準確預測碎波點及精準模擬水下逆流。其結合特徵頻率ω之控制方程式可表示為：

$$\frac{\partial \bar{\rho} w}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \bar{\rho} w}{\partial x_j} = \bar{\rho}\alpha \frac{\omega}{k} \tau_{i_j} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - \bar{\rho}\beta\omega^2 + \sigma_d \frac{\bar{\rho}}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_k}\left[\bar{\rho}\left(v + \sigma \frac{k}{\omega}\right)\frac{\partial \omega}{\partial x_k}\right] \quad (1)$$

在土壤模組中，使用部分動態 *u-p* 模式，與準靜態模式相比更加準確且與多數的全動態型式相比也更加有效，部分動態 *u-p* 近似模式之控制方程式表示為：

$$\nabla \cdot \left[\boldsymbol{C}:\frac{1}{2}(\nabla \boldsymbol{U} + (\nabla \boldsymbol{U})^T)\right] - \nabla p + \rho \frac{\partial^2 \boldsymbol{U}}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

圖 1 為 OpenFOAM 利用 wilcox (2006)紊流模式計算所得的水面週期平均高程，與 Ting & Kirby (1994) 之實驗結果的比較，可以發現兩者甚為一致。圖 2 為 OpenFOAM 計算在平坦底床之波浪動壓對淺埋管線所造成的升力，在不同土壤飽和度時的最大值，與 Magda (2000)之結果進行比較，同樣相當接近。上述之比較可驗證模式之正確性。

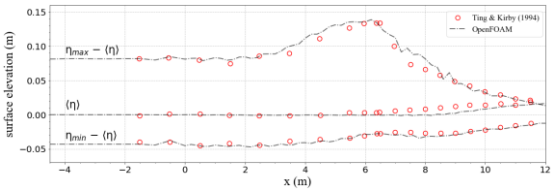


圖 1 水面週期平均高程比較

三、初步結果

根據建立之模式，分別計算在不同波浪條件以及土壤參數下，管線埋設於平坦段及斜坡段上之不同位置，以及埋設於不同深度，管線表面的壓力變化。圖 3 為 spilling wave 碎波型態下，管線埋設於碎波點底床 0.25 m 深處，其表面壓力於一個週期內之變化，分析使用之水深 h = 0.4 m, 週期 T = 2 s, 波高 H = 0.125 m, 土層厚度 d = 3 m, 管徑 D = 1 m, 楊式模數 E = 10^7 Pa, 滲透係數 k = 10^{-4} m/s, 柏松比 ν = 0.3, 飽和度 S_r = 0.98, 體積模數 K = 2×10^9 Pa, 孔隙率 0.35。由圖中數據可知，當波峰與波谷位於管線正上方時，管線表面的壓力分佈為不對稱的，其原因為壓力向土層深處傳遞時會有時間上的延遲，隨著深度增加，延遲現象會愈加明顯，導致壓力的分佈上呈現不均。同時管線底部之壓力變化並不明顯，根據土壤參數之不同其能夠傳遞之深度以及延遲之現象也有所影響。

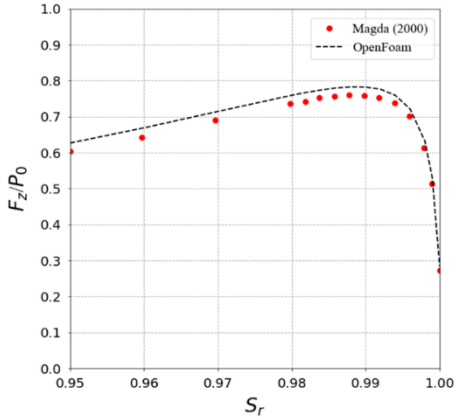


圖 2 波浪動壓對埋設於土壤中管線所造成之升力

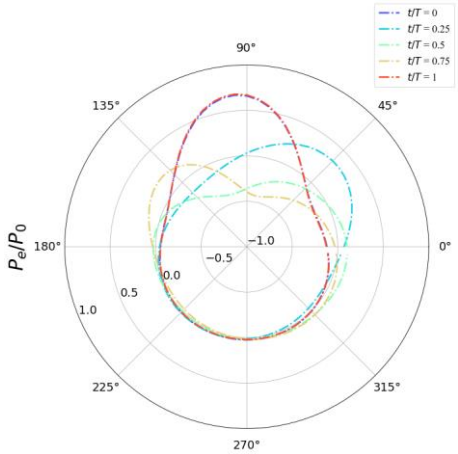


圖 3 碎波處埋設 0.25 m 深之管線於一個週期內表面壓力變化

參考文獻

Magda, W. 2000 Wave-induced cyclic pore-pressure perturbation effects in hydrodynamic uplift force acting on submarine pipeline buried in seabed sediments. *Coastal Engineering* **39**, 243–272.

Ting, F.C.K. & Kirby, J.T. 1994 Observation of undertow and turbulence in a laboratory surf zone. *Coastal Engineering* **24** (1–2), 51–80.

Wilcox, D.C. 2006 *Turbulence Modeling for CFD*, 3rd edn. DCW Industries.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

OILMAP 隨機分析模式運用於海洋油污染擴散探討

黃振堂 [1]　王樹倫 [1,2]　田宗謨 [1]　林勝豐 [1]

[1]國立高雄科技大學海岸水與環境中心
[2]國立高雄科技大學海洋環境工程系

主題: C.海洋及海岸規劃管理（監測、防災、規劃管理與治理）

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：黃振堂

E-mail:powby3203@nkust.edu.tw

Tel:07-361-7141 **ext. 23773**

摘要

為能夠在海域污染事件發生前後，於短時間內預測掌握油污染的未來變化與動態，本研究使用溢油模擬軟體 OILMAP 隨機分析（Stochastic Analysis）模式，預先以歷史資料對油汙染高風險區之油污漂散空間、擴散時間與黏附海岸機率進行預測。並以 110 年 6 月 22 日大林外海輸油浮筒原油洩漏事件，探討預測模擬之準確性，期提升我國海洋污染緊急應變決策支援之能量，並作為制定污染管制策略提供重要的依據。

關鍵詞：海洋油污染、OILMAP 溢油模擬軟體、隨機模式

一、研究目的

臺灣四面環海且地處東南亞海運主要航道，隨著經濟與民生發展，仰賴船舶運輸原油及各種貨物等承運業務量與日俱增，加以國際貿易興盛、工業發展需求，各類船舶常航行臺灣四周海域，相對地，海洋污染風險也隨之增加，任何船舶的意外事件，都可能造成臺灣附近海域及海岸遭受重大油污染災害。然而，臺灣海域廣闊，應變人力與能量有限，在海洋污染事件發生時，如何有效研判污染物未來動態，以進行適當的應變處理，為值得探討的問題。

本研究目的期有效預測海洋油污染擴散趨勢，提供海洋污染緊急應變編組成員，無論在船舶派遣、人力運用、應變資材調度、攔油索布放等工作上參考運用。以往，溢油模擬較偏重事件發生時之即時模擬，對於尚未發生之溢油事件之預防，亦僅能以假設之場景作為模式模擬之參數設定依據，而該假設之場景僅能代表某一時刻某一地點之模擬成果，並無法呈現事件本身溢油擴散之潛在趨勢。故倘若能對單一油污染事件進行隨機分析，獲得油污漂散之空間上機率、擴散時間及黏附海岸之機率，相信對前述應變部署，將提供更快速有效的決策資訊。

本研究旨在驗證即時模擬與隨機模擬在整體海洋油污應變運用上之適切性，並以真實油污染觀測資料作為驗證標的，亦同時驗證輸入之相關氣海象參數，能否計算出合理且符合觀測之結果，從而對研究區內之海洋污染應變作為，提出具體建議。

二、研究方法

本研究使用溢油模擬軟體為美國 ASA 公司 OILMAP，海氣象資料來自中央氣象局 WRF 風場與 OCM 流場模擬資料，溢油地點為中油大林外海 2 號輸油浮筒，研究區域包括台南安平、高雄港至屏東恆春西部海域。以 110 年 6 月 22 日大林外海輸油浮筒之原油洩漏事件做為模擬驗證之主體，除以 OILMAP 進行事先機率預測、事發當時之溢油模擬外，也採用當時之衛星影像及空拍資訊，作為事件預測與模擬之驗證。

OILMAP 隨機模擬採用統計推斷中的傳統頻率論(Frequentist approach)方法，其機率為一系列重複試驗中，事件發生的長期頻率。該方法可用於計算溢油擴散機率，藉由模擬許多不同開始時間的溢油場景，並根據以下公式計算某個區域的漏油機率(P)：P=n/N；其中，n 是特定空間網格的溢油結果數量，N 是模擬場景的總次數。利用此方法的溢油分析模型中，唯一的機率輸入變量通常是溢油開始時間。

本研究隨機分析模擬條件，係在輸入相同時間序列(至少 1 個月)之相同溢油量、海溫、風場、流場等參數條件下，以不同起始時間進行一定次數之模擬，並透過統計分析出其漂流軌跡、時間、海岸黏附等空間分布機率。

三、初步結果

假定 6 月份大林 2 號輸油浮筒倘發生溢油，於模式中設定油品為重原油，於 110 年 6 月隨機瞬時溢漏，溢油量 50 公秉，並採用中央氣象局 6 月全月之 OCM 海流場及 WRF 風場，執行溢油隨機分析。圖 1 為執行溢油隨機分析之油污漂流空間擴散機率分布圖，係將研究海域網格化，並就各網格機率予以統計，結果顯示其油污漂流空間機率分布最大者，分布於事件地點至恆春海域，可用於應變初期海上船舶派遣海上攔油規劃。

圖 2 為執行溢油隨機分析之油污黏附海岸之機率，同樣進行研究海岸網格化機率統計，其結果雖在空間分布上機率不如圖 1 高，惟結果顯示，若單以海岸黏附機率比較，此區 6 月份應以高雄港至恆春一帶為防範範圍，進行應變資材部署；而油污北漂黏附臺南海岸之機率則最小，惟仍應進行警戒。

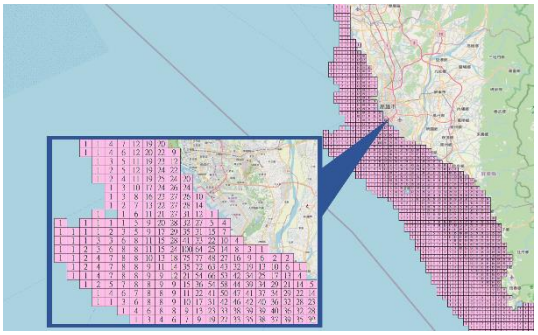


圖 1、110 年 6 月份海表油污漂流分布機率

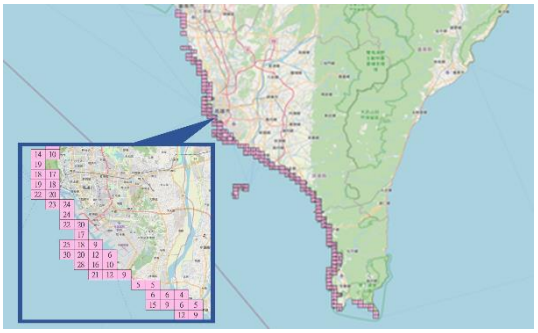


圖 2、110 年 6 月份海表油污海岸黏附機率

圖 3 為 OILMAP 軌跡模組，圖上所示黑色質點為模擬 110 年 6 月 22 日 02:18 油污洩漏後，至 6 月 27 日 02:18 油污整體漂移路徑，並套疊該期間海洋保育署依據中央大學所提供資訊，所繪製衛星影像追蹤及空勘觀測到之油污範圍，其結果顯見漂移路徑與實測相符。

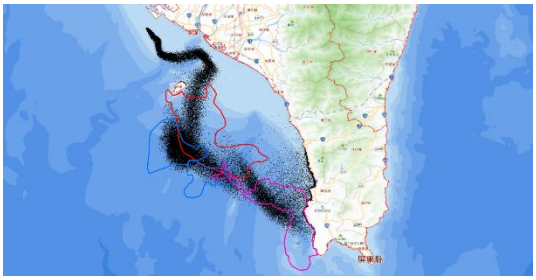


圖 3、大林 2 號浮筒油污模擬軌跡圖
(110/6/22 02:18-6/27 02:18)

依據前述資料與模擬成果，可見採用中央氣象局之 WRF 風場與 OCM 流場可獲致吻合之油污漂流路徑，故可延伸進行隨機分析，獲得其 6 月份海表油污漂流機率空間分布，從而進行大林 2 號浮筒 6 月份油污溢漏緊急應變規劃。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

應用計算流力模擬船舶於波浪航行之岸壁效應

羅德章 [1]　蔡宗翰 [1]

[1]國立高雄科技大學海事資訊科技系

主題: B 水動力

國科會計畫：111-2221-E-992-042

通訊作者：羅德章

E-mail:loderg@nkust.edu.tw; Tel:07-8100888 Ext.5320

摘要

本研究應用計算流力基於船舶水動力模式，模擬船舶在波浪中航行的岸壁效應。 數值模式採用奈維爾-史托克斯方程式模擬在限制性水域航道中，船舶航行於波浪中的岸壁效應，本研究提供了高效精確的解決方案。 總體而言，本研究中呈現的結果驗證了計算流力在模擬船舶水動力分析的可行性，作為一種無需耗時且昂貴的試船即可獲得對岸壁效應的詳細見解的方法。 數值結果顯示本模型能夠準確追蹤自由表面的變形。 此外，案例研究證明了所提出模型的準確性和靈活性，可以預測船速和船岸距離對偏航角和搖擺力的幅度基於時間的變化的影響。 結果顯示，對於給定的船速，偏航角和橫搖力隨著離岸距離的減小而增加，而對於給定的船與岸之間的距離，偏航角和橫搖力隨著船速的增加而增加。 此外，即使船舶以非常低的速度前進，在靠近岸邊航行時也會遇到明顯的岸壁效應。

。

關鍵詞：計算流體動力、岸壁效應、船舶水動力、橫移力、偏航矩

一、研究目的

船舶進港靜穩度是指船舶在進入港口時所受到的水流、風力等外力作用下，保持平衡的能力。靜穩度是船舶安全操作的基本要求之一，對於船舶在進行裝卸貨物等作業時的穩定性和安全性具有重要意義。進港靜穩度受到多種因素的影響，包括船舶的形狀、船舶荷重、進港速度、水深、潮汐等，因此研究船舶進港靜穩度的影響因素具有重要意義。透過對這些影響因素進行深入研究，可以有效提高船舶的進港安全性，並且為港口的設計、改進提供有力的科學依據。

本論文應用計算流力進行船舶岸壁效應的數值模擬與視覺化後處理，得以展現船體六自由度的流固耦合運動，包括流場速度、壓力的分佈及其向量等，不只能觀察船舶與岸壁之間的相互運動，更能進一步分析流場的物理現象。

本論文應用 CFD 模擬船舶岸壁效應的結果，不但可以補操船模擬機之不足，應用於海事教學或航海人員之訓練，更建立了船舶岸壁效應的定量分析，提供岸壁效應時船舶航行安全與效率的臨界點，及早規避岸壁效應的發生。

二、研究方法

本船模採用韓國海事與海洋工程研究所 MOERI (Maritime & Ocean Engineering Research

Institute/KORDI)所屬的 KCS 船模資料，類屬 3600TEU 的巴拿馬極限型貨櫃船，KCS 船模利用電腦輔助設計軟體繪製完成之船模，如圖 1 所示，匯出 FLOW-3D 所支援的 STL(stereo lithography)格式，再利用網格工具軟體 DA Design Expert 確認 STL 物件的完整，最後匯入 FLOW-3D 前處理器建立網格。

圖 2 為數值航道剖面圖，h 水深，T 船模吃水，B 船模寬度，UKC 龍骨下餘隙水深，d2b 船岸距離，Y/B 航道寬度(以船模寬度為單位)。船模的運動包括相對於船體座標系的旋轉與相對於數值航道的移動，數值航道設定笛卡兒直角座標系統，圖 3 船模沿著 x 軸向東航行，即航向 090 度，並定義一固定原點(x=y=z=0)為船模在數值航道裡運動的參考點，船模相對於定義的原點產生三維(x、y、z)方向的位移，分別為 surge(沿 x 軸位移)、sway(沿 y 軸位移)、及 heaving(沿 z 軸位移)；相對於船體座標系統則為分別為 rolling(繞 x 軸旋轉)、pitching(繞 y 軸旋轉)、及 yawing(繞 z 軸旋轉)，即為六自由度(6 Degrees of freedom, 6DOF)的運動。

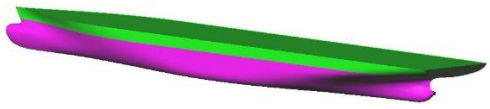


圖 1 KCS 船模船體完成外觀

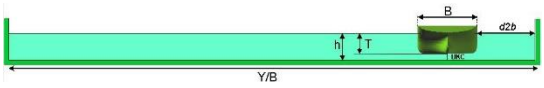


圖 2 數值航道剖面圖

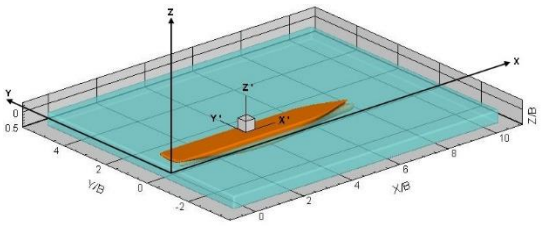


圖 3 數值航道示意圖

三、初步結果

本研究船岸距離分別採用 d2b=0.5B、1.0B、2.0B；船速為 VS=1.54 m/s、3.08 m/s、4.63 m/s；波高 H=1 m，波浪週期 T= 5 s，模擬船舶在不同船速與頂浪/順浪作用下，船舶沿岸壁航行的岸壁效應分析。並加以討論不同船岸距離對岸壁效應的影響。圖 4 表示船舶於波浪中沿著岸壁航行，在頂浪作用下船岸距離 0.5B 航跡分析圖(a)0 秒(b)10 秒(c)20 秒(d)30 秒(e)40 秒。

由初步結果顯示在相同的船岸距離情況下，航速越快，偏航角度越大。此外，船岸距離對偏航角度也有影響，當船岸距離越大時，偏航角度會跟著減少。在相同的船岸距離且頂浪與順浪比較情況下，航速越快，頂浪航行角度偏移較大。

船舶在不同岸壁距離和航速下，船舶受到岸壁造成的橫移力變化。實驗發現船岸距離對橫移力的影響比航速更為顯著。曲線規律的變化表明船體感受到來自岸壁推力時的回正。橫移力的增加表明船模承受流場的離岸力，隨著時間的增加而增加。

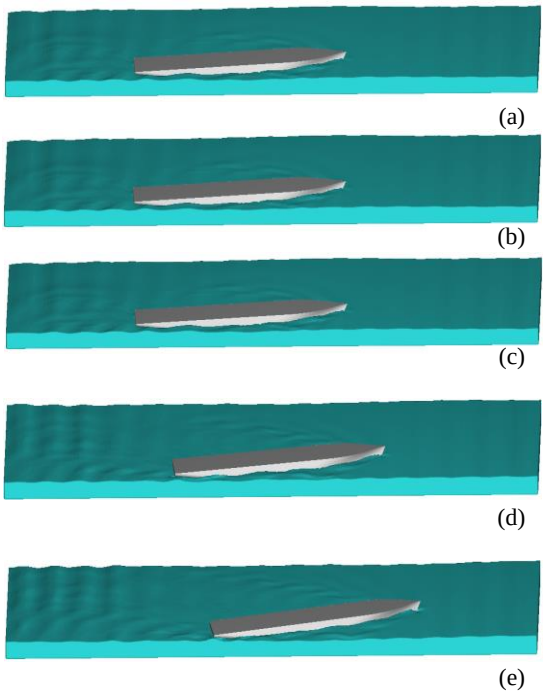


圖 4 在頂浪作用下船岸距離 0.5B 航跡分析圖
(a)0 秒(b)10 秒(c)20 秒(d)30 秒(e)40 秒

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

ADCP 應用於自然河道剖面流速量測問題之初探

江宗翰[1] 王玟淇[2] 許鈞筌[3] 江允智[4] 方惠民[5]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程學系博士候選人
[2]國立臺灣海洋大學河海工程學系 碩士生
[3]國立臺灣海洋大學海洋工程科技學士學位學程(系) 預研生
[4]慈濟大學師資培育中心副教授
[5]國立臺灣海洋大學海洋工程科技學士學位學程(系) 助理教授

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：王玟淇

E-mail: 11152003@ntou.edu.edu.tw

Tel: 02-2461-2192 ext. 6132

摘要

近年來聲波都卜勒流剖儀(Acoustic Doppler Current Profiler，ADCP)已逐漸發展為河川流速量測之主流技術，惟因河道邊界附近水體之流速較為紊亂且水體濁度較高，以及不同音鼓聲波傳遞長度不同而引起的旁瓣干擾(Side Lobe Effects)，導致河床處 ADCP 之觀測數據可靠度較差，常被觀測者定義為盲區。本研究於關渡大橋橋墩處，透過接觸式物理量測儀器與 ADCP 進行流速觀測數據之校正，並配合剖面水體濁度數據，進一步討論 ADCP 流速觀測盲區之範圍及資料補遺方式，提供河床處流速觀測之參考，以完善 ADCP 在自然河道剖面流速量測之應用。

關鍵詞：聲波都卜勒流剖儀、水體濁度、ADCP 流速觀測盲區、河床處流速觀測

一、研究目的

台灣主要自然河川坡陡流急，洪水歷程短而急促，常因河道過度沖刷而導致河床侵蝕嚴重，對於跨河構造物及水工結構物之基礎影響甚鉅。為能有效掌握河川流況資料，近年來流速觀測技術發展由聲波都卜勒流剖儀(Acoustic Doppler Current Profiler，ADCP) 能更精確且快速地獲取河川剖面分層流速數據故取代傳統流速測量設備。

ADCP 量測原理主要係應用都卜勒效應，以音鼓傳送固定頻率之聲波，並接收水中散射物回傳之回音，計算散射物隨水體移動之速度來計算水體流速。此種測量方式能快速有效掌握大範圍水體流速數據，惟透過聲波回聲傳遞之過程中仍會因外部因素而產生誤差情形，如河道邊界附近水體受地形影響，流況往往較惟為紊亂，且河床處水體沖刷致濁度較高，散射物回傳訊號雜訊過多，以及不同音鼓聲波傳遞長度不同而引起的旁瓣干擾(Side Lobe Effects)等，都會導致河床處 ADCP 之觀測數據異常，觀測者多只能進行此區域之數據剔除，避免影響整體數據品質，此即為 ADCP 在河川邊界測量盲區，也使 ADCP 在河床處缺乏有效完善之流速觀測成果，使其應用於跨河構造物或水工結構物基礎掏刷之觀測明顯受限。

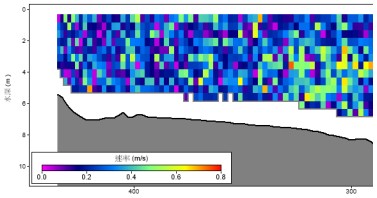


圖 1 ADCP 流速量測範圍剖面示意圖

二、研究方法

本研究結合 ADCP(Sontek RiverSurveyor M9)、小型旋葉式流速儀(FloWatch)及 YSI 多參數水質儀同步進行河渠剖面流速量測及水體濁度量測，藉以探討水體濁度對剖面流速量測的影響，特別在近渠底處。現地實驗選擇新北市淡水區關渡到橋橋墩上下游 150 尺內之水域範圍，主要能將測量成果應用至橋墩基礎處流速量測，以提供未來橋墩基礎掏刷分析之參考。研究實驗透過接觸式物理量測儀器與 ADCP 進行流速觀測數據之校正，並配合剖面水體濁度數據， ADCP、小型旋葉式流速計量測成果河段剖面(水面至河床處)流速及濁度三者間之關係，進一步討論 ADCP 流速觀測盲區之範圍及資料補遺方式。

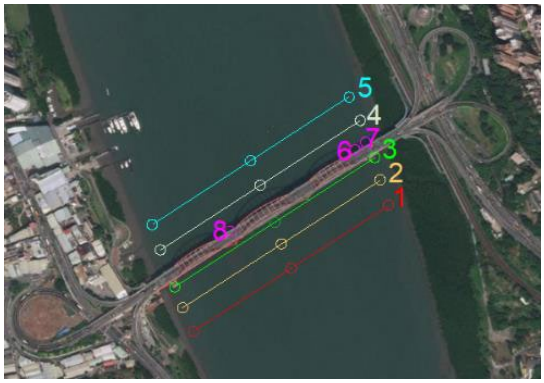


圖 2 航線規劃示意圖

圖 3 測量現場照片

三、初步結果

測量成果如圖 4～圖 7 所示，以測量斷面一至測量斷面四之彙整數據顯示，ADCP 分為斷面一、二及斷面三、四兩組並分別於水深-5.75m 及水深-5.2m 處即因回傳訊號異常而產生盲區，其中對應濁度大約分別為 100FNU 及 200FNU 左右，而四組斷面盲區範圍約為整體水深之 10%~25%，流速大約分別為 0.57m/s、0.29m/s、0.91m/s 及 0.89m/s。

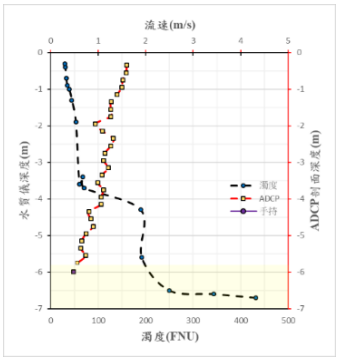


圖 4 關渡橋實測結果(斷面一)

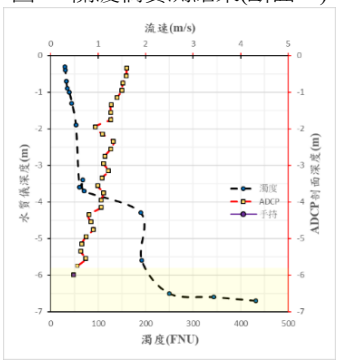


圖 5 關渡橋實測結果(斷面二)

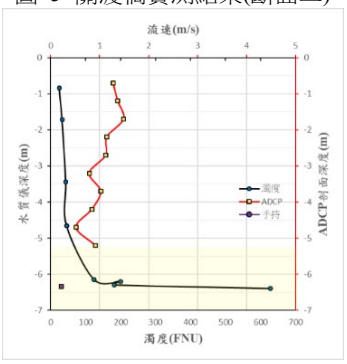


圖 6 關渡橋實測結果(斷面三)

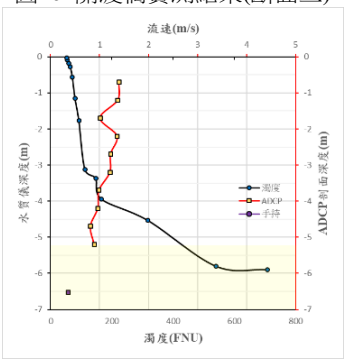


圖 7 關渡橋實測結果(斷面四)

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

日本福島核電廠放射性物質作業化擴散模式開發與建置

王啓竑[1] 顏辰宇[1] 東佳穎[1] 于嘉順[1] 曾慧婷[2] 鄧仁星[2]

[1]西灣海環科技股份有限公司
[2]中央氣象局科技中心

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：王啓竑

E-mail:wchihome@wbaytech.com.tw

Tel:07-2910-566

摘要

日本福島海域在 2011 年 3 月 11 日因強烈地震而引發的海嘯，造成無數的生命財產損失，更嚴重的事故是造成日本東電福島第一核電廠的核災事故，為緊急處理事故大量抽取海水冷卻，以致大量未經處理的放射核種直接流入太平洋(Morino et al., 2011)。事件過後雖已在電廠周邊築堤圍堵並儲存污染的排水，不致持續將放射性物質排入海洋，但儲存設施已接近飽和，日本於 2021 年 8 月宣布將在 2023 年以海洋放流(Ocean outfall)方式，將儲存的廢水經處理後抽取海水稀釋排放；該處理設施可移除大部分的放射性核種，且獲得國際原子能總署(IAE)支持，但排放水中含氚之放射性核種無法移除，氚雖溶於水且排放經稀釋，但仍可能導致環太平洋海域受到輻射危害，引發鄰國對海洋生態環境影響的疑慮。因此原能會偕同氣象局等跨單位合作，於氚開始進行氚水排放後對於其的相關因應作為，而東電已於 2023 年 8 月 24 日正式進行氚水稀釋後之排放，而本文也進行放射性物質擴散作業化模式的建置及氚水排放後模擬結果進行討論。

關鍵詞：2011 福島核災、三維海流、顆粒傳輸模擬、放射性物質

一、研究目的

在 2011 年 3 月 11 日日本福島第一核電廠的 7 級核災事故發生時，約有百分之 80 未經處理的人造放射核種直接流入太平洋(Morino et al., 2011)，總放射性活度計約 520±180 兆貝克(Steinhauser et al., 2014)；然而流經受損核電廠的地下水即使經過多核種去除系統（Advanced Liquid Processing System, ALPS）處理，仍含有相當的放射性活度(Activity concentration，即活度濃度)，主要為氚(Yamanishi et al., 2020)。根據東京電力公司截至 2023 年 3 月 9 日統計，在福島廠內儲存的「ALPS 含氚處理水」大型容器總數有 1026 座、總體積約為 1.32 百萬立方公尺、氚的總活度為 860 兆貝克，這批核污染處理水儲量預計於今年夏季或秋季儲滿，將高達 1.37 百萬立方公尺。日本於 2021 年 8 月宣布將在 2023 年後透過海洋放流(Ocean outfall)方式，將氚廢水稀釋後排放處理；雖獲得國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAE)支持，但排放水中含氚總量大且有放射性核種未完全移除，仍可能導致環太平洋和

北極海的海域受到輻射危害，故太平洋周邊國家皆嚴陣以待。

因應日本核廢水排放問題，透過研擬及規劃海象預報技術及海洋傳輸擴散系統，開發與建置日本福島核電廠放射性物質作業化擴散模式，預期可提供(西)北太平洋放射性物質擴散之濃度趨勢分布及時間/空間預測結果。

二、研究方法

本文採用 SCHISM 系統模式(Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model) (Zhang et al., 2016)進行模擬，SCHISM 除了納入洋流及渦流的影響，也考慮受潮汐作用，水平解析方法為非結構式網格。SCHISM 的特點為利用地形與水深分布控制網格大小，適合用於解析近岸區域較為複雜之地形變化。透過網格加密(mesh refinement)機制，增加海岸線及海底地形的解析度，計算臺灣海域更精確的海流狀況。由於 SCHISM 水動力模組使用半隱式法求解，可以加大時間步長進行計算，有效加速計算，提升預報時效並縮減檔案大小。SCHISM 系統模式除以水動力計算為系統核心，亦可以納入許多模組，如波浪(WWM-III)、沉積物(Sediment)及水質(Water Quality)等模組，供使用者利用，如圖 1。

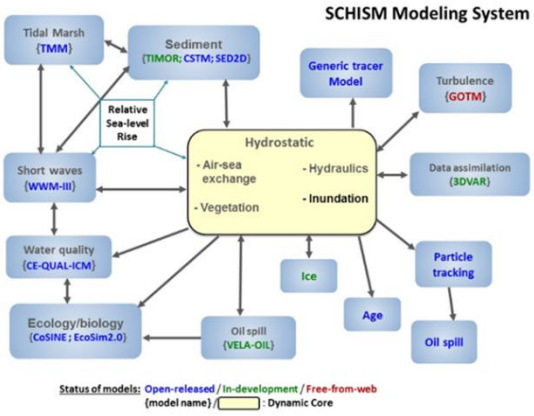


圖 1 SCHISM 模式應用模組示意圖(Zhang et al., 2016)

使用 Lagrangian particle tracking 模組進行顆粒軌跡追蹤模擬，由於放射性物質多會與顆粒物質結合，可以將目標物視為顆粒獨立標記追蹤，以各顆粒質點位置描述於流場中之運動狀況，最後由流場運動狀況計算出下一個時間步顆粒位置，可應用於各種物質的傳輸擴散，如船難追蹤及洩油污擴散、海洋垃圾漂流及放射性物質等。顆粒軌跡追蹤模組除能以向前(Forward)預測顆粒未來的路徑，亦可以向後(Backward)回溯推算顆粒來源位置(Nahum & Seifert, 2006)。

三、初步結果

本文已由 2022 年 12 月 28 日開始執行每日放射性粒子傳輸擴散預報作業化系統執行測試，至 2023 年 6 月 20 日止總共模擬 175 日，並排放 42000 顆粒子進行擴散模擬，藉由每日產品可進行後處理程式展示粒子於產品日期之位置與排放時間，並由排放口向東、向南及臺灣周圍海域進行分區量化統計分析，透過質化與量化分析結果說明每日排放之放射性粒子在海洋中傳輸分布狀況，以及整體排放量中影響海洋各區域之比例統計。

透過統計方式進行上半年傳輸擴散結果統計，但由圖 2 截至 6 月 20 日作業化粒子統計結果僅有百分之 0.03 的粒子進入北緯 30 度以南區域，此結果僅是代表標定的放射性物質粒子可能有此機率進入北緯 30 度以南，但不代表最終進入此範圍的真正輻射活度濃度值。

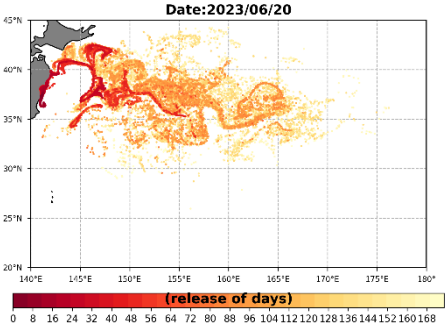


圖 2 放射性物質粒子 6 月傳輸軌跡圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

以非連續雙黏性流分析 *Claviaster libycus* 於大滅絕中存活之原因及海工結構物外型對局部沖刷之影響

林品潔[1]　吳祚任[1]林日白[2]莊美惠[1]黃逸軒[1]朱家傑[1]

[1]國立中央大學水文與海洋科學研究所
[2]國立台灣大學地球科學系暨研究所

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：

通訊作者：林品潔

E-mail: pin110626005@g.ncu.edu.tw

摘要

一般認為歪型海膽起源於中生代侏羅紀早期的正型海膽，其生活習性從最初生活在海床基質上，逐漸適應成潛入泥沙中。為了要適應此習性，歪型海膽的形體逐漸演化成以雙軸對稱為主，加上特化的帶線，有助於歪型海膽在水底或是泥沙中移動和覓食。歪型海膽因其潛沙、潛泥深度能力不斷增加，最終於白堊紀末期大滅絕事件後存活下來。這是歪型海膽能在大滅絕之後的新生代時期快速繁盛的重要因素。這時，我們就有疑問，為何歪型海膽可以存活下來呢?是因為牠會潛沙嗎? 在其他兩軸對稱的有殼動物中，例如貽貝，Nakato 等人（Nakato 等人，2007 年；Bletter 等人，2010 年）的研究指出它們會試圖使其長軸與流線平行，以減少阻力。我們認為這海膽之所以區分正型跟歪型也與其所受之流體作用力有關。因此我們假設歪型海膽這種特殊的外型有助於底部的沙子不容易被沖走，並期望透過仿生學，探討其外型應用在海工結構物上以減少局部沖刷。

關鍵詞：Splash3D、非連續雙黏性流模型(DBM)、海工結構物、仿生學、*Clavister libycus*

一、研究目的

近年來，隨著科技的進步，古生物學家開始深入研究古生物的形態、內部結構和生活習性，並提出重要理論和假說。而 CFD 已經被廣泛應用於研究古生物學，Rahman 等人(Rahman and Lautenschlager 2016, Rahman 2017, Gibson, Furbish et al. 2021)表明應用 CFD 不僅可以研究已滅絕生物其形態學和運動、進食方式之間之關聯性，還能夠了解其生態學以及環境適應性。透過對古生物化石進行掃描，可以重建其骨骼結構和修復破損之化石(Cunningham, Rahman et al. 2014)，並且透過建立數值模型來模擬其運動和行為。然而 Rahman(Rahman 2020) 指出，目前使用 CFD 模擬古生物的研究，大多數是以無滑移邊界(No-slip)來表示沉積物表面，但這並不能反映真實生活中的地形。此外，先前的模擬大多數是在穩態水流條件下進行。而且海膽棲息地不完全是穩態流況，有時可能會因為颱風事件引發的風暴潮，或地震和火山引起的海嘯等因素，導致流況劇烈變化，周圍的底棲動物可能會因流速增加而受到局部沖刷的影響，進而使其受力增加，成為脫離海底底床的主要機制之一。局

部沖刷是導致海工結構物不穩定的最主要因素，近年來有許多的研究正試圖解決此問題。本研究除了分析海膽周圍的流場外，透過仿生學，探討其外型應用在海工結構物上之可能性。

二、研究方法

本研究採用 Splash3D 模式進行三維數值模擬與分析。該模式是以美國國家實驗室(Los Alamos National Laboratory, LANL)所發展之 Truchas 模式為基礎，結合大渦模擬法(Large Eddy Simulation, LES)而成。本模式採用流體體積法(Volume of Fluid Method, VOF)，可以描述流體其流場變化和自由液面隨時間之分布。利用質量守恆與流體不可壓縮流之特性，分別將不同物理特性之流體帶入 VOF 連續方程式。透過各流體之體積分率，可計算局部網格內部各種流體所佔之體積百分比，以得出下一時間步之流體質量分布，並以此追蹤自由液面隨時間變化情形。

由於歪形海膽具有潛沙之特性，因此在本研究中假設 *C.libycus* 也具有潛沙之特性。而在自然界中泥沙會因為重力影響，造成沉降及壓密作用，使得泥沙具有夯實之特性。為考慮真實之壓密作用，因此於模式中使用非連續雙黏性流模型(Discontinuous Bi-viscous model, DBM) 描述底沙之流變行為。非連續雙黏性流模型是基於賓漢流模式(Bingham Rheology Model)，有別於傳統賓漢流之降伏應力，DBM 模型以降伏應變率區分底沙為固化區與液化區，如圖 1 所示。

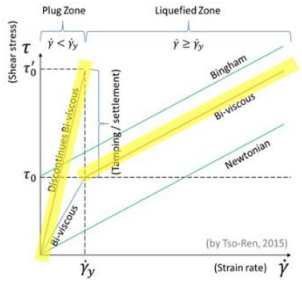


圖 1 DBM 示意圖

其特色在於當剪切應力增加時，應變率增加。其流變係數由具固體特色之固化黏滯係數(μ_A)表示。當底沙受水流衝擊產生之應變率($\dot{\gamma}$)小於降伏應變率($\dot{\gamma}_y$)時，在流變關係中稱之為固化區域(Plug zone)，代表底沙受水流之剪力後依然呈靜止狀態。而當底沙之應變率大於降伏應變率，在流變關係中稱之為液化區域(Liduefied zone)，其流變性將呈現賓漢液化之流體狀態。

三、初步結果

為了分析極端水流對於 *C.libycus* 其周圍局部沖刷之影響，進行了蓄水高度為 0.1 公尺的潰壩實驗，分別探討其生殖孔朝上游和生殖孔朝下游之影響以及海工結構物外型對局部沖刷坑之影響。結果顯示，當 *C.libycus* 的生殖孔朝上游時，其周圍的局部沖刷比生殖孔朝下游時更加明顯。 這表明其雙軸對稱的演化確實與增加底層沙子之穩定性有關，使其不易受到局部沖刷之影響。

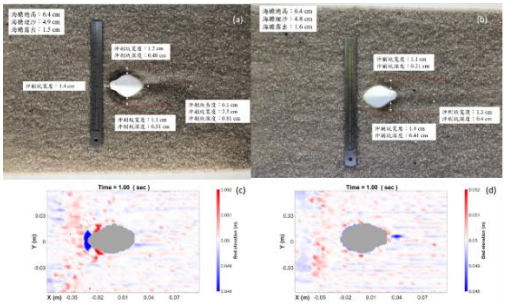


圖 2 實驗與數值模擬結果圖。(a)、(b)生殖孔面向上游及下游之局部沖刷結果。 (c)、(d)生殖孔面向上游及下游之數值模擬結果。

由圖 3 可知，方柱之局部沖刷最為劇烈，圓柱次之，再來是圓球。

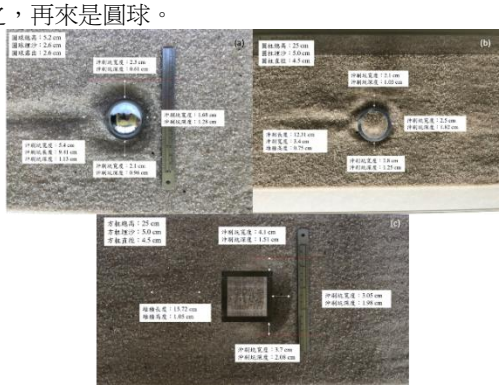


圖 3 結構物之局部沖刷實驗結果。(a)圓球、(b)圓柱、(c)方柱。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

以非結構性網格模式探討風應力對藻礁海域流場之影響

藍亦汝 [1]　黃志誠 [1]

[1]國立中央大學水文與海洋科學研究所

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：黃志誠

E-mail: zchuang@ncu.edu.tw

Tel: 03-4222894　**ext. 65697**

摘要

桃園潮間帶由沖刷泥沙、礫石及藻礁群組成，此底質成份不僅為該處海岸帶來了生態多樣性，亦形成高粗糙度的底床，從而影響沿岸水體運動、波浪消散及底床剪應力之變化。桃園海岸波流場主要受潮汐、風及波浪此三應力所驅動，為了解風應力在由藻礁群帶來的粗糙底床上的影響，本研究使用二維非結構性網格數值模式 Delft3D FM 重建桃園海岸深度平均的波流場。藉由與實測值的比較，可確立 Delft3D FM 具一定程度能力重現桃園近岸之流速、波高、波向。風應力驅動了桃園海岸季節性的波流場變化，本研究以不同風應力邊界條件進行模擬，模擬結果顯示風驅動力對於流場模擬重現度的影響於不同風速、風向有相異的程度。

關鍵詞：Delft-3D、藻礁海岸、風應力

一、研究目的

流場運動對於近岸海域之能量傳遞、漂沙傳輸、熱與化學物質之擴散扮演著重要角色，而環境中的許多應力，如：潮汐、波浪、風以及底床摩擦，為流場帶來不同面向、不同尺度的影響，造就了藻礁海岸複雜而多樣的水體運動。

桃園海岸全長約 40 公里，身為臺灣西側沙岸的一環，其組成成分以河川沖刷的泥沙為主，與礫石共同組成，並有藻礁生長其上。相較沙灘海岸，藻礁提供了更粗糙且地勢起伏更複雜的底床環境，使得其間的流場運動更為複雜。

在台灣，全年依據季節不同，有著不同風向的盛行風。風應力的作用使桃園近岸流場的流速產生明顯的變化，流場因此產生季節性的差異。

本研究旨在透過數值模式探討藻礁海域中的風應力對流場帶來的影響。

二、研究方法

本研究使用荷蘭 Delft 大學所開發的 Delft 3D 非結構性網格計算來模擬桃園淺水區域藻礁海岸的海流、波浪特性。Delft 3D 具備水動力模組(D-Flow FM)及波浪模組(Delft3d-Wave) 的耦合模式，以非結構性網格來繪製、界定模式運算範圍，並可自行輸入風、浪、底床等邊界條件及調整個別水動力、波浪物理參數。

模式網格繪製範圍如圖 1 所示，現有的四座突堤將該處海域劃分為 G1、G2 及 G3，本次重點研究

區域為 G1 水深約 3-5 公尺處海域；該處之 ADCP 潮波流儀提供現場實測資料進行模式校驗。風應力對桃園海岸淺水海域帶來的影響透過控制模擬過程中風應力作用參與的有無進行兩場模擬：(1)有風應力參與，即與實測資料進行校驗之模擬，以 W1 表示；(2)無風應力參與，以 W2 表示。

三、初步結果

模擬結果如圖 2 所示，實測值與模擬值的相似度由 Skill 值量化 (Willmott, 1981)，研究期間的 ADCP 實測值與模擬值之水位、X 方向流速（東邊為正）、Y 方向流速（北邊為正）、示性波高、波向時序列，Skill 值依序為 0.99、0.84、0.91、0.86 及 0.99，顯示模擬值與實測值有高度相似。該校正過之數值模式基於此非結構性網格，透過給定的地形水深、風、浪及潮汐條件可準確模擬出現實環境的流場變動。

探討風應力作用之模擬結果比較整理於圖 3 與圖 4。圖 3 為將模擬流速進行橢圓作圖之結果，比較實測資料、W1 與 W2 之流速橢圓可發現，透過風應力作用，模擬期間盛行的東北風使得 W1 的流速整體往西南方向增強，更貼近實測的流速橢圓。

在圖 4 中，將風速、風向進行分群，探討不同風應力環境在不同水深條件下對流速模擬準確度的影響。正值的風速表示風向與水體流向同向；負值則表示兩者反向。整體而言，流速模擬在水深較淺時有較佳的重現度；在水深較深的環境下則有較高的模擬誤差。而當風向與水體流向反向時，流速模擬亦容易出現較大的誤差。

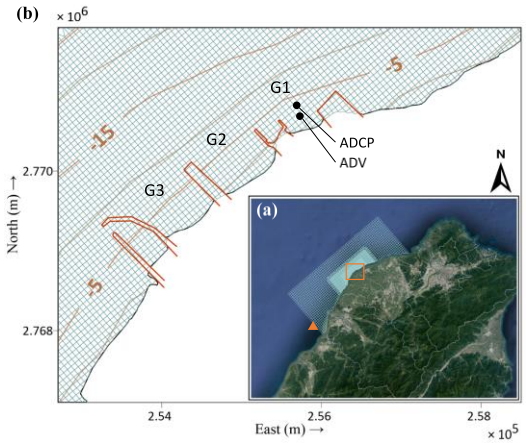


圖 1 網格建置範圍

(a) 網格繪製範圍、(b) 重點研究範圍及地形等高線

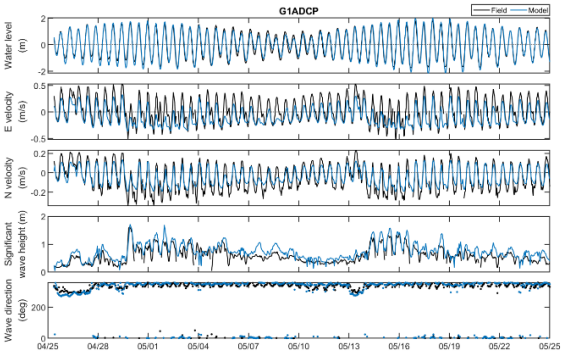


圖 2 實測（黑色）與模擬結果（藍色）時序列圖
由上而下依序為：水位、X 方向流速、
Y 方向流速、示性波高及波向

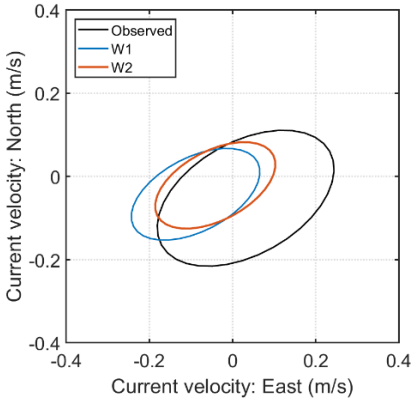


圖 3 流速橢圓圖。橢圓中心為平均流速值。

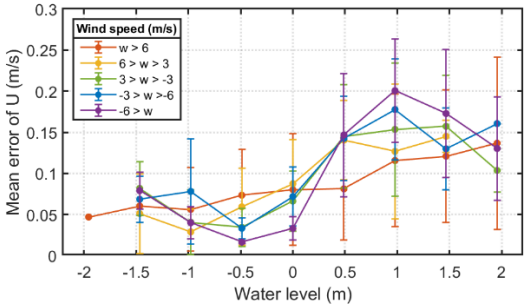


圖 4 流速模擬誤差隨不同水深、風速與風向之變化。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

以基本解法與粒子群演算法求解二維自由液面晃動問題

范佳銘　張傅俐　朱瓊琳

國立臺灣海洋大學河海工程學系

主題：B. 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：范佳銘

E-mail:cmfan@ntou.edu.tw

Tel:02-2462-2192 **ext. 6122**

摘要

本研究採用基本解法(method of fundamental solutions, MFS)為主要空間離散方法，且採用粒子群演算法(particle swarm optimization, PSO)決定基本解法中的源點位置，並搭配顯式尤拉法(explicit Euler method)形成一個高效率且高準確性的電腦模擬模式，用以模擬二維晃動問題(sloshing problem)。在晃動問題中，當外部力作用於具有部分流體的儲存槽時，流體的自由液面會隨時間持續發生形變，而從電腦模擬的角度來看，在模擬此類計算區域會隨時間變化的晃動問題時，準確且穩定的獲得每一時刻的計算域變化與物理量是相當具有挑戰性的。本研究以勢能流理論(potential theory)描述流體運動，並採用基本解法為空間離散方法，搭配顯式尤拉法為時間離散方法，以穩定且準確的模擬二維晃動水槽中自由液面隨時間的變化，以及流場的速度分布。基本解法為一種邊界型無網格法，可以避免建立網格與數值積分的繁瑣過程，因此能大幅提升電腦模擬的效率，且只需要處理邊界點及源點的位置，故非常適合應用於計算域會隨時間變化的問題中。然而基本解法的結果正確性會受外部源點位置影響，因此在本研究中，我們採用粒子群演算法來有效且快速的搜尋最佳的源點位置，粒子群演算法為一種啟發式的最佳化演算法，在每一次的搜尋中透過群體跟個體之間的相互關係來逐漸逼近最佳的源點位置，故具有收斂速度快且無需大量的最佳化資訊等優勢。在電腦模擬模式建構完成後，本研究採用多個數值案例與前人研究結果進行互相比對，以驗證基本解法結合粒子群演算法與顯式尤拉法求解晃動問題的可行性、穩定性與準確性。另外，本研究所開發成功之二維晃動現象的電腦模擬模式，不但有助於提高我們對流體行為的了解，也對工程設計領域的實際應用有著重要的價值。

關鍵詞：基本解法；粒子群演算法；晃動問題；顯式尤拉法；勢能流理論。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

以微波雷達偵測近岸渦旋之可行性研究

陳銘誼 [1] 錢樺 [1,2] 鄭皓元 [1,2] 張君名 [2]

[1]國立中央大學水文與海洋科學研究所
[2]國立中央大學地球科學前瞻應用研究中心

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：無

通訊作者：陳銘誼

E-mail: sngd2756@gmail.com

Tel: 03-4227151 ext. 65699

摘要

近岸微尺度(microscale)渦旋對於沿岸海域的陸源營養鹽、汙染物以及海域沉積物的混合與輸運起著重要作用，並且渦流快速的變化特性是引起離岸流等危險現象的因素之一，對人們進行洋面工作和遊憩活動時的安全構成威脅。岸基微波雷達具有可近實時、大範圍連續觀測海況的優勢，能夠進行持續性的監測和研究，同時微波雷達的觀測尺度正與近岸微尺度渦旋相符合。本研究旨在檢驗利用岸基微波雷達辨識近岸渦流的可行性，以雷達觀測圖像反演結果，與經數值模式完整化的漂流浮球觀測結果進行比對，並討論北海岸白沙灣近岸渦旋的產生和消散之動力機制。

關鍵詞：微波雷達、近岸渦旋、

一、研究目的

近岸微尺度海洋渦旋的存在對海岸帶水體的混合過程扮演著至關重要的角色，它有助於有效地運輸、擴散陸源的營養鹽與污染物，進而帶動漁業資源的分布。渦旋也對沿岸動力過程產生了重要影響，包括侵蝕作用、沉積物運移、水動力機制等，這些作用對海岸帶地形、海岸線的穩定是關鍵因素。強烈的近岸渦流可能會對工程結構的基礎造成損壞，此外，沿岸地區的渦流也會引發水質參數的改變，對 pH 值、水溫、鹽度和懸浮顆粒物等的分布狀況產生明顯影響，而這些參數與沿岸生態系統與建設的相關密切。

對於較大空間尺度的渦流，特別是次中尺度(submesoscale)渦旋，通常可利用高頻（HF）雷達進行觀測。然而，近岸渦流有著較高的空間和時間變化特性，並且在尺度上遠小於高頻雷達的觀測，藉由高頻雷達觀測所產出之流場結果的空間解析度並不足以察覺到近岸渦流的存在，這使得近岸渦流觀測具有挑戰性。因此，需要替代方法，例如使用無人機擷取圖像或部署漂流儀器集群，但這些儀器也有其時空採樣率的局限性。

近岸微尺度漩渦具有迅速的形成或消散、快速的擴散、移動、形態改變等動態特性，因此必須對其全貌進行頻繁且二維整面的連續觀測，以完整了解其行為，為滿足近岸渦漩偵測所需高空間分辨率和連續二維空間觀測的需要，本研究藉由微波雷達觀測圖像反演結果探討其是否具備觀測近岸渦旋的潛力。

二、研究方法

本研究利用位於新北市石門區北海岸的白沙灣微波雷達於 2020 年第一季的觀測資料。為先行了解白沙灣內的潮流動力特徵，本研究在白沙灣部署了自製的 GNSS 追蹤漂流浮球集群，以深入了解灣內的流場。圖 1 左圖顯示了其中一顆浮球，在退潮期間環繞整個海灣時的軌跡，由集群觀測的時間序列則可清楚地揭示了灣內的水流運動模式：退潮時順時針旋轉，漲潮時逆時針旋轉。

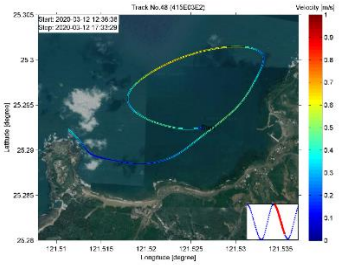


圖 1 單顆漂流浮球逐時軌跡

為使漂流浮球所觀測的點位資料的空缺完整化，本研究利用數值模式，以漂流浮球的觀測結果(圖 2 左圖)作為初始條件，並以水深、底床摩擦力、風摩擦應力等作為邊界條件，將各潮時的浮球觀測結果轉化成二維流場資料(圖 2 右圖)。

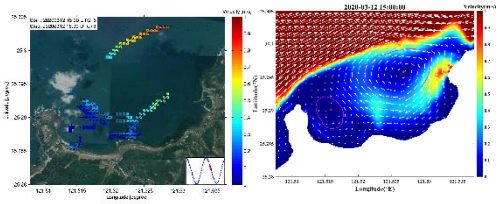


圖 2 半小時浮球集群觀測流速結果與模式模擬結果

將數值模式的流場結果進行各項對渦旋生成指標參數運算，包括旋度、散度、剪應力、Okubo-Weiss 指標(OW)、瞬間變率(IROS)，藉此分析白沙灣海域渦旋的動力機制，並且與雷達觀測結果進行比對。

三、初步結果

為了對應雷達的徑向流場，本研究也將模式流場轉換至雷達的徑向方向，並使用的顏色來表示海流在徑向方向上是遠離雷達還是接近雷達。可觀察到，如果灣內存在渦流，那麼 0 的徑向流速等值線應該通過渦旋的中心，且兩側分別會有一個正峰值和一個負峰值。如圖 3 所示，左側的模式徑向場與右側的雷達反演場皆在漲潮階段出現左側流進、右側流出的形式。

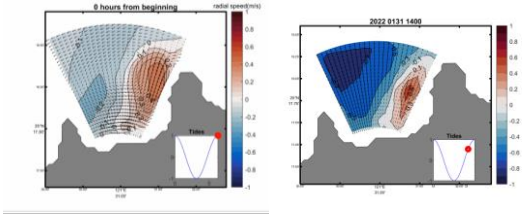


圖 3 模式流場轉換至雷達徑向(左)與雷達圖像反演徑向流場(右)

另外，在岬頭下游處因為流速的劇烈變化形成了發展流場旋轉的有利條件，渦旋將在高剪應力區的區域的末端形成。這一特徵，我們可以在雷達回波振幅的平均值上看到。因為強的剪應變力使得該區域的泡沫和漣漪較少，代表海面相對平坦。這種相對平坦的海面的在雷達回波的平均場上的呈現一個相對暗的條帶區域。

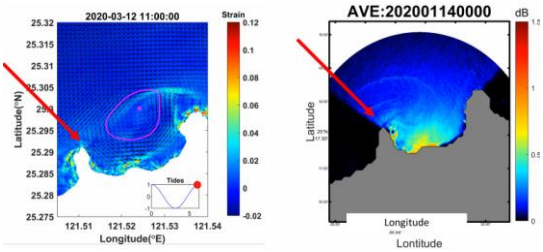


圖 4 模式剪應力場(左)與雷達回波強度平均場(右)

根據以上兩項初步結果，可知岸基岸的 X 波段海洋微波雷達具有相當潛力，可通過識別徑向流場和平均場的模式來檢索近岸微尺度渦旋的存在以及其位置。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

潛沒式柔性減能網對於海岸侵淤效應之實驗分析研究

呂洸磊 [1] 李俊佑 [2] 彭大雄 [3] 楊瑞源 [4]

[1]國立成功大學自然災害減災及管理國際碩士學位學程
[2]國立成功大學水工試驗所
[3]豐欣營造有限公司
[4]國立成功大學水利及海洋工程學系

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：呂洸磊

E-mail:ray890609@gmail.com

Tel:0919-486-962

摘要

本文主旨為利用試驗研究規則波通過潛沒式柔性減能網，模擬在波浪作用下侵蝕型海灘剖面之海岸斷面變遷，及分析其輸沙運移特性。本試驗於國立成功大學水工試驗所進行，透過資料收集、設計實驗、試驗模型建立的方式，分析兩道潛沒式柔性減能網周圍之漂沙落淤變化。其中波浪條件的改變，包括進行不同的週期、波高組合(波浪尖銳度)、水位(相對水深比)等條件，得出準確的實驗地形測量結果，以研析減能網周圍之漂沙落淤量及海灘剖面坡度變化之差異，並得出建置潛沒式柔性減能網之最佳配置之依據。

關鍵詞：水工模擬試驗、柔性工法、柔性減能網、潛沒式柔性減能網、動床漂沙模型

一、研究目的

保護海岸避免海岸侵蝕等災害一直是海岸工程學者與專家努力的課題。以往的防護工法多是以剛性的保護工法，如:防波堤、離岸堤、突堤和護岸等…，阻擋水流、防止海水入侵及土地流失，但此類工法的建置成本較高，工時較長，而依目前之海岸與海灘狀況顯示，有時硬性結構工法卻容易造成反射使堤前沖刷加劇，造成功能不如預期或結構物破壞等問題。且傳統的硬體工法有礙於自然景觀、不容易遷移，其更是違背了順乎海岸自然性質及海岸資源永續發展的觀念。

因此為了因應現代社會對海岸區域的期待，新式的海岸保護工法除應具有防災功能之外，亦應具景觀、休閒與生態之功能，因此新式的柔性工法或軟、硬體結合工法的觀念被提出，已在近年來逐漸取代傳統的硬性工法，成為一種海岸防護之新趨勢。

本研究使用之潛沒式柔性減能網為參考李俊佑等人(2022)之研究所設計的，其具有削減波浪能量、促使泥沙落淤、防止海岸侵蝕及達到保護海灘之功效，並希望以實驗室內之水槽進行縮尺模型實驗，參考系列前提之設計方法，使用潛沒式柔性減能網柔性工法建立一套海岸動床斷面模擬模式，能更進一步推廣應用。最終盡量減少台灣目前仍只偏重依賴硬性防護工法的作法。

二、研究方法

用歐善惠、許泰文等人(1985)所提出之漂沙動

床模型相似律模式可獲致較佳之實驗結果，因此本研究之波浪比尺係採用許等人之模式縮尺為：

波高比尺：$\lambda_{H_0}=\lambda_z^{\frac{2}{5}}\lambda_x^{\frac{4}{15}}\lambda_{\gamma'}\lambda_{D_{50}}^{\frac{1}{3}}$

週期比尺：$\lambda_T=\lambda_z^{\frac{1}{5}}\lambda_x^{\frac{2}{15}}\lambda_{\gamma'}^{\frac{1}{2}}\lambda_{D_{50}}^{\frac{1}{6}}$

式中λ_T 波浪週期比尺，λ_{H_0} 波高比尺，λ_z 垂直比尺，λ_x 水平比尺，γ' 浸水底質比重，D_{50} 底質材料的中值粒徑。

考量預定應用之現場範圍、試驗水池大小，及造波機造波能力，本研究之水平、垂直比尺與波高、週期比尺採用：

水平比尺$(\boldsymbol{\lambda_x})$ 1/240 ， 垂直比尺$(\boldsymbol{\lambda_z})$ 1/60

波高比尺$(\boldsymbol{\lambda_{H_0}})$ 1/40 ， 週期比尺$(\boldsymbol{\lambda_T})$ $1/\sqrt{\boldsymbol{40}}$

另外使用 Sunamura 和 Horikawa(1974)之經驗公式：

侵蝕海灘斷面類型：$\frac{H_0}{L_0} \geqq 8(\tan\beta)^{-0.27}(\frac{D_{50}}{L_0})^{0.67}$

其中H_0和L_0為深海的波高及波長，$\tan\beta$為原始沙面坡度。本試驗設計了侵蝕波試驗條件和潛沒式柔性減能網，並設置了李俊佑等人(2022)所提出的柔性減能網模型，進行不同周期和波高的試驗，分析波浪削減能力、因沙量和沙灘剖面坡度變化的差異，再與李俊佑等人(2022)的試驗結果進行比較，以提出柔性減能網較好的配置方法。

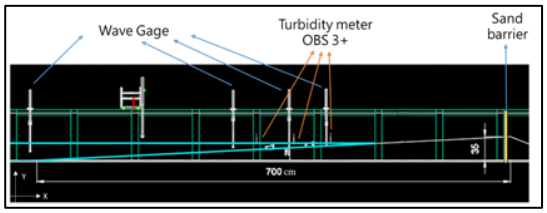
Water Level(cm)	Wave Height(cm)	Wave Period(s)	Type of Model
20(M.W.L.)	6	0.8	Two Types of Submerged Derosion Lattice
20	6	1.3	
20	8	0.8	
20	8	1.3	
25(H.W.L.)	8	0.8	
25	8	1.3	

表 1 實驗室次規劃

儀器名稱	數量
平推式玻璃水槽造波機	1台
電容式波高計	4組
沙面測定儀	1組
濁度計	3支
筆記型電腦	1台
收錄電腦&BNC收錄盒	1組
攝影機與腳架	2組
台車軌道	1架
刻度皮尺	1條

表 2 實驗使用儀器清單

圖 1 潛沒式減能網模型



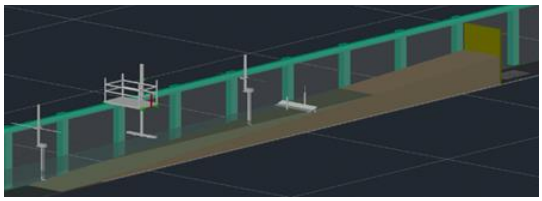


圖 2 實驗配置圖

圖 3 現場實驗配置圖

三、預期結果與討論

1. 潛沒式柔性減能網預計仍可在一定程度上削減波浪能量和因沙，但實際結果還需與李俊佑等人(2022)的研究結果進行比較。
2. 原柔性減能網的堤腳掏刷問題將會是本次實驗的重點觀測對象，希望能取得正面的成果，並能夠實際施行在現地之海灘。
3. 在李俊佑等人(2022)的實驗結果中，我們可以觀察到在高水位的試驗條件下，柔性減能網也是淹沒在水中的，與降低柔性減能網高度的試驗條件類似，其削減波浪能量的效果不如平均水位的情況好，因此降低高度的柔性減能網的成效也將是本次實驗的觀察重點。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

三個 AI 智慧學習法在預測海岸瘋狗浪發生機率之比較

張芹瑜[1] 陳盈智[2] 陳威成[1] 林芳如[3] 董東璟[1]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系
[2]國立成功大學近海水文中心
[3]交通部中央氣象局 海象測報中心

主題：C 海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：張芹瑜

E-mail: zxcvbnm051119@gmail.com

Tel:06-2757575 #63244-27

摘要

台灣擁有多樣的海岸地理環境，因此海岸遊憩活動興盛，然而海岸瘋狗浪(coastal freak wave)對釣客及遊客構成嚴重的安全威脅。海岸瘋狗浪的形成機制複雜，目前尚未有理論可完整解釋其形成原因，因此難以預測何時何地會發生。現今，隨著電腦計算能力的提升與人工智慧技術的進步，使用人工智慧技術分析複雜自然現象的研究開始興起，因此本研究將人工智慧應用於海岸瘋狗浪之預測。本研究比較了三種不同機器學習方法(Machine Learning)所建置的模型，並透過情境分析如波高大小、颱風期間或月份分佈等等，以檢視三種機器學習方法的預測表現與特性。初步結果表明，這三種機器學習方法在訓練和測試階段表現優良。情境分析的結果顯示，當示性波高超過 1.5 公尺時，這些模型的預測能力相對較差。

關鍵詞：人工智慧、機器學習、海岸瘋狗浪

一、研究目的

台灣海岸遊憩活動興盛，卻常有無預警發生的海岸瘋狗浪將海岸邊的釣客或遊客捲入海中造成人員傷亡，突發的大浪僅歷時短短幾秒即具強烈的破壞性，增加海岸區域活動的危險性，若能預測海岸瘋狗浪的出現時間與地點，提前發佈預警，可使岸邊人員多加留意以減少傷亡。海岸瘋狗浪的形成機制複雜，至今未有完整理論可解釋，而人工智慧具有處理非線性問題之優勢，因此本研究將人工智慧應用於海岸瘋狗浪之預測，並比較三種不同機器學習方法所建置之模型，包括類神經網路(artificial neural network,ANN)、隨機森林(random forest,RF)與支撐向量機(support vector machine,SVM)。並透過情境分析如波高大小、颱風期間或月份分佈等等，更全面地評估機器學習方法在不同情境下的預測能力，有助於確保模型在不同情境下的預測表現穩定。

二、研究方法

本研究的主要研究區域為新北市貢寮區的龍洞海岸，特別著重於龍洞灣岬所引發的海岸瘋狗浪現象。龍洞灣岬左側臨山，右側臨海，因長期海蝕作用，形成了懸崖陡峭的地形，且其位置位於台灣東北海岸，易受東北季風的影響，因此經常會出現湧浪現象，以上因素的綜合影響使得此區容易發生海岸瘋狗浪，儘管存在風險，仍有許多釣客和遊客前往此地進行

遊憩活動，造成不少的人員傷亡案例。基於此地發生較多的海岸瘋狗浪事件，並且附近的龍洞浮標能夠提供海洋氣象數據等相關資訊，因此本研究選定此區域進行海岸瘋狗浪之研究。

本研究使用中央氣象局(2019)研究中得到的光學海岸瘋狗浪案例，彙整發生海岸瘋狗浪之時間並結合鄰近的龍洞浮標海氣象數據，建立三種機器學習方法的訓練與測試資料。光學海岸瘋狗浪案例為光學監視站拍攝之時序列影像，以一小時為間隔，該小時發生一件或一件以上的海岸瘋狗浪資料，則視為一筆海岸瘋狗浪案例，建立海岸瘋狗浪資料。為避免訓練模式不平衡，選擇了相同數量之無海岸瘋狗浪案例，建立無海岸瘋狗浪資料集。圖 1 為光學監視站拍攝海岸瘋狗浪發生時之原始全彩影像。

圖 1 光學監視站拍攝海岸瘋狗浪發生時之原始全彩影像(中央氣象局，2019)

本研究運用以下三種機器學習方法來分析海岸瘋狗浪案例：類神經網路是一種模仿人類大腦處理資訊方式的機器學習方法，且具備學習和記憶功能，能通過不斷的學習來提高性能；隨機森林是由個別決策樹統合成一片森林，決策樹根據資料的特徵，歸納出資料間的關聯和規則，是一種由上而下的歸納算法；支撐向量機以嚴謹的數學演算和利用核函數(Kernel function)處理高維度數據，透過反覆試誤及修正後得到一個預測模型。

本研究完成以上三種機器學習方法的訓練工作後，將進行情境分析，如：不同示性波高或颱風期間等等，檢視此三種機器學習方法在各種情境下的海岸瘋狗浪預測表現。

三、初步結果

本研究以 2016-2018 年期間的龍洞浮標海氣象資料作為訓練與測試資料，經篩選後取得 765 筆海岸瘋狗浪資料，並選取相同數量之無海岸瘋狗浪資料(765 筆)，共使用 1530 筆資料進行三種機器學習方法之訓練與測試。初步結果如表 1，三種機器學習的表現結果優良，在各項評估指標均保持良好，回應率與真陰性率高，代表模型有正確預測海岸瘋狗浪發生的能力同時在預測無海岸瘋狗浪發生的情況下也表現良好。

表 1 三種機器學習方法之訓練與測試結果

	機器學習方法 / 評估指標	ANN	RF	SVM
訓練結果	正確率	80.5%	78.5%	81.5%
測試結果	正確率	77.3%	74.9%	77.7%
	反查率	71.9%	68.2%	69.6%
	回應率	80.7%	78.8%	82.9%
	真陰性率	82.7%	81.7%	85.7%
	幾何平均評估指標	0.772	0.746	0.772

情境分析的資料採用光學海岸瘋狗浪影像監視站於 2018 年期間蒐集的資料，評估類神經網路、隨機森林與支撐向量機在不同情形下的預測能力，有助於確保機器學習模型在各種不同的情況下都能有穩定的預測表現。不同示性波高下的初步預測結果如表2，結果顯示在示性波高大於 1.5 公尺的情況下，有高反查率和低回應率，代表在示性波高大時，模型在實際有海岸瘋狗浪發生時的預測能力佳，但在預測無海岸瘋狗浪發生的性能較不理想，可能原因是海岸瘋狗浪的發生大多伴隨著較高的示性波高，使模型容易辨識。此外，後續本研究將進行其他類的情境分析，如：不同湧浪波高或颱風期間等等。

表 2 三種機器學習方法在不同示性波高的初步預測結果

情境分析	機器學習方法 / 評估指標	ANN	RF	SVM
Hs < 1.5	正確率	75.2%	70.9%	73.8%
	反查率	65.8%	57.1%	58.8%
	回應率	81.1%	78.9%	83.9%
	真陰性率	84.7%	84.7%	88.7%
	幾何平均評估指標	0.747	0.696	0.722
Hs > 1.5	正確率	53.5%	48.2%	50.9%
	反查率	87.7%	86%	89.5%
	回應率	52.1%	49%	50.5%
	真陰性率	19.3%	10.5%	12.3%
	幾何平均評估指標	0.411	0.301	0.331

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

以三維拉氏顆粒追蹤法初探臺南沿海海洋廢棄物熱點特性

劉育丞 [1] 林書丞 [2] 楊馨茹 [3,5] 侯典轟 [1,4,5*]

[1]台南應用科技大學養生休閒管理系
[2]台南應用科技大學運動休閒與健康管理系
[3]台南應用科技大學室內設計系
[4]台南應用科技大學通識教育中心
[5]台南應用科技大學永續環境與科技應用研究中心

主題: C. 海洋及海岸規劃管理

國科會計畫：NSTC 112-2637-E-165-002

通訊作者：侯典轟

E-mail:houtienhung@gmail.com

Tel: 06 253 2106 ext. 5075

摘要

海洋廢棄物近年來被認為是一個很嚴重的環境問題，不論在海洋環境、海洋生態和船舶航行安全的影響，儼然成為國際社會面臨的挑戰。本研究以海洋模式結合拉氏顆粒追蹤模式，模擬海洋廢棄物在受到海流和風的影響條件下之時間與空間的運動變化。透過三維拉氏顆粒追蹤模擬海洋廢棄物的運動與其空間分布，並分析從臺南河川或出海口所產生的垃圾對沿海造成的影響。冀望該研究應用於尋找沿海海洋廢棄物熱點區域及估計和預測海洋中廢棄物之分佈。讓決策者提供處理臺灣海洋垃圾問題的有效策略。

關鍵詞：海洋廢棄物熱點、拉氏顆粒追蹤法、普林斯頓海洋模式

一、研究目的

近幾十年以來，海岸與海洋所發現的廢棄物，以非常迅速的增長快速地積累，然而，這對全球海岸與海洋生態的環境已經造成了相當大的危害，研究發現，海洋廢棄物的污染，使得全球海洋生態與海洋相關產業(包括漁業、水產養殖、氣候調節與休閒娛樂)減少了至少 1% – 5%經濟損失，約莫每年損失 500 – 25,000 億美元 (Barbier 2017, Beaumont, Aanesen et al. 2019)，可想而知，海洋污染防治已成為重要的國際議題，了解海洋廢棄物對海洋環境造成的破壞，且必須採取更積極的治理措施 (Laist 1987, Van Sebille 2015, Cheung, Cheung et al. 2016, Van Sebille, Aliani et al. 2020)。依據 SOW 荒野保護協會從 2018 年 - 2019 年逐季海廢快篩統計結果指出廢棄物總重量約 646 公噸，垃圾體積前三名分別為塑膠瓶罐、發泡塑膠、廢棄漁具且 56% 的海洋廢棄物集中在 10% 的海岸線上，其中，臺南居於全國第 6 多。由此可知，塑膠廢棄物已經對環境帶來非常嚴重的衝擊，並且在過往國際研究文獻上也指出，塑膠廢棄物亦危害全球海洋環境之首，尤其是對於海洋環境、海洋生態、人類健康與社會的威脅，源頭減塑與預估海洋廢棄物漂流軌跡與上岸位置，儼然已成為首要探討之項目。故本研究冀望分析與探討由河川或出海口所產

生的海洋廢棄物，對於臺南沿海之海洋廢棄物漂流軌跡與上岸位置，以提供治理單位能有效清除海洋廢棄物之參考依據。

二、研究方法

本研究利用自行發展之三維拉氏顆粒追蹤法技術來模擬海上廢棄物漂流的方向及上岸位置，然而，三維拉氏顆粒追蹤法係以POM海洋模式模擬海水水流與中央氣象局之區域模式風場，作為漂流軌跡模式之作用力來源。點源則以臺南地區的河川出海口作為海洋廢棄物之來源位置，其數量依據環保署、NGO 等組織海洋廢棄物統計資料而來，其流程圖 1 如所示。

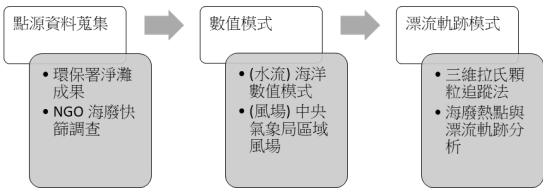


圖 1 海洋廢棄物漂流軌跡數值模擬架構與流程圖

(1) 海流模式：

本計畫將以普林斯頓海洋模式(Princeton Ocean Model, POM) 模擬臺灣周邊海域之水流。故本研究將分別 2 層不同的網格精度來模擬臺南區域的水流，如下說明。

第一層低精度網格解析度模式，係採國內外之海氣象資料庫作為驅動模式所需之外力：

水深地形資料：大尺度範圍以 ETOPO1 水深地形資料為主，區域模式則以 ODB 水深資料或現場量測資料而來。

海表面氣象資料：資料來源取自自美國氣象局氣象預報系統 NCEP Climate Forecast System Version 2 (CFSv2)或 CWB-WRF 區域風場。

海洋邊界資料：如海表面水位，垂直分層之流速、海水溫度、海水鹽度等邊界資料，由 HYCOM 資料提供以驅動高精度海流模式。

第二層高精度網格解析度模式，則以第一層模擬結果作為邊界條件，以提高網格精度，避免模式誤差。

(2) 三維拉氏顆粒追蹤法

本研究係以開發中之平行化三維拉氏顆粒追蹤法來追蹤海洋廢棄物漂流軌跡，藉由不同的海洋廢棄物特性，並考慮海洋廢棄物之運動特性及生物附著、沉降、降解等影響因子，綜括考量海洋廢棄物在海洋上將面臨到的影響因素，並結合海洋模式結果套嵌至海洋廢棄物漂流軌跡模式。

三、初步結果

為取得量化海洋廢棄物之數據，本研究的資料源自行政院環保署海岸淨灘認養系統，透過淨灘數據獲得量化海岸廢棄物之數據，其蒐集時間自 2017 年到 2023 年的資料。這段時間內，我們觀察到竹木在海洋廢棄物中佔了極大的比例，大約佔了 87.77%。這些竹木主要推論係來自於台南海岸養蚵事業，所廢棄之蚵棚和蚵架，其次為養殖所需之保麗龍(3.7%)。

透過上述分析結果，本研究亦透過跨領域課程與學生至七股北堤進行淨灘活動，除了淨灘外也藉由實地海岸訪查，教育學生認識海岸海洋結構物與其功能。最後，本研究主要藉由數值模式，在台南市各大河口處布放虛擬粒子作為廢棄物標的，並以竹木特性作為數值模式浮子參數，模擬 2022 年在台南市之河口廢棄物之漂移軌跡，如圖 3 瞬時結果(藍色米符號為布放初始位置、紅色與黑線則為漂流軌跡，顏色、矢量則為海流流況)。由模擬可知，八掌溪、急水溪與曾文溪河口之廢棄物，因潮流影響台南海岸之北邊漂移與沉積，然而，鹽水溪與二仁溪河口之廢棄物則在台南海岸之南邊漂移與沉積。此外，由淨灘資料反推溯源得知，大多海洋廢棄物集中在黃金海岸與觀夕平台，黃金海岸多為竹木可能與七股養殖產業有關，觀夕平台則較多其他垃圾可能與河口或遊客之廢棄物有關。未來，可針對養殖產業位置做更詳細漂流模擬。

四、謝誌

本文係國科會專題研究計畫 (編號：NSTC 112-2637-E-165-002) 與 USR 戲水鯤鯓-台南濱海觀光休憩創新計畫經費支持，亦感謝經濟部水利署第六河川局供本研究數值水深地形使用及台南應用科技大學專題製作學生劉育丞、王玉婷、陸沛倫、黃紫綺與顏廷諭等學生協助資料分析。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

台灣海洋保護現狀及管理機制的定量內容分析

楊怜郁 [1]　張憲國 [2]

[1] 國立陽明交通大學土木工程學系碩士生
[2] 國立陽明交通大學土木工程學系教授

主題: C.海洋及海岸規畫管理(監測、防災、規畫管理與治理)

通訊作者 ： 楊怜郁

E-mail:avtae09871@gmail.com

Tel:0975215695

摘要

本研究利用定量文本分析術語單詞的關聯性的 KH Coder 軟體，輸出現有海洋保育現況之全面視圖，獲得(1)近岸工程對海洋生態之影響因子; (2)海洋人為活動的重點項目; (3)台灣海洋保護區管理現況的癥結問題。分析台灣海洋保護區成效低落的原因，結果在於治理層面之強度不足、缺乏執法與人員巡守、利益關係人參與稀少、缺乏生物與棲息地的之長期監測等方面。經比較國外海洋保護區治理的成功案例研究後，提出台灣的問題的解決方法為，政府立法嚴格執行與取締對海洋破壞之行為，及提高社會的海洋保護觀念。

關鍵詞： 海洋保育、成效評估、KH Coder、海洋保育法、定量內容分析

一、 研究目的

聯合國的公海條約宣布海洋保護區要在 2030 年前達到 30%，Veronica & Danie (2023)指出全球 184 個海洋保護區中 30%還停留於紙上公園(paper park)，意即依法設立但無效的保護區，台灣與許多國家一樣面臨保護區效益低落的問題。

海洋保育本是一項艱難與長期的作業，需要許多科學證據來評估保護效益。本研究為探討台灣目前的海洋環境現況與保育研究成果，利用 KH Coder 定量內容分析軟件，研究台灣長期的海洋保護的趨勢，及海洋保護區管理成效不彰之各項問題。

為達到本研究目的，收集國內海洋機構的保育相關報告，並透過 KH Coder 分析之結果來探討國內海洋保育現狀與保護區的成效，並比較國際間成功的 MPA 治理案例，提出台灣海洋保育治理系統的建議，幫助保育團體催促政府發布《海洋保育法》，以統整目前有關海洋保育的所有法條，賦予相關管理機構權責與足夠資源，落實長期監測與績效評估並加強取締對海洋之迫害行為，才能加速整合海洋環境生態保育的管理進度，以提升保護成效。

二、研究方法

將收集之海洋保育相關報告依主題分為三大類:1.海洋工程對生態的影響 2.近岸人為活動治理 3.海洋保護區成效評估。取各報告之摘要與結論並處理成有效資料後，輸入 KH Coder 進行分析。

KH Coder 為定量內容數據挖掘軟體，屬計算機語言學，計算文本資料詞語的關聯程度，生成共現網路圖 (Co-Occurrence Network) 、層次聚類圖 (hierarchical cluster analysis) 及對應分析圖 (Correspondence Analysis)，示如圖 1，目的為將龐大

的文本資料轉為可視化圖，剖析研究目標之現況與重點，並幫助指引未來研究方向。

共現網路圖利用 Jaccard 相似性係數繪製單詞關係圖。層次聚類圖計算單詞間的相似度，建立層次樹狀圖達分組目標。對應分析則是將文字數據展現在二維座標圖上，以單詞間之距離判別關係程度。

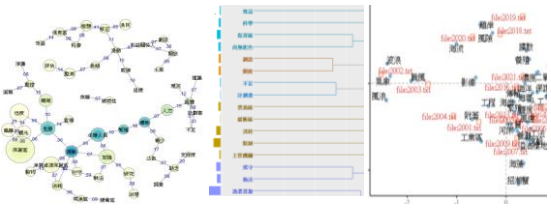


圖 1 共現網路圖、層次聚類圖及對應分析圖示意圖

將三大類研究主題個別整合三種圖之結果，得出台灣之海洋工程、近岸人為活動對於海洋保育的當前趨勢，並整理其對應之法規與權責機構，可探討目前之管理問題；另外海洋保護區之成效評估結果則利用比較國際成功治理案例後，進行保護區管理建議。

三、初步結果

KH Coder 分析海洋工程類報告的研究重點為 12 項:(1)離岸風電場與生態保育(2)工業排放水對海洋生物之毒性影響(3)侵蝕防護工程與地形預測(4)藻場復育與礁石牧場研究(5)水上活動對生態影響(6)海豚保育與擱淺救援(7)防曬乳濃度對珊瑚的影響(8)海洋垃圾議題(9)衛星影像應用(10)港口防災安全(11)潮汐與污染物傳輸(12)濕地保育法。

KH Coder 分析海洋人為活動類報告的重點結果為 10 項:(1)沿海原住民文化(2)安全海域管理(3)海洋健康指數趨勢(4)海洋治理績效(5)氣候變遷(6)海洋意外事件管理(7)海岸儲碳能力(8)言海永續旅遊與海上救援(9)物種棲地與生態多樣性(10)遊客乘載量。

針對以上研究重點進行法規與權責機關整理後，取「離岸風電場與生態保育」為例，示如表 1，可知同一項海事工程所涉及的保育法規與發布機構皆不同，無統一之主管機關，會造成保育作業推動困難。

表 1 離岸風電場涉及生態保育之相關法規

項目	依據法律	發布機構
開發之環境影響評估	《環境影響評估法》 《環境影響評估法施行細則》	行政院- 環境保育屬
國家重要濕地	《濕地保育法》	內政部-營建署
漁業權區、繁殖保育區、人工魚礁禁漁區	《漁業法》	行政院-農業委員會
野生動物重要棲息環境	《野生動物保育法》	行政院-農業委員會
海洋工程汙染事件	《海洋污染防治法》	海洋委員會

KH Coder 分析 110-111 年海洋保護區之成效評估報告的共現網路圖，示如圖 2 之右圖，可將保護區治理現況分為正向資訊:(1)緩衝區與禁漁區(2)生態宣導(3)淨灘(4)監控；與負向資訊:(1)經費、人力、計畫書不足(2)執法、巡守需加強(3)利益關係人稀少(4)保護區-尚無起色(5)缺乏調查。

圖 2 之左圖可看出 110 到 111 年管理成效變化，110 年的著重在教育宣導與緩衝區，到 111 年開始檢討治理與效益，可知已逐漸加強管理層面，可持續追縱後續之治理成效。

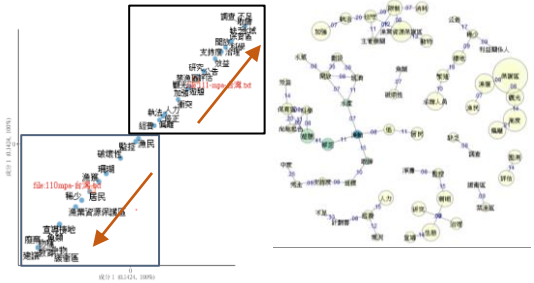


圖 2 海洋保護區成效評估
-(左)對應分析圖、(右)共現網路圖

參考英國萊姆灣成的海洋保護區治理案例 Gallacher et al.(2016)，萊姆灣成功 6 大關鍵為:(1)善用當地利益相管者提供之生態知識 (2)明定《棲息地指令》禁止在保育類生物之棲息地進行拖曳式漁業行為(3)生態棲地系統管理方法 (4)政府組織為權益受損之漁民提供服務 (5)鼓勵利益相關者主動參與海洋保護區管理 (6)當地對於法規的了解程度。

比較台灣與萊姆灣之海洋保護區治理情形，台灣在(1)當地知識之使用程度(2)明定禁漁法(3)生態棲地管理方法(4)政府主動提供服務(5)利益相關者參與度等層面仍有不足，導致保護區效益低落，建議應從政府治理層面出發，訂立明文規範進行執法措施，進一步提升民眾海洋資源使用價值觀。

由 KH Coder 之結果可整理出台灣保育的管理問題為(1)有關海洋保育的法規與頒布機關皆不同，有權責分散的問題(2)海洋保護區之成效低落原因為台灣無統一法規且缺乏在地海洋保護意識。近年來許多環保團體也督促政府盡速頒佈《海洋保育法》，此法可統整所有海洋保護之相關法條，解決目前保育作業實施之困難點，加速台灣在海洋保育的推動與實行效率。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

台灣濱海地區大氣中氯鹽沉積速率調查研究

溫志中[1] 林昱宏[1] 葉秀貞[2] 蔡涵任[2] 羅建明[3] 謝幼屏[3] 賴瑞應[3]

[1]弘光科技大學環境與安全衛生工程系
[2]泓洋科技顧問有限公司
[3]交通部運輸研究所港灣技術研究中心

主題: C 海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：溫志中

E-mail:wen1558@sunrise.hk.edu.tw

Tel:**04-2631-8652 ext.4115**

摘要

臺灣沿海地區為高溫、潮濕並帶有鹽分的大氣環境，金屬材料在大氣中容易腐蝕劣化，又因工業蓬勃發展及車輛急遽成長造成高腐蝕環境，眾多結構物皆為沿著海岸線或跨海而興建，加上缺乏對鹽害防蝕設計之本土化參考數據，間接促使臺灣地區成為高腐蝕性的大氣環境。金屬與鋼筋混凝土結構的大氣腐蝕機制，主要是金屬材料受大氣中所含水分、氧氣、和腐蝕性物質(如雨水中的雜質、灰塵、表面沉積物等)聯合作用而產生的破壞，鋼筋混凝土中的氯化物滲透會從空氣中進入受限的間隙，進而產生局部腐蝕，從而導致結構的退化。因此，本研究彙整港灣環境資訊網，2018 年至 2021 年間，基隆港試驗線、台中港試驗線與高雄港試驗線之氯鹽沉積速率，藉以探討臺灣北中南商務港口之大氣氯鹽沉積速率之變化情況，以做為往後結構物興建與金屬之防蝕計畫與維護規劃管理之參考。

關鍵詞：防蝕工程、混凝土、氯離子、腐蝕因子、氯鹽侵蝕、氯鹽量

一、研究目的

氯離子為鋼筋混凝土的主要腐蝕原因之一，鋼筋混凝土也是作為國內建築結構物最常使用之材料。台灣氣候高溫潮濕容易加速鋼筋的腐觸。雖然混凝土為鋼筋的良好保護層，但當內部鋼筋因為銹蝕使體積膨脹導致混凝土產生開裂破壞，鋼筋受到外在環境的影響加劇，然而腐觸的增加又將加速混凝土的開裂，如此縫隙侵蝕下，鋼筋混凝土構造物將無法達到其設計之服務年限。

沿海結構物的腐觸主要是受到氯離子侵蝕到混凝土內劣化而產生的。依照劣化發生原因可概分為中性化、鹼-矽粒料反應、鹽害、化學(酸鹼)侵蝕、凍融及疲勞六種。其中影響最大的是混凝土中性化及受到氯離子的侵蝕，當鋼筋於強鹼環境下(pH12~13)表面會生成鈍化之氧化保護膜使內部鋼筋不會產生腐缺，而中性化會使混凝土的 pH 值降低而無法維持氧化保護膜，而氯離子侵觸亦會破壞原有穩定的鈍態保護層使得防護失效。

故本研究擬探討在國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析，並確認氯鹽沉積速率是否會影響到沿海結構內金屬材料，導致鋼筋混凝土構造物將無法達到其設計之服務年限。

二、研究方法

本研究蒐集交通部運輸研究所港灣技術研究中心，公告於港灣環境資訊網-大氣腐蝕資料庫之氯鹽沉積量長期觀測資料，擷取 2018 年至 2021 年北中

南各商務港口及對照組之年平均氯鹽沉積速率來進行探討，藉此提升資料的完整性及適用區域。

北中南商務港口，分別為基隆港試驗線、台中港試驗線與高雄港試驗線作為試驗組，除此之外，亦選擇臺灣距離海岸線較遠之太魯閣國家公園與台中高鐵站作為對照組，分別進行探討，本研究氯鹽沉積速率調查點位如圖 1 所示。

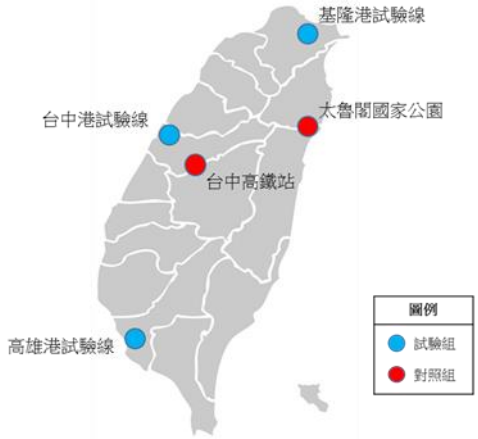


圖 1 氯鹽沉積速率調查點位位置圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心進行之氯鹽沉積量調查，依據 CNS 13754 規範以濕燭法進行測量，試驗裝置使用一個濕纖維織物表面，在已知面積的條件下暴露一段時間，再以離子層析儀測定其氯鹽沉積量，並計算所得之氯鹽沉積率，以 mg/m^2/day 表示。氯鹽沉積速率分類如表 1 所示。

表 1 氯鹽沉積速率分類

氯鹽沉積速率 (mg/m^2/day)	類別
$S \leq 3$	S_0
$3 < S \leq 60$	S_1
$60 < S \leq 300$	S_2
$300 < S \leq 1500$	S_3

資料來源：CNS 13401, ISO 9223-2012

三、初步結果

本研究蒐集交通部運輸研究所港灣技術研究中心，公告於港灣環境資訊網-大氣腐蝕資料庫之氯鹽沉積量長期觀測資料，擷取 2018 年至 2021 年之北中南各商務港口四季之氯鹽沉積速率，計算其年平均氯鹽沉積速率進行探討。

試驗組分析結果顯示，基隆港試驗線年平均氯鹽沉積速率介於 7.34 至 31.38 mg/m^2/day 之間，台中港試驗線年平均氯鹽沉積速率介於 19.21 至 32.80 mg/m^2/day 之間，高雄港試驗線年平均氯鹽沉積速率介於 2.20 至 2.64 mg/m^2/day 之間，而對照組分析結果顯示，太魯閣國家公園年平均氯鹽沉積速率介於 0.79 至 1.42 mg/m^2/day 之間，高鐵台中站年平均氯鹽沉積速率介於 1.38 至 2.00 mg/m^2/day 之間，2018 年至 2021 年對照組及試驗組年平均氯鹽沉積速率及變化趨勢，如表 2 及圖 2 所示。參考表 1 將其數據分類，基隆港及台中港試驗線年氯鹽沉積速率分類皆為 S_1，高雄港試驗線則為 S_0，而對照組太魯閣國家公園站及高鐵台中站亦為 S_0。綜合以上分析結果，可得沿海區域之氯鹽沉積速率明顯高於市區與山區，但高雄港試驗線相較於其他兩點偏低，因此除離岸距離外，推測氣象因子及局部地形亦會影響氯鹽的沉積速率，對照組部分，歷年氯鹽沉積速率差異不大。

表 2 2018 至 2021 年對照組及試驗組年氯鹽沉積速率表

點位 \ 年份		2018	2019	2020	2021
		氯鹽沉積速率(mg/m^2/day)			
試驗組	基隆港	31.38	27.80	17.24	7.34
	台中港	27.14	26.98	32.80	19.21
	高雄港	2.20	2.64	2.20	2.27
對照組	太魯閣	1.26	1.42	1.40	0.79
	高鐵台中	1.38	2.00	1.98	1.92

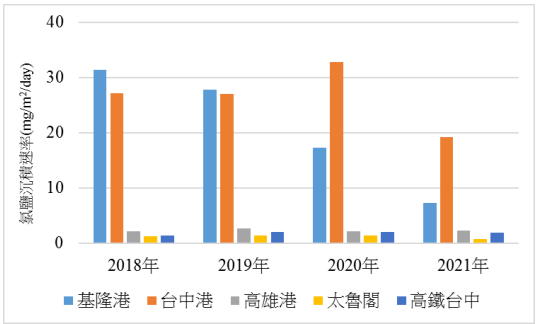


圖 2 2018 至 2021 年對照組及試驗組氯鹽沉積速率趨勢圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

地震型機率式海嘯危害度分析於墾丁地區之研究

陳彥龍 [1] 沈煜修 [1] 蕭士俊 [1] 吳漢倫 [1]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：陳彥龍

E-mail:e8496105@gmail.com

Tel:06-275-7575 **ext. 63223-29**

摘要

本研究採用 FUNWAVE-TVD 數值模式和 NUREG-CR7223(2016)的海嘯源逆推方法，以機率式的海嘯評估方式探討台灣墾丁地區的海嘯危害度。研究以歷史的屏東海嘯事件為標的，分析逆推所需之測站配置，成功創建了一組特定海嘯情境，能夠符合該事件造成的最大海嘯波高。儘管逆推所得之海嘯初始水位分布與歷史事件有所不同，但可造成相似的海嘯危害，顯示逆推所得之結果有其代表性。完成方法的建置分析後，則以馬尼拉隱沒帶對於台灣墾丁地區之機率式海嘯危害度進行分析，探討低年超越機率的危害度度。

關鍵詞：機率式海嘯危害度分析、海嘯源逆推、數值模擬、FUNWAVE-TVD、地震海嘯

一、研究目的

海嘯是一種集中巨大能量的重力長波，擁有較長的週期（數十至數百分鐘）和波長（可達數十至數百公里）。雖然海嘯的發生機率相對於一般水災較低，其破壞力卻遠超過常見的水災。由於其能量高度集中，海嘯撞擊海岸結構或海港時會引發巨大的海水面震盪，進而導致嚴重的結構損壞。

機率式海嘯研究能夠評估不同年超越機率下的海嘯危害程度，這對於防災和減災規劃具有重要意義。蕭士俊(2021)建立了針對馬尼拉和琉球隱沒帶的單位海嘯法資料庫，以評估水深 50 米處機率式的離岸海嘯波高。接著，在 2022 年，他進一步運用海嘯源逆推方法，探究年超越率為 0.0001 的海嘯對近岸造成的潛在威脅。本研究延續蕭士俊(2022)的研究，以台灣墾丁地區為例，進一步分析測站配置對海嘯源逆推方法的影響性。

二、研究方法

研究採用之海嘯源逆推方法源自 University of Washington Working Group (2017)所提出地震型海嘯源之逆推的五個計算步驟，前兩個步驟是建立研究區域所需之單位海嘯法資料庫，並用於計算機率式的離岸海嘯波高。步驟三為整個方法的核心 - 建立

非線性最小二乘法進行單位海嘯法資料庫權重之最佳化分析。目標函數$f_j(\mathrm{W})$可表示為：

$$f_j(\mathrm{W}) = \max\left[\sum_{i=1}^{m} \eta_{ij}(t)\cdot \mathrm{W}_i\right] - A_j \quad (1)$$

$$\min_{\mathrm{W}} \|f(\mathrm{W})\|_2^2 = \min_{W}\left[\sum_{j=1}^{n} f_j(\mathrm{W})^2\right] \quad (2)$$

其中 m 為資料庫中的單位海嘯數目、n 為離岸海嘯波高之測站數目、η 為單位海嘯於 j 測站造成之水位變化(W 為其對應之權重)、A 為測站觀測到之最大海嘯波高。

透過步驟三分析得到的單位海嘯資料庫權重（即地震海嘯的初始水位分布）後，以建置單位海嘯法資料庫之數值模型重新進行海嘯模擬(步驟四)，並進行權重調整直到滿足下述兩個條件(步驟五)則判定為逆推成功。

- 條件 1：所有測站的最大海嘯波高的相對誤差絕對值之平均值 ≤ 20%。
- 條件 2：每個測站之最大波高皆須 ≥ 80%的最大海嘯波高值。

三、初步結果

本研究參考 NUREG－CR7223 (2016)於加州外海採用 16 個測站，於屏東外海 50 m 水深處亦規劃 16 個測站，其位置及編號如圖 1 所示。為了瞭解海嘯源逆推法所用之測站數量對於逆推結果之影響性，故另外規劃進行以 5 個(編號 1~5)、10 個(編號 1~10)測站進行逆推計算，其成果如表 1 所示，其中 5 和 10 個測站所得之結果符合逆推所需之門檻。然而，16 個測站無法滿足模擬所有之測站的最大波高≥80%目標波高。因此本研究將以 10 個站點數量進行馬尼拉隱沒帶的海嘯源逆推分析。此結果顯示測站數目並非越多越好，可能與實際的研究區域特性有關，有待進一步的探討。

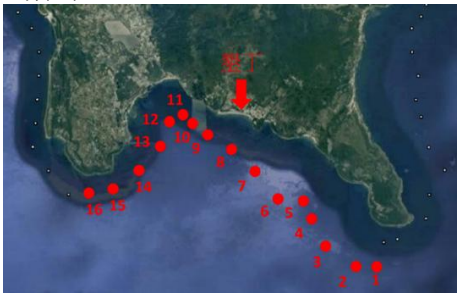


圖 1 墾丁外海水深 50 m 的 16 個測站分佈位置

表 1 以不同波高計數量進行逆推所得之波高

測站編號	屏東海嘯最大波高 (m)	80% 屏東海嘯最大波高 (m)	海嘯最大波高 (m)		
			5 個測站	10 個測站	16 個測站
1	0.091	0.073	0.091	0.091	0.091
2	0.144	0.115	0.144	0.144	0.192
3	0.188	0.150	0.188	0.188	0.193
4	0.219	0.175	0.219	0.219	0.205
5	0.210	0.168	0.210	0.210	0.193
6	0.241	0.193		0.241	0.241
7	0.235	0.188		0.235	0.235
8	0.230	0.184		0.230	0.230
9	0.250	0.200		0.250	0.250
10	0.250	0.200		0.250	0.250
11	0.293	0.234			0.293
12	0.222	0.178			0.235
13	0.144	0.116			0.193
14	0.187	0.150			0.193
15	0.216	0.173			0.193
16	0.262	0.210			0.193

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

海洋廢棄物識別 AI 模型之研發與測試

洪昱翔 [1] 陳威成 [1] 董東璟 [1]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系

主題: C. 海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：洪昱翔

E-mail:yusiang0526@gmail.com

Tel:06-2757575 #63244-27

摘要

海洋廢棄物(Marine Debris)造成的影響一直是長時間的環境污染問題，又因台灣四面環海，台灣本島與離島海岸常常成為東南亞各國海洋廢棄物的攔截區域。過去在海洋廢棄物的探測多是用人工方法，然而海洋廢棄物有著多種類別，且同種類別下的海廢型態也多樣，故海洋廢棄物因其多類及多樣性，想要準確辨識出類別不是件容易的事。近來年人工智慧技術在物件識別任務上已被證實成效，因此，本研究利用人工智慧技術的深度學習方法來建置模型，透過調整其中的參數以及做資料擴增等方式來增加模型對於海洋廢棄物識別的準確性。初步結果顯示模型擁有將海洋廢棄物辨別出來的能力。後續希望透過增加資料集、訓練時期、資料擴增等方式來加強模型的學習，提升速度及準確性，有效幫助我國海洋廢棄物的調查分析作業。

關鍵詞：深度學習、海洋廢棄物、影像識別

一、研究目的

台灣四面環海，我們的生活與海洋息息相關，隨著人類社會的快速發展，出現了各種陸上及水上活動，這些活動日漸興盛，然而廢棄物的排放導致大量的廢棄物沖入大海。據估計，每年約有 500 萬到 1300 萬噸的海洋廢棄物進入海洋，部分的廢棄物通過表面洋流或風進行運輸，重新回到海岸線，導致岸線的環境遭到破壞。

過往的海洋廢棄物探測、分類與量化大多是透過人工方法，如現地調查，這類型的方法會耗費大量的人力與時間成本。隨著人工智慧技術的進步，目前 AI 被應用在海洋觀測、影像辨識等，因此，我們預期使用深度學習的方式可幫助海洋廢棄物調查研究，透過影像進行海洋廢棄物的識別與統計。

二、研究方法

YOLO(You Only Look Once)是一個物件偵測的類神經演算法，而 YOLOv7 是在 2022 年 7 月推出，YOLOv7 在 5FPS~60FPS 範圍內的準確率集偵測速度都超過了當今其他的物件偵測模型。

YOLO 的算法是採取單獨的卷積神經網路(Convolutinal Neural Network, CNN)以及非極大值抑制演算法(Non-Maximum Suppression, NMS)組成，NMS 是物體檢測算法中的一種後處理技術，透過不同信心程度(confidence)的邊界框，過濾掉多餘和不相關的邊界框，只保留最準確的邊界框。使用 NMS

演算法時必須先設定一個閥值(Intersection over Union, IoU)，IoU 定義為兩個邊界框的交集除以兩個邊界框的聯集。

$$\mathrm{IoU}(A,B) = \frac{A \cap B}{A \cup B} \quad (1)$$

YOLOv7 主要改善的點在於其輕巧有效率的網路架構 E-ELAN (Extanded Efficient Layer Aggregation Networks)，此架構能夠持續加強模型的學習能力，同時不破壞原本的梯度路徑；提高模型準確度的訓練方法(Bag-of-freebies)，其中包含了能提升推理運算效能，也能減少記憶體儲存空間的模型重參數化(model reparameterization)，以及能提高模型對圖像特徵的學習能力，讓模型更準確分辨物件偵測框的動態標籤分配(Dynamic label assignment)。這些改進減少了約 40%的參數量和 50%的運算量。因此本研究將使用 YOLOv7 來建置海廢識別的模型，並透過調整超參數(hyperparameters)、做資料擴增(data augmentation)等方式來提升模型的精確性。

對於多分類的問題會以多分類混淆矩陣(confusion matrix)來計算評估指標。以判識海廢為例，實際海廢類別與模型偵測該區域海廢類別相同稱真陽性(True Positive, TP)；實際海廢類別與模型偵測不同或實際海廢類別與模型偵測相同但定位錯誤(IoU<Threshold)稱偽陽性(False Positive, FP)；實際有海廢但模型偵測該區域沒有稱偽陰性(False Negative, FN)。根據此混淆矩陣可以計算出以下兩種指標：

$$\mathrm{Precision} = \frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP} + \mathrm{FP}} \quad (2)$$

$$\mathrm{Recall} = \frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP} + \mathrm{FN}} \quad (3)$$

精確率(Precision)能評估模型的誤報程度，召回率(Recall)能評估模型正確辨識海廢種類的能力，因此我們將透過這兩項指標來判別模型的準確性。

三、初步結果

本研究以未調整與已調整超參數的方式建立兩種模型，並輸入測試資料評估兩個模型的辨識表現並進行比較。在訓練過程中可透過計算顯示模型誤差程度的損失(loss)來觀察模型是否能成功地學習，損失由辨識是否包含目標的物件損失(objectness loss)、辨識預測邊界框與實際邊界框差異的邊界框損失(bounding box loss)以及辨識目標類別時是否正確的類別損失(classification loss)所組成。

初步結果顯示，模型的損失均隨著訓練時期(epochs)的增加而逐漸下降，且調整超參數後的損失下降幅度較為明顯，並且從趨勢來看如再持續增加訓練次數可繼續提升模型準確性，如圖 1 所示。初步測試結果顯示，透過調整超參數所建立出來的模型，會比原先未調整前的精確率提升不少，從原先不達兩成提升至近六成。代表目前初步建立的模型能夠學習到隱藏在資料中的海洋廢棄物特徵，並且將海洋廢棄物辨識出來，如圖 2 所示。

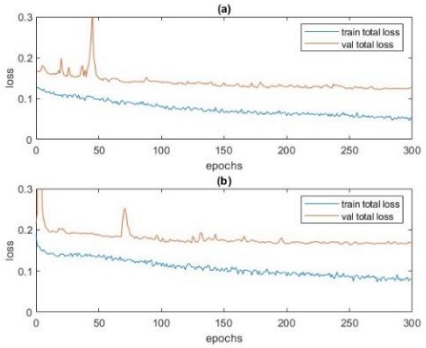


圖 1(a)預設超參數模型總損失隨訓練時期的變化；(b)調整超參數後總損失隨訓練時期的變化

圖 2 辨識成果，顯示不論海洋廢棄物為大物件或小物件都能成功辨識

後續會嘗試修改 YOLOv7 負責特徵提取的網路結構，讓模型在訓練的過程中加強小物件的資訊，同時改進訓練策略以提升模型的訓練效果，加強辨識海洋廢棄物時的準確性。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

高美濕地飛砂運移機制之研究

溫志中[1]　葉秀貞[1]　蔡涵任[1]林昱宏[1]

[1]弘光科技大學環境與安全衛生工程系

主題: C.海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：溫志中

E-mail: wen1558@sunrise.hk.edu.tw; wen1558@gmail.com

Tel: +886 4 26318652-4115

摘要

高美濕地(Gaomei Important Wetland) 位於臺中市清水區西側，緊鄰大甲溪出海口，每到冬季東北季風盛行時，便會形成特殊的濕地飛砂現象。本研究在 112 年秋季及冬季於高美濕地進行現地飛砂觀測試驗，蒐集現地風速、風向、飛砂量體與飛砂粒徑資訊，調查結果顯示，秋季整體風速介於 7.87~10.57 m/s，風向以 ENE 為主，風速垂直分佈皆呈現良好之對數關係，Q_0 飛砂量佔總飛砂量的 88.46%、$Q_{0.1}$ 飛砂量為總量 9.29%、$Q_{0.2}$ 為總量 1.72%、$Q_{0.3}$ 至 $Q_{0.5}$ 飛砂量均為總量 0.01%～0.45%之間；冬季整體風速介於 9.21~14.81 m/s，風向以 NNE 為主，風速垂直分佈皆呈現良好之對數關係，Q_0 飛砂量佔總飛砂量的 51.07%、$Q_{0.1}$ 飛砂量為總量 24.26%、$Q_{0.2}$ 為總量 13.05%、$Q_{0.3}$ 至 $Q_{0.5}$ 飛砂量均為總量 1.62%～6.78%之間。

關鍵詞：高美濕地、風速、風向、飛砂量

一、研究目的

高美濕地(Gaomei Important Wetland) 位於臺中市清水區西側，南北兩處分別有清水大排與大甲溪兩淡水注入，是綜合淡水注水與潮汐交替所構成的海岸濕地。高美濕地北側緊鄰大甲溪口，冬季季風盛行期間(9 月-隔年 4 月)，正值大甲溪流域枯水期，出海口裸露之河床及海岸砂丘上之砂粒，將受東北季風吹襲影響，部分砂粒運移至高美濕地，形成特殊的濕地飛砂現象。

本研究針對高美濕地飛砂特性展開觀測工作，期能透過現地調查作業，逐步累積高美濕地之風速、風向、飛砂量體與飛砂粒徑等資料，用以建立現地風速與飛砂量之關係，作為不同風速下飛砂量推估之依據。

二、研究方法

本研究針對高美濕地，分別於秋、冬兩季各進行一次現地飛砂試驗，飛砂調查試驗點位置，如圖 1 三角形所示。現地飛砂試驗利用利用垂直式砂粒收集器及 Davis 6410 風速風向計進行相關量測工作，在垂砂粒收集器採集期間，記錄不同垂直高度之風速與風向，觀測時間將與捕砂器捕砂時間相互配合，藉以求得飛砂量與風速間的相互關係。垂直式砂粒收集器開口設置高度為 0.1m、寬度為寬 0.04m，各層採樣口下緣高度別為 0.0m、0.1m、0.2m、0.3m、0.4m、0.5 m，採樣器架設方法為迎風面無干擾處設置，同時配合 Davis 風速風向計，紀錄區間為 15 min，同步進行飛砂採樣及風速、風向之量測。

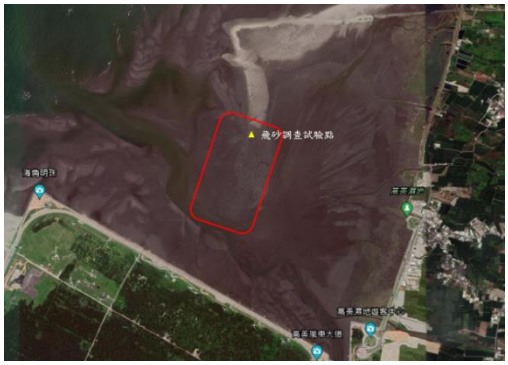


圖 1 高美濕地飛砂調查試驗點位置圖

三、初步結果

本研究根據 Prandtl 之對數法則，將高美濕地飛砂試驗所測得之風速風向資料進行分析，經由對數線性迴歸及相關係數分析所得之方程式，進行摩擦風速(U_*)及粗糙長度(Z_0)之推算。觀測期間，秋季及冬季風向分別以 ENE 及 NNE 為主，在飛砂發生的情況下，自地面至高度 2 m 範圍內之風速垂直分佈符合對數函數分布，試驗所得之風速垂直分佈皆呈現良好之對數關係，R^2 介於 0.9752～0.9997 之間。風速垂直分佈如圖 2 所示。過往學者多以摩擦風速作為飛砂量之影響因子進行探討，但實際於野外觀測時，常有間歇性陣風，故較高摩擦風速是否有較高風速之存在，仍值得探討。本研究所推算之摩擦風速 U_* 與 $U_{0.2}$ 風速之關係圖如圖 3 所示所示。

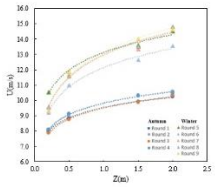


圖 2、風速垂直分佈圖

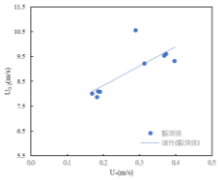


圖 3、U_*與 $U_{0.2}$ 之關係圖

在野外地表面主要都以沙粒覆蓋為主，地形起伏變化小，粗糙長度之變化範圍皆在 10^{-4}～10^{-8}m 之間，故粗糙長度對於往後分析上並無太大的影響。經量測，高美濕地現地粗造長度 Z_0 介於 $1.4*10^{-10}$～$1.68*10^{-6}$ 之間，地表之粗造長度與風速關係，如圖 4 所示，圖中顯示，粗造長度與風速無高度相關性存在。風速為沙粒驅動之主要因子，本研究以高程 0.2 m 之風速為探討飛砂量之依據，並將過去台中港北淤沙區野外調查現地量測之飛砂數據一同進行飛砂量與高程 0.2 m 之風速關係分析，由試驗數據得知，在相同風速下，有著不同之飛沙量發生，如圖 5 所示，其原因可能受到含水率及其它參數影響。

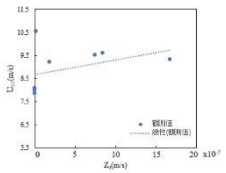


圖 4、Z_0 與 $U_{0.2}$ 之關係圖

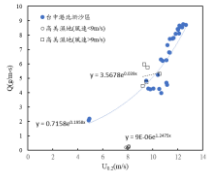


圖 5、Q 與 $U_{0.2}$ 之關係圖

受風速剖面變化影響，飛砂量與高程呈現對數應之變化關係，其關係式可由實測數據加以建立，秋冬兩季所量測之飛砂量進行指數迴歸分析，飛砂量與高程之關係式如下所示：

$Q_{秋}=7.413\times0.012^{4Z}$，$R^2=0.9957$

$Q_{冬}=22.179\times0.18^{4Z}$ $R^2=0.9994$

由上式得知，垂直高程與飛砂量呈現指數關係，隨高度增加迅速遞減。移動範圍在高程 0.2 *m* 以下有較多之飛砂量，高程高於 0.2 m 以上則急遽減少。飛砂量 Q 與垂直高程 Z 之關係圖如圖 6~圖 7 所示。

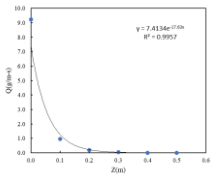


圖 6、$U_{0.2}$：7.87 m/s 時，Q 與 Z 之關係圖

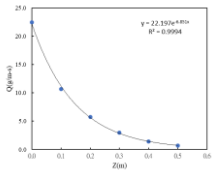


圖 7、$U_{0.2}$：7.87 m/s 時，Q 與 Z 之關係圖

本研究分別於秋、冬兩季進行現地地飛砂試驗觀測，夏季調查時，共進行 4 回合之現場試驗，冬季則進行 5 回合之現場試驗。飛砂試驗結果顯示，秋季第一回合及第二回合底層飛砂量介於 0.66~1.05g/m-s 之間，第三回合及第四回合底層飛砂量提高至 9.23~9.52 g/m-s 之間，推測應是隨著觀測時間增加，砂體曝曬時間增長，高美濕地乾沙量體增加所致。秋季 Q_0 飛砂量佔總飛砂量的 88.46%、$Q_{0.1}$ 飛砂量為總量 9.29%、$Q_{0.2}$ 為總量 1.72%、$Q_{0.3}$ 至 $Q_{0.5}$ 飛砂量均為總量 0.01%～0.45%之間。因季節轉換，冬季風速提升，故冬季底層飛砂量較秋季有顯著增加，整體介於 41.39~48.15g/m-s 之間。冬季 Q_0 飛砂量佔總飛砂量的 51.07%、$Q_{0.1}$ 飛砂量為總量 24.26%、$Q_{0.2}$ 為總量 13.05%、$Q_{0.3}$ 至 $Q_{0.5}$ 飛砂量均為總量 1.62%～6.78%之間。

參考文獻

1. Bagnold, R. A. (1954) The physics of blown sand and desert dunes. Chapman and Hall 86.
2. 江永哲、張文詔(1978) 海岸飛砂量估算之風洞試驗，中華水土保持學報，9 (2)，第 55-第 81 頁。
3. 吳昌翰(2006) 台中港海岸飛砂量推估之研究，中興大學水土保持學系碩士學位論文。
4. 徐稚昀(2013) 飛砂隊台中港海岸灘線變遷影響之研究，弘光科技大學環境工程系碩士學位論文。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

離岸流光學影像之人工智慧辨識模式研發

莊士賢[1] 陳美慧[1] 徐新綸[2]

[1]國立成功大學
[2]國家中山科學研究院

主題: C 海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫： MOST 111-2221-E-006-092

通訊作者：陳美慧

E-mail:na8101016@gs.ncku.edu.tw

Tel:06-2757575 ext. 63254

摘要

離岸流(rip current)是由岸向海快速移動的強勁海流，一般民眾常因不諳離岸流的特性，在遊憩時意外被帶往外海而發生溺水事件。本研究蒐集海岸攝影機、航拍等離岸流光學影像，用以訓練 YOLOv4 人工智慧模型，並優化模型中重要的超參數之可能設定值或函數的搭配組合，經測試與比較後選定的最優模式之驗證指標分數皆高於 80%。再以國內海灘溺水事件的新聞照片為例，最優模式確實能夠正確辨識照片中的離岸流，初步證實其實際應用價值。因此，未來可導入此人工智慧模組於台灣海岸的監控系統，即時偵測海灘是否有離岸流，供管理單位參考或示警遊憩的民眾。

關鍵詞：離岸流、人工智慧、物件偵測、深度學習、海域遊憩

一、研究目的

離岸流是海岸碎波區出現的快速海流，流向由陸向海，流速可高達 2m/s，據研究全球每年海灘溺水事故中，有上千起意外的起因是離岸流所造成(Mori et al., 2022)。除了流速快以外，離岸流的位置具有高度時空變異性且外觀型態多樣，一般民眾不容易判斷海灘是否有離岸流存在。研究(Pitman et al.,2021)對紐西蘭 Muriwai 海灘的遊客抽樣問卷調查，只有 22%受測者有能力指出離岸流，其中約六成是衝浪常客或救生員。

往昔針對台灣離岸流的研究有林雪美等人(2011)探討福隆海域冬季和夏季離岸流的數量、發生位置和海灘類型變化的關係；郭平巧等人(2011)觀測台南市黃金海岸等四個海灘的離岸流分布情況；王敘民等人(2021)使用小波轉換邊緣化的技術從衛星影像觀察台灣著名海灘遊憩景點的離岸流危險區。上述研究皆使用俯視角度所觀測到的單幀衛星影像來判斷離岸流特徵，不適用於海岸現場的即時監測，且在作業時以人工判釋容易產生個人認定上的偏差。

使用 AI 辨識物件的優點是速度快，且避免人工辨識可能帶來的誤判和延宕，因此本研究蒐集近地面視角(手持相機或監視器)拍攝的光學影像，用以訓練和測試人工智慧(AI)模型辨識海灘最常見的通道型離岸流(channel rip)，以協助系統化離岸流警報系統達成現場即時監測離岸流發生的位置和時間。

二、研究方法

地面視角的離岸流特徵貌似與衛星影像所見相同，但若以人工智慧模型提取影像內局部特徵的方法看來，俯視角度和地面視角所見的離岸流特徵其實是不同的，更遑論光學影像和(衛星)雷達影像內的離岸流特徵更是相異。在國內現已廣設海岸攝影機的基礎下，本研究設定的目標是研發一套人工智慧

模式，能從近地面視角的攝影機之可見光影像(片)中偵測離岸流的位置與範圍，其研發流程如圖一所示。首先需搜集大量離岸流可見光影像數據作為模型訓練，現有公開的離岸流影像資料庫來自 de Silva et al. (2021)，此資料庫內多為航照或衛照的海灘俯視圖。本研究另外自行搜集近地面視角拍攝的離岸流影像，再對兩個資料庫的影像進行通道型離岸流的特徵標注。然後將原始影像與標注後的遮罩(mask)影像經影像旋轉、改變色調等影像處理，以擴充兩個資料庫內的影像數量，來提升模式深度學習後的泛用度。最後將二個資料庫再各自分配成訓練集、驗證集、與測試集，供選用 AI 模型進行深度學習。

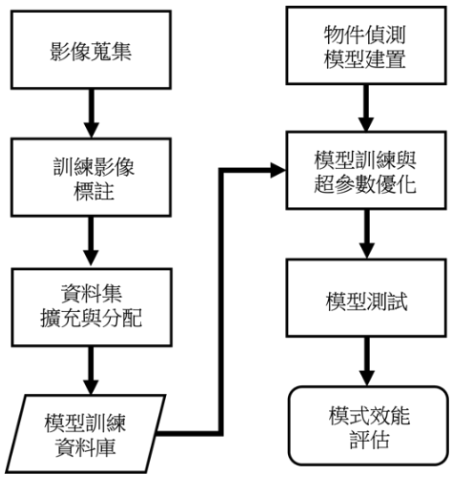


圖 1 研究流程圖

接下來的模型深度學習分三個步驟：訓練、驗證、及測試，本研究選擇 YOLOv4 網路架構作為開發模型的基礎。Bochkovskiy et al. (2020)將 YOLOv4 在相同硬體條件下，與其他模型的效能作比較，證實 YOLOv4 的精度高、推論速度快，且辨識速度達即時影像辨識的速度(30FPS)。為了提升模型的離岸流辨識效能，YOLOv4 在使用兩個不同的資料庫進行深度學習過程中，皆對模型中重要的超參數之可能設定值或函數，進行搭配組合之測試與比較。最後，以常用的深度學習驗證指標（如精確率(precision）、召回率(recall)、與 F1-score 等）進行效能評估，選出各資料庫所訓練出的最優模式。

三、初步結果

本研究搜集的資料庫所訓練出的最優模式(後稱本模式)之指標分數(precision 88%，recall 84%，F1-score 86%)均明顯優於以公開資料庫訓練的最優模式(見表 1)。值得一提的是，公開資料庫影像經擴充後的數量近乎是本研究搜集的資料庫的兩倍，然而模式效能卻不如本模式，研判可能是因為公開資料庫的影像之相似度高、解析度普遍不佳，且拍攝角度多為由空中俯視，因此影響整體效能。

表 1 深度學習模型訓練結果

訓練資料來源 / 驗證指標	本研究搜集資料庫	公開資料庫
Precision	88%	79%
Recall	84%	50%
F1-score	86%	61%

今年 8 月 7 日新北市翡翠灣海水浴場海灘發生溺水事件，新聞照片拍攝角度為近地面視角，可在人群後方的白色碎波帶中發現有一處不連續、呈現深色海水的區塊，由海灘延伸至碎波帶外(圖 1 之紅色箭頭)，此為通道型離岸流的特徵。以本模式辨識圖 1 新聞照片的結果，證實照片中的離岸流可被正確地框定出(圖 2 之桃紅色框)。

圖 1 新聞照片(來源:自由時報)

圖 2 模式辨識結果

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

多柱型調諧液柱阻尼器(TLMCD)應用於浮式防波堤之運動及消波特性

王柏鈞 [1,2] 翁文凱 [1,2]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程學系
[2]國立臺灣海洋大學海洋工程綜合實驗研究中心

主題: D 港灣及海域工程

國科會計畫：111-2221-E-019-040

通訊作者：王柏鈞

E-mail:bojun137@gmail.com

Tel:02-2462-2192 **ext. 6136**

摘要

本研究以多柱型調諧液柱阻尼系統(Tuned Liquid Multiplied ColumnDamper,TLMCD)應用於浮式防波堤上之運動及消波特性做為主要目標，而當波浪作用於結構物時利用 TLMCD 管中流動產生慣性阻力使結構物穩定之原理。 TLMCD 系統具有安裝方便、工程花費低且易調整頻率等優點，但在結構物型式固定條件下，通常 TLCD 質量占總質量的比例過低對於抑振效果並不顯著，且 TLCD 系統應用於陸上結構物時僅考量單一方向之作用力，因此本研究擬考量在波浪作用且增加 TLMCD 系統中垂直管數量的條件下，推導 TLMCD 應用於浮式防波堤之運動方程式。經研究成果發現到 TLMCD 較 TLCD 更具有抑振性，將 TLMCD 應用於浮式防波堤之可行性，以期能將阻尼器應用在臺灣近岸工程，並在不影響結構穩定性之前提下發展海洋能源，以達政府前瞻能源之政策目標。

關鍵詞：多柱型調諧液柱阻尼器、調諧液體阻尼器、浮式防波堤、運動特性

一、研究目的

隨著近岸海洋結構物開發飽和逐漸轉往深水區開發設計，而傳統沉箱直立式防波堤因水深較深有著施工困難度及工程經費高等問題。固定沉箱式防波堤除了上述問題之外還有著因堤基破壞產生傾覆力矩及水體不流通產生之生態問題。根據波浪理論探討波浪能量大多集中在水表面，其中 Gao (2017)研究發現到 90%的波浪能量都集中在 3 倍波高的水深以內，因此浮式防波堤成為改善固定沉箱式防波堤之解決方案之一，浮式防波堤設計建造不受水深及海床條件的影響在面對氣候變遷海平面上升對其影響甚小，而浮式結構物下方水體流通性高對於環境影響較小，相比傳統固定式防波堤工程經費相對便宜且施工方便，更重要的是其可以輕鬆排列、定位、安裝及移除，有著高度機動性，但其有著無法抵擋長波作用及繫纜系統容易損壞等問題，因此需於浮式防波堤加設阻尼系統或相關設計以抵擋波浪作用及降低結構物本身運動，而 TLMCD 藉由液柱中流體流動時因慣性作用產生的恢復力，進而降低結構物震動，與其他減震的系統相比有著成本較低、操作容

易、維護需求低且較易調整頻率等優點。有著成本較低、操作容易、維護需求低且較易調整頻率等優點。

目前針對 TLMCD 垂直管數量及管中液柱高度對 TLMCD 應用於浮式防波堤運動進行分析，後續將持續針對 TLMCD 設計參數(如：管徑、浮體長度、沒水深度…等)進行比較，並且針對 TLMCD 水平段管中流速進行分析，探討其做為 WEC 之可行性。根據初步 TLMCD 運動特性之研究成果並綜合前人文獻發現到阻尼器主要可以顯著降低旋轉運動使浮體更加穩定而水平及垂直運動則較無顯著影響，以目前研究成果推論其與 TLMCD 之自然共振頻率相關，以不同數量之垂直管數量及不同垂直管內液柱高度都與共振頻率相關，因此本研究後續將針對 TLMCD 各設計參數進行運動特性分析以達浮式防波堤之抑振性，同時在具有最佳抑振性之設計參數及條件下，探討管中水體流動之情形，剖析其是否具有發電之可行性使其海岸結構物達到多功能性，並與政府目前推動之淨零碳排及能源政策相互呼應。

二、研究方法

本研究主要分別以邊界元素法之數值分析探討 TLCD 及 TLMCD 應用於浮式防波堤之運動、消波特性及 TLMCD 管中流場變化，TLMCD 阻尼系統是將原本 TLCD 進行改良，以多柱設計讓 TLCD 管中產生更多流動以達更佳抑振效果，其領域分析及 TLMCD 示意圖如圖 1 所示，其中浮體的運動邊界條件為:

$$\frac{\partial \Phi_{II}}{\partial n}=\frac{\partial(x_0-\bar{x}_0)}{\partial t}\frac{\partial x}{\partial n}+\frac{\partial(z_0-\bar{z}_0)}{\partial t}\frac{\partial z}{\partial n}+\frac{\partial \delta}{\partial t}[\frac{\partial x}{\partial n}(z_0-\bar{z}_0) -\frac{\partial z}{\partial n}(x_0-\bar{x}_0)] \quad (1)$$

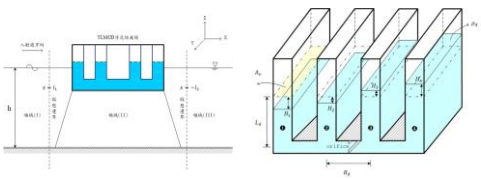


圖 1 領域分析圖及 TLMCD 示意圖

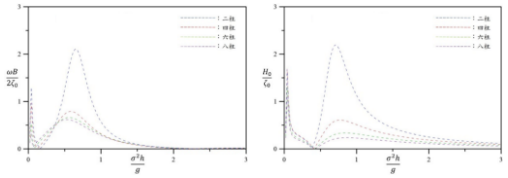
在不考慮管內摩擦損失的前提下假設左邊液面減少的體積為右邊液面增加的體積，而本研究所探討之結構物運動特性僅先以水平、垂直位移及對 y 軸之旋轉來進行分析探討，以 Lagrange 法求解分析各動能及位能，並考量水平、垂直及旋轉運動時所引起之作用力求解出四柱 TLMCD 運動方程式，其以式(2)表示。

$$2(2L_d+\gamma 3B_d)(\ddot{H}_1+\ddot{H}_2)+\frac{1}{2}\gamma h_d|(\dot{H}_1+\dot{H}_2)|(\dot{H}_1+\dot{H}_2)+2g(H_1+H_2) =-3B_d\ddot{X}-2(\ddot{H}_1+\ddot{H}_2)\ddot{Z}-4B_dg\delta-B_d(3V_d+4L_d)(\ddot{\delta}) \quad (2)$$

本研究探討 TLMCD 應用於浮式防波堤之運動及消波特性研究，以改變 TLMCD 設計參數進行數值模擬分析，透過改變 TLMCD 各項設計參數，如：TLMCD 管中液面高度、TLMCD 管中斷面比、TLMCD 孔口水頭損失係數…等，進而比較 TLCD 及 TLMCD 應用在浮式防波堤上消能特性之差異性，分析適合浮式防波堤最佳的 TLMCD 配置。

三、初步結果

本研究對 TLMCD 應用於浮式防波堤之研究以有初步之研究成果，目前已經完成 TLMCD 運動方程式推導及數值模式建立、以邊界元素法解析 TLMCD 應用於浮式防波堤之運動特性，圖 7 為浮式防波堤配置 TLMCD 之運動分析成果，根據前人研究設定 TLMCD 質量佔浮體總質量之 10%，並比較各垂直柱數量不同對於各自由度運動之影響，在水平及垂直位移因浮體總質量不變之條件下無顯著之差異，而旋轉及管中液面振幅會隨著垂直柱數量增加而其振幅降低，尤其 TLMCD 與 TLCD(即為二柱之 TLMCD)相比之下其旋轉及管中液面振幅更是有顯著降低。

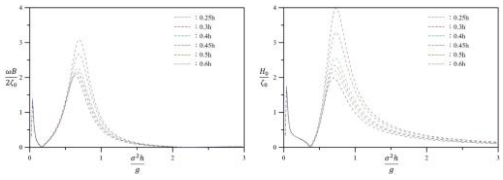


(旋轉運動)　　(管中液面振幅)

圖 2 TLMCD 應用於浮式防波堤之運動特性

除比較 TLMCD 不同垂直柱數量對運動特性之差別，亦探討液柱管中液面高度對各自由度運動特性之影響，圖 3 為浮式防波堤配置不同管內液面高度之 TLMCD 運動特性，在系統總質量設定不變之條件下，管中液柱高度對於水平及垂直運動無顯著

之影響，但隨著管中液柱高度增加，TLMCD 之旋轉及管中液柱振幅會顯著降低。



(旋轉運動)　　(管中液面振幅)

圖 3 不同管內液柱高度對 TLMCD 應用於浮式防波堤之運動特性

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

Applied blend approach to tune the reaction force and energy absorption of hollow-cylinder buckling rubber fender

Yung-Chuan Chiou*

Department of Biomechatronic Engineering, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan.

Abstract

In this study，five mixed proportion of Nature rubber (NR) to styrene butadiene rubber(SBR) in weight which are 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 and 0:4 were used as the base material to manufacturing the scaled samples to realize the effect of NR-SBR blends on the performances for the tested hollow-cylinder bucking fender。According to the experimental results from conducting standard compression tests on the tested samples, the performance of the tested samples with different NR-SBR blends were evaluated. Noticeably, the stress-strain curve has the characteristic of *S*-shaped profile and found that tested samples undergoes a massive buckling deformation in the radial direction. Based on the above observations, it confirms that the scaled HCR sample is buckling-type fenders.

In this study, a weight ratio, χ, that is defined as the ratio of NR to the sum of NR added SBR is proposed to predict the compression strength and compression toughness of the samples and develop the relation between the measured compression strength and weight ratio with the help of experimental results. At the same times, the relation of toughness to weight ratio is also developed. The both empirical formulas provides an accurate estimation on the compression strength and toughness. Essentially, according to the requirement of customized strength and toughness of HCR fender, the mixed scale of NR-SBR blends can be determined with the help of two proposed empirical formulas in terms of a specified weight ratio. Furthermore, the manufacturer could commence to estimate the cost of NR-SBR blends raw materials in the final HCR fender products. To minimize the need for experimental investigation, for buckling-type fenders, a polynomial regression method was employed to derive the stress polynomial function $S_c(e_c)$ which yielded the closest fit to the measured (e_c , S_c) data. In implementing the polynomial regression, the regression coefficients for each sample were determined using the ordinary least-square technique. In this study, for the sample with different weight ratio of NR-SBR blends, the optimal fit of the stress function $S_c(e_c)$ to the experimental $S_c - e_c$ curve was found to be a fourth-order polynomial function.

Keywords: hollow-cylinder bucking fender、NR-SBR blends、compressed behavior

Corresponding author: Yung-Chuan Chiou

E-mail: solas@mail.ncyu.edu.tw

Tel:05-2717667

1. Aim of reasearch

As well-known, the blending of different rubbers is one of the effective methods to achieve required performance properties in the final products. Hence, the rubber-rubber blends are usually used to fabricate the rubber fender under the requirement of performance from the designer. However, cost down is an urgent need for the manufacturer. Generally, the cost of raw materials falls between 55% and 75% of the final product cost. Hence, this study devotes to reduce the cost in the rubber fender manufacture by tuning the mixed proportion for NR-SBR blends. Moreover, advantages and cons on the

mechanic properties of the HCR fender with NR-SBR blends are also discussed in this study.

2. Method of reasearch

In this study, as shown in fig. 1, the scaled hollow-cylinder rubber (HCR) marine fenders were respectively fabricated using NR-SBR blends with five mixed proportion. Each sample has a height of 100 mm and an outer diameter is also100 mm ◦ Moreover, the wall thickness of sample is 16 mm. The performed standard compression test includes preliminary compression test and then the main compression test. All compression tests were performed on an Instron 8801 servo-hydraulic mechanical testing system in stroke mode with a cross-head speed of 0.1 mm/s and a maximum applied strain of 0.60 (or 60%). It is worth mentioning that the required data applied to develop the proposed empirical model was obtained from the main compression test performed after three preliminary tests were conducted under identical experimental conditions.

3. Preliminily results

According the definition of mechanical properties of buckling-type fender, the compression strength strain, $e_{c,c}$, the compression strength, $S_{c,c}$, and the compression toughness, $U_{c,c}$ are measured for each sample. Fig. 2(a) show the variation of $S_{c,c}$ with χ for the current fender samples. Fig. 2(b) present the corresponding results for the variation of $U_{c,c}$ with χ. It is seen that $S_{c,c}$ and $U_{c,c}$ both vary approximately quadratic curve with χ for five kinds NR-SBR blends. A least-square regression technique was applied to analyze the relationships between $S_{c,c}$ and χ and $U_{c,c}$ and χ, respectively. As shown in Figs. 2(a) – 2(b), the fitted results (indicated by the solid lines in each figure) are in close agreement with the experimental results in every case, and hence the general reliability of the fitted results is confirmed. Moreover, a calculated index is proposed to estimate synergistic effect of the blended scale of NR blended with SBR in the study. Moreover, polynomial regression analyses were applied to the experimental data to derive appropriate polynomial functions to describe the $S_c - e_c$ of the HCR fender samples with five kinds of NR-SBR blends materials. Fig. 3 compare the fitted results obtained for $S_c(e_c)$ with the experimental results for the case of χ=1.0. It is evident that a good agreement exists between the fitted results and the experimental results for every sample.

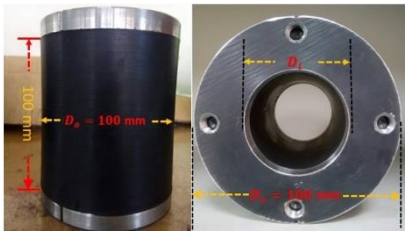


Fig. 1: Overall dimension and geometry of HCR sample

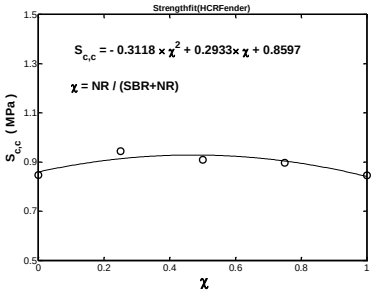


Fig. 2(a): Comparison of S $_{c,c}$ data with the fitting-curve

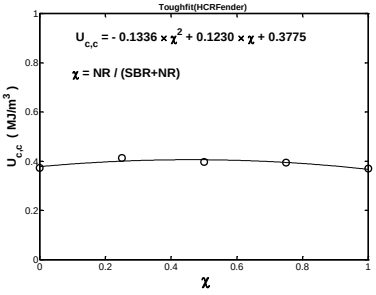


Fig. 2(b): Comparison of U $_{c,c}$ data with the fitting-curve

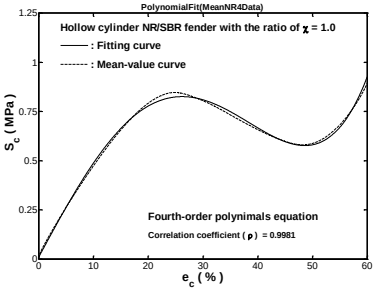


Fig. 3: Comparison of 4th -order polynomial function $S_c(e_c)$ and experimental stress-strain curve.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

自主水下載具自動泊塢系統：結合物件識別技術和視覺導航方法之研析與實現

江振豪　林宇衡　余昭明

國立成功大學系統及船舶機電工程學系

主題: D 港灣嶼海域工程

國科會計畫：NSTC 111-2628-E-006-005-MY3

通訊作者：林宇衡

E-mail:vyhlin@mail.ncku.edu.tw

Tel:06-2757575 **ext. 63542**

摘要

本研究提出視覺式泊塢系統(Visual-base Docking System, VDS)，整合視覺導航、智慧物件辨識與深度強化學習控制，實現於自主水下載具(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)，同時克服自主水下載具與泊塢裝置取得不易等問題，完成自主設計與在地化製作自主水下載具(MateLab AUV)與可變資訊塢架(Variable Information MateLab Dock, MateLab VID)。本研究實施 VDS 實驗於國立成功大學系統系拖航水槽，與基礎模糊控制方法進行一系列數據分析與指標比較，數據顯示整合智慧物件識別與深度強化學習控制之 VDS 方法，具有視覺導航控制方法之重現性、可控性與高度可靠性。

關鍵詞：自主水下載具、自動泊塢、視覺導航、物件識別、深度學習控制方法、YOLO、DDPG、Fuzzy

一、研究目的

本研究建構基於深度學習方法之視覺式 AUV 自動泊塢系統，以影像結合深度學習進行動態資訊識別、泊塢目標定位與距離估算、AUV 導航及入塢停泊運動控制。藉由深度學習優化影像處理與辨識，將有效、高適應性地解決受環境影響干擾造成誤判的問題。並設計與實現自主水下載具與可變泊塢資訊之塢架，供研究方法實驗與驗證平台。於拖航水槽進行水下載具自動泊塢的自主搜索、定位、泊航與入塢等程序之實驗，驗證泊塢操作的自動化程度，突顯本研究高度適用於複雜水下環境以及長期探索的研究任務與應用，具有多種整合技術突破性與新穎性。

二、研究方法

本研究設計與建置基於深度學習之視覺式 AUV 自動泊塢系統(Visual-Base Docking System, VDS)，主要由三大系統構成，包括本研究是自行開發之自主水下載具及泊塢裝置(圖 1)、以及泊塢控制系統(圖 2)。透過在塢架前緣設計彩色環形光源與光盤，提供動態泊塢資訊，使 AUV 能對於泊塢裝置與資訊進行識別與定位。

(a) (b)

圖 1 泊塢系統(a)側視圖; (b) AUV 泊塢完成圖

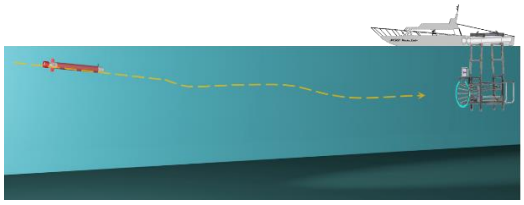


圖 2 AUV 泊塢系統示意圖

本研究之潛航與定深控制除了使用傳統 FLC 控制，亦嘗試應用深度強化學習方法，以 DDPG 演算方法執行 AUV 潛航運動控制程序，經過獎勵函數設計及在模擬環境的訓練過後(圖 3)，便能夠根據當下深度及姿態角調整舵板角度，以達成規劃之下潛路線。

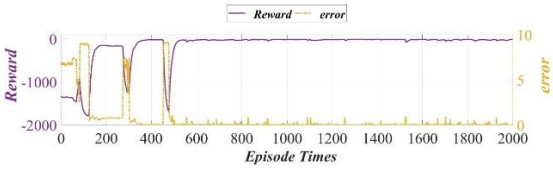


圖 3 DDPG 模型獎勵值及誤差值與訓練回合關係圖

入塢程序中選用 YOLOv7 深度學習演算方法，進行塢架影像特徵之深度學習識別。將取得的各式光環與燈盤影像標記後訓練(圖 4)。以作為後續視覺導航與入塢之依據。

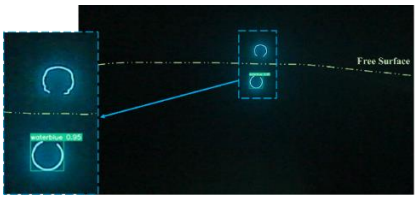
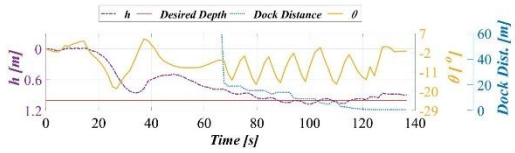


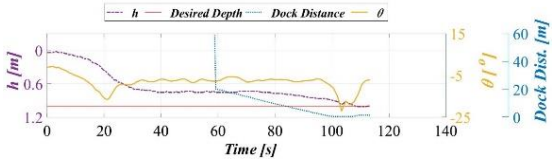
圖 4 深度學習方法處理影像識別結果

三、初步結果

在空間座標系統進行泊塢航行操控過程數據描述(圖 5)，可觀察到自動泊塢系統實驗 AUV 之泊塢策略與 AUV 操控過程之變化。依程序經過浮航、下潛、0.7 米定深搜索與最後的搜索塢架入塢階段，由塢架距離可以明顯觀察 AUV 穩定計算與塢架的距離數值。



(a)



(b)

圖 5 (a)FLC (b)DDPG 控制泊塢實驗，塢架距離對於 AUV 實際深度與 AUV 縱搖角在時間序列的關係

其中在自動泊塢操控過程中，AUV 可即時自艏艙的前向廣角攝影機取得影像，並識別及計算泊塢引入口光環中心點座標值及塢架距離(圖 6)作為入塢導引之依據。

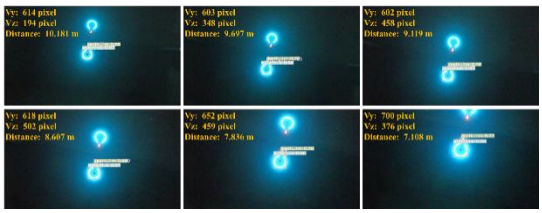
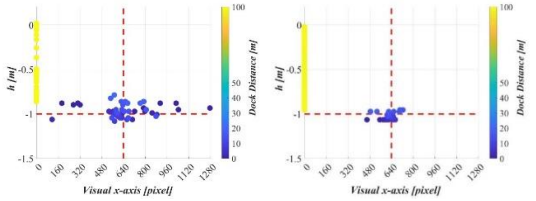


圖 6 自動泊塢實驗智慧影像物件識別泊塢引入口視覺座標與泊塢距離資訊

本研究之視覺導航以視覺座標作為主要操控參數，考慮實驗時序在深度變化以及視覺座標橫軸(y 軸)的分布情形進行結果之評估。由實驗成功之分佈圖(圖 7)可發現，兩種控制方法的 VDS 皆有能力將 AUV 自塢架搜索深度 0.7 m，正確操控至目標深度 1 m 之範圍；以及 AUV 與泊塢之距離 20 m 範圍在定位過程中，是視覺導航與泊塢成功與否的關鍵距離。



(a) (b)

圖 7 (a)FLC (b)DDPG 控制泊塢實驗之塢架影像識別座標分佈點圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

空氣壓縮艙應用於浮式防波堤消波及運動特性之實驗研究

林大為 [1]　翁文凱 [1,2]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程學系
[2]國立臺灣海洋大學海洋工程綜合實驗研究中心

主題: D 港灣與海域工程

通訊作者：林大為

E-mail:david1230101@gmail.com

Tel:02-2462-2192 **ext.6136**

摘要

本研究以空氣壓縮艙應用於浮式防波堤上之消波、運動特性做為主要目標 ，空氣壓縮型繫留浮式防波堤運動之研究觀察出在浮式結構物下方保留氣艙可以使其在波浪作用下因空氣壓縮的特性產生一緩衝作用力，以此提升浮式結構物之 抗浪性。由於前人研究多將氣艙應用於浮式平台上並未針對其消波特性進行研究 ，因此本研究針對空氣壓縮艙應用於浮式防波堤進行運動特性、消波效果之探討。 本研究以數值分析及水工模型試驗兩種方式進行。數值分析在線性波理論基礎 下以邊界元素法建構數值模式，透過實驗參數的設定，如：氣艙壓力(即氣艙水面高度)、浮體間距、浮體長度等，探討結構物受波浪作用下之反應振幅運算子 (Response Amplitude Operators，RAO)，並透過分析波浪反射及透過率瞭解其消波特性，並且探討單雙氣艙於開孔及未開孔水下之差異。水工模型試驗主要目的在於經由實驗成果可以分析開孔對於結構物影響，並探討內部壓力之變化，未來也可做為工程應用之參考。經由研究成果分析空氣壓縮艙應用於浮式防波堤之可行性，以期未來能應用在臺灣海岸工程。

關鍵詞：空氣壓縮艙、運動特性、消波效果、浮式防波堤、反應振幅運算子

一、研究目的

本研究主要是以空氣壓縮型之繫留浮體作為主要的研究方向，是以氣動式穩定平台(PSP，pneumatic stabilized platform)的概念做為一個發想，此種平台一開始主要設置於超大型浮式結構物上(VLFS，very large floating structure)，自 1922 年來，氣動穩定平台之技術被選為美國國防部“移動近海基地”項目的方案，在美國國防高級研究局（DARPA）和海軍研究辦公室（ONR）的支持下開發的，並在模型上得到了證明，通過空氣浮力使平台與海浪壓力間的作用減低，從而達成浮體的穩定性，項目最終因軍事安全之考量而終止。然而隨著海上可再生能源的研究有了成果後，超大型浮式結構的水彈性（VLFS）最近已成為重要的研究領域，特別是結合在海上的可能應用之離岸風場。許多研究都討論了常規類型浮體或半潛式浮體等。Chen 等人於 2006 年研究矩形浮筒結構並提出其穩定性、製造成本低，易於維護和維修等特點；Watanabe 等人於 2004 年研究浮筒在大面積海域作用下之水力彈性；Van Kessel 學者於 2010 年研究了由 1 至 12 個氣墊(aircushion)組成的超

大型浮式結構(VLFS)的運動特性;Ikoma等人於2012年利用小板法(panel method)研究 VLFS 之運動特性。

然而大多數研究假設氣墊內部的自由水面與氣墊外部的自由水面處於同一水平，並未考慮浮力所造成的內外的壓力差，因此無法更加精準描述浮體的運動特性，Weng 於 2018 年研究二維空氣壓縮行繫留浮體之運動特性及消波效果，利用實驗方式驗證數值方法的正確性。

二、研究方法

本研究主要目的為擴展先前研究之模型空氣壓縮留浮式防波堤作為研究重點。基於線性波理論考慮穩定週期運動通過浮式結構物，並以水工模型試驗來探討實際應用之可行性。本研究以浮體之三個自由度運動做為比較重點，並且探討浮體之運動及消波效果。水工模型試驗於海洋工程綜合實驗研究中心之斷面水槽進行，其示意圖如1所示，水槽長為50m、寬度為 1m、高度為 0.8m，並且透過儀器蒐集且分析其運動特性及消波效果，以下就實驗模型、量測儀器、分析方法與實驗步驟詳細描述實驗之進行。

圖 1、海洋工程綜合實驗研究中心斷面水槽

(I)實驗模型

實驗模型部分以木板及壓克力板組合而成，木板做為浮式防波堤模型主體而側板則為了方便觀察艙內水位液面變化而使用壓克力板，因本實驗空氣壓力為相當重要之參數之一，因此模型交接處皆以矽利康進行加固。在空氣壓縮艙室旁增設矩形箱，主要原因為艙室內的壓力會增加整體結構物之浮力，因此需增設木箱於內部放置載重以達試驗條件。

本實驗模型於上方垂直板上開孔，主要目的方便使用空氣泵浦將空氣打入艙室，使其內部壓力增加。

三、初步結果

圖 2 為水平運動數值模擬與水工模型試驗之比較圖，從圖中可以觀察到數值模式與水工模型試驗在氣艙內壓力大於外部自由水面壓力的條件下其具有高度的吻合性。圖 3 為比較不同氣艙壓力下旋轉運動振幅之實驗結果，圖中藍色線為空氣艙壓力高於外部壓力、綠色線為空氣艙壓力與外部壓力相同，而紅色線則為空氣艙壓力低於外部壓力，由浮體旋轉運動特性可以發現到當空氣艙內部壓力低於外部空氣壓力時浮體旋轉振幅顯著降低，而當空氣艙內部壓力高於外部壓力時，其共振頻率會往低頻移動，綜合上述研究成果，當空氣壓縮艙應用於浮式結構物時皆可以對浮體之旋轉運動產生影響進而提高浮體穩定性。

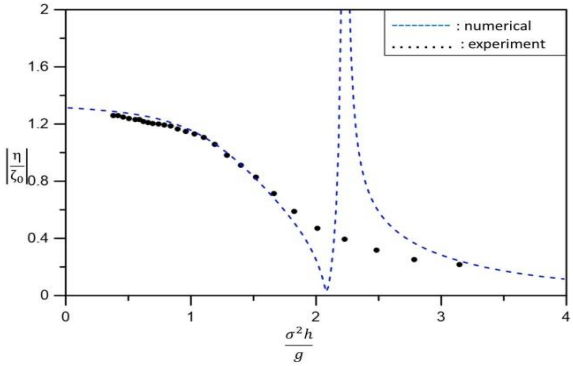


圖 2、水平及垂直運動振幅之數值與實驗比較

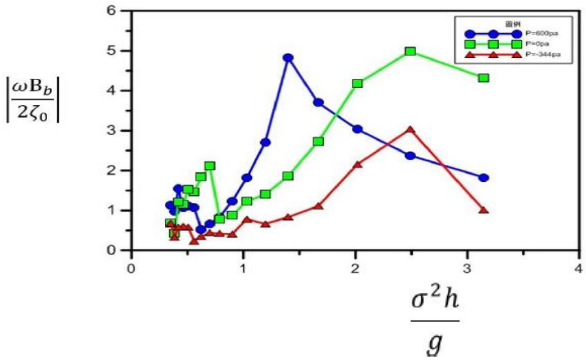


圖 3、旋轉運動振幅在不同氣艙壓力下之實驗結

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

有關開孔式結構物的消能機制探討

蔡世璿[1]　張維庭[2]　許師瑜[1]　林炤圭[3]

[1]交通部運輸研究所港灣技術研究中心助理研究員
[2]國立臺灣海洋大學河海工程學系碩士
[3]國立臺灣海洋大學河海工程學系教授(退休)

主題: D 港灣與海域工程

國科會計畫： 無

通訊作者：蔡世璿

E-mail:shiii@mail.ihmt.gov.tw

Tel:04-2658-7130

摘要

本文針對 2016 年與 2017 年所提出的多種開孔直立式消能結構物的水工模型試驗研究成果進行綜合性比較，辨識開孔結構物的消能機制以釐清出優良的消能結構物應具備的消波機制，包括多孔隙壁、消波室的消能特性與消波室的排水功能，並從波動與流體運動兩方面來解讀消能結構物的消波特性。本文透過水工模型試驗的反射率比較，發現結構物的消能特性為前述 3 種機制的交互作用，後續可分別針對各機制進行單項測試、瞭解與改良，再評估整合與互制效果，藉由水工模型試驗對結構物的消波能力進行評估，有利於啟發新型消能結構物的思維。

關鍵詞：直立式消能結構物、沉箱、反射率、摺葉板、導流板、廢輪胎、水工模型試驗

一、研究目的

本文之試驗構想累積自陳(1999)、李(2010)、交通部運輸研究所四年期(2009~2012)合作研究計畫「消能式結構物特性之研究」之心得，促使完成林等人(2017a 及 2017b)、許等人(2017)、歐陽等人(2017)、葉等人(2018)、王等人(2019)等多項研究，在研發多種多孔隙消能結構物後，主張若能在現有各型消能結構物上增加消波空間的排水功能將可大幅提升其消波能力，並認為消能結構物的消波特性應從波動及流體運動兩方面去解讀。

二、研究方法

大多數消能結構物係結合多孔隙(圓孔或直立或水平狹縫型)的形狀，並利用縱深不等的消波室來消減波能，其概念始於 Jarlan(1960)。對於常時波浪的消波效果還算滿意，反射率K_r大約在 0.6 或較小，但對較長週期波浪則效果很差，K_r常可達 0.8 以上。

李(2010)及「消能式結構物特性之研究」(2009~2012)提出內建斜坡越波排水式消能結構物(如圖 1 所示)促使入侵波浪在斜坡上發生淺化、碎波、溯升及越波並導引排水，使得K_r能降至 0.5 以下(如圖 2 所示)，確定了越波排水可明顯改善消波能力，此後於 2017 及 2018 展開一連串研究。

圖 3 為 2016 年的活動式摺葉板(林等人，2017)、上斜板型、下斜板型及狹縫型(歐陽等人，2018)所研究之開孔式消能沉箱模型；圖 4 為 2017 年的活動式摺葉板型(王等人，2018)及廢輪胎彈性壁型(葉等人，2018)所研究之開孔式消能結構物模型。

圖 5 顯示 2016 年 4 種模型造波條件為 6cm 的實

驗結果，並繪製 3 次迴歸曲線(藍色實線)。圖 6 則為 2017 年 2 種模型造波條件為 6cm 的實驗結果，其中，黑、紅及藍色圓點與 3 次迴歸曲線分別代表縱深為 10cm、20cm 及 30cm 的結果。圖中明顯看到 2016 年之消能效果優於 2017 年，且反射率變化情形迥然不同。

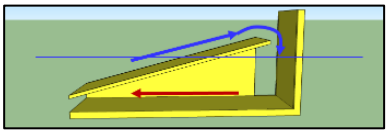
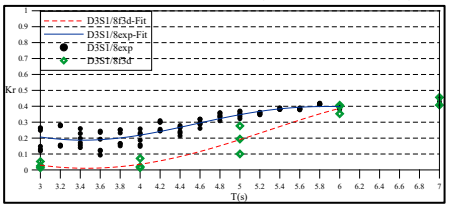
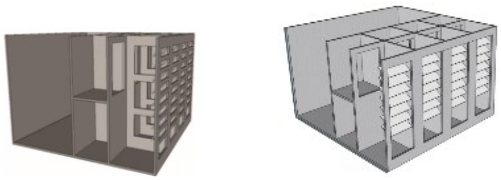


圖 1 越波式消能斜坡(林等人，2012)

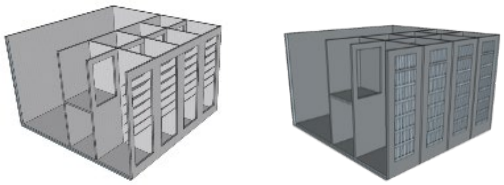


(實心圓點為實驗值；中空菱形為 FLOW3D 模擬值)

圖 2 反射率實驗及數模結果(林等人，2012)

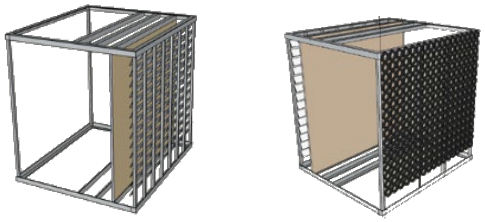


(a)活動式摺葉板型　(b)上斜板型



(c)下斜板型　(d)狹縫型

圖 3　2016 年開孔消能沉箱模型



(a)活動式摺葉板型　(b)廢輪胎彈性壁型

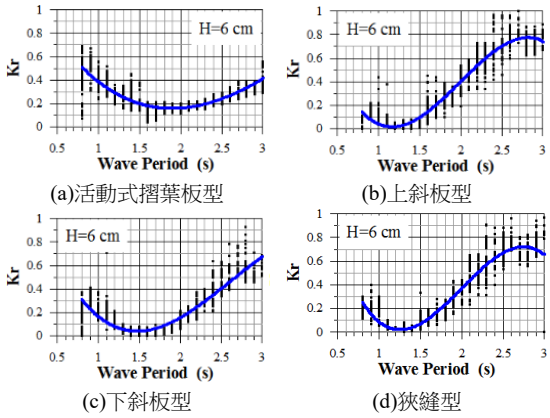
圖 4　2017 年開孔消能沉箱模型

三、結論與建議

開孔結構物的消能能力主要取決的機制有：多孔隙岸壁、消波室的消波特性及排水功能。

多孔隙岸壁的開孔形狀、大小可能影響波浪通過孔洞時所產生的水動力變化，如波動的繞射與水流的堰口或渦流效應，可削減部分能量；消波室的消波能力主要則依賴消波室的多孔隙、粗糙度及階梯的水躍消波功能，而非其縱深。消波室的縱深可能會對特定週期引發共振效應導致水體的堆積與震盪，造成反射波相位上的變化；消波室的排水可減少艙室裡的水體振盪，有助於提升整體的消波效果。廢輪胎構成的多孔隙彈性壁已具備基本消波能力，後續可再加強消波室內的消波能力。

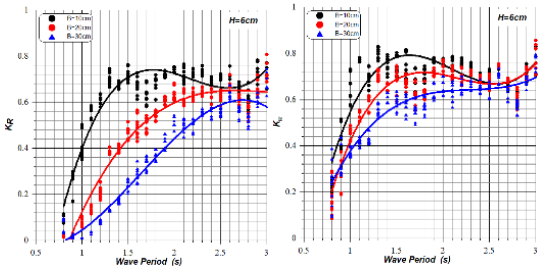
本文針對多種新型開孔型結構物做初期的消能特性探討，證明其可達傳統開孔結構物的消波效果甚至更好。如能從消能機制分項研究改良再進行整合，應可達到更為優秀的消波效果，例如加強第二消波室利用階梯或內置水平版促進波浪分離產生消波功能、控制輪胎擺放個數及相對深度以利用彈性體震動吸收波能等。



(a)活動式摺葉板型　(b)上斜板型

(c)下斜板型　(d)狹縫型

圖 5　2016 年各模型的Kr – T關係圖



(a)活動式摺葉板型　(b)廢輪胎彈性壁型

圖 6　2017 年各模型的Kr – T關係圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

消能岸壁週期相關反射率對港灣波動的影響

林炤圭 [1]　許師瑜 [2*]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程系教授(退休)
[2]交通部運輸研究所運輸技術研究中心助理研究員

主題: D.港灣與海域工程

國科會計畫：　(此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：許師瑜

E-mail: syh230116@mail.ihmt.gov.tw

Tel: 04-2658-7125

摘要

本研究延續陳建興(2002)有關非定值反射率港灣波動模式，並引進李建鴻(2011)有關消能斜坡等研究。針對 Lin(1995)模式建立週期-反射率對照表，可分別對港灣各類型消能式岸壁進行消波能力的定義。期望能改善港灣波動模式過往均以定值反射率，來定義防波堤或碼頭岸壁的消波能力，無法充分反應海岸結構物的消波能力會隨週期變化的特性。本文以部分開口矩形港池為例比較港內岸壁完全反射、定值反射、非定值反射等多種情境進行模擬，並發現一個港灣的波動並非可以單一的物理現象來解讀。

關鍵詞：非定值反射率、消能斜坡、港灣波動模式、消波能力

一、研究目的

在港灣波動模擬中，為了簡化計算，岸壁通常是假設為具有其特定反射率經驗值的邊界，而不論其縱深或型式。灣波動模式過往大多以定值反射率，來定義防波堤或碼頭岸壁的消波能力，無法充分反應海岸結構物的消波能力隨週期變化的特性。

二、研究方法

本文採用部分開口矩形港池(如圖 1)，設定港內岸壁為完全反射、定值反射、非定值反射等多種情境進行模擬與比較。模式的改進可以更貼切地應用於港灣規劃設計中，可用作評估多種消波設施方案的港灣波動情形。

圖 1 之數值模型配置，矩形港池寬 1600m、縱深 800m、開口寬度 200m、港內水深取等深 20m、港外假想半圓半徑為 1200m，計算網格以三角元素切割，計有 114433 個節點、227002 個元素及岸壁邊界有 1362 個線元素，亦顯示測站位置與岸壁反射率配置。透過波浪繞射理論及分散關係式計算對應波長，可知對入口寬度 200m、水深 20m 的港灣而言，3~5 秒為深水波；16 秒以下波浪直接入射加上不同程度的繞射效應；而 16 秒以上波浪則以繞射效應為主。

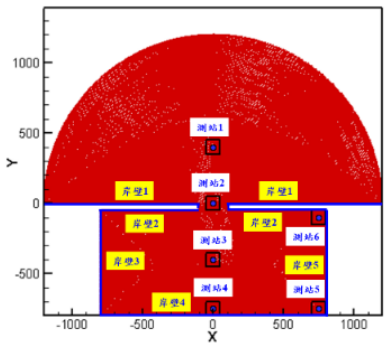


圖 1 部分開口矩形港池之數值模型配置

有關數值模擬成果的比較，以波高增幅係數與入射波週期間的關係來討論。圖 1 中之黑色圓點是用來討論波高增幅係數(K_D)與週期(T)關係的指定測

點座標，其周圍方框則是用來求 100m×100m 測區範圍內所有節點K_D的平均值，以便與單一測點的結果相比較。岸壁消波功能共測試 4 種配置，如表 1 所示。KR1 為一般港灣波動模擬的作法，七個線段岸壁分別設定固定反射率；KR2 僅改變正向面對開口的內側岸壁，假設為消能斜坡之變動性反射率，其餘岸壁同KR1設定;KR3則將內側岸壁改為完全消波，其餘岸壁同 KR1 設定；KR4 則模擬最惡劣的完全反射情形。圖 2 為參考李建鴻(2011)的試驗結果，所設置的變動性反射率岸壁。本次以正向入射週期介於 3~25 秒，間距為 0.1 秒的規則波進行模擬，波高均假設為 1。

表 1 各實體邊界之反射率設定情形

表 1 各實體邊界之反射率設定情形

實體邊界 / 配置	左防波堤外側	左防波堤內側	左側岸壁	內側岸壁	右側岸壁	右防波堤內側	右防波堤外側
KR1	0.0(F)	0.9(F)	1.0(F)	1.0(F)	1.0(F)	0.9(F)	0.0(F)
KR2	0.0(F)	0.9(F)	1.0(F)	0.2~0.39(V)	1.0(F)	0.9(F)	0.0(F)
KR3	0.0(F)	0.9(F)	1.0(F)	0.0(F)	1.0(F)	0.9(F)	0.0(F)
KR4	1.0(F)	1.0(F)	1.0(F)	1.0(F)	1.0(F)	1.0(F)	1.0(F)
說明	F：定值反射率；V：變動反射率						

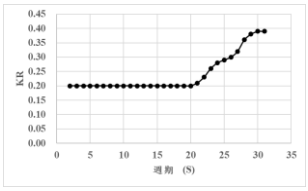


圖 2 消能斜坡之變動性反射率

三、結果與討論

圖 3 及圖 4 為 KR1(定值反射率)及 KR2(非定值反射率)兩種配置的波高增幅曲線圖($K_D - T$)，各圖中依序展示 6 個測站的測點(藍色線)、測區平均(黑色線)及測區最大(紅色線)的K_D值(測站波高與入射波高的比值)。黑色線明顯比藍色線小很多，意味著一個測區裡的K_D值有大有小，如果選點時有所偏移，則所得結果可能大相逕庭；紅色線幾乎都比藍色線大，也表示著選點的方式有很高的機率不能抓到最大波動值。然而，Lin(1995)、林及陳(1996)開始討論採用指定船席水域平均K_D值，來評估該區的波動情形以反映水域波動，可能受到船舶運動的壓制，而不以單點K_D值來評估的想法，至今尚無定論。

圖 5 及圖 6 分別為週期 5 及 25 秒的K_D分布圖，各圖中分別顯示 KR1 及 KR2 兩種配置的結果。從圖中可以發現定值反射率與非定值反射率的數值結果差異很大，而後者可反映岸壁消波能力與波浪週期的關係。

藉由本模式的改進，可以更貼切地應用於港灣規劃設計中評估多種消波設施方案的港灣波動情形。在港灣規劃中，可以依岸壁消波能力分段評估港灣靜穩度，如何能適切評估港灣波動則需再持續探討。

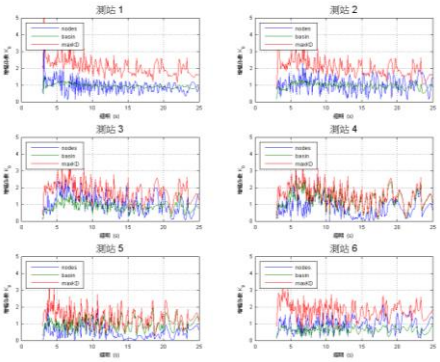


圖 3 KR1 配置各測點及測區的波高增幅曲線圖

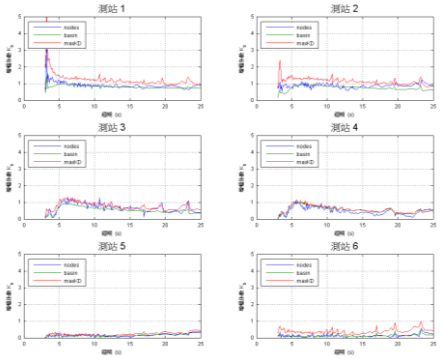
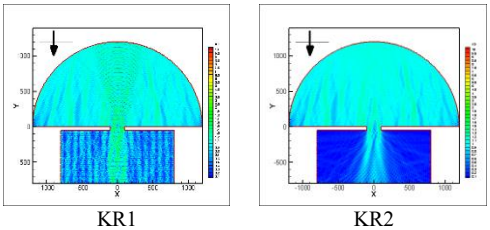
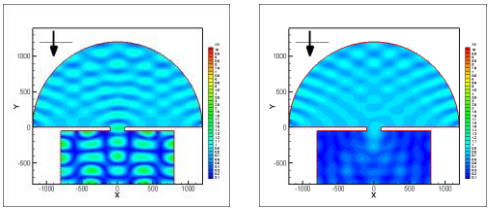


圖 4 KR2 配置各測點及測區的波高增幅曲線圖



KR1 KR2

圖 5 週期 5 秒 (L=38.87M)的K_D分布圖



KR1 KR2

圖 6 週期 25 秒 (L=362.12M) 的K_D分布圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

基於 FPGA 與自適應 SFDR 直接數位頻率合成器之高頻寬效率水下聲學傳接器

李宗哲 [1]　張宏祥 [1]　趙建翔 [1]

[1]國立中山大學電機工程學系

主題: D 港灣與海域工程(水下聲學)

國科會計畫：MOST 111-2221-E-110-016-

通訊作者：李宗哲

E-mail:tjlee@ee.nsysu.edu.tw

Tel:07-5252000 **ext. 4143**

摘要

本文提出了具有高頻寬效率的水下聲學收發器。使用科斯塔迴路(Costas Loop)且採用 QPSK 調變，電路具簡易性，可降低硬體成本。此外，自適應 SFDR 直接數位頻率合成器（DDFS）減少數據同步的延遲時間，使得數據速率和頻寬效率提高。本設計實現於 FPGA（DE2-115），實驗已於水箱內深度為 30 公分，距離為 70 公分進行水下測驗。用 FPGA 的 SignalTapII 邏輯分析儀工具觀察輸出波形。實驗結果顯示，在 12.5 KHz 載波頻率下最大數據速率為 6.25 Kbps。

關鍵詞：水下、聲學、收發器、FPGA、QPSK、直接數位頻率合成器

一、研究目的

近期，水下聲學通道（UAC）廣泛應用於不同的地方，例如:海洋資源探測、水質檢測[1]和水下定位系統。而 UAC 系統實現方式分兩種，微控制單元(MCU)[1]、[3]、[4]和 FPGA。MCU 雖然容易實現，但有較高的硬體成本，FPGA 則適用於低成本設計。

另一方面，為了在有限的載波頻率下提高數據速率，文獻[3]、[4]採用正交分頻多工（OFDM）技術實現多載波系統。此外，傳統解調器中，需在數據速率與誤碼率中進行取捨，因此藉由改變接收器的數量、載波數量，還有長通道的演算法，可提高數據速率[4]，但也使複雜度和系統成本增加。為了減少系統成本，Costas 迴路與 QPSK 調製是一個不錯的選擇，因其結構簡易、抗干擾性強和頻寬利用率高。然而，頻寬效率受限於同步時的延遲時間，因此需在收斂時間、穩定性和硬體成本之間進行取捨。

為了提高頻寬效率，降低系統成本，本論文提出基於 FPGA 與自適應 SFDR 之直接數位合成器帶有 QPSK 調變的 Costas Loop。藉由在資料轉變期間增加 DDFS 的 SFDR，使數據同步的延遲時間降低，在保有穩定度下，也改善輸出數據速率和頻寬效率。

二、研究方法

圖 1 為本論文提出之水下聲學傳接器系統圖。發送的聲音訊號被水聽器(HTI-90-U)接收後，經類比前端(Analog Frontend, AFE)過濾雜訊並轉換成用於 SPI 的數位訊號。時脈訊號 f_{CLK} 為 50 MHz，由 FPGA 內部產生。通過除頻器得到取樣頻率 f_S 和同步訊號 f_{SCLK}，分別為 200 KHz 和 2.8 MHz 給 ADC 和 DAC 使用。QPSK Costas Loop 用於解調和恢復都普勒效

應引起的載波頻率偏移。得到的解調信號 I(t)和 Q(t)經 Demapper 處理得到原始數據。傳輸端的輸入數據由 QPSK 調變器於電腦內進行調變後產生。

圖 2 為 AFE 的原理圖，它分為三級。第一級是增益為 40 dB 的前置放大器和帶有截止頻率 4.68 KHz 和 16 KHz 的帶通濾波器(BPF)。第二級是增益範圍-26 dB 至+26 dB 的可變增益放大器(VGA)，截止頻率為 19 KHz 的低通濾波器(LPF)，第三級是 14 位元分辨率和 200 KHz 採樣頻率的 ADC。

QPSK Costas 迴路如圖 3（a）所示。低通濾波器截止頻率為 6 KHz。環路濾波器是一階 IIR 濾波器。數字控制振盪器(NCO)以自適應 SFDR DDFS 實現。如圖 3(b)，正弦波近似為二次函數 $F_1(x)$和 $F_2(x)$，利用對稱性得到半個與全周期，減少所需運算。最大 SFDR 為 70.7 dB，如圖 3(c)所示。 DDFS 分為三級，第一級進行相位累加，二三級為線性函數的計算，分別為 ax+b 和(ax+b)x+c 的運算，如圖 3(d)所示。

三、初步結果

設計以 FPGA 實現，型號為 DE2-115。揚聲器(US-130)和水聽器(HTI-90-U)頻寬為 20 KHz，用於水箱實驗。接收機及實驗環境如圖 4。實驗深度為 30 公分，距離 70 公分。結果如圖 5，載波數據速率為 6.25 Kbps，頻率為 12.5 KHz。最差延遲時間為 175 us。表一總結本設計的效能。考慮數據速率、載波頻率和通道數，本論文提出的設計擁有最好的 FOM。

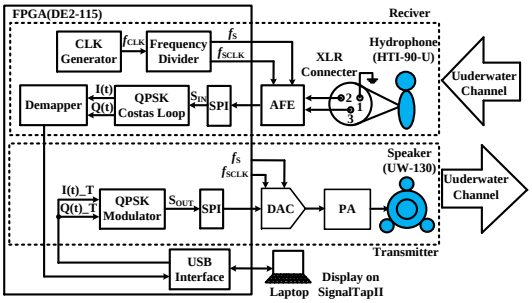


圖 1、基於 FPGA 之水下聲學傳接器方塊圖

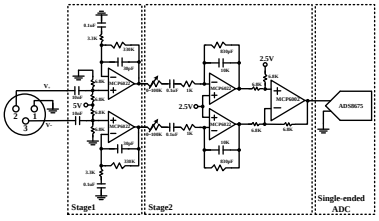


圖 2、接收端之類比前端架構

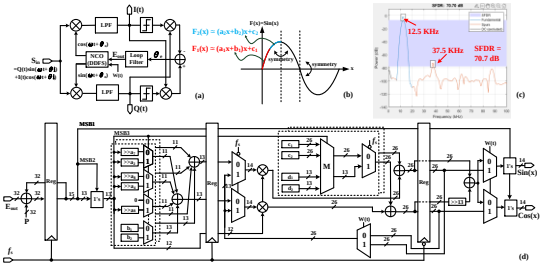


圖 3、(a)QPSK Costas 迴路、(b)DDFS 輸出波型、(c) SFDR 模擬結果、(d)DDFS 之方塊圖

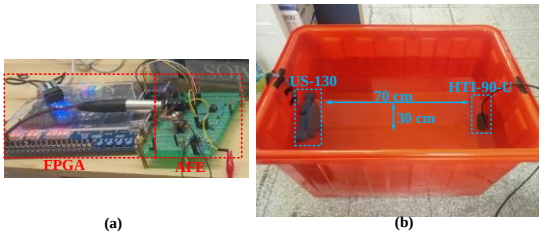


圖 4、(a)接收機照相圖 、(b)水下實驗環境

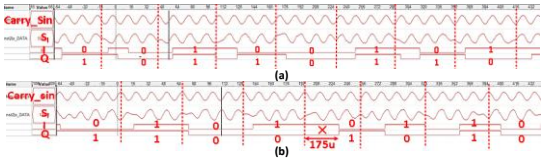


圖 5、水下實驗結果：在載波頻率 12.5 KHz 與自適應 SFDR 下之(a)短延遲時間，及(b)最長延遲時間

表 1、與先前文獻之比較表

	[1]	[3]	[4]	This work
Year	2021	2016	2019	2023
Publication	ESL	OCEANS	ACCESS	ISOCC
Core	MCU	MCU	DSP+MCU	FPGA
Modulation	MC-MFSK	OFDM	OFDM	QPSK
Channel	1	1	2	1
Hydrophone BW (Hz)	27K	16K	4K	20K
$f_{carrier}$ (Hz)	20K-30K	76K	16K	12.5K
Data rate (bps)	1.07K	25.6K	4.388K	6.25K
Features	Various modulation method	4 modulation schemes	Parameter-configured OFDM	Adaptive - SFDR DDFS
FOM*	0.036	0.336	0.274	0.5

Note: * FOM = $\frac{Data\ rate}{f_{carrier} \cdot \text{Channel}}$

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

雙層隔艙式防波堤消波特性實驗研究

彭康洲 [1] 郭柏甫 [2] 翁文凱 [3]

[1]國立臺灣海洋大學河工程系碩士
[2]國立臺灣海洋大學河工程系碩士生 國立臺灣海洋大學河工程系碩士生
[3]國立臺灣海洋大學河工程系教授

主題: D 港灣與海域工程

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：翁文凱

E-mail: wkweng@mail.ntou.edu.tw

Tel:02-2462-2192 **ext. 6126 & 6136**

摘要

防波堤主要的功用為阻擋外海波浪，使港內有較好的靜穩度以及避免波浪直接衝擊港內結構物，因此在面對外海波浪時，防波堤會受到相當大的衝擊力，然而為了降低所承受的波壓及降低反射，目前大多採傳統拋置消波塊的方式。但其建造成本高且影響環境及景觀，若有更為經濟且兼具生態性的結構物能達到降低反射同時又能有降低防波堤所受之衝擊的功效，在港灣工程上也能漸漸把拋置消波塊的硬性工法漸漸被替換掉。

本文研究將針對單層及雙層隔艙式防波堤消波特性實驗研究，以水工模型方式進行試驗，結構物由最底的不透水壁，及迎浪側用不透水的沒水隔板建立堤前單層及雙層共振艙室，量測並分析結構物反射率及艙內波高。試驗中以固定範圍內波浪條件對不同模型配置進行造波，比較各條件下反射係數、能量損失係數及艙內波高趨勢變化的差異性。

本試驗就改變隔板的沒水深度下，發現其對雙艙的共振帶影響較大，另外艙內的自然共振頻率會和反射係數表現會有一定關聯度，且室寬比 l/L 會牽涉到艙內特殊現象的產生，最後比較整體反射係數的表現，可得知雙層艙式很明顯比單層有更好減少反射的功用，且因雙層時波浪部分會於前艙就被阻擋或在前艙重複反射，使後方底板所受的波浪衝擊力較低。

關鍵詞：雙層共振沉箱、反射率、艙內波高

一、研究目的

在前人研究中隔艙式結構除了有一定消波功能外，在波浪接近矩形艙內自然共振頻率時會有明顯波浪震盪明顯且水面振幅變大的情況，同時也會有反射率明顯降低的情況，且因波浪能多集中在海洋表面，若以在海面處利用翼板隔艙結構式防波堤使波浪在隔艙內多次反射和干涉現象，使波浪離開消波室時的能量減少以達到降低波浪反射的功效，比起拋置消波塊方式會更為經濟及兼具生態性。另在前人研究中提及雙層艙式結構比單層更能使波浪進入室內後留於艙室內，有鑒於此，本研究以水工模型試驗模擬堤前雙層艙式防波堤在不同波浪條件下，改變垂直隔板沒水深度及在相同總寬度下與單層艙式之間的比較，探討反射係數、能量損失係數以及艙

內的波高變化之間的關聯性，了解其共振機制及其對反射係數的影響。為達此研究之目的，本試驗主要分成三個部分：

不同單層隔艙下不同沒水深度比較(0.1/0.2/0.3 公尺)

不同雙層隔艙下不同沒水深度比較(0.1/0.2/0.3 公尺)

比較雙層隔艙及單層隔艙之差異

二、研究方法

本文以水工模型試驗研究單層及雙層隔艙式防波堤消波特性，試驗設備與儀器，長 50 公尺、寬 1.2 公尺高 1.5 公尺之斷面水槽、造波機、波高計等。本試驗模型放置於水槽最底距造波機 40 公尺處，模型包含一底板及兩層沒水隔板做出雙層矩形隔艙構造，實驗條件以控制不同的模型配置，如艙室寬度、隔板沒水深度，及波浪條件，如波高、週期等。

本文會分三部分來去做實驗結果的論述，描述各配置反射率、與艙內波高分析結果，接著以各配置之間關聯性及特殊現象去做統整，總結並歸納此試驗的成果，以利未來相關研或實際應用之參考。

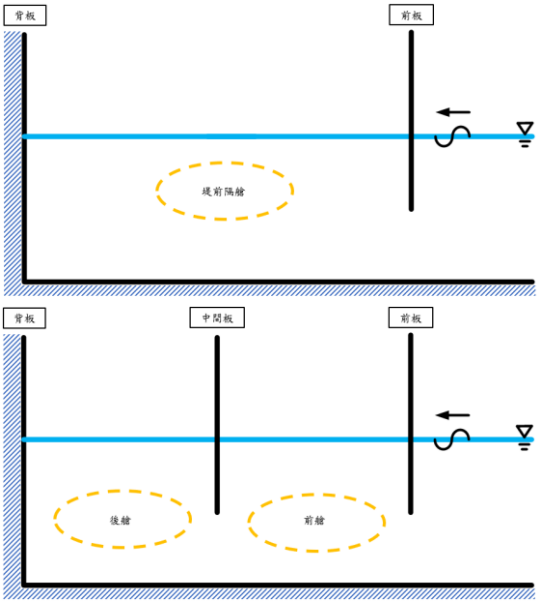


圖 1 試驗模型示意圖(單艙及雙艙)

三、初步結果

本實驗首先想了解單層隔艙時，在改變垂直隔板沒水深度會對反射率及艙內波高影響，艙室寬度固定為 1.2 公尺(ℓ=0.8m)，對垂直隔板沒水深度 0.1/0.2/0.3 公尺三種條件進行實驗，並將三種配置的結果去做比較。

初步實驗為單艙下前板沒水深度 10cm，反射係數圖如圖 2 所示，下方橫軸為 l/L(艙室寬度/波長)，上方橫軸有對應的波浪週期，縱軸則為 K_R 值；艙內波高趨勢圖下方橫軸為與底板距離，縱軸為艙內平均波高與入射波高的比值。

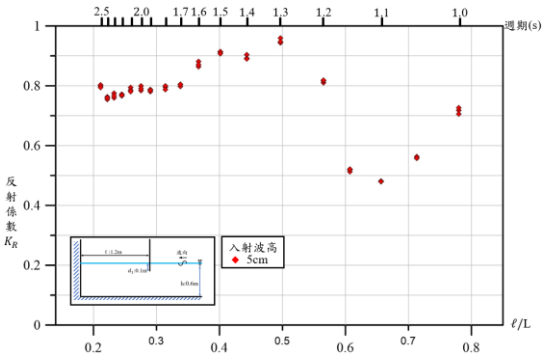


圖 **2** 反射係數分析結果圖

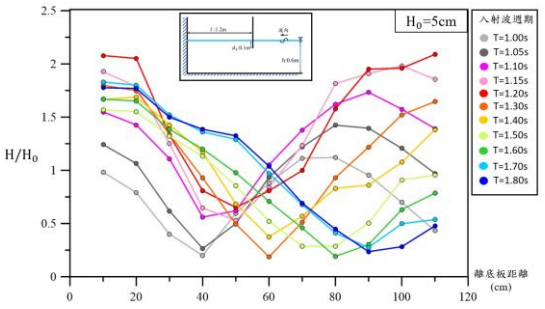


圖 3 入射波高 5 公分艙內波高變化圖(T1.0s~T1.8s)

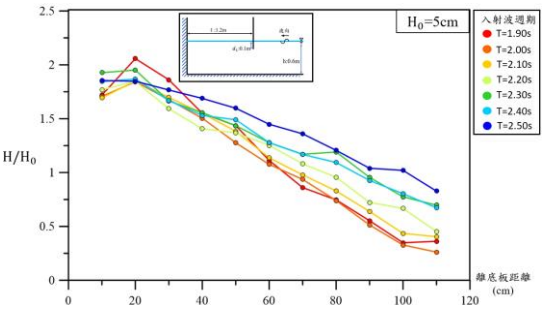


圖 4 入射波高 5 公分艙內波高變化圖(T1.9s~T2.5s)

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

台灣西部典型小型獨立河溪之感潮河段特性觀測研究

錢樺 [1]* 張煥盟 [2] 陳昱安 [3] 劉育甫 [3]

[1] 國立中央大學水文與海洋研究所特聘教授
[2] 國立中央大學水文與海洋科學研究所博士班研究生
[3] 國立中央大學地球科學前瞻應用研究中心研究助理

主題: C 海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：錢樺

E-mail: hchien@ncu.edu.tw

Tel:03-4227151 ext. 65690

摘要

台灣細小河溪其集水區與大河水系互不相連者在海岸帶形成獨立河入海，這些小型獨立河溪，單一集水區面積雖僅限於十幾到幾十平方公里，但累計起來，實際上約占了台灣全島面積的一半，且在西部海岸往往成為工業污水放流水注入口，水體中富含人為營養鹽與污染物，影響周邊近岸海域的棲地環境。掌握這些小型獨立河口動力在潮汐中的變化，對於瞭解人為物質在近海的輸送與擴散相當重要。

本研究以桃園海岸五條小型獨立河溪為例，進行其感潮河段特性的觀測研究，針對大堀溪、觀音溪、小飯壢溪、新屋溪和社子溪等河口，進行一年的水位、鹽度、溫度、流速等觀測。觀測方式包括歐拉式溫鹽深度儀站與拉格朗日漂流浮球和無人船，紀錄沿河道之水位、流速與鹽度分佈的時變特性。並與潮位資料進行相關分析，據以提出小型河溪感潮河段範圍的判定方式，結果發現，感潮河段之內，水體鹽度的變化與距出海口的距離呈現 S 型關係，可以透過擬合 S 型函數(Sigmoid Function)來計算河川在不同位置海水與淡水的比例。本文提供了一份桃園海岸包含感潮範圍、感潮河段與出海口的距離，以及淡水與海水的比例等重要參數的對照表，可以作為未來河川環境管理和保護策略的參考。

關鍵詞：感潮河段、獨立溪、海岸帶環境、河口水動力

一、研究目的

本研究以桃園海岸的五條小型獨立溪為例，設計調查各河川的河口水理特性的方法，分析潮汐對河川的影響，藉此作為後續海域水質變化機制研究的依據。本研究選擇包括大堀溪、觀音溪、小飯壢溪、新屋溪和社子溪作為觀測研究對象。本研究針對這些台灣小型獨立河溪出海口，提出適用於這類型小型河溪之觀測與資料分析方式，探討其河口與感潮河段之水文與動力特性。

二、研究方法

對於上述這些獨立溪流感潮河段的調查包括水位、流速及水體鹽度等三項參數在一維河道的時間

變化是此研究監測調查重點。在定點歐拉觀測上我們規劃每一條河溪近出海口處設置兩處固定式溫鹽深度計（Conductivity, Temperature, Depth, CTD），沿河道的拉格朗日觀測，則使用漂流浮球，並配合無人船量測鹽度，進而整合繪製出河川的水位、鹽度變化、流速與流向等資訊，以推算出感潮範圍。

為深入瞭解潮汐對感潮河段的影響，我們對五條河川進行了一年的 CTD 觀測，發現皆受溯升影響。以新屋溪為例，越深入河道，潮汐影響遞減，且需更高的外海潮位以達到相同的河道水位變化，本研究將感潮河段終點定於水位變動為零處。主要的影響因數為外海潮位及與河口的距離，線性迴歸結果顯示在新屋溪，最大潮時，感潮河段距離河口約 1800m(圖 1)。基於觀測資料，我們提出感潮範圍經驗公式及相關參數(表 1)，能計算不同潮汐高度時這五條河川的感潮範圍。

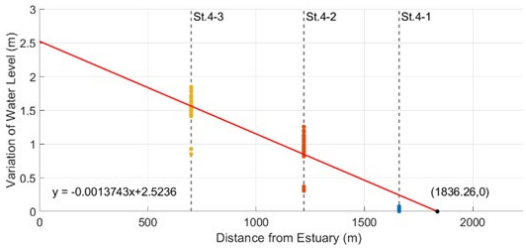


圖 1 新屋溪隨著離出海口距離所觀測之水位變化

通過無人船和漂流浮球觀測，發現五條小型河溪的流速、流向和鹽度都有特定的時變特性。例如，新屋溪最大流速為 1.5 m/s，而小飯壢溪因河道改道及較淺處呈現約 1 m/s 的逆流現象。在感潮河段，靠近河口區域的鹽度較高，因受到海水滲透。深入河道，鹽度迅速增加，但當距離河口愈遠，鹽度增長逐漸放緩。這五條河川在鹽度混合上相似，但高鹽梯度範圍各異。例如，烏溪高鹽梯度區域延伸 2 公里，而新屋溪則約 500m(圖 2)。

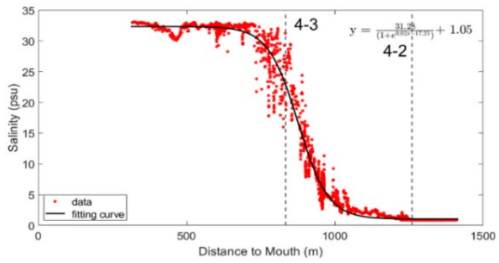


圖 2 新屋溪河道鹽度與離出海口距離之 S 型函數

綜合以上，本研究發現感潮河段內，水體鹽度的變化與距出海口的距離呈現 S 型關係(圖 2)，可以透過擬合 S 型函數(Sigmoid Function)來計算河川在不同位置海水與淡水的比例，以新屋溪潮位 2.5m 作為基礎，從而得出最大感潮範圍達 1813m。有了這些資料為基礎，再參照本研究所提供的桃園地區五個主要河川的參數對照表(表 1)，在潮位 2.5 m 的情境下，新屋溪在距離出海口 1281 m 的位置上，淡水和海水的比例約為 50%，由此可知此一距離為河水與海水混合最為劇烈區，未來可利用此一方法，進行河川感潮河段海水與淡水混合比結果顯示這份對照表能夠幫助我們瞭解這些河川的特性，並能協助評估這些河川的環境變化與生態狀況。

表 1 各河川參數對照表

河川	$D_{TR} = a_1 H_{tide} - a_2$		$S_d = \frac{b_1}{(1+e^{b_2*d-C})} + S_{nb}$			$C = c_1 D_{TR} - c_2$	
	a_1	a_2	b_1	b_2	S_{nb}	c_1	c_2
大堀溪	1231	1208	31.59	0.032	0.55	0.016	8.16
觀音溪	141	-50	31.90	0.048	0.35	0.048	4.43
小飯壢溪	710	752	31.19	0.016	0.2	0.016	8.16
新屋溪	724	-3	31.28	0.021	1.05	0.02	9.35
社子溪	522	-251	32.3	0.018	0.57	0.018	6.15

三、初步結果

本研究對桃園海岸的五條小型獨立溪進行了一年的連續觀測，發現，這些被認為是小型獨立河溪的水體，其感潮河段的特性與典型的大河無異，並不會因小型獨立河溪長度與流域較短而不同，因此無論河流的大小，都需要制定適當的管理和保護措施。尤其淡水和海水的混合會影響河口生態系統的物質循環和生物多樣性，因此，對這些特性的理解對於維護河口生態系統的健康至關重要。

為了更精確地理解這一現象，本研究對感潮河段的長度以及河道內的海水和淡水混合特性進行了分析，進一步的證明潮汐和河川水位變動之間存在線性關係，基於這些分析建立了一套經驗程式，該經驗程式可以用來評估感潮範圍和潮位之間的關係，以及海水和淡水之間的比例，這一研究成果對桃園地區的河川管理具有重要的實用價值。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

數值模擬探討水下浮游式洋流發電機渦流場變化

鄭明宏 [1]　黃榮鑑 [2]

[1]國家海洋研究院
[2]國立臺灣海洋大學系統工程暨造船學系

主題: A.海洋能與離岸風力

國科會計畫： NSTC 112-2218-E-A55-001

通訊作者：鄭明宏

E-mail:chengminghung@gmail.com

Tel:07-3382-0972 **ext. 263607**

摘要

台灣四面環海且東部有黑潮通過，其為台灣帶來豐沛的洋流能源。為能妥善利用東部黑潮資源，國海院於 109 年開始繼承以往相關洋流能關鍵技術進行研發及實海測試，並預計 113 年開發 100kW 浮游式洋流發電機組。為能有效瞭解浮游式洋流發電機組在水下特性，本研究透過解析 Navier-Stokes 方程式並搭配 k-ε 紊流模式閉合，與加入疊合網格來建置所需要流固耦合之數值模式。不同流速進行一連串數值試驗，由結果分析流通過機組時，其所產生的渦流場情況變化。由結果可看出隨流速增大，對機組後方會有渦漩生成，藉此進一步瞭解機組本身受流之後產生之特性，作為後續設計或是相關環境分析之重要參考。

關鍵詞：浮游式洋流發電機組、k-ε 紊流模式、數值試驗、流固變化、渦流場分析

一、研究目的

台灣因東部海域長年穩定流經的黑潮，極適合發展洋流發電。據中央研究院院士徐遐生曾估計，台灣可從黑潮取得約 50GW 的能量可提供基載用電，故台灣早從 2014 年 NEPII 第二期能源國家型科技計畫、2019 年海洋委員會「洋流能關鍵技術開發與推動」前期計畫與 2020 至今國家海洋研究院於受海洋委員會委託執行 4 年期「洋流能關鍵技術開發與推動」中長程計畫與提報「113-116 黑潮示範電廠暨百瓩黑潮發電商轉原型機研製計畫」持續發展至今。

在其中海流發電機組在洋流發電上扮演極為重要的腳色，從最早 NEPII 的 800W 實驗室機組，到 20kW 試驗機及後續 100kW 商轉原型機設計，對於水下浮游式發電機組之渦流場變化仍有限，然此過程對於探究機組運作及環境影響有其必要性。

為能瞭解浮游式洋流發電機組流過時在水下特性本研究透過解析 Navier-Stokes 方程式並搭配 k-ε 紊流模式閉合，與加入疊合網格來建置所需要流固耦合之數值模式。，在此先以固定浮游式機組位置，以不同流速進行一連串數值試驗，再由結果分析流通過機組時，其在機組後方所產生的渦流場情況變化，透過水動力的分析將有助提供瞭解其對整體環境之影響。

二、研究方法

本文之研究方法是採用解析 Navier-Stokes 方程式並搭配 k-ε 紊流模式閉合來建置所需要數值模式，本研究是採用兩種不混合流體(空氣、水)，表面用 VOF 處理，流場為從左邊處生成穩定流，然後往右流出。該模式流場的控制方程式為連續方程與動量方程如以下所示：

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \qquad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(U_j U_i\right) = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\upsilon\left(\frac{\partial U_j}{\partial x_i} + \frac{\partial U_i}{\partial x_j}\right) - \overline{u_i' u_j'}\right] + g_i \qquad (2)$$

其中U_i為平均速度分量、ρ 為流體密度、P 表單位質量流體之壓力場、g_i為重力加速度與 υ 是流體滯度。

為了求解式 (1)-(2)，採用 k-ε 紊流模式來模擬紊流傳輸，在紊流場中，有兩個具有代表性的物理量，一是紊流動能 k，一是紊流消散率 ε。採用 Boussinesq 渦漩黏滯性假設 (eddy viscosity) 來模擬雷諾應力：

$$-\overline{u_i' u_j'} = \upsilon_t\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right) - \frac{2}{3}\delta_{ij}K \qquad (3)$$

式中υ_t是紊流渦動滯度，K 為紊流動能，δ_{ij} 為 Kronecker 函數，υ_t概念的引入把求解雷諾應力的問題轉化為求解 υ_t 的問題。本計畫紊流模式處理ν_t採用雙方程 k-ε 紊流模式，紊流動能 k 及紊流消散率 ε 的傳輸方程式分別如下：

$$\frac{Dk}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{\nu_t}{\sigma_k}\frac{\partial k}{\partial x_j}\right) + P_k - \varepsilon \qquad (4)$$

$$\frac{D\varepsilon}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}\right) + C_{\varepsilon 1}\frac{\varepsilon}{k}P_k - C_{\varepsilon 2}\frac{\varepsilon^2}{k} \qquad (5)$$

其中P_k為紊流動能產生項，當 k、ε 由傳輸方程 (4)、(5) 求出後，ν_t 即可由 k、ε 表示如下

$$\upsilon_t = C_\mu\frac{k^2}{\varepsilon} \qquad (6)$$

模式中紊流常數分別為 σ_k= 1.0、σ_ε= 1.3、C_μ= 0.09、$C_{\varepsilon 1}$= 1.44、$C_{\varepsilon 2}$= 1.92。

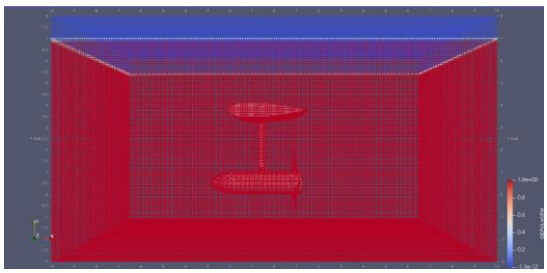


圖 1 浮游式洋流發電機數值模擬之網格示意圖

數值模式初始狀態:均為靜止狀態開始進行，左為造流邊界，右為初流邊界，上層空氣邊界，底部與結構物為剛性牆邊界。網格如圖 1 所示，在構造附近會加密以獲得更佳的數值結果

三、初步結果

由上述數值模式，先採用水平流速為 1.5m/s 計算，X-Y 流線圖及不同斷面流速剖面圖繪製於圖 2 與圖 3。由該結果可明顯看到水平流通過機組時會在後方產生流速減緩區域，且在轉子葉片後方也會有明顯渦漩產生，因機組兩側仍有流通過，故紊流現象發生在有限距離。在該距離之後水平流速又會逐步回復回初始流速，此由圖三可以更綿顯看到機組後方兩個 Y-Z 斷面流速較慢的圜逐步減小。換言之，機組所影響的距離是會受到本身大小及通過流速影響。藉由圖 3 將可計算出此種機組尺寸會造成多少的能量損失，此有助於推估其對環境之影響。接續會透過不同流速下來進行探究機組後方渦流場變化。

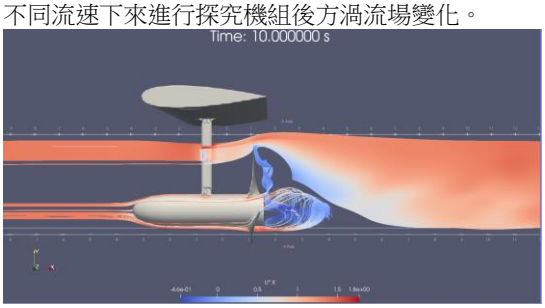


圖 2 浮游式洋流發電機數值模擬 X-Y 流線圖(水平流速:1.5m/s)

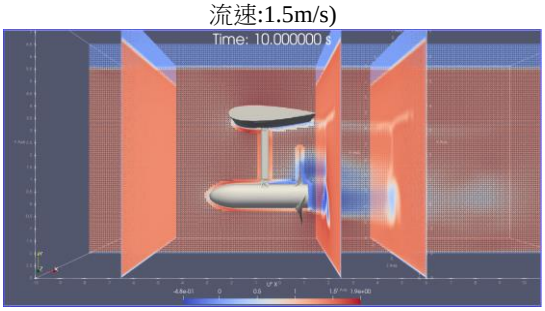


圖 3 浮游式洋流發電機數值模擬-不同斷面流速剖面圖(水平流速:1.5m/s)

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

東北季風下海陸交界處風速剖面特性探討

蔡原祥[1]　周嘉睿[1]　張岳浩[1]　李權恆[1]　謝志敏[2]

[1]國立高雄科技大學海事學院海事風電工程碩士學程
[2]國立高雄科技大學海事資訊科技系

主題: A 海洋能與離岸風力

國科會計畫： MOST 111-2221-E-992-041 -

通訊作者：蔡原祥

E-mail:ystsai@nkust.edu.tw

Tel:07-8100888 **ext. 25007**

摘要

本研究使用連續光源式光達(Lidar)風剖儀，觀測海陸交界處東北季風作用下，近地表高度 200 m 以下大氣邊界層的發展與特性。觀測位址位於雲林許厝寮，面向台灣海峽，東北季風路徑大致為從海面經過而到達觀測地點。初步分析結果顯示，在低風速海陸風型態下，風速隨著高度的降低而增加至觀測最低點 15 m 高度，代表海陸風為一極貼近表面的大氣流場。風速增大時，風速剖面為正常邊界層型態，風速隨高度的增加而增大。示使用冪次律擬合觀測之風速剖面顯示，單一冪指數(power exponent)，通常無法精確的描述速度剖面至 200 m，風速在不同高程區間，有不同的冪指數擬合值。

關鍵詞：光達風剖儀、風速表面層、 風剪力指數、海陸交界

一、研究目的

詳細了解風速剖面的特性，對於風力機的發電量評估，結構設計與尾流的發展至關重要。在人口密度高的台灣，其三分之二為丘陵或山地地形，工業設施已佔據了海岸地區，例如陸域風力機幾乎全部都設置在西部的沿岸地區。明解海岸環境如海陸交界處地表粗糙度對風速剖面發展的影響，將有助於風電廠的營運及高層結構體的設置。

使用冪次律(power law)描述風速剖面的形狀，有數學模型簡明的優點。國際風力機設計標準 IEC 61400-1 規定使用冪次律預測風剖面的形狀。冪次律模型在平坦的地表面有其適用性 (Tamura et al. 2007)。然而在海陸交界處似乎尚未被充分的探討。

可攜式光達風剖儀，相較於傳統測風塔量測，具有設置容易及量測高度較高，輕易達到 200 m 以上的優點。由於台灣本島及台灣海峽，東北季風為主要的風能資源來源，本研究使用光達風剖儀，量測東北季風於海陸交界處的風場，分析風速剖面特性，並驗證析冪次剖面的適合性。

二、研究方法

觀測位址位於雲林麥寮許厝寮海陸交界處 (23°49'16.28"N，120°12'35.28"E)，該地點北邊為臺灣海峽，海陸間有一潮澗帶，南面為麥寮工業區，為工廠密集區域。東北季風由海上或是經由平坦的陸域而來，如圖 1 所示。所使用的光達測風系統為 ZephIR300，為連續波式都卜勒頻移量測，高度設定為 15, 25, 35, 43, 65, 85, 105, 125, 145, 175,與 205 等 11 層。量測期間為 2023 年 2 月 2 日至 3 月 23 日。

圖 1 彰化許厝寮觀測位址周遭地形圖 (上圖) (© 2023 Google Inc.)與光達風剖儀的設置 (下圖)，右側儀器為 ZephIR300。

用於描述風速剖面的冪次律公式為一簡潔的數學式，表示如下:

$$\frac{U(z)}{U_R} = \left(\frac{z}{z_R}\right)^{\alpha} \qquad (1)$$

式中$U(z)$表示風速隨高度的變化，z為高度，U_R為參考高度z_R處的參考風速，α代表冪指數。α值代表速度剖面的形狀，其大小隱含地表粗糙度及熱效應所導致的大氣穩定度的影響(Panofsky and Dutton 1984)。本研究光達所觀測之風速剖面結果以每小時平均值呈現，並以 11 層高度量測值，擬合冪次律，探討風速剖面在海陸交界處的變化。

三、初步結果

於 3 月 12 日與 3 月 13 日所觀測之風速剖面及使用冪次律(1)式的擬合結果，說明於圖 2。3 月 12 日(圖 2 上圖)風場平均風速U持續由約 1 m/s 加速至約 25 m/s。在深夜及凌晨 0:00–5:00，低風速$U < 2$ m/s 條件下，風速隨著高度而減小，為受到海陸風影響或是純粹海陸風的低空噴流 (low level jet)剖面型態。風速降低至最低量測高度15 m ，仍未見反轉，由此可推論海陸風為貼近地表的大氣流場。6:00–9:00，風速$U \approx 2.5$ m/s，風速剖面呈現一均勻型態。隨著風速的增加，當$U > 4$ m/s，風速剖面發展成為傳統邊界層，也就是風速隨著高度的增加而增大。然而$U > 9$ m/s，也就是 17:00 開始，觀測結果逐漸偏離冪次律擬合風速剖面，且隨著風速的增加而偏離逐漸增大。

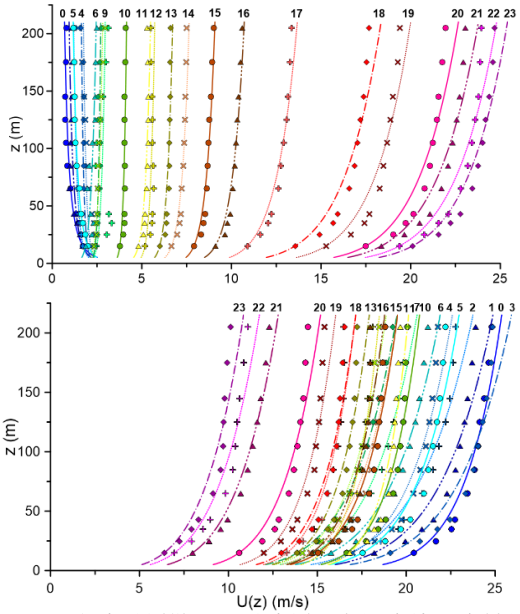


圖 2 光達風剖儀量測風速剖面與冪次律擬合結果。分別為 3 月 12 日風速加速(上圖)與 3 月 13 日風速減速條件(下圖)。圖上方數字為當日小時。

當風速由 25 m/s 減小至 6 m/s 的 13 日 (圖 2 下圖)，觀測之風速剖面與 12 日風速加速條件下且較大風速下比較，冪次律擬合亦無法完全描述觀測結果。與風速大小相當的 12 日日間 17:00 比較，13 日夜間 21:00 的風速剖面有較大的速度梯度。由於白日受日照影響，產生表面加熱效應，為大氣不穩定。夜間則為表面發生冷卻效應，產生大氣穩現象，亦導致速度剖面冪指數的增加。

除海陸風造成的風速剖面，其冪指數為一負值外，在 12 日風速加速下，冪指數α值介於 0.04–0.11 之間，代表風速剖面形成於海面或是海岸地區極為平緩的地形 (Choi 2009)，此結果符合觀測場址的地形條件。在13日風速減速條件下，α 數值變化較大，介於 0.08–0.2 之間，最大值α =0.2，發生於 23:00。由於此時風向角為 9°，風由海上而來，α 值應約為 0.1 才合理，α值的增加似乎是受到夜間表面冷卻效應影響所致，此推論尚待進一步深入分析。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

波高預測混合模式案例探討-基隆海域

趙偉廷[1] 陳大煒[2] 郭仲倫[1] 張智翔[3] 林聖傑[3] 臧效義[4]

[1] 國立臺灣海洋大學 海洋工程科技中心 助理研究員
[2] 釜揚科技工程顧問有限公司 總經理
[3] 國立臺灣海洋大學河海工程學系 碩士研究生
[4] 國立臺灣海洋大學河海工程學系 教授

主題: A 海洋能與離岸風力

國科會計畫： NSTC 112-2221-E-019-055

通訊作者：臧效義

E-mail: sytzang@ntou.edu.tw

Tel: **02-24622192 #6145**

摘要

為了測試評估波浪發電裝置(WEC)選址與快速分析現場波浪資訊的需求，本研究利用基隆海洋大學 TAMETS 波浪能測試場作為發展 AI 與數值混合模式之評估與驗證的場域。本年度之混合預測模式以 AI 人工智慧方法為主，SWAN 波浪模式則是在歷史觀測數據不足的情況下，利用現有浮標資料後報補充鄰近點位的波浪資料。首先，蒐集在 TAMETS 波浪能測試場既有三個測站同樣時間範圍之逐時波高資料並建檔。其次，利用 SWAN 模式建立三個測站脂數值後報資料庫，並利用前述所蒐集波浪資料作為模式驗證。最後，使用三種目前常見之 AI 方法(如 BPNN、ARIMA、LSTM)，並評估感興趣的測站(水深 10m 處)在資料長度受限的情況下，何種模式的學習與預測的適用性最好。初步結果顯示，以 LSTM 方法的預測結果最好。因為其加入能考慮前後資料時間相關性之結構，其時序列波高之相關係數(correlation coefficient)和均方根誤差(root mean square error)分別為 0.928 與 0.280 m。

關鍵詞：基隆波浪能測試場、實測波高、波浪預測混合模式、SWAN 模式、AI 方法

一、研究目的

為了評估測試波浪發電裝置(WEC)選址與快速分析現場波浪資訊的需求，並受限於真實海域中有限的浮標數量，建構適合的預測模式以作為有效的評估工具，為當今波浪能發展優先選項。當前最常利用數值模式與 AI 方法最為預測模式，其各有優缺點。本研究擬以 TAMETS 波浪能測試場作為研究場域，本處不同測站的實測波浪資料可作為預測模式的驗證與評估之用；本年度研究擬以人工智慧方法為主，SWAN 波浪模式則是在歷史觀測數據不足的情況下，利用現有浮標資料後報補充鄰近點位的波浪資料。希望透過驗證混合模式預測之合理性，將此一混合預測模式應用於日後不同海域 WEC 選址與運作參考評估之用。

二、研究方法

本文之研究區域為基隆海洋大學的 TAMETS 波浪能測試場，2.1 節將簡介 SWAN 模式，2.2 節則是分別介紹 3 種形式之人工智慧方法。

2.1 SWAN 模式

Delft 科技大學所發展的 SWAN (Simulating WAves Nearshore)模式(Booij et al., 1999)作為本次搭配 AI 混和預報之數值模式，採用版本為 40.81。該模式考量風引致的波浪傳遞、波浪成長、淺化、折射、繞射及反射外，同時具有非線性波浪產生的形變(波波交互作用)及能量消散(白沫、碎波、底床摩擦)等，具有描述波浪由外海傳遞至近岸之能力。本研究建立在陳(2022)建置之基隆海域預報模式，其模擬與實測資料比對結果誤差為小，其示性波高與尖峰週期分別僅為 0.15 m 及 2.8 sec 之誤差區間，可作為本研究後測補充之最佳模式使用。

2.2 AI 模式簡介

(a) 倒傳遞類神經網路(BPNN)波浪推算模式之建置

倒傳遞類神經網路的輸入因子為相關的氣象因子，輸出則為示性波高以及對應之週期，其網路結構包含輸入層、隱藏層以及輸出層。本研究在訓練部分使用的演算法為萊文貝格－馬夸特方法(Levenberg─Marquardt Method Algorithm)，演算能力較最陡坡降法優異(Steepest Descent Method)。

$$H_n = f\left(w_{I_{m,n}} I_m\right), \quad f(x) = \frac{2}{(1+e^{-2x})-1} \tag{1}$$

$$O_l = f\left(w_{H_{n,l}} H_n\right), \quad f(x) = x \tag{2}$$

$$C = \frac{1}{P}\sum_{p=1}^{P}\sum_{l=1}^{L} e_l^2(p) \tag{3}$$

(b) 自回歸移動平均(ARIMA)波浪推算模式之建置

ARIMA 模型為 70 年代初期提出之時間序列預測方法，其基本架構是將預測對象隨時間推移而形成的數據序列視為一個隨機序列，用數學模型近似描述這個序列。其中 ARIMA（p, d, q）稱為差分自回歸移動平均模型，AR 是自回歸, p 為自回歸項; MA 為移動平均，q 為移動平均項數，d 為時間序列成為平穩時所做的差分次數。

(c) 長短期記憶法(LSTM)波浪推算模式之建置

長短期記憶法(Long-Short Term Memory)屬於遞迴式類神經網路(Recurrent Neural Network)的一種特殊形式，其主要結構包含三個不同的閘門用以控制網路學習的內容，即輸入閘門、輸出閘門及遺忘閘門(forgetting gate)。其中，透過遺忘閘門門檻值的設置，可以決定數據資料的增減(即保留或遺忘)。由於額外增加細胞狀態(cell state)的結構，相較於遞迴式網路，將可實現資料長期保存以提高大量海氣象資料時的預測精度(Zhou et al., 2019)。

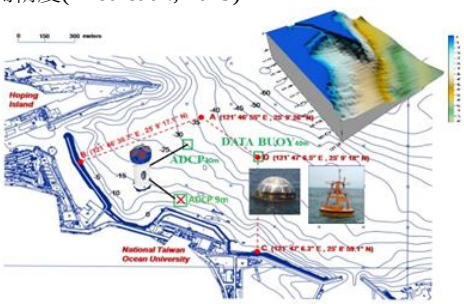


圖 1 基隆海洋能測試場 TAMETS 測站

三、初步結果

本節將呈現不同 AI 模式之預測結果。輸入資料選取 2021 年 11 月 1 日至 25 日 ADCP 10m(藍色點)及 30m(紅色點)處之波浪資料，預測資料為 2021 年 11 月 26 日至 30 日 ADCP 10m 之波浪。倒傳遞類神經法(粉色線)、自回歸移動平均(綠色線)及長短期記憶法(青色線)之結果呈現於圖 2。其中，LSTM 方法的預測結果最好(CC=0.928、RMSE=0.280 m。

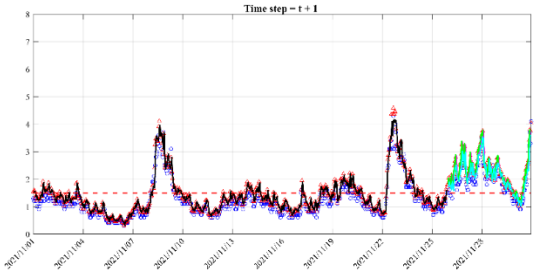


圖 2 不同 AI 模式之預測結果

表 1 不同 AI 模式之預測結果

	RMSE	CC
BPNN	0.368 m	0.912
ARIMA	0.441 m	0.884
LSTM	0.280 m	0.928

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

臺灣波能高潛勢海域波浪頻譜特性分析

張智翔[1]　陳煥儒[2]　林聖傑[1]　臧效義[3]

[1] 國立臺灣海洋大學河海工程學系 碩士研究生
[2] 國立臺灣海洋大學河海工程學系 碩士生
[3] 國立臺灣海洋大學河海工程學系 教授

主題: A 海洋能與離岸風力

國科會計畫：111WFA2010338

通訊作者：臧效義

E-mail: sytzang@ntou.edu.tw

Tel: **02-24622192 #6145**

摘要

對於波能資源的評估為掌握波能資源的特性，收集不同波能高潛勢海域測站水位資料轉成波譜進行分析，因此針對波浪波譜進行分析並對常用之 JONSWAP 參數譜模式，利用實測波譜與之進行擬合出 phillips 常數 α 與尖峰強化係數 γ，找尋波譜之最佳參數值，以建立最能代表當地海域之波譜模式。

本研究先收集臺灣本島波能潛勢相對較高的基隆海域的基隆海洋能測試場 TAMETS 2 處測站以及台中海域之測站資料，針對月份、四季、東北季風與全年波譜進行擬合，即可得最終之擬合參數 α 和 γ。得出的基隆海域位於水深 31 m 的測站全年 α=0.002258 和 γ =1.5923，位於水深 40 m 的測站全年 α=0.002236 和 γ =1.5877，台中海域位於水深 25m 的測站全年 α=0.004703 和 γ =1.61053

關鍵詞： 波能、基隆海域、台中海域、波浪波譜

一、研究目的

過去針對台灣四周海域波譜的研究顯示，台灣海峽波譜符合尖峰強化係數 γ =2.08 的 JONSWAP 譜(Ou et al.，1974)。簡與郭(1994)分析六個測站的波浪資料，使用通用的 P-M 譜和 JONSWAP 譜率設定波譜參數，其結果指出 γ 值介於 1.1～3.0。總體而言，在台灣海峽的西部，從新竹到雲嘉地區，γ 值似乎逐漸增大，而東北部、東部和南部測站的 γ 值都在 2.0 以下。另外，鼻頭角測站的分析結果顯示 γ =1.7 的 JONSWAP 譜在該海域較適用（臧＆李，2019）。一般波譜形狀可以用 JONSWAP 波譜來描述，儘管 γ 值稍有不同，但對於東北季風引致的波浪累積能量強度相當大的情況，都顯示極接近 γ =1.7(簡與郭，1994；Chen et al., 2023）。本研究即針對此需要，在兩處高潛勢區域收集數個測站資料，據以探討擬合參數 α 和 γ ，以利後續波能資源評估之用。

二、研究方法

本研究中針對台灣兩處波能高潛勢海域，一處位於如圖 1 所示基隆海域的波浪能測試場(TAMETS）內兩處測站，分別是水深 30m ADCP 測站與水深 40m TRIAXYS 波浪浮標測站；另一處則是圖 2 台中海域測站。將所收集海域測站之水位資料轉成波譜後，並

針對常用之 JONSWAP 參數譜模式(式一)，從很多研究指出此波譜與實測波譜相符合，並可代表各個成長的風浪，之後利用實測波譜與之擬合，利用最小誤差平方法(式二)，找出各波譜模式之最適參數值。藉由設定各參數起始值和有效範圍，將各參數在每次增加微量值求得擬合波譜值 SF(f)，並計算出與實際觀測譜 SO(f)之誤差平方值，後藉由疊代過程找出誤差最小值的最適擬合參數 α 和 γ 為波譜之最佳參數值。

圖 1 基隆 TAMETS 海域測站位置

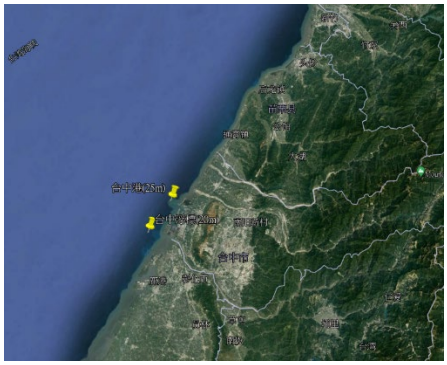


圖 2 台中海域測站位置

$$S(f) = \propto \frac{g^2}{(2\pi)^4} f^{-5} exp\left[-\frac{5}{4}(\frac{f}{f_p})^{-4}\right] \gamma^{exp\left[\frac{(f-f_p)^2}{2\sigma^2 f_p^2}\right]} \quad (1)$$

$$\text{Error} = \sum_{i=1}^{N} [S_O(f) - S_F(f)]^2 \quad (2)$$

三、初步結果

按疊代後找出找出誤差最小值，基隆 TAMETS 測試場的兩個測站波譜擬合參數 α 和 γ ，TAMETS ADCP 測站 9 年波譜資料得出全年 α =0.002258 和 γ =1.5923，TAMETS TRIAXYS 波浪浮標測站 6 年波譜資料全年 α =0.002236 和 γ =1.5877，得兩測站 γ 為 1.5-1.6 之間，與 Chen et al., (2023)針對基隆港 AWCP 測站分析波譜後所得全年 γ =1.59 類似，基隆 TAMETS 兩測站全年 α 為 0.00223-0.00226 之間相比基隆港 AWCP 測站則是略小於基隆港的 α =0.003。而台中港 AWCP 測站則是使用了三年的水位資料進行分析得出全年 α =0.004703 和 γ =1.61053。針對波能高潛勢海域的四季、12 月分、東北季風、全年之波譜 α 與 γ 的詳細分析結果，將另於全文中討論。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

基隆海域颱風期間風速評估分析

陳煥儒[1] 許顥騰[2] 張智翔[3] 林聖傑[3] 臧效義[4]

[1] 國立臺灣海洋大學河海工程學系 碩士生
[2] 財團法人船舶暨海洋產業研發中心 資深工程師
[3] 國立臺灣海洋大學河海工程學系 碩士研究生
[4] 國立臺灣海洋大學河海工程學系 教授

主題: A 海洋能與離岸風力

通訊作者：臧效義

E-mail: sytzang@ntou.edu.tw

Tel: **02-24622192 #6145**

摘要

本研究為海洋大學與船舶中心合作，針對基隆測試場附近海域進行風場資源調查分析，而風機在海上會遇到的風險之一即為颱風，有造成風機損壞的風險，故本研究針對颱風期間的風速資料進行分析，主要以基隆港與基隆嶼兩測站的資料進行分析，以初步評估颱風期間的風速對於風機的影響。

本研究首先收集基隆港(10 年)與基隆嶼(5 年)測站的風速資料，並篩選出行進路徑對台灣影響較大的颱風進行分析，主要分析方式為風速風向玫瑰圖及風速高程剖面圖。玫瑰圖以風速高程轉換公式轉換為高程 10 m 的風速再進一步分析，結果顯示颱風期間基隆港測站風向較集中於 N~E 方向之間，而基隆嶼受到地形影響，主要分佈在 N、E 兩方向上，但在 W 方向附近有較大的風速分佈；風速剖面圖主要分析高程 200 m 以下的風速分佈狀況，針對兩測站颱風期間量測的最大風速進行高程轉換，在 0~200m 高程之間，基隆港風速約分佈在 11~24 m/s，而基隆嶼約分佈在 10~22 m/s。

關鍵詞：風速、風向、颱風、基隆測試場

一、研究目的

自海洋能開始發展以來，各研究都評估東北海域是具發展潛力的區域，而基隆海洋能測試場自 2011 年建立以來，許多團隊已經在此進行海氣象資料收集分析與海洋能發電裝置的測試。本團隊因應船舶中心規畫中的試驗風機設計需進行海上驗證，故與其合作在基隆測試場海域進行環境資料的分析與評估作業，以作為風機設計條件的參考指標，其中又以颱風期間的風況為優先評估項目。

二、研究方法

本研究中針對測試場附近兩風速測站，基隆港(高程 26.7 m)與基隆嶼(高程 86 m)測站，針對路徑對台灣影響較大的颱風進行篩選(如圖 1)，即路徑 1、2、3 及 6，再將風速轉換為 10 m 高程風速，方向以間隔 22.5∘分為 16 個方位，再統計其風速在各方向上的分佈狀況，再繪製成風速風向玫瑰圖；而風速高程剖面圖則挑出颱風期間最大風速進行分析，以風速高程轉換公式(iec61400-1)，如式 1，計算其在不同高程的風速分佈狀況。

$$V_{(Z)} = V_{(z_r)}\left(\frac{z}{z_r}\right)^{\alpha} \quad (1)$$

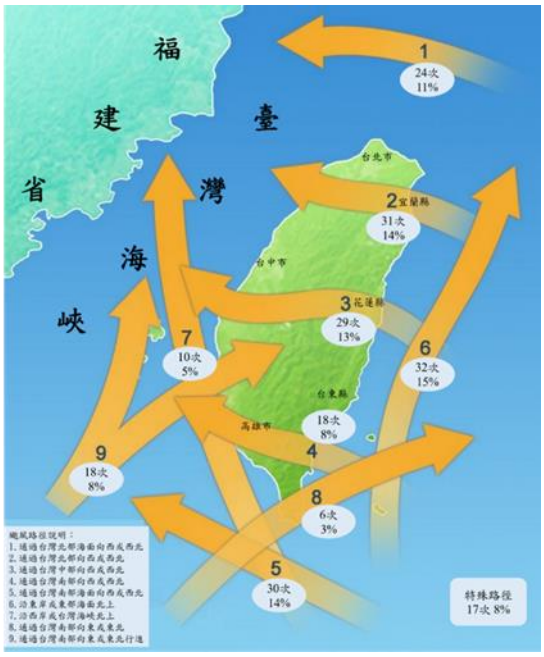


圖 1 歷史颱風路徑分類圖(中央氣象局)

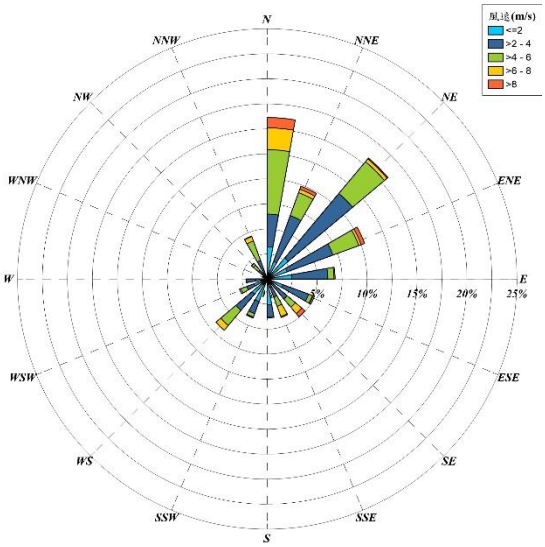


圖 2 基隆港風速風向玫瑰圖

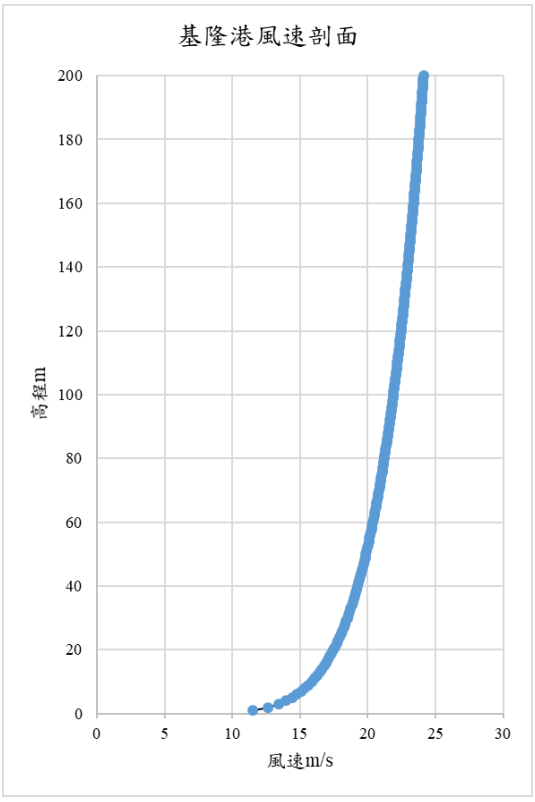


圖 3 基隆港風速剖面圖

三、初步結果

風速風向玫瑰圖的結果顯示，颱風期間基隆港測站風向較集中於 N~E 方向之間，較大風速分佈在 NE 方向附近；而基隆嶼受到地形影響，主要分佈在 N、E 兩方向上，而較大的風速分佈在 W 方向附近。風速剖面圖之分析結果顯示，高程 200 m 以下兩測站於颱風期間的最大風速分佈狀況，基隆港風速約分佈在 11~24 m/s，根據蒲式分級，約在 6~9 級風之間，而基隆嶼約分佈在 10~22 m/s，約在 5~9 級。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

應用 SCHISM 探討臺灣西部海域極端條件下波浪特性

邱啓敏 [1] 莊偉良 [2]

[1]國立中山大學海洋及環境工程學系助理研究員
[2]國立中山大學海洋及環境工程學系助理教授

主題: A 海洋能與離岸風力

通訊作者：莊偉良

E-mail: wlchuang@mail.nsysu.edu.tw

Tel:07-525-2000 **ext. 5184**

一、研究目的

臺灣海峽夏季主要受西南氣流與颱風的影響，冬季則以東北季風為主，尤其東北季風期間，受臺灣中央山脈與中國大陸東南丘陵的地形因素，造就臺灣海峽具有強勁且穩定的風能潛力。國際工程顧問公司 4C Offshore 在 2014 年針對全球「23 年平均風速觀測」的研究，發現世界上風力最強的 20 處離岸風場，其中臺灣海峽即佔了 16 處。工研院(2013)則評估臺灣離岸風電安裝面積可達 5,640 平方公里，總裝置容量達 29 GW (290 億瓦)，可提供 2,000 萬戶一年的用電量，彰顯臺灣發展離岸風電的優勢。

自民國 101 年 7 月 3 日公告實施之「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」，為帶動離岸風電開發的重要依據。經歷 11 年後，經濟部於 2023 年 4 月 26 日宣布已完成 200 座風機，最大發電量相當於二至三部中型火力機組的總負載，除可讓火力發電廠降載並節省支出外，同時降低空氣污染及碳排係數(經濟日報，2023/04/27)。此外，離岸風電發展帶動許多與海洋相關的產業鏈，經濟部工業局針對相關產業調查，其範疇非常廣泛，包含離岸風電製造業（風力發電機組、水下基礎、陸上電力設施、船舶製造）及離岸風電服務業（海事工程及其他），亦可帶動臺灣離岸風電相關產業與國際接軌，使臺灣海事工程及藍色能源發展邁入新的里程碑。

在環境營力評估中，海氣象條件為離岸風電建置與維運期間亟需掌握的資訊，而可靠的波浪預報資料能提供規劃建置施工與維運作業時的參考依據，直接提升人員、船舶、機械、以及相關設備的作業安全。

臺灣海峽在夏季期間有颱風侵襲造成的風浪及湧浪，而在冬季東北季風期間風浪強勁。這些極端浪況可能對離岸風電、港口設施，以及海上運輸會造成嚴重的威脅，甚至破壞。有鑒於此，本文分別以 2021 年 8 月夏季由西南海域生成的侵臺颱風盧碧，以及 1 月東北季風期間作為研究案例，結合 SCHISM 與 WWM-III耦合的三維跨尺度海洋數值模式，探討臺灣西部海域在極端條件下波浪特性，提供未來離岸風電建置運維或各項海事工程之極端浪況模擬資訊。

二、研究方法

SCHISM 為美國 VIMS (Virginia Institute of Marine Science)與全世界使用者所開發的一套三維跨尺度海洋數值模式(Zhang & Baptista , 2008)，近年已廣泛被歐美國家政府機關、臺灣中央氣象局，以及國內外學術單位採用，主要應用在海洋物理、污染、生態等各領域的研究與預測。SCHISM 模式系統考慮海氣交互作用(Air-sea exchange)，並耦合 WWM-III 波浪模式(Roland, et al., 2012)，除應用在預測波浪外，能進一步提升模擬近岸及河口流體動力現象的精度。本研究以 SCHISM 與 WWM-III耦合，並採用美國氣象局 NECP-CFSv2 預測風場，模擬臺灣海峽於 2021 年夏季侵臺颱風盧碧與冬季季風期間的波浪特性，

並收集中央氣象局新竹浮標實測波浪進行驗證，探討應用 SCHISM 模式於臺灣海峽預測極端浪況的適用性，並提供未來離岸風電評估極端浪況負載、碎波衝擊水動力負載、浮式平台繫泊穩定性、繫纜動力穩定性或探討海底淘刷形成機制之重要環境營力資訊。

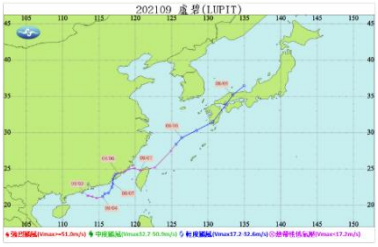


圖 1 2021/08 輕度颱風盧碧路徑圖 (中央氣象局)。

三、初步結果

2021 年 8 月 4 日在東沙島西北方海域生成一個輕度颱風盧碧，此颱風往東北方向行經臺灣海峽，雖於 8 月 5 日傍晚減弱為熱帶低氣壓，但仍持續往中部海域並自新竹登陸(如圖 1)。此路徑對臺灣當前規劃及興建中的離岸風場具威脅性，未來的颱風事件若有類似路徑或更貼近臺灣西岸，可能對離岸風電的結構、設備或基礎會造成嚴重衝擊。本研究以 SCHISM 進行預測盧碧颱風影響期間的波浪特性，圖 2 為 SCHISM 預測 2021 年 8 月臺灣海峽波高的分布情況(08/06 06:00)，圖中顏色色階顯示波高的大小，由預測結果顯示澎湖海域附近有較大的波高。圖 3 為 SCHISM 預測 2021 年 8 月新竹浮標位置的波浪，並收集新竹浮標實測波浪進行驗證，藍色十字點線表示新竹浮標實測波浪，紅色空心鑽石實線表示 SCHISM 預測波浪，圖中上方表示為示性波高的比對結果，圖中下方表示為平均週期比對結果，另圖中黑色垂直虛線表示圖 2 預測的時間。由圖 3 的比對與驗證顯示在盧碧颱風影響期間，SCHSIM 預測波浪與實測波浪的變化趨勢非常一致。

圖 4 則為 SCHISM 預測 2021 年 1 月東北季風期間臺灣海峽示性波高的分布情況(01/16 22:00)，圖中顯示東北季風影響期間，澎湖北方海域的波高有明顯大於新竹海域，此可能是受到地形因素的影響。圖 5 為 SCHISM 預測 2021 年 1 月的臺灣海峽波浪的分布，也收集新竹浮標實測波浪進行驗證，圖中黑色垂直虛線表示圖 4 預測的時間。由圖 5 的比對與驗證顯示在東北季風期間波高有達 3 公尺以上，且 SCHSIM 預測波浪與實測波浪的變化趨勢非常一致。

本文應用 SCHISM 分別進行預測臺灣海峽於颱風與東北季風期間波浪的分布情況，並收集新竹浮標實測波浪進行驗證。由驗證結果顯示 SCHISM 可適用在臺灣海峽進行預測不同季節的波浪分布情況。此結果亦能提供離岸風電廠商與政府機關在進行建置與維運的參考依據，可讓離岸風電未來的營運更具效率與安全。

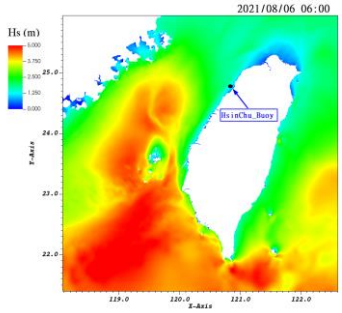


圖 2 SCHISM 預測 2021/08 臺灣四周海域之波高。

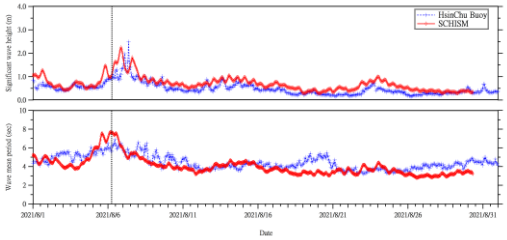


圖 3 2021/08 SCHISM 預測與新竹浮標實測之波浪。

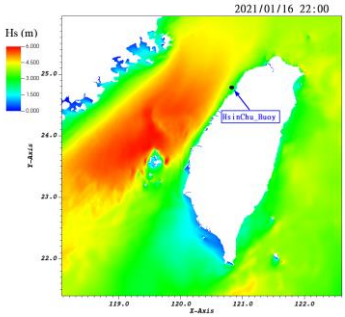


圖 4 SCHISM 預測 2021/01 臺灣四周海域之波高。

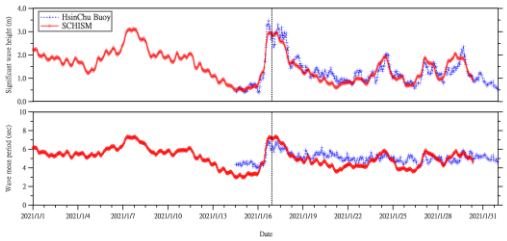


圖 5 2021/01 SCHISM 預測與新竹浮標實測之波浪。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

Step Approximation for the Bragg Resonance of Water Waves by Multiple Permeable Thin Barriers over Undulation Bottom Topographies

Chang-Thi Tran[1,*], Chia-Cheng Tsai[2,3]

1 Institute of Aquatic Science and Technology, National Kaohsiung University of Science and Technology, Kaohsiung 811213, Taiwan; changtt.ctt@vimaru.edu.vn
2 Bachelor's Degree Program in Ocean Engineering and Technology, National Taiwan Ocean University, Keelung 202301, Taiwan;
3 Center of Excellence for Ocean Engineering, National Taiwan Ocean University, Keelung 202301, Taiwan; cctsai@mail.ntou.edu.tw

* Correspondence: Chang-Thi Tran
Email: changtt.ctt@vimaru.edu.vn

Abstract

In the present study, the Bragg resonance of water waves scattered by multiple permeable thin barriers over undulated bottom topographies, especially in a series of periodic breakwaters, was solved by employing the eigenfunction matching method (EMM). The geometrical configuration was divided into multiple shelves which were separated by steps, on which thin permeable barriers were implemented. The solution was approximated using eigenfunctions with unknown coefficients that were considered as the amplitudes of the water waves for each shelf. The conservations of mass and momentum were then applied to form a system of linear equations, which a sparse-matrix solver sequentially solved. The proposed method degenerates to traditional EMM formulations if thin barriers, the permeability of the barrier, or bottom undulations are not considered. The validity of the suggested method was examined based on the results in the literature. Bragg resonances by bottom-standing, surface-piecing, and fully submerged permeable barriers over a series of periodic trapezoidal or half-cosine breakwaters were studied. In addition, the breakwater amplitudes, permeable parameters of the barriers, and incident angles of water wave scattering by different types of periodic breakwaters were discussed.

Keywords: Bragg resonance; periodic breakwaters; water wave scattering; eigenfunction matching method; permeable barrier

Funding: This research was funded by the Ministry of Science and Technology of Taiwan under Grant No. MOST 109-2221-E-992-046-MY3.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

Analysis of the surface current off the Taiwanese international and local harbors using high-frequency coastal radar data

Nhat-Minh Truong[1]　Yu-Chiao Wang[1]　Hwa Chien[1]　Tso-Ren Wu[1]

[1] Graduate Institute of Hydrological and Oceanic Sciences, National Central University

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：王又巧

E-mail: yuco0403@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to investigate surface current characteristics and driving mechanisms in Keelung, Taipei, Taichung, Mailiao, Kaohsiung, and Hualien harbors, both international and local. Surface current data were collected via the CODAR system operated by the Taiwan Ocean Research Institute (TORI) from September 15 to December 11, 2014. The data was first screened by data quality control. Statistical and harmonic analysis was applied to distinguish external forces driving the currents, including the Kuroshio current, astronomical tides, and wind effects. After the analysis, some main characteristics of ocean currents around Taiwan have been presented. Keelung Harbor is primarily influenced by astronomical tides and monsoon winds. Taipei Harbor is dominated by tides and the Taiwan Warm Current. In Taichung Harbor, wind and tidal currents are two main factors influencing the current flow. These currents converge as a tidal node from the North and South of Taiwan. Mailiao Harbor experiences the influence of astronomical tides and wind effects. Kaohsiung Harbor, conversely, is impacted by a Kuroshio current branch and factors from the South China Sea, resulting in eddy formation. Hualien Harbor, significantly affected by the Kuroshio, exhibits notable variations in its oceanic conditions.

Keywords: tidal currents, HF radar, coastal radar, statistic analysis, harmonic analysis.

1. Introduction

This study aims to understand the main factors affecting the surface currents and the behavior of background currents using the statistical harmonic analysis method and high-frequency radar data. surface currents and background currents. Surface currents are very important in oceanography and have many practical applications. Firstly, accurate knowledge of surface currents is essential for maritime and international trade, as it ensures vessel safety, prevents disasters, safeguards infrastructure, and mitigates environmental incidents. Secondly, the lack of knowledge regarding underlying background currents poses challenges in developing accurate numerical simulations of ocean behavior. These currents serve as the basis for more intricate models, influenced by various factors such as the complex interplay of background current flow, tidal variations, and dynamic wind effects. Neglecting these influences can result in modeling inaccuracies, impacting not only navigational safety but also our capacity to predict and respond to environmental incidents and resource development. Lastly, the dynamic nature of surface currents presents a unique challenge.

These currents change with seasons, introducing an additional layer of complexity in understanding their behavior. Setting accurate boundary conditions for numerical models is crucial, and this task becomes significantly more difficult when dealing with currents that exhibit such variability. An accurate representation of these time-dependent changes is vital for the reliable functioning of a predictive model, ensuring effective maritime planning, rescue efforts, and environmental protection. Hence, it is necessary to comprehend the current behavior using efficient statistical methods.

2. Materials and methods

Surface current data were collected via the CODAR system operated by the Taiwan Ocean Research Institute (TORI) from September 15 to December 11, 2014. The data was first screened by data quality control. In this study, the spatial coverage is from 21.30^0N to 26.27^0N in latitude and from 119.02^0E to 122.96^0E in longitude. The CODAR data has a 10-km spatial resolution and 1-hour temporal resolution. The black arrows show the ocean current flow, and the red dots show the harbor locations, as shown in Figure 1.

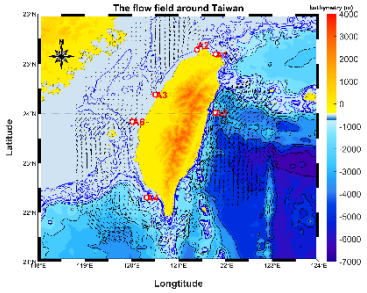


Figure 1. Flow field around Taiwan obtained from CODAR HF radar

After the quality control process, we apply the harmonic analysis to study the astronomical tidal variations. The CODAR data provides the two-dimensional current flow, so the harmonic analysis can predict the oscillatory astronomical tide. Next, subtracting the predicted astronomical tide from the instantaneous current flow is performed. Then, we examine the wind-induced current. After that, the background current flow is calculated.

3. Results

This section focuses on the background current derived by subtracting the predicted tide and wind-induced current components from the original data. Figure 2 presents the rose diagram of the background current at each harbor. Table 1 summarizes the key information about the background in each harbor, calculated by averaging the background current speed and direction over the observation duration. Table 1 shows that Keelung, Taichung, Kaohsiung, and Mailiao Harbors have similar mean current speeds, ranging from 24 to 29 cm/s, while Hualien Harbor has a much higher mean current speed of about 60 cm/s. The table also shows that Taipei and Hualien Harbors have similar mean current directions, pointing towards the east, while Keelung, Taichung, Kaohsiung, and Mailiao Harbors have different mean current directions, pointing towards the South or Southeast.

Table 1. Information of background current

Harbors	Averaged current speed	Averaged current direction
Keelung	25.2959 cm/s	171.7405^0
Taipei	19.4688 cm/s	68.4130^0
Taichung	29.3619 cm/s	203.775^0
Mailiao	27.9637 cm/s	125.2543^0
Kaohsiung	24.2099 cm/s	161.1470^0
Hualien	59.8193 cm/s	93.3842^0

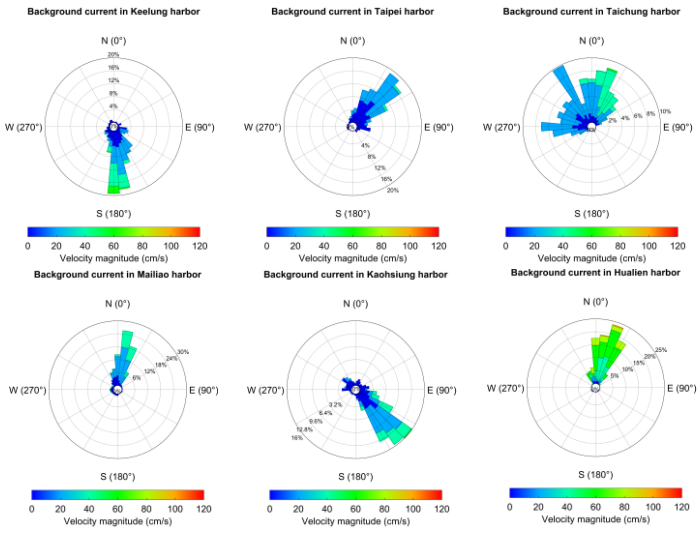


Figure 2. Rose diagram for background currents at different harbors

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

以 NHWAVE 模擬 N 型波之溯升

柯秉辰[1]　林芝宇[1]　羅弘岳[2]

[1]國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系碩士生
[2]國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系助理教授

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：110-2221-E-002-171-MY3

通訊作者：羅弘岳

E-mail: peterhylo@ntu.edu.tw

Tel: (02)3366-5747

摘要

早期的海嘯研究常以孤立波作為簡化波形，然而，孤立波與實測海嘯存在著顯著的波形差異，孤立波更是無法捕捉海嘯來臨前海水退位的情況，因此許多近代研究開始使用 N 型波作為更真實的海嘯簡化波形。本研究使用 NHWAVE 模擬孤立波與 N 型波的傳播和溯升，以探討兩種波形所造成的溯升差異，透過 NHWAVE 模擬能夠獲得於水槽實驗中難以測得的速度場與紊流動能，藉以進一步量化孤立波與 N 型波的同異之處，並驗證前人基於水槽實驗所提出的假說。

關鍵詞：NHWAVE、N 型波、孤立波、溯升

一、研究目的

根據中央氣象局地震測報中心資料所示，雖然近幾十年來台灣並未因地震引發超過一公尺波高之海嘯，距前次因近海地震引起嚴重海嘯甚至已是 1867 年，但臺灣位於地震頻繁的環太平洋地震帶，又為四面環海的海島型國家，海嘯一直是潛在的天然災害之一。回顧近年來海嘯造成的重大傷亡事件，2004 年印度洋海嘯使得印尼、泰國、斯里蘭卡、印度多人罹難；2011 年日本海嘯造成沿海地區多處設施損毀、核汙染外洩且眾多人員傷亡；2018 年印尼海嘯侵襲狹窄海灣，造成數千人罹難；2022 年東加海底火山爆發引起海嘯，全球許多地區也受到影響。若能更了解海嘯特性與相關知識，制訂有效的防災政策、改善海嘯預警系統，相信能因此防患未然，將災害的嚴重性降到最低。

以往海嘯的研究中常以孤立波作為替代模型，然而其波形假設過度簡化，與真實海嘯的波形頗有差異(Madsen et al., 2008)。近代學者提出另一種海嘯替代模型：N 型波，其波形類似英文字母 N，除了波峰外亦有低於水面的波谷，這種特性能夠模擬海嘯波抵達岸上前的海水沉退現象。然而 N 型波的頻散特性會依照傳遞距離產生變形，過往缺乏一個統一的波形定義與造波方式，直到 Lima et al. (2019)參考 Tadepalli and Synolakis (1994)中定義的廣義 N 型波波形剖面，推導出一個統一的 N 型波定義與造波公式，該文獻亦幫助後人能進行相關研究。本篇文章也將依此造波公式進行 N 型波的傳遞與溯升研究，期望藉由數值模擬建立可行性高之數值模型，研究在實驗水槽中難以實現的情況。

二、研究方法

本研究主要使用 Ma et al. (2012)開發的三維震波捕捉非靜水壓波模型(NHWAVE)進行數值模擬。在模擬 N 型波時，我們使用了開源流體力學模擬軟體 OpenFOAM 以及應用於其中的邊界條件和波浪生成的 olaFlow。為確保 NHWAVE 數值模型的準確性，

我們使用了陳玟諭(2023)與施文育(2022)的 N 型波實驗數據進行數值模型的驗證。

N 型波最早由 Tadepalli and Synolakis (1994)所提出，其波形表示式如下：

$$\eta(x,t) = \varepsilon(\theta - \kappa\delta)H_N \, sech^2\,\theta \quad (1)$$

$$\theta = \kappa(x - ct) \quad (2)$$

η為自由液面高度，ε為比例因子，θ為引數，周波數$\kappa = 2\pi/\lambda$，λ為有效波長，δ為偏心量，H_N為波高，波速$c = \sqrt{gd}$，d為水深。

我們使用數值模型針對 N 型波與孤立波進行多組的溯升模擬，比較兩者的波形與溯升值差異並進行歸類。N 型波與孤立波的參數與波形比較如圖 1，其中a^+為 N 型波的波峰振幅，a^-為波谷振幅。偏心量δ用來控制波峰波谷的傾斜程度，比例因子ε為控制 N 型波種類的重要參數，當比例因子為正時為前導上升之形式，反之則為前導下沉之形式，本研究只考慮前導下沉 N 型波。

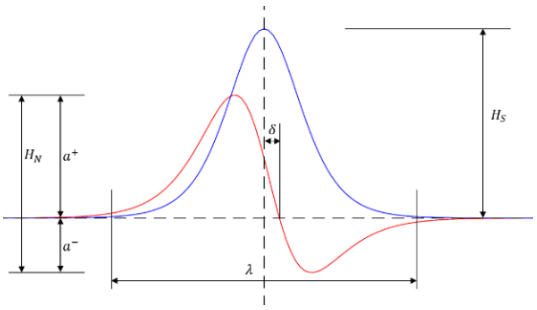


圖 1　N 型波(紅線)與孤立波(藍線)之波形比較圖

三、初步結果

本研究首先以孤立波與 N 型波的水槽實驗結果進行數值模型之驗證，驗證內容包含了兩者於固定水深中傳播時之速度場，及兩者於斜率 1:10 的斜板上之溯升。本研究之數值模型能有效地模擬 N 型波之溯升，更能重現陳玟諭(2023)根據水槽實驗所歸納的四種 N 型波類別：普通 N 型波(general N-wave)、段波狀 N 型波(bore-like N-wave)、陡峭型 N 型波(steep N-wave)、強烈破碎 N 型波(strong-breaking N-wave)。基於本研究的數值模擬所得之溯升結果如圖 2，其中a_{wg}^+為波浪與斜板起點所測得之波峰振幅。

目前本研究著重於探討案例數最多的普通 N 型波類別。根據陳玟諭(2023)於水槽實驗中的肉眼觀測，當波浪無破碎時，此類別的 N 型波與等振幅的孤立波會造成高度相近的溯升；然而，當碎波發生時，此類別的 N 型波比等振幅的孤立波有著更劇烈的碎波型態，因此造成較大的能量損失與較低的溯升。透過分析數值模擬結果中的速度場、流體能量演變、紊流動能，本研究成功以定量方式證實了上述基於肉眼觀測的假說。未來將進一步分析另外三種類別的 N 型波。

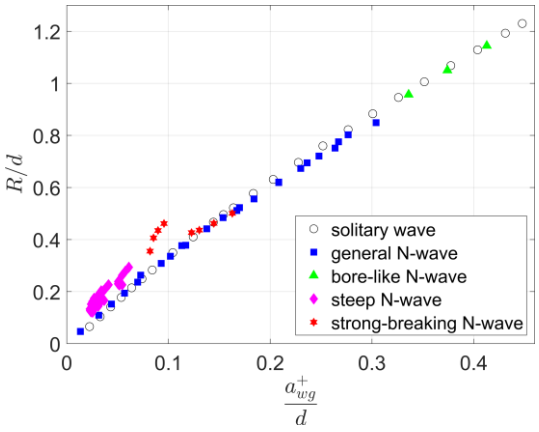


圖 2　孤立波與 N 型波於 1:10 斜板上之數值模擬溯升結果

四、參考文獻

Lima, V. V., Avilez-Valente, P., Baptista, M. A. V., & Miranda, J. M. (2019). Generation of N-waves in laboratory. *Coastal Engineering*, 148, 1-18.

Ma, G., Shi, F., and Kirby, J. T. (2012). Shock-capturing non-hydrostatic model for fully dispersive surface wave processes. *Ocean Modelling*, 43, 22–35.

Madsen, P. A., Fuhrman, D. R., & Schäffer, H. A. (2008). On the solitary wave paradigm for tsunamis. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 113(C12).

Tadepalli, S., & Synolakis, C. E. (1994). The run-up of N-waves on sloping beaches. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical and Physical Sciences*, 445(1923), 99-112.

中央氣象局地震測報中心，海嘯資訊。https://scweb.cwb.gov.tw/zh-tw/tsunami/taiwan

施文育(2022):「前導下沉 N 型波下速度場之探討」，國立台灣大學工程科學及海洋工程研究所碩士論文，台北。

陳玟諭(2023):「前導下沉 N 型海嘯波於不同傳遞距離之溯升」，國立台灣大學工程科學及海洋工程研究所碩士論文，台北。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

The wave scattering due to finite floating elastic plate in the presence of current and permeable bottom

Sanjay Kumar Mohanty[1]

[1] Department of Mathematics, SAS, Vellore Institute of Technology Vellore, Tamilnadu, India. 632014

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：Sanjay Kumar Mohanty

E-mail: sanjaykumar.mohanty@vit.ac.in

Abstract

The effect of current and permeable bottom on flexural gravity wave motion with oblique incidence is discussed. The role of different wave propagating modes on reflection coefficient is analyzed. The reflection and transmission coefficients, the surface elevation, and plate deflection in the presence of current and compressive force are derived.

The effects of flexural rigidity, compressive force and the uniform current speed on reflection and transmission coefficients are analyzed. The resonating nature of reflection coefficient for some fixed values of plate length is observed. Significant effects of different combinations of wave propagating modes of plate covered regions and open water regions on the reflection and transmission coefficients are observed. The wave energy propagation from reflection coefficient decreases whenever the Froude number increases. It has been found that the amplitude of the plate deflection increases as the value of the Froude number increases. The amplitude and wavelength of the reflection coefficient are higher for the combination of the first propagating mode of the plate covered region and the second propagating mode of the open water region. Moreover, it is found that zero reflection and full transmission occurs periodically. Co-propagating waves are found to transmit more energy while counter- propagating waves reflect more energy. Higher values of flexural rigidity result in reduced wave energy transmission.

Keywords: Horizontal submerged porous plate, Pair of Trenches, Energy loss, Wave forces.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

Impact of ocean current on wave trapping in a two layer fluid of finite depth

Sunanda Saha[1], Swaroop Nandan Bora[2]

[1]Center of Clean Environment (CCE), Vellore Institute of technology, Vellore, 632014, Tamil Nadu, India
[1]Department of Mathematics, IIT Guwahati, Guwahati, 781039, Assam, India

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：Sunanda Saha

E-mail: sunanda.saha@vit.ac.in

Abstract

Most offshore oil and gas reserves are located in deep sea areas requiring pipeline transportation.Such transformation require the pipelines to be the entirely underwater (not touching the ocean floor) and subject to the impact of different oceanic parameters and types of waves. Mathematically such a problem is formulated using a horizontal cylinder entirely submerged in ocean water. Considering the current trend of global climate change and a temperature rise, rough atmospheric and oceanic conditions are very likely. It is essential to modify the related mathematical theories taken into an account the parameters that are likely dominant in the future, namely ocean density stratification and ocean current. It is well established in the literature that trapped waves exist in the presence of submerged structure and occur at specific discrete frequencies below the cut-off value. Because they exist, a considerable amount of fluid amplitude and structural motions become a possibility when the system is forced to operate at a frequency near the trapped mode.

Although significant works have been devoted to study the impact of wave trapping on floating platform, but limited emphasis have been focused on understanding the wave trapping on the submerged cylinder in the presence of current in a two layer fluid of finite depth. Hence, in this work we will analyse the effect of wave trapping by employing multipole expansion method in the presence/absence of current (co-current and negative current).

Keywords: Two-layer fluid, In-plane compression, Two-dimensional current, submerged horizontal cylinder, Trapped mode frequency, multipole expansion method.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

Propagation of water waves in a two-layer fluid with current and surface tension

Akshita Aggarwal[1], S. K. Mohanty[2], S. C. Martha

[1] Department of Mathematics, Indian Institute of Technology Ropar, Rupnagar-140001, Punjab, India
[2]Department of Mathematics, SAS Vellore Institute of Technology, Vellore-632014, Tamil nadu, India

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：Akshita Aggarwal

E-mail: akshita.20maz0006@iitrpr.ac.in

Abstract

The scattering of water waves by an undulating bottom in a two-layer fluid system is examined by taking current, surface tension, and interfacial tension into account. Reflected wave energy in the form of the Bragg reflection coefficient and transmitted wave energy in the form of the Bragg transmission coefficient are demonstrated through graphs. The behavior of Bragg reflection and Bragg transmission coefficients is analyzed for multiple physical parameters such as current, surface tension, interfacial tension, and the number of ripples. A change in the current speed results in a shift in the Bragg resonant frequency for the particular case of sinusoidal bottom undulation. The effects of surface and interfacial tension are also demonstrated. It can be concluded that surface tension impacts more on the waves associated with the upper layer, but interfacial tension affects both surface waves and interfacial waves. Furthermore, the group velocity disappears for some values of opposing current at two distinct points in the frequency space: the maximum is referred to as the primary blocking point, and the minimum is referred to as the secondary blocking point. There are three propagating modes between these two blocking points for each frequency. The superposition of multiple propagating wave modes and triad interaction within the blocking points, as well as a change in the incident wave mode, result in a few irregularities and a dramatic increase in the Bragg reflection and transmission coefficients.

Keywords: Bragg reflection coefficient, Bragg transmission coefficient, Fourier transform method, Current, Surface tension, Two-layer fluid, Blocking dynamics.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

The role of vertical porous structure in attenuating the wave impact on an elastic plate

Gagan Sahoo[1], S. C. Martha[1]

[1]Department of Mathematics, Indian Institute of Technology Ropar, Rupnagar-140001, Punjab, India

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：Gagan Sahoo

E-mail: gagan.19maz0002@iitrpr.ac.in

Abstract

The study investigates the application of a vertical porous structure spanning from top to bottom with finite width to mitigate the hydrodynamic responses induced by surface water waves on a freely floating elastic plate. The elastic plate is modeled using the thin plate theory, while the fluid flow within the porous structure is described using the Sollitt and Cross model. The physical quantities, namely the reflection, transmission and dissipation coefficients, are analyzed through graphs for different structural parameters of the porous structure and elastic plate. In addition, elastic plate deflection, shear force and strain are also investigated for different parameters. The study reveals that increasing the width and frictional coefficient of the porous structure results in reducing the reflection and transmission coefficients. A higher frictional coefficient leads to greater wave dissipation by the porous structure, resulting in decreased values for plate deflection, shear force, and strain. Additionally, the distance between the porous structure and elastic plate introduces periodic and oscillatory patterns in the reflection and transmission coefficients. Overall, this study can be valuable for the design of engineering structures such as offshore installations and coastal protection systems. Keywords: Bragg reflection coefficient, Bragg transmission coefficient, Fourier transform method, Current, Surface tension, Two-layer fluid, Blocking dynamics.

Keywords: Vertical porous structure, reflection coefficient, transmission coefficient, dissipation coefficient, plate deflection, shear force and strain.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

以數值研究探討曾文溪河口水動力與異重流交互作用

鮑俊宏 [1] 陳佳琳 [2]

[1]中央研究院環境變遷研究中心
[2]國立成功大學水利及海洋工程學系

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：陳佳琳

E-mail: jialinchenps@gs.ncku.edu.tw

Tel:(06)275-7575 ext. 63220

摘要

河口區域複雜的近岸水動力以及其對沉積物之傳輸過程受到諸多因素影響，複雜交互作用使其較難分項解析，本研究應用數值模式 ROMS 定性說明，在極端洪水作用下，於曾文溪口產生之異重流及其水動力交互作用。ROMS 率定之流速與現場觀測數據具有良好的一致性，顯示模式具有實際預測價值。為解析曾文溪口的潮汐和極端洪水作用情形，透過情境模擬探討複雜的近岸交互作用。另一方面，根據地形資料顯示曾文溪口附近有 2 個自加速區域，為異重流好發區域：舊河道和曾文水道。結果顯示當僅有極端洪水作用時，河口表現出射流的特徵，尤其是位於主河道出口方向的曾文水道，將產生異重流且作用時間長，同時因缺少潮汐的北向運輸，致使舊河道並無生成異重流。而在極端洪水和潮汐的相互作用下，河口並不會有射流現象，於漲潮期間，北向潮流將高懸浮泥沙濃度傳輸至舊河道，發生異重流並沿舊河道方向往深海傳輸。

關鍵詞：河口水動力、曾文溪、異重流、ROMS

一、研究目的

囿於河口現場觀測存有多種限制，例如設備易損壞以及觀測資料多為單點而不夠全面等因素，致使近岸水動力與沉積物運輸交互作用的複雜性仍待更好地釐清。另一方面，颱洪期間河口挾帶大量沉積物容易產生異重流，其傳輸機制與河口水動力如波浪、潮汐、洪水、地形、粒徑等，複雜交互作用使其較難分項解析。因此，本研究應用 ROMS 數值模型來模擬曾文溪口於洪水期間的水動力與沉積物運輸，通過建立情境模型並考慮曾文溪口的潮汐和洪水作用，來研究複雜的近岸交互作用，以提供對從河口到內大陸棚沉積物傳輸的全面時空解析。

二、研究方法

本文研究區域為曾文溪口，曾文溪為台灣地區水資源利用率最高之河川水系，流域內建有四座水庫，分別為曾文、南化、烏山頭及鏡面等四座水庫。

曾文水庫位於主流曾文溪上游，集水面積約 481 平方公里，佔曾文溪流域面積約 41%，其洩洪量劇烈影響河道流量。

經濟部水利署第六河川局 2018 年冬季季節期間（11 月 21 日至 30 日），於曾文溪河口進行 5 個固定點的水位、波浪和海流觀測(如圖 1)，由於觀測期內沒有水庫洩洪或降雨，說明觀測結果主要受波浪和潮汐控制，流速觀測結果如圖 2。

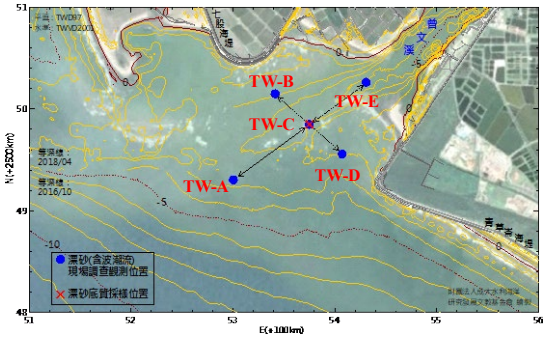


圖 1 2018 年冬季曾文溪口觀測點位圖
（經濟部水利署第六河川局 2019）

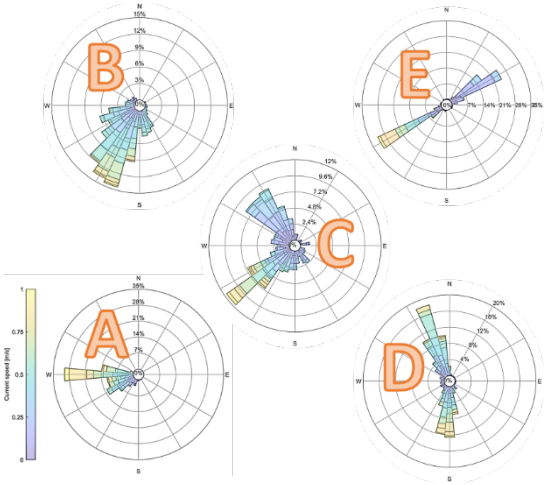


圖 2 2018 年冬季曾文溪口流速觀測資料

Regional Ocean Modeling System(ROMS)能模擬不同尺度的水體運動，包括全球環流模擬、氣象或天文潮引起的水位和流場變化，以及小尺度河川渠道的水理運動；亦能計算波流交互作用、河川入流、溫鹽擴散對流、泥沙傳輸等 (Warner et al., 2008)。由於解析垂直分層特徵，前人研究（Chen et al., 2013；Tsai et al., 2023a；Tsai et al., 2023b）已使用這個模式來研究和評估與異重流有關的傳遞過程，有著良好的現象說明，說明 ROMS 為分析河口異重流的實用工具。

本研究模擬模擬範圍總面積約為 26 公里x34 公里，離岸方向最大水深約 200 公尺，最小網格為 50 公尺x55 公尺，三維數值模型圖如圖 3。Sequeiros et al. (2009)指出異重流要產生自加速(self-accelerating)的條件之一為底床坡度大於 0.05，自加速是指異重流在流動過程中速度逐漸增加的現象。根據地形資料顯示，曾文溪口附近有 2 個易受重力影響好發異重流之自加速區域：舊河道和曾文水道。垂直網格分層為 10 層，使用不等比例分層，使得水表層或底層的網格較密，較容易探討表層與底層之物理現象。經與現場觀測流速進行率定，具有良好一致性，迴歸分析參數如表 1。

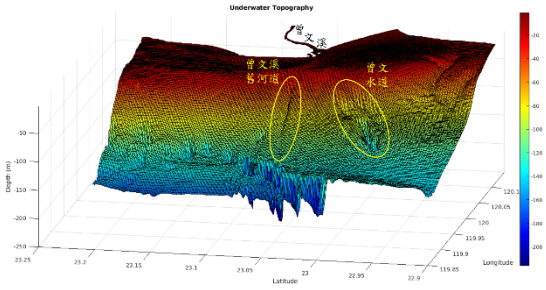


圖 3 模式三維數值網格地形圖

表 1 ROMS 與河口方向觀測流速率定結果

測站	R	RMSE	NRMSE	S
A	0.92	0.09	0.14	0.89
B	0.83	0.09	0.18	0.64
C	0.87	0.07	0.16	0.87
D	0.96	0.10	0.12	0.94
E	0.95	0.10	0.16	0.85

三、初步結果

模擬結果顯示，於單一洪水作用條件下，河口表現出射流般的流動特性，尤其是位於主河道出口方向的曾文水道，由於其正對著曾文溪口的主流方向，因此將歷經長時間的異重流作用。同時因缺少潮汐的北向運輸，致使位於河口北方的舊河道並無生成異重流。而在極端洪水和潮汐的相互作用下，河口並不會有射流現象，於漲潮期間，北向潮流將高懸浮泥沙濃度傳輸至舊河道，發生異重流並沿舊河道方向往深海傳輸。

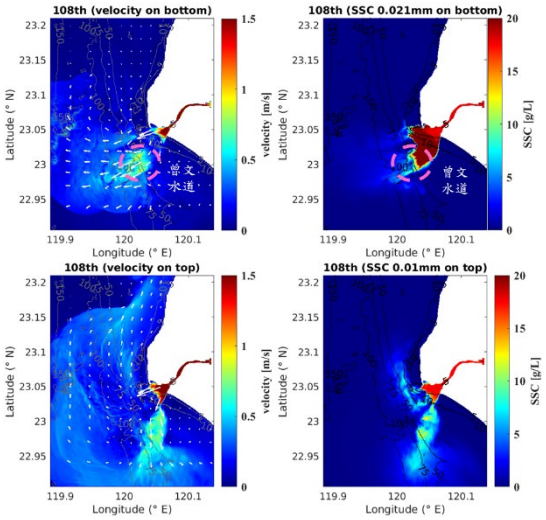


圖4模擬單純洪水作用於尖峰流量時底層(上)與表層(下)流速與 SSC 濃度

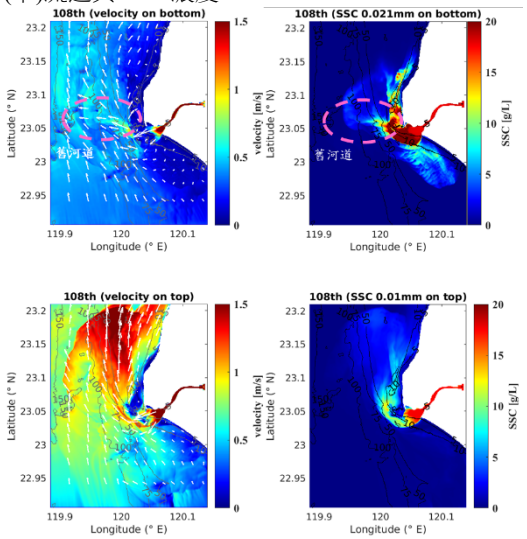


圖 5 模擬洪水與潮汐作用於尖峰流量時底層(上)與表層(下)流速與 SSC 濃度

參考文獻

Chen, S. N., Geyer, W. R., & Hsu, T. J. (2013). A numerical investigation of the dynamics and structure of hyperpycnal river plumes on sloping continental shelves. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, *118*(5), 2702-2718.

Sequeiros, O. E., Naruse, H., Endo, N., Garcia, M. H., & Parker, G. (2009). Experimental study on self-accelerating turbidity currents. Journal of Geophysical Research-Oceans, 114.

Tsai, S. D., Chen, J. L., Hsu, W. Y., Tsai, W. Z., & Romdani, A. (2023a). A numerical investigation of the transport process of density currents over steep slopes and its implications for subsea cable breaks. *Ocean Engineering*, *269*.

Tsai, S. D., Lin, Y. C., Romdani, A., Chen, J. L., Hsu, R. T., & Liu, J. T. (2023b). On the occurrence of low concentration hyperpycnal river plumes in a small mountainous river-canyon system. *Continental Shelf Research*, *255*.

Warner, J. C., Sherwood, C. R., Signell, R. P., Harris, C. K., & Arango, H. G. (2008). Development of a three-dimensional, regional, coupled wave, current, and sediment-transport model. *Computers & Geosciences*, *34*(10), 1284-1306.

經濟部水利署第六河川局（2019）。*曾文溪輸砂對鄰近海岸砂源補充監測*。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

波浪-植被結構相互作用下能量耗散機制的可視化研究

石瑞祥 [1]　林志鴻 [2]　趙昱誠 [3]

[1]國立臺灣海洋大學海河海工程學系　教授
[2]國立臺灣海洋大學海河海工程學系　碩士
[3]國立臺灣海洋大學河海工程學系　研究生

主題: B 水動力、潮流及漂沙研究發展

國科會計畫： MOST 111-2221-E-019-039

通訊作者：石瑞祥

E-mail:rsshih@mail.ntou.edu.tw

Tel:02-2462-2192 **ext. 6107, 6137**

摘要

許多研究結果顯示，沿海岸底床粘性沉積物環境對波浪有強烈的衰減效應雖然是眾所周知的事實，但對於如何衰減與衰減過程的物理機制卻是知道的甚少。2004 年的南亞大海嘯過程中，少數的村莊因為受到了紅樹林的保護，受到海嘯的破壞最小，也證實了紅樹林的保護海岸功能。儘管如此，大部分研究僅止於巨觀定性的研究，如透過係數與反射係數的變化與比較，但對於微觀的物理特性則有其困難性，類似紅樹林植被特徵的海岸前置植被、珊瑚礁與各式天然或人工礁岩結構定量性影響的研究甚少，對於波浪與植被作用時，波－植被結構交互作用之複雜流場特性的相關研究亦非常困難。本研究旨在量化海岸前置植被結構在不同布置條件與組合下對波浪能量(波高)的衰減差異，以 PIV 技術探討交互作用過程的速度場變化與速度分布，計算設置植被結構前、後的流動能量，分析與能量衰減的相關性。

關鍵詞：植被、水工模型試驗、速度分佈、PIV 技術、粒子動能

一、研究目的

在近海地區，海洋能、資源的開發須配合何海岸防護規劃與技術，防止外海波浪對沿海區域的破壞與影響，成為過去許多研究海岸防護工程專家學者們的重要研究議題之一。本研究擬以波浪通過海岸淺海區域的植被結構物所引起的波流場交互作用特性分析與波浪衰減效果之關係，利用高速攝影機配合非接觸式 PIV 影像可視化技術來進行水分子運動速度變化探討。根據謝平城與楊山慶 (2009)表示，粗糙度與植物生的生長疏密程度有密切的關係，他們分別利用假儉草、百慕達草、類地毯草等進行試驗，配合不同的土壤孔隙率探討，並估算流速度與實測值的差異性。因此本試驗以不具彈性的竹籤做為模擬植物莖部的構造，以水深 15 公分模擬近岸 5 公尺以內的淺水區域，竹籤長度設計為三種，分別為 1/3、2/3 及 1 倍水深的高度，以 2 mm、3 mm、 4mm 及 5mm 的直徑，對應到實際植物的比例上(1:20 或 1:30

縮尺)則分別約為 4 ~ 10 cm 及 6 ~ 15 cm 的直徑，依不同排列密度改變其透水性或孔隙率。本研究首先要探討波浪通過不同植被海床的消能作用，以不同疏密度、高矮、剛柔、透水性與孔隙率等特性的植被進行試驗，研究不同條件的入射波浪條件在通過不同植被時，植被區的能量消散變化特性與利用速度分佈計算所得的動能之間的相關性。於各階段試驗時，規劃在空水槽與植被佈置下(即置放植被結構物前、後)均配合採用 PIV 量測該區段內(w = 2h ~ 4h)的流場與速度場，藉以求得置放植被時與未置放植被結構時的水分子動能變化與衰減率，以 PIV 分析之速度分佈來算各種相對應波浪與植被配置條件下，分析領域範圍內植被區的動能變化。

二、研究方法

本文之研究於可視化造波水槽(圖 3~圖 5)中採用不同組合的人工植被結構進行試驗，其中單一組植被結構可視為沒水式的人工透水礁岩，在固定的單位面積裡以不同長度、直徑及密度的樁式柱體依照不同的植入方式，依不同植莖大小可模擬實際上不同特性的鹽藻植物(salt marsh plants)、海草(seagrasses)、海藻(seaweeds)及紅樹林(mangroves)組織的植生特性組織，雖然實際植生具有高度的柔軟與彈性織特性，為簡化物理參數的複雜性，實驗時僅選擇剛性的竹條與具彈性的纖維條材料做實驗，以 4~5 種直徑(2、3、4、5 mm)及 2~3 種組織高度(5、10、15 cm)依照不同的密度排列方式，分別模擬相同透水率(porosity)和不同透水率的植被組織或沒水人造礁岩結構，進行造波斷面水槽的試驗，並以 PIV (Particle Tracking Velocimetry)流場可視化流場技術分析水分子在透水性植被之間的速度變化與分佈，利用速度分佈之結果來計算植被組織內部、外部的動能與流場變化。一般在沒水結構物試驗中，多半是以波高計量測水面波形變化歷時來分析波浪通過結構後的透過率 Kt、反射率 Kr 與能量衰減係數 KL，並檢視是否產生誘導渦流(induced vortex)等現象。透水性結構物內部的流場與速度分佈這部份在目前國內、外的學術研究裡仍是極為棘手的研究工作，對於波浪通過植物根莖密度、直徑和植被高度所產生的流體阻力效應特性目前尚無較為具體且清晰正確的評估方式，亦尚無有任何較為明確的研究成果被發表，在許多數值模擬研究上因為多將此類結構以透水剛性邊界條件帶入該結構物邊界特進行模擬，因此亦無法計算出實際組織內的速度場及其動能。

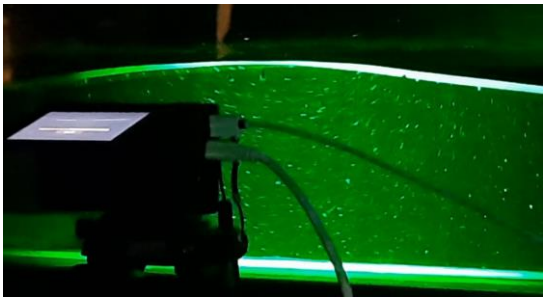


圖 6. 利用 PIV 粒子影像測速技術試驗布置圖

三、初步結果

本研究初步完成植被消波特性與速度場動能變化相關試驗，以不同疏密度、高矮、剛柔、透水性與孔隙率等特性的植被探討波浪通過不同植被海床的消能作用，進行試驗，研究不同條件的入射波浪條件在通過不同植被時，植被區的能量消散變化特性，並利用 PIV 所測得的植被區速度分佈來計算波浪通過該區域時的動能，並探套與能量衰減效益之間的相關性。配合多種不同特性的入射波浪條件與底床坡度條件等，並重複以上述各項條件進行試驗。

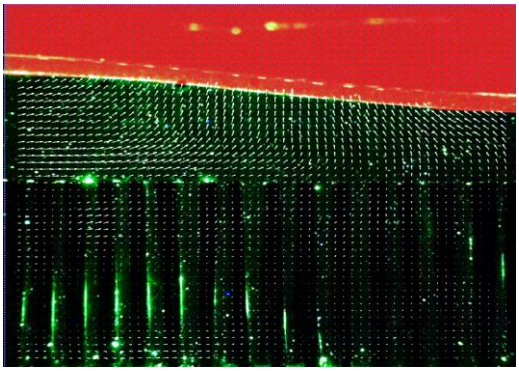


圖 2 剛性人工植被流場變化分析圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

波浪溯升之人工智慧辨識及統計特性分析

蔡博安[1*]　莊士賢[2]　何永寶[3]　周嘉銘[3]

[1*]國立成功大學海洋科技與事務研究所博士生
[2]國立成功大學海洋科技與事務研究所副教授
[3]國立成功大學海洋科技與事務研究所碩士

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫： NSTC 112-2221-E-006-148

通訊作者：蔡博安

E-mail: na8111011@gs.ncku.edu.tw

Tel:06-2757575 #63244 #21

摘要

本研究採用無人飛行載具於海灘上空攝錄海岸沖刷帶之波浪溯升與溯降過程，再以莊等(2023)建立的 DeepUNet 之優化模式對每分幀影像進行瞬時溯升水線辨識。然後可將各幀影像的瞬時溯升水線與各條垂直於海岸線之斷面的交點，依時間序組合成各斷面的波浪溯升序列，再經資料品管程序後，進行序列統計及頻譜分析，得以推算入射波浪之相關統計特性。

關鍵詞：波浪溯升、水線偵測、深度學習、光學影像

一、研究目的

現今光學成像技術發展純熟，具有高解析度、低成本的特性，在國內外已常用來觀測沖刷帶的波浪溯升特性。本研究團隊利用無人機懸停於海岸沖刷區上空所攝錄的波浪溯升光學影像，已針對瞬時波浪溯升水線的辨識，先後發展了水線偵測演算法(莊等，2021)及深度學習模式(莊等，2022)。本屆研討會發表的莊等(2023)進一步證明 DeepUNet 深度學習模型經優化後，能快速且精準地量測波浪溯升水線，可改善過去因人力經驗不同導致溯升水線判別不一，以及惡劣海況期間需投入大量專業人力調查之問題。

本研究目的是從深度學習模式辨識出的連續瞬時溯升水線結果中，提取多條海岸斷面上的波浪溯升序列，進行資料品管與補遺，再透過序列分析、頻譜分析及波向分析，推算波浪統計特性。

二、研究方法

本研究的分析流程如圖 1 所示，首先採用無人飛行載具(unmanned aerial vehicle, UAV)搭載光學錄影機，於海灘上空攝錄海岸沖刷區之波浪溯升與溯降過程。UAV 在航拍過程中因受風的擾動導致鏡頭晃動，使航拍影像有空間錯位問題，因此將空拍影片以 3Hz 影像擷取率抽取出分幀影像，再利用 SURF 演算法將分幀影像進行套合程序。

然後以莊等(2023)研發的深度學習模式逐幀辨識影像中的瞬時溯升水線，再以合理性及連續性品管程序濾除各幀影像中錯誤的溯升水線位置點，並對連續水線中缺漏的位置點作補遺。接下來從影像中選取一條條垂直於海岸線的斷面，逐一將這些斷面與每幀影像的瞬時溯升水線之交點，依時間排序後，組合成各斷面的溯升序列。此一序列資料代表波浪在該斷面上溯升與溯降的變動過程，簡稱為溯升序列，為確保序列資料的品質，須再作合理性及連續性品管。

要以品管後溯升序列進行後續的波浪特性分析前，還須檢查各斷面的溯升序列是否符合常態分佈，

因為某些斷面上可能存在一些干擾物(如垃圾)或不利的環境條件(如太陽反光、灘面凹陷或突起等)，而使得入射波浪的原始特性無法在溯升序列中呈現。因此會以 KS 檢定(Kolmogorov-Smirnov test)逐一檢驗各斷面的溯升序列，只篩選出符合常態分佈的溯升序列進行後續分析。最後參考並改進周 (2022)所提之序列分析、頻譜分析、及波向分析方法，由海岸斷面的溯升序列推算入射波浪的相關特性(如週期、波譜和波向)。

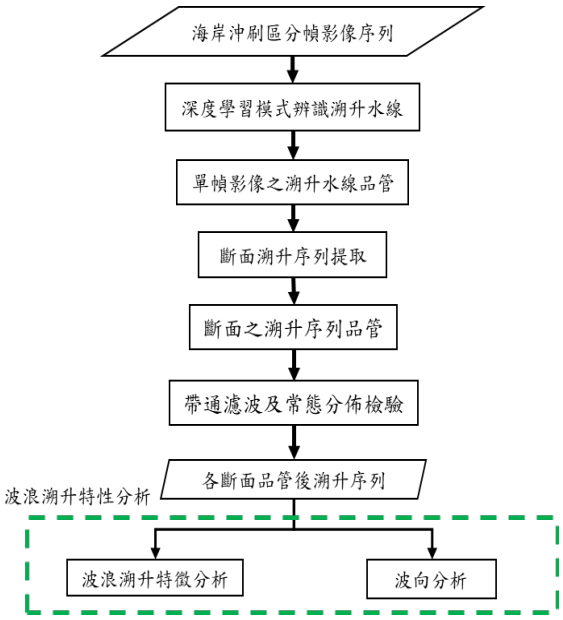


圖 1 以波浪溯升影像推算波浪特性之分析流程

三、初步結果

為了將溯升序列所推算出的波浪特性與附近外海觀測到的波浪特性作比較，本文採用巴特沃斯濾波器(Butterworth filter)濾除溯升序列中 0.03Hz 至 0.4Hz 的頻率帶以外之能量，也就是只保留風浪與湧浪的特性。圖 2 為各斷面之溯升序列濾波前後的 KS 檢定結果，圖中橫座標為各斷面數，縱座標為顯著性檢定的 P 值，一般設定為 0.05（紅色線段）。濾波前 P 值大於 0.05(符合常態分佈)的斷面數為 330 個，濾波後則有 470 個斷面的溯升序列符合為常態分佈。

圖 3 為濾波後的原始頻譜，以及其風湧浪分離後的風浪譜及湧浪譜，橫座標為頻率，縱座標為無因次化譜能量。原始頻譜有二個尖峰頻率，約在 0.12Hz 及 0.19Hz，後者是近 5.26 秒的風浪，與港灣技術研究中心設置在距離 1.7 公里外的安平港南堤測站於同一時間測得之尖峰頻率 4.99 秒相當接近，呼應線性波理論裡中，波浪由外海前進至近岸的週期近乎不變的理論。濾波後的溯升序列利用零上切法與頻譜法求得之不同定義週期如圖 4，圖中橫座標為斷面範圍，縱座標為週期，單位為秒(s)。

每次選取三條斷面的溯升序列，利用三角觀測陣列法可推估出風浪和湧浪之入射方向分布(圖 5)，分別是介於 11.7˚至 13.4˚及 12.1˚至 13.4˚，出現次數最高發生在 12.3˚及 12.4˚，都幾乎是垂直於岸線。

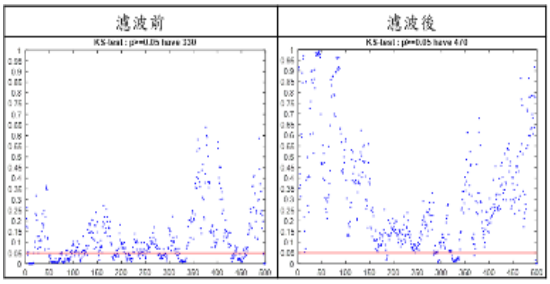


圖 2 溯升序列濾波前後 KS 檢定比較

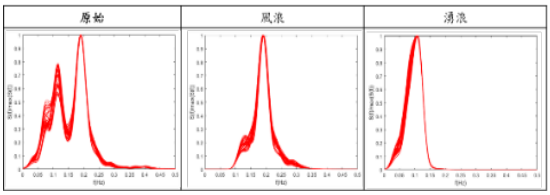


圖 3 溯升序列之頻譜比較

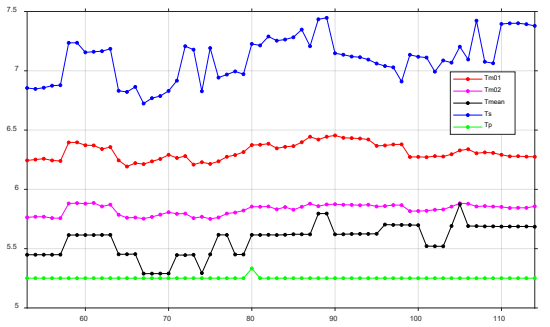


圖 4 溯升序列之週期比較

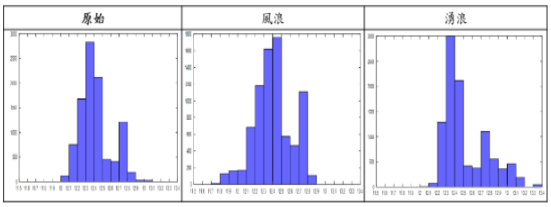


圖 5 波向比較

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

波浪與正弦底床交互作用之位能和動能演變特性探討

張育誠[1] 謝志敏[2] 許泰文[3] 黃榮鑑[4,5] 林俊遠[6]

[1]國立臺灣海洋大學 博士後研究員
[2]國立高雄科技大學海事資訊科技系 教授兼系主任
[3]國立臺灣海洋大學河海工程學系 講座教授兼校長
[4]國立臺灣海洋大學系統工程暨造船學系 終身特聘教授
[5]中央研究院物理所 兼任研究員
[6]工業研究院綠能所 研究員

主題: B. 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：MOST 109-2221-E-019-029-MY3

通訊作者：張育誠

E-mail:ycchang2021@mail.ntou.edu.tw

Tel:02-2789-8409

摘要

本研究應用二維數值模式模擬波浪通過沙漣底床，於特定波浪條件下受地形影響將產生布拉格共振效應的流場變化。為準確地模擬流體變化，採用 RANS 方程式，同時搭配紊流模式 (k-ε model)。並藉由 Mase et al. (1995) 之勢流理論解比對校驗，確立所建置之數值模型計算波浪與結構物互制的準確性與適用性。最後給定三種不同波浪條件，並應用波浪之位能和動能積分式計算波浪通過沙波地形前後的能量變化，探討有無共振流場下之波浪位能、動能及總能間的演變特性和差異。

關鍵詞：布拉格共振、沙漣底床、雷諾平均方程式、能量傳輸

一、研究目的

近岸區域之海底經常存在著平行於海岸，且等間距週期變化之沙洲或沙漣等自然地形，此地形對於波浪有消能之效果。當波浪通過沙漣地形時，會出現高反射率與駐波共振之現象，藉由共振原理產生水牆，使波浪反射於離岸側，降低向岸之波能，此現象稱為布拉格反射 (Bragg reflection)。在工程應用方面，連續沙波地形之存在會會改變流場運動機制，進而影響漂沙量與漂沙方向，造成海岸地形變遷，因此若要探討底床沙質傳輸現象，必須先瞭解波浪作用下，沙漣底床上方之流體運動特性。

前人研究多以布拉格共振之流場變化與波浪反射率為主，並藉由改變連續沙波地形之幾何參數討論流場之演變特性。鮮有於相同幾何地形條件下探討共振與非共振流場之差異性，本研究將以此為出發點，針對兩者情況下之流場差異進行研究。

本研究以波浪能量於波浪通過沙漣底床前後之變化，包括位能、動能及總能量之計算，試比較波浪能量於時間平均之空間變化，或分區域計算波浪能量隨時間之變化，藉由此分析進一步了解布拉格共振效應的特性。且由波浪能量的變化可以了解結構

物受波浪的影響，可分別探討波浪之位能、動能與壓力能的變化，來檢視共振現象產生前後的波浪能量變化特性。

二、研究方法

本研究應用自行開發之二維數值模式 (Huang et al.，2015) 建置數值波浪水槽，同時考慮流體之黏滯性和正弦底床互制的效應，探討波浪通過正弦沙漣底床之流場變化。模式求解 Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) 方程式，配合紊流數值模式 (k- ε model)，並應用有限解析法 (Finite Analytic Method) 離散控制方程式。搭配採用等位函數法 (Level Set Method) 描述波浪傳遞過程中之自由液面的變化，並結合修正型沉浸邊界法 (Huang et al.，2015)，可於卡氏座標下，計算流體與複雜固體邊界的互制情形。

波浪引致之位能及動能變化，可用以下式子分別進行計算

$$E_{pot} = \int_{\Omega_T}\int_{\Omega_x}\int_{\Omega_y} H(\phi)\cdot \rho g y dy dx dt - \int_{\Omega_T}\int_{\Omega_x}\int_{0}^{h_o} \rho g y dy dx dt \quad (1)$$

$$E_{kin} = \int_{\Omega_T}\int_{\Omega_x}\int_{\Omega_y} H(\phi)\cdot \frac{1}{2}\rho(U^2+V^2) dy dx dt \quad (2)$$

式中，Ω_x 與 Ω_y 分別為 x 和 y 方向之積分區間、Ω_T 為選取時間內之積分、h_o 為靜水深、U 與 V 分別為水平和垂直之平均速度分量，以及 $H(\phi)$ 為平滑化權重因子。

三、初步結果

為驗證建立之二維數值計算模式的適用性，在此依據 Davies and Heathershaw (1984) 規則波通過沙漣底床之試驗研究，並利用 Mase et al. (1995) 以勢流理論求解出的值來檢驗波形。試驗水槽長為 44 公尺、高為 0.485 公尺，距離上游造波邊界 18 公尺處設置一正弦波形底床，其振幅為 5 公分、沙漣波長為 1.00 公尺及給定 10 個沙漣波形。於上游造波邊界直接給定一 2nd-order Stokes 波，造出波浪通過沙漣底床試驗之波浪條件分別為週期 $T=1.3$ 秒、波高 $H=3$ 公分、靜水深 $h_o=31.3$ 公分。另為避免反射波進入待測區域，影響整體計算結果，於下游設置一吸波邊界。總計算網格數為 475,300 個計算點，數值計算所取的時間間距為 $\Delta t = T/2000$ 秒。

圖 1 為波浪通過沙漣底床之無因次波高隨空間之變化圖，以沙漣地形之第一個端點處為座標 x = 0.0 公尺。藉由前述案例，比對波浪通過沙漣底床之波高變化，其結果良好，證明本研究建立之二維數值計算模式能適地應用於模擬波浪通過結構物的特性。

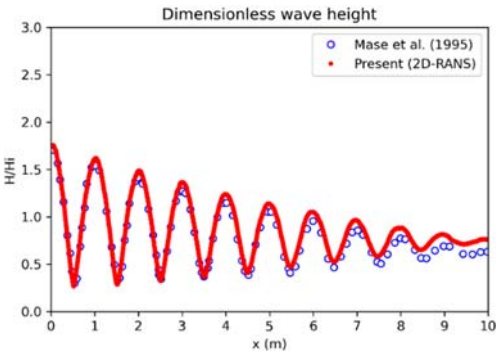


圖 1 沙漣底床上方之無因次波高隨空間變化圖。

為瞭解波浪在空間上傳遞過程中的能量變化，將進行 (1) 和 (2) 式垂直 y 方向之積分，並於波浪產生布拉格共振後選取 3 個週期平均，計算所得之結果如圖 2 所展示。由圖中觀察得位能隨著空間遞減，波浪能量在空間上的分布將集中於上游側 (圖 2)，能大幅降低波浪對於下游側近岸沙灘或結構物之衝擊。

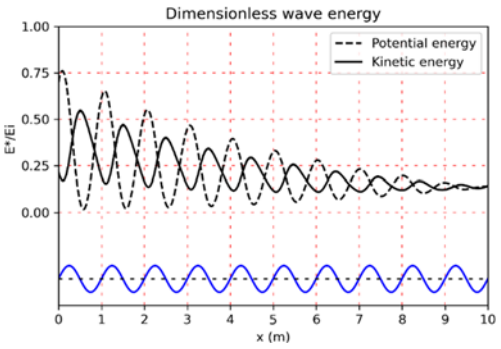


圖 2 波浪通過沙漣底床之無因次位能與動能隨空間變化圖。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

桃園藻礁海域波浪主頻轉移現象之研究

林伯謙[1]　黃志誠[2]　蘇仕峯[3]

[1]國立中央大學水文與海洋科學研究所 博士生
[2]國立中央大學水文與海洋科學研究所 副教授
[3]國立台灣海洋大學海洋工程科技學士學位學程 副教授

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：林伯謙

E-mail:a1219424@gmail.com

Tel: (03) 422-7151 ext. 65697

摘要

本研究於桃園三接港鄰近海域進行長期水文調查，於調查區域不同點位的兩組聲學都普勒流速儀 (Acoustic Doppler Current Profiler，簡稱 ADCP)進行調查，並蒐集鄰近的中央氣象局之新竹浮標資料，視為外海波浪長期觀測資料。分析調查資料可以發現，大部分情況下，淺水區(水深約 3 公尺)的波浪主頻週期會與外海的波浪週期相似，主頻波浪週期約在 5~10 秒間。但在特定條件下，淺水區的波浪主頻週期會轉變至 10 秒以上，但是此時的外海波浪主頻週期仍維持約 5 秒左右，發生主頻往低頻轉移的現象。本研究進一步分析此現象，並釐清此現象的變化機制與影響因子。

關鍵詞：長波、波浪頻譜、波浪消散率

一、研究目的

目前桃園海岸正在進行第三座天然氣接收站(簡稱三接港)的新建工程，三接港防波堤採離岸堤的設計。桃園市海岸擁有全台海岸面積最大、生長最好的藻礁地形，藻礁的礁體結構類似珊瑚礁的結構，能提供多孔隙的空間給其他生物棲息，顯示藻礁地形對於生物的多樣性與珊瑚礁生態系之生態功能、價值相當，是北台灣海域生物一個很重要的繁殖撫育的場所*劉靜榆* [2012]。

本研究於三接港鄰近海域進行長期水文調查，於調查區域佈放兩組不同地點的聲學都普勒流速儀(Acoustic Doppler Current Profiler，簡稱 ADCP)進行調查。受限於僅有兩個不同位置相同水深的觀測資料，無整體空間上的觀測資料，故本研究以鄰近的中央氣象局之新竹浮標資料，作為外海波浪長期觀測資料。

由長時間的調查資料可以發現(圖 2)，大部分情況下，淺水區(水深約 3 公尺)的波浪主頻週期會與外海的波浪週期相似，主頻波浪週期約在 5~10 秒間。但在特定條件下，淺水區的波浪主頻週期會轉變至 10 秒以上，但是此時的外海波浪主頻週期仍維持約 5 秒左右，發生主頻往低頻轉移的現象。本研究進一步分析此現象，並釐清此現象的變化機制與影響因子。

二、研究方法

本研究於大潭藻礁區 G1 及 G2 區分別佈放一組 ADCP(Nortek Signature1000)(圖 1) 以底部定點錨定式進行調查。兩組 ADCP 以相同的設定進行調查，兩組 ADCP 佈放水深皆約在 3 公尺左右，以調查頻

率 4Hz 進行資料連續取樣，並以 Burst 之紀錄方式進行資料採集，每小時的一開始連續取 4096 筆，約 17 分鐘。

圖 1、調查點位示意圖

本研究將量測的波浪水位資料進行頻譜分析，配合線性波理論，來推算示性波高及波浪尖峰週期。示性波高計算公式如下：

$$H_S = 4[\int S(f)df]^{1/2}$$

其式子中，S(f)為水位頻譜。

波浪由外海傳遞至近岸的過程中，波浪能量會因為碎波或是底床摩擦導致波浪能量產生耗損。為了瞭解此物理機制，本研究計算底床摩擦消散率及碎波消散率。其中底床摩擦消散率利用 *Huang et al.* [2012]文中參數化後的公式，其公式如下：

$$D_f = C_f \rho {u_b}^3$$

其式子中，C_f 為摩擦係數，ρ 為海水密度，u_b 為近底床流速。

因為碎波為一高度非線性效應，其碎波的消散是非常複雜且很難預測的，本研究引用 *Thornton and Guza* [1983]的模式來計算碎波消散率，其公式如下：

$$D_b = \frac{3\sqrt{\pi}}{16}\frac{\rho g f_p B^3}{\gamma^4 h^5}{H_{rms}}^7$$

其式子中，f_p 為波浪頻譜的頻率峰值，ρ為海水密度，γ為碎波指標即波高水深比，B違經驗常數並設定為 1，H_{rms} 為均方根波高。

三、初步結果

圖 2 為波浪調查時序列圖，由圖中可以發現大部分淺水區波浪主頻週期(藍線、紅線)會與外海的波浪週期(黑線)相似，主頻波浪週期約在 5~10 秒間。但在特定的條件下，淺水區的波浪主頻週期會轉變至 10 秒以上，但是此時的外海波浪主頻週期仍維持約 5 秒左右，發生主頻往低頻轉移的現象。另外，可以發現此情形於不同地方同時間發生，說明此現象非儀器設備所造成的問題，故本研究將針對 G1、G2 區同時有發生波浪主頻轉移現象時期進行研究。

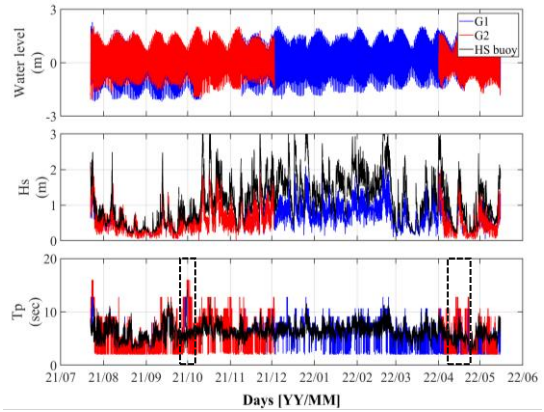


圖 2、波浪調查時序列圖。由上而下分別為潮汐、示性波高、尖峰週期。

圖 3 為 G1、G2 區同時有發生異常長波的時序列圖。由圖中可知發生主頻轉移現象時幾個特徵點：

1. 發生時為小潮時期(neap tide)
2. 外海入射波高及局部波高皆小於 0.5 公尺
3. 底床摩擦消散率及碎波消散率皆小於 5(W/m^2)
4. 外海波高與局部水深比小於 0.5，引用 *Hardy and Young* [1996]文中所建議臨界碎波指標(critical breaking parameter, γ_c)為 0.5，顯示發生長週期時，都是在入射波高沒有碎波的情況下發生。

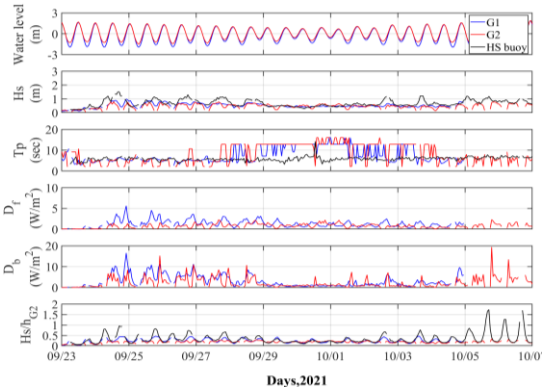


圖 3、異常長波發生時期時序列圖。由上而下分別為潮汐、示性波高、尖峰週期、底部摩擦校散率、碎波消散率、外海波高與局部水深比。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集 國立臺灣海洋大學 2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

颱風事件影響海岸地形侵淤研究

許城榕[1] 李孟學[1] 黃煒哲[1] 楊文昌[1] 邱永芳[1] 陳永祥[2]

[1]國家海洋研究院
[2]臺灣港務公司

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：許城榕

E-mail:tonyvm3@gmail.com

Tel:07-3389435

摘要

因應氣候變遷影響，發展近岸海域水動力模式，掌握颱風事件影響下地形變遷推估與調適策略，本研究比較夏季季風和颱風事件地形變遷影響，以嘉義布袋港海域為例，建置水動力模式計算波浪流交互作用的水深平均流場，配合沉積物傳輸模式考慮濃度擴散的對流與消散現象推估侵淤分布特性，分析海域流場與侵淤特性，結合中央氣象局 WRF 模式大氣場，考慮颱風中心大氣壓力低壓壓降以級颱風軌跡造成風場不對稱性，討論颱風事件對近岸海域在波浪、潮汐、水文作用下沉積物傳輸和地形侵淤變化的影響。

關鍵詞：地形變遷、侵淤分析、水動力模式、颱風波浪、布袋港、波流耦合

一、研究目的

全球暖化的熱力驅動極端氣候，海域地形變遷與天氣型態密切相關，有關沉積物傳輸機制研究在高速電腦計算普及和先進數值模式發展的基石下迅速發展。

由於大氣層剖面溫度近地表較熱而高空較冷，低氣壓天氣系統的空氣抬升作用驅動水蒸氣在高空遇冷凝結形成降雨，大氣層內氣溫升高導致高氣壓天氣系統的空氣沉降作用增強，同時減少熱帶性低氣壓系統的產生機會。全球暖化相對提高低氣壓天氣系統的發生門檻，若低氣壓天氣系統一旦產生，則溫室條件促使對流旺盛，導致颱風隨路徑增強的速率加快，觸發強降雨風災的可能性，因此極端氣候的可能情境為旱季延長，颱風次數減少，但是颱風強度增加，此情境投射氣候對河口地形變遷的影響，考慮海域泥砂淤積來源自河川逕流量與潮波流場的交互作用，則在旱汛分明且極端波浪事件偶發的條件下，海域地形變遷可能產生超乎想像的變化，因此必須深入研究沉積物傳輸行為、利用先進近岸海域水動力數值計算技術掌握颱風事件影響下地形變遷推估與調適策略。

本文研究夏季季風和颱風事件下的近岸地形變遷影響，以嘉義布袋港海域為例，建置先進水動力模式計算波浪流交互作用的水深平均流場，配合沉積物傳輸模式考慮濃度擴散的對流與消散現象推估侵淤分布特性，分析海域流場與侵淤特性，討論颱風事件造成的影響。

二、研究方法

本研究採用中央氣象局 WRF 模式大氣場，合成 Holland(1980)理論解析颱風軌跡路徑風場的不對

稱性作為風場驅動力，建置 Delft3D Flexible Mesh 數值模式耦合水動力、波浪和地形變遷模式應用於河口海域的沉積物傳輸研究。

水動力模組 D-FLOW 支援非結構性網格，使用交錯網格的有限體積法求解器，控制方程式為考慮淺水波假設與 Boussinesq 假設下由 Navier-Stokes 推導的淺水波方程式，其中垂直向動量方程式為靜水壓方程式，故無忽略垂直向的水粒子加速度。考慮一分層從底部z_1到頂部z_2厚度為δ，分層平均速度分量u的控制方程式表示為：

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{1}{\delta}[\nabla\cdot(\delta\vec{u}u)-\nabla\cdot(\delta\vec{u})-\nabla\cdot(\delta v_H\nabla\vec{u})]+\frac{1}{\delta}[\omega_{z2}(u_{z2}-u)-\omega_{z1}(u_{z1}-u)]=\frac{1}{\delta}\left[v_V\frac{\partial u}{\partial z}-v_H\nabla z_2\cdot\nabla u\right]_{z2}-\frac{1}{\delta}\left[v_V\frac{\partial u}{\partial z}-v_H\nabla z_1\cdot\nabla u\right]_{z1}+s_p \quad (1)$$

其中ω_{z1}和ω_{z2}分別為分層底面和頂面的法向量速度，$s_p=-g\frac{\partial\varsigma}{\partial x}$為壓力驅動項，另外底床摩擦力和自由液面風作用的剪切應力條件分別為

$$v_V\frac{\partial u}{\partial z}\Big|_{z=0}=\frac{\tau_b}{\rho} \quad (2)$$

和

$$v_V\frac{\partial u}{\partial z}\Big|_{z=\eta}=C_d\frac{\rho_a}{\rho_w}W^2 \quad (3)$$

其中ρ_a和ρ_w是空氣和水的密度，C_d是兩者交界的磨擦係數。波浪作用力以 SWAN 頻譜模式為基礎所發展的波浪模式 D-WAVES 考慮風浪生成機制與底床摩擦的能量消散，可以計算波浪傳遞過程的折射、淺化和方向擴散以及碎波等近岸過程。

三、初步結果

數值模式配置如圖 1，網格大小依水深加密，遠域 1000 公尺；近域 100 公尺，以 FES(2014)全球潮汐模式計算天文潮分量做為計算域的水位條件，以水利署實測流量和懸浮質濃度經統計分析出鄰近 4 條河川月平均流量和輸砂量，夏季季風案例部分模擬結果和實測資料比較如圖 2，上圖是布袋港潮位站資料比較，均方根誤差 0.07，偏差 0.01；中圖和下圖分別是水平方向和垂直方向流速的比較，垂直海岸的流速差異較大，均方根誤差 0.29，偏差-0.11；平行海岸沿岸流的誤差較小，均方根誤差 0.23，偏差-0.04。圖 3 為夏季季風條件下潮流特性與懸浮質能動分布情形，布袋港海域漲潮由南往北；退潮由北往南，流速變化 0.3~0.5 [m/s]，河口輸砂濃度在退潮開始升高，在漲潮期間輸砂搬運至等深線-5 至-10 公尺淺灘區。

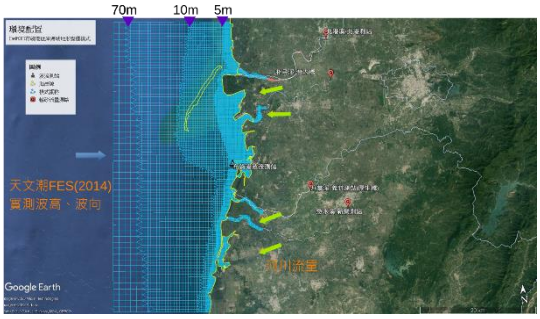


圖 1 模式配置圖

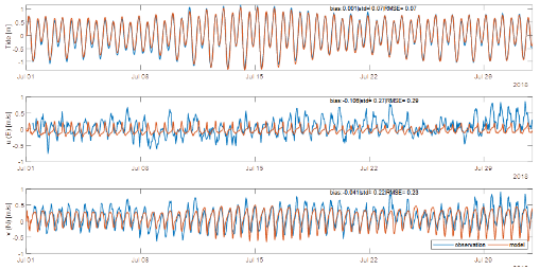


圖 2 夏季季風案例模式驗證

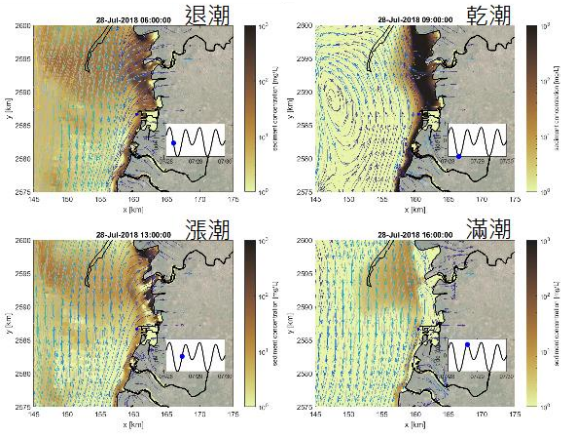


圖 3 夏季季風案例潮流特性與輸砂濃度分布

參考文獻

Holland, G (1980) An analytic model of the wind and pressure profiles in hurricanes, Mon. Wea. Rev. 108, 1212-1228.

Lyard F., L. Carrere, M. Cancet, A. Guillot, N. Picot (2016) FES2014, a new finite elements tidal model for global ocean to be submitted to Ocean Dynamics.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

太平島珊瑚礁坪波浪水動力數值研究

吳瑋軒[1 4]　蘇仕峯[2]　翁文凱[3]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程學系

[2]國立臺灣海洋大學海洋工程技術學士學位學程(系)副教授

[3]國立臺灣海洋大學河海工程學系教授

[4]浩海工程顧問股份有限公司工程師

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：111-2221-E-019-045-

通訊作者：吳瑋軒

E-mail: micky880414@gmail.com

Tel: 0982-854-663

摘要

太平島等環礁島嶼水動力與珊瑚礁影響深遠，然而近年氣候變遷影響明顯，強勁湧浪發生頻率上升導致珊瑚礁破壞之可能。為此本研究針對颱風期間珊瑚礁坪之水動力作為觀點，由水工模型試驗配合數值模式之參數率定能準確預測礁坪上長短波高分佈。為了解空間上之水動力變化，本研究採用二維平面進行長短波場及近岸流場輸出，以利觀測。透過斷面率定及空間觀測礁坪水動力能有效預測並提供參考依據，提防颱風期島嶼破壞或提前制定氣後候變遷之對策。

關鍵詞：太平島、珊瑚礁平台、XBeach、長週期亞重力波、碎波

一、研究目的

珊瑚作為重要天然海岸資源，除提供水下生物棲息地外，地形結構之獨特性使其能有效削減波浪能量。然後氣候變遷致使海氣象劇烈變動連帶造成珊瑚礁體脆弱化，使颱風波浪易導致珊瑚礁體破壞及岸線侵蝕。南沙太平島為我國重要之珊瑚礁島嶼，近年來針對島型監測發現礁體受波浪侵蝕之現象。而珊瑚礁侵蝕與礁坪上波浪之間交互作用有顯著關係，為此探討颱風波浪對太平島珊瑚礁之水動力變化尤其重要，了解其運動情形及水動力特性可助於未來太平島之監測及建設規劃。

本研究結合海洋工程實驗館之平面水工試驗及波浪數值模式 XBeach 針對礁坪上之水動力特性進行分析。對於珊瑚礁而言，颱風期對珊瑚機結構損害最嚴重。因此，本研究著重於颱風期波浪輸入，並探討波浪在島上珊瑚礁坪水動力演變過程。

二、研究方法

本研究以水工試驗結合波浪數值模式 XBeach 進行水動力探討。水工試驗中採用模型縮尺 1:100，數值模式則以現實尺寸進行模擬。波浪輸入條件參考現地實測颱風波浪並以 Jonswap 波譜進行造波，波向以 ENE 及 NE 進行探討，示性波高分別為 6.15 cm、5.08 cm；尖峰週期為 0.91s、0.95s。水工試驗於水槽架設 9 支波高計如圖 1 所示。

數值模式以 JONWAP 波譜造波並以現實尺寸之波浪條件造波，並則礁坪上以 4 m 間隔佈設測站點以討論空間之水動力運動。XBeach 模式之波浪邊界條件設定對模擬結果影響顯著，考慮到礁坪水動力則與長週期波關係密不可分，為此本研究採用浪擊模態(Surf-Beat mode,SB)作為本篇所用之波浪邊界條

件，該模態以波浪作用方程求解短波能量，長週期波動則以淺水波方程中求解。然而 XBeach 之初始參數設定為平緩殺案所用，模擬珊瑚礁則會導致水動力低估，要準確預測礁坪水動力運動，本研究將模式中可率定之碎波及底床摩擦進行參數校正。為此，本研究以波譜分析將水工試驗波高計中長短波高進行解析，將試驗值作為標的進行模式率定。模式之碎波參數採用 Roelvink (1993)式中碎波參數γ進行率定；底床摩擦參數採用模式中淺水波方程的C_f率定。

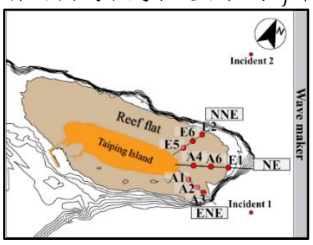


圖 1 試驗測站分佈示意圖

本研究進行之參數率定以一維斷面計算求得最佳參數，再帶入二維平面進行參數驗證。待參數率定完成後，以二維平面模式結果透過短波、長週期亞重力波、波揚與波降以及近岸流場等空間分佈進行輸出並探討太平島礁坪水動力特性。

三、初步結果

本研究利用一維斷面透過大量參數組進行模擬有利於參數率定，圖 2 為斷面波高分佈示意圖，如斷面短波分佈中可見，率定後之參數為γ=0.7 時能預測實驗測得波高。

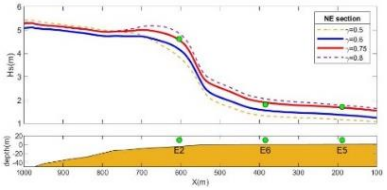


圖 2 一維斷面參數率定

此外，在圖 3 中研究根據底床摩擦及碎波參數之率定值以均方根誤差及 Model skill 分析其模式準確度。結果顯示碎波參數γ介於 0.68 ~0.75 間模式波高準確預測試驗值；底床摩擦分析顯示，當相同碎波參數之比較下對波高分析未能顯著優化模式準確度。故碎波相較底床摩擦在率定斷面時更為顯著。為進一步確認參數率定之準確度，研究在二維平面中以γ=0.7、C_f=0.01 輸入，並針對長短波及亞重力頻帶波譜進行驗證。

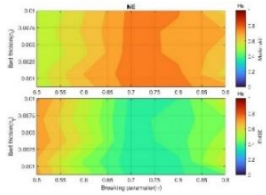


圖 3 率定結果分析

圖 4 之二維驗證分析中以波向對應斷面測站進行比較，長短波高分佈顯示當波浪進入礁坪時二維結果(實線)相較一維(虛線)大致能模擬出水工試驗之長、短週期波高；然而礁坪中段之長週期亞重力波則出現高估情形，這是由於長週期波浪能譜未模擬出尖峰週期所致，從對應之波譜中表明礁緣(上排)及近岸處(下排)皆較能預測試驗之能譜分佈，而在礁坪中段處(中排)則皆出現了高估且無法模擬尖峰週期之情形，顯示模式雖能準確預測短波分佈，但在長週期能量之模擬仍需針對模式進行詳細率定。

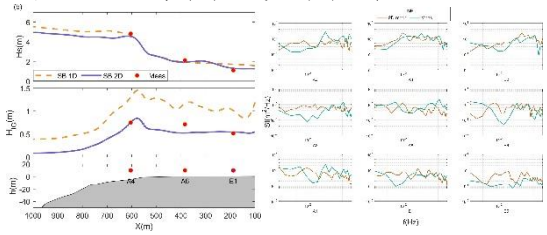


圖 4 二維平面模式波高及波譜驗證

本研究以平面空間觀察礁坪水動力為主旨，圖 5 為礁坪上之長短波高、波揚及近岸流場之空間分佈，圖中顯示礁坪之水動力特性受碎波帶影響重大，表明礁坪水動力與波浪通過礁緣之構造有高度相關。

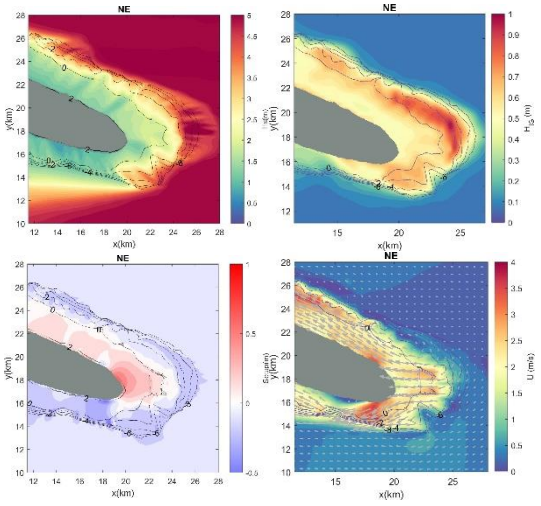


圖 5 二維波流場分佈

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

利用正射影像和三維地形資料分析觀塘工業港 G1、G2 區藻礁覆沙變化

王又巧 [1]　黃志誠 [2]

[1]國立中央大學水文與海洋科學研究所碩士生
[2]國立中央大學水文與海洋科學研究所副教授

主題: C 海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：王又巧

E-mail: yuco0403@gmail.com

摘要

本研究主要針對桃園觀塘工業港 G1 區、G2 區大潭藻礁上近兩年的覆沙變化進行分析討論。使用的正射影像以及地形資料是由無人飛行載具(UAV)獲取的航拍資料，為近岸泥沙輸送研究室長期監測所得，地形資料額外使用了即時動態定位(Real Time Kinematic, RTK)技術提升定位精度。正射影像使用 ArcMap 人工圈選非沙積，分析不同時期控制面積內覆沙的二維變化，並和三維地形資料變化去做比較，分析兩者間的變化關聯性。根據分析結果，G1 區的覆沙變化主要在藻礁後方以及控制區域南北結構物處，覆沙體積隨面積增加而增加，G2 區覆沙面積比例較 G1 區小，面積的變化幅度也較小，覆沙體積變化主要在控制區域近陸側區域，和面積變化關聯性較小。

關鍵字：正射影像、數值高程地表模型、侵淤分析、桃園海岸、藻礁。

Analyzing sediment cover changes on algal reefs in G1 and G2 areas of Kwun Tong industrial harbor by orthoimagery and three-dimensional terrain data

Yu-Chiao Wang*　Zhi-Cheng Huang

* Graduate Institute of Hydrological and Oceanic Sciences, National Central University

ABSTRACT

This study aims to analyzing and discussing the sediment cover changes on the Da Tan Algal Reefs in the G1 and G2 areas of Taoyuan's Kwun Tong Industrial Port over the past two years. The orthoimagery and terrain data used in this study were acquired from aerial data captured by Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and have been continuously monitored by the Nearshore Sediment Transport Laboratory. Additionally, Real-Time Kinematic (RTK) technology was employed to enhance positioning accuracy in the terrain data. The orthoimagery was processed using ArcMap to manually delineate non-sedimentary areas and analyze the two-dimensional variations of sediment coverage within control zones at different time periods. Subsequently, a comparison was made with changes in three-dimensional terrain data to assess the correlation between the two. According to the analysis results, sediment coverage changes in the G1 area primarily occurred behind the algal reefs and at the

north and south structures within the control zone. The sediment volume increased with an increase in the area. In the G2 area, the proportion of sediment coverage was smaller compared to G1, and the extent of area change was relatively minor. The changes in sediment volume were mainly observed near the landside of the control zone, with a lesser correlation to the area change.

Keywords: orthoimagery, digital durface models, erosion and sedimentation analysis, Taoyuan coast, Algal reefs.

一、研究目的

大潭藻礁位於桃園海岸觀音區至新屋區一帶，受海流所帶來的漂沙影響，藻礁時而顯現，時而隱沒。本研究旨在討論桃園觀塘工業港 G1 區、G2 區海岸大潭藻礁上 2021 年 8 月至 2023 年 8 月近兩年的覆沙變化。

二、研究方法

本研究使用的正射影像以及地形資料是由無人飛行載具(UAV)獲取的航拍資料，經由 Pix4Dmapper 軟體生成所得，為研究團隊的長期監測資料(2018 年 8 月至 2023 年 8 月)，地形資料額外使用了即時動態定位(Real Time Kinematic, RTK)技術把定位精準度提升至公分等級。正射影像經由 ArcMap 軟體在圖上設定控制面積後再人工圈選出非沙面積，分析不同時期藻礁的覆沙面積變化。地形資料則使用 Surfer 軟體將不同月份的地形高程資料進行相減處理，因 Pix4Dmapper 無法拼接水體影像，需再將地形侵淤圖上有水的範圍做遮蔽。利用上述兩項分析結果，對研究區域藻礁覆沙二維面積和三維體積變化的關聯性進行討論。

三、初步結果

從歷次空拍紀錄可得知，G1 區覆沙面積變動程度較大的區域主要在北側以及南側的結構物附近。G2 區覆沙多集中在控制區域近陸側以及北側，覆沙面積的變動情形不明顯，和 G1 區相比覆沙狀況較穩定。經計算後可得知 G1 區域覆沙面積佔控制面積的變動幅度為 66%~84%，平均約 73%，2022 年 3 月覆沙面積比例最高，其次為 2022 年 7 月，從 2022 年 3 月至 12 月所紀錄影像之覆沙比例皆高於 78%，在此之後覆沙面積持續減少至 66%。G2 區域覆沙面積佔控制面積的變動幅度為 39%~42%，平均約 40%，覆沙面積較 G1 區域小，變動幅度也較小。

地形資料分析部分，從 2021 年 8 月至 2023 年 8 月，G1 區藻礁後方近北側結構物覆沙明顯減少，如圖 1，近南側結構物至近陸側區域中段覆沙增加。從 2021 年 8 月至 2023 年 6 月，G2 區覆沙體積主要變化範圍在控制區域近陸側部分，如圖 2，陸側中段主要為淤積，近南側結構物處侵蝕明顯，陸側北側近藻礁處有些微侵蝕。根據分析結果，G1 區的覆沙體積隨面積增加而增加，G2 區覆沙體積變化和面積變化關聯性較小。

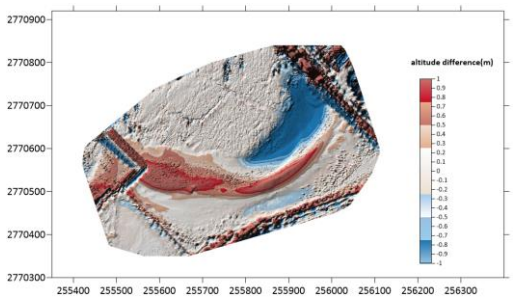


圖 1 G1 區地形侵淤圖(2021/08~2023/08)

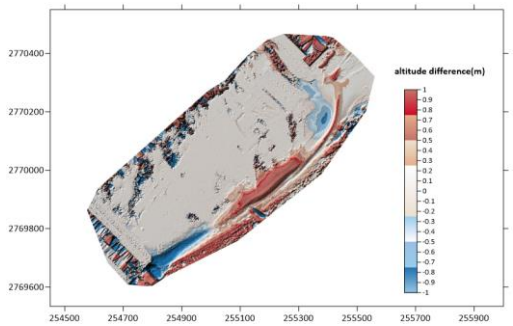


圖 2 G2 區地形侵淤圖(2021/08~2023/06)

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

國家海洋資料庫及共享平台資料應用與釋出

呂宜潔[1] 林昆毅[1] 邱俊穎[1] 楊文昌[1]

[1]國家海洋研究院海洋科學及資訊研究中心

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：呂宜潔

E-mail:minieyes0314@gmail.com

Tel:07-338-2097 ext. 263307

摘要

海洋委員會責成國家海洋研究院建置「國家海洋資料庫及共享平台」(National Ocean Database And Sharing System, NODASS)，蒐整國內外的 100 餘個海洋相關資料集，涵蓋水文、地形底質以及生態等多個範疇的資料。於 111 年 5 月 30 日正式啟用，為廣大社會大眾提供了瀏覽和查詢海洋資料的管道。其中包括臺灣周邊的大尺度海洋模式資料、海洋水文觀測資料、歷年海洋生態調查資料、海洋衛星資料以及海洋底質地形資料。遵循政府的開放資料政策，並發揮海洋資料共享的效益，NODASS 在 112 年 5 月 2 日開始提供資料下載和共享服務，如產官學研有相關海洋調查資料參考或研究，可逕上 NODASS 網站進行查詢、瀏覽並下載。

關鍵詞：資料庫、資料下載

一、前言

國內許多政府機關與學術研究單位都有涉海資料之蒐集，各有其建置之背景與原因，具獨特之專業性，並已累積多年，需要善加整合，才能發揮效益。海洋委員會依據海洋基本法第 12 條:「進行長期性、應用性、基礎性之調查研究，並建立國家海洋資訊系統及共享平台。」並於 2020 年頒布國家海洋政策白皮書明列：「賡續推動我國周邊海域調查，完備海底地形、地質與生物、非生物資源等基礎資料，建置全國海洋資料庫。」

「國家海洋資料庫及共享平台」(National Ocean Database And Sharing System, NODASS)已於 2022 年 5 月 30 日正式啟用，後續持續收整國內外涉海資料。並訂定「國家海洋資料庫資料釋出作業要點」，並自中華民國 112 年 5 月 2 日生效，平台網址 https://nodass.namr.gov.tw/

二、建置流程

國家海洋資料庫將收整的資料集依資料屬性分類為水文、生態及國土變遷等三大類，為統合資料集內相關資料欄位，資料庫參考國際海洋詮釋資料規範，建立資料正規化作業程序，將資料集資料格式統一。

(1) 整合國內外涉海資料，提供海洋資料應用及共享，以提供政府機關、科研單位整合性之國家海洋資料庫。

(2) 結合地理資訊系統(GIS)將海洋資料庫內水文、生態及國土變遷等三大類海洋資料進行可視化展示於網站，並提供檢索及查詢等服務。

(3) 建立海洋資料標準儲存及交換格式，為使海洋資料流通，建立共享應用程式介面（application programming interface, API）及資料下載服務。

(4) 執行資通安全維護計畫及資訊安全管理系統，並導入（Information Security Management System, ISMS），建立同地備援及異地備份機制，遵守資安法規與資安設備維運規範。

三、初步結果

截至本年 9 月為止，新增項目如下：

(1) 資料集方面，新增內政部海域資訊整合平臺圖資、氣象局 WRF 風場模式、環保署離岸風電環評資料、水深地形資料，並更新臺灣水產動植物繁殖保育區範圍、營建署海岸資料「自然與人工海岸線 (包含歷史資料)」、氣象局海象數值模式預報資料。

(2) 資料下載：提供資料下載功能與申請服務，並提供符合 OAS (OpenAPI Specification) 標準的應用程式介面(API)介接服務。此服務建置在雲端，利用雲端主機快速存取及穩定運作特性，達成線上服務及資料共享應用的目標。

(3) 功能方面：新增「玫瑰圖」與「長條圖」統計圖表服務、新增「我的最愛」保留圖層功能並提供圖資上傳與套疊服務，優化「放置圖釘功能」，年底預計上線點選單點即可展示時序列及三維垂直變化圖之瀏覽查詢服務。

(4) 海洋事件簿：補充海洋事件圖文說明與引申閱讀及新增 4 件海洋事件。

(5) 舉辦第一屆「第一屆 NODASS 諾大師海洋大數據競賽」，讓高中生藉由平台上之資料，運用資料整理、資料視覺化等方式探討海洋現象，，培育學子從事海洋相關科學研究。

圖 1 NODASS 平台網址
https://nodass.namr.gov.tw/

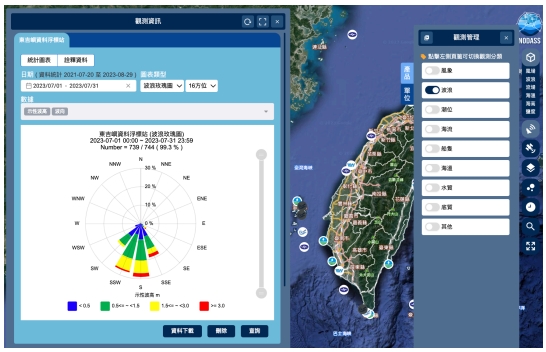


圖 2 圖臺新增統計圖表類型「玫瑰圖」服務

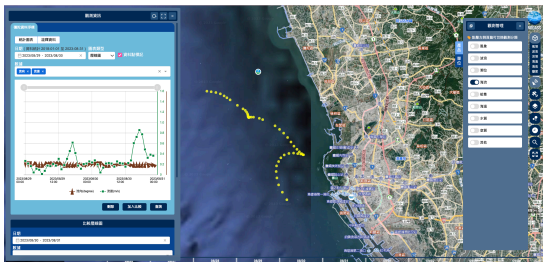


圖 3 圖臺圖資上傳與套疊服務視窗，可自行匯入圖資至圖台，並與觀測資料進行比對

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

基於 U-Net 影像分割技術應用於量測越波量體之可行性評估

黃偉柏 [1]　蔡政錡 [2]　廖顯益 [3]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程學系 教授
[2]國立臺灣海洋大學河海工程系 碩士生
[3]國立臺灣海洋大學河海工程系 博士生

主題: C. 海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：蔡政錡

E-mail:chi880907@gmail.com

Tel:02-2462-2192 **ext. 5761**

摘要

越波量為海岸防護設施設計及安全性評估之重要參數，然而傳統越波量量測方法耗時且費力，因此本研究藉由 U-Net 影像分割技術搭配虛擬堤頂技術進行越波量量測。由實驗結果顯示，藉影像分割能有效擷取水線位置及溯升高程，並且透過本研究方法所得之越波量體與溢流水箱量測結果進行比較，其相對誤差平均僅 15.75%，顯本方法具可行性。

關鍵詞：越波量、深度學習、影像分割

一、研究目的

過去，越波量量測最為常見之方法為藉由堤後架設溢流水箱(Victor & Troch, 2012)，藉由量測溢流水箱內之水位求得越波量體，然受限於需架設溢流水箱，因此該方法無法適用於各種地形。為不受限於地形即可量測越波量，Hofland 等人於 2015 年提出虛擬堤頂技術，藉由雷射掃描儀量測水體厚度，計算虛擬堤頂線以上之水量體，進而計算越波量體。然雷射掃描儀量測時易受到水體反射影響而產生誤差，導致發展受限。隨深度學習發展逐漸成熟，近年來已有學者嘗試藉由影像辨識方法進行非接觸式量測，如藉由卷積神經網路量測水面高程、波浪溯升高及底床型態(Den Bieman et al., 2020) ；藉由 U-Net 影像分割技術識別碎波帶(Seaz et al., 2021)。

綜上可見，藉由虛擬堤頂技術量測越波量可補足傳統越波量量測之劣勢，然而若採用雷射掃描儀量測時則可能產生誤差。鑑於此，本研究藉水工模型模擬波浪溯升於堤面，透過影像分割技術辨識水線，並搭配虛擬堤頂技術量測越波量。最後藉由量測本研究方法與溢流水箱方法於相同造波條件下所得之越波量進行比較，以評估該方法之可行性。

二、研究方法

本研究為計算越波量，參考 Hofland 等人於 2015 年所提出之虛擬堤頂技術(如圖 1 所示)，該技術於坡面上畫設虛擬堤頂線，於波浪於溯升時，透過量測高於虛擬堤頂之水量體，求得越波量。本研究以虛擬堤

頂技術為基礎下，藉由 Ronneberger Olaf 等人於 2015 年所提出 UNet 影像分割模型，量測水線位置、溯升高及水體斷面面積，進而求得越波量體。

本研究量測方法係水槽內架設一緩坡，坡面上方劃設一虛擬堤頂線(圖 1 紅色虛線)，並於坡面上方及側方架設一台攝影機錄製分析資料，爾後藉由 UNet 影像分割技術分別量測俯拍及側拍角度之波浪溯升高及水線位置(如圖 1 藍色及綠色線所示)。

然影像分割技術僅可獲得最靠近水槽側面之斷面面積，無法獲取水體三維資料，因此為求得未知斷面面積以求得水量體，本研究將所有造波試驗中側拍所得之斷面面積與波浪溯升距離進行回歸，以求得溯升距離與斷面積之關係式，即可藉俯拍所得之各斷面溯升距離，根據上述回歸公式取得相對應之斷面積。

最終藉由將水體細分為多個極小斷面，將其加總後求得水體體積，並藉由虛擬堤頂技術量測虛擬堤頂線以上之水量體，即可獲得虛擬越波量

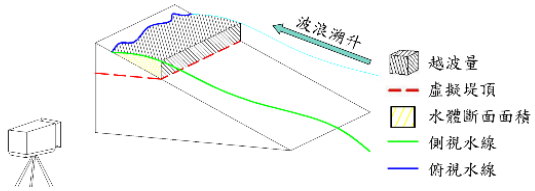


圖 1 虛擬堤頂示意圖

為評估本研究方法之可行性，共規劃兩種實驗配置。分別為應用與驗證本研究方法所規劃，詳細說明如下：(1)配置一(應用本研究方法)：水槽內架設一緩坡，並於坡面高程 0.59m 處畫設虛擬堤頂線。(2)配置二(溢流水箱)：水槽架設堤頂高為 0.59m 之緩坡，並於堤後架設溢流水箱進行量測。實驗配置及試驗設計條件如表 1 及圖 2 所示。

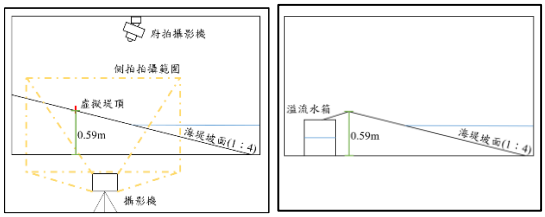


圖 1 實驗配置示意圖(左為配置一；右為配置二)

表 1 試驗設計條件

造波參數	波高 (m)	週期 (s)	水深 (m)	坡度	堤頂高 (m)
試驗條件	0.085~0.1	2~2.5	0.5	1:4	0.59

三、研究結果

本研究藉由影像分割後結果與原圖進行套疊，結果如圖 8 所示，無論何種試驗條件模型均能有效截取水線位置，並藉由第二章所建立之方法計算越波量。

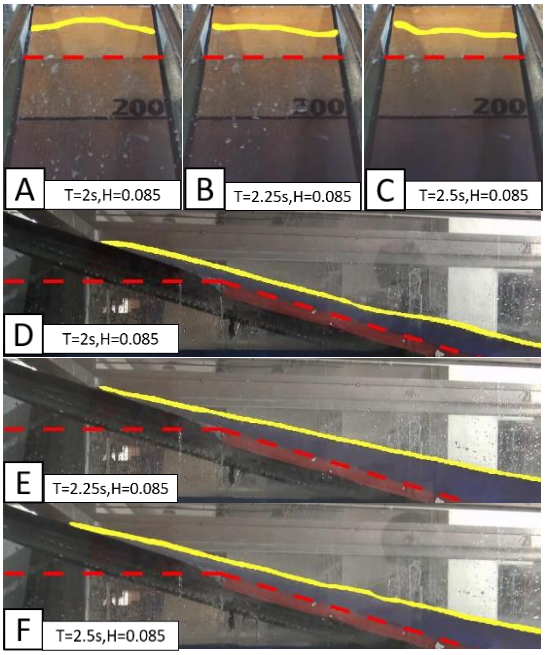


圖 8 影像分割成果(黃線為影像分割成果；紅線為虛擬堤頂)

為釐清虛擬堤頂技術量測之精確度，本研究以第二章所建立之設計條件進行比較，包含(1)影像分割技術搭配虛擬堤頂技術量測虛擬越波量(2)藉由量測溢流水箱之真實越波量。結果如表 4 所示，其相對誤差平均僅 15.75%，最小相對誤差僅 7%，顯本研究方法具有一定的準確度。

表 2 越波量量測誤差表

	H(m) \ T(s)	2.5	2.25	2
實際越波量 (cm^3)	0.085	2085	1595	1055
	0.1	3775	2746	2145
虛擬越波量 (cm^3)	0.085	1788	1834	1226
	0.1	2896	2384	2002
相對誤差 (%)	0.085	-14	15	16
	0.1	-23	-13	-7

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

防止外傘頂洲沙灘流失公私協力臨時性攔沙措施實作分析

甘芳亘[1] 吳明華[1] 劉正琪[2] 蔡雪芳[2] 林宏仁[1] 徐立昌[3]

[1]經濟部水利署第五河川分署
[2]國立成功大學水工試驗所
[3]經濟部水利署第六河川分署

主題: C 海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：甘芳亘

E-mail: fangsyuan@wra05.gov.tw

Tel: 05-255-0195

一、研究目的

外傘頂洲位於雲林縣及嘉義縣外海，為臺灣最大沙洲，也是雲林與嘉義沿海之天然屏障。近數十年由於自然海岸漂沙沙源供應減少、海岸開發改變原有漂沙機制及阻滯漂沙行進路線與量體，致使外傘頂洲面積不斷縮小且有坍平與陸化現象，嚴重衝擊沙洲生態、觀光與東石潟湖牡蠣養殖事業之發展。

因應外傘頂洲沙灘流失造成沿岸波浪與近岸流場特性改變，經濟部水利署第五河川分署(以下簡稱本分署)依據內政部「防止外傘頂洲沙灘流失整體防護計畫」之分工，以「以自然為本的解決方案(NBS)」理念及公私協力方式推動外傘頂洲保護工作，以凝聚地方共識，降低執行外傘頂洲保護工作之阻力。

111 年本分署於外傘頂洲南段破口以南，鄰近東石潟湖養蚵區側沙灘地，位置如圖 1 所示，辦理公私協力實作活動，利用在地廢棄浮棚之竹樁、牡蠣棄養回收之廢棄蚵殼串等養殖廢棄物，結合公部門及民眾共同協力實作竹樁攔沙工、竹籠固沙工及蚵殼定沙工等 3 種型式臨時性攔沙工，如圖 2~圖 4 所示。

本文目的除了外傘頂洲臨時性攔沙工公私協力實作活動合作經驗分享外，進一步說明如何針對外傘頂洲西側波浪越洗導致漂沙流入東側牡蠣養殖水域問題，布置 3 種型式臨時性攔沙工，利用攔沙工之不同特性進行現地試驗及攔沙成效調查。

二、研究方法

本文「竹樁攔沙工」設計目的為攔阻波浪越洗之漂沙流入沙洲東側水域，「竹籠固沙工」及「蚵殼定沙工」則兼具消波及攔沙功能，用以輔助「竹樁攔沙工」構成“面”的防護，攔沙工布置如圖 5 所示，並透過公私協力實作方式於 111 年 8 月在外傘頂洲完成施作，得以進行後續攔沙效應現地試驗調查。

本分署在獲得東石鄉網寮村長及蚵農支援及協助下，得以圓滿完成在外傘頂洲辦理竹樁攔沙工、蚵殼定沙工及竹籠固沙工等 3 種臨時性沙洲攔沙工實作，亦開創本分署公私協力運作的新模式。本計畫藉由公私協力實作推動取得重要經驗包括利用簡易沖水機(俗稱水尾)在沙洲(灘)執行沖樁作業、沖樁深度、適合實作之潮位等實務經驗。

針對 3 種臨時性攔沙工，本文規劃蒐集實作前(111 年 7 月)及 112 年外傘頂洲地形航拍 LIDAR 高程資料，分析實作區地形變化，藉以探討實作後攔沙成效。此外，本文另針對攔沙工鄰近區域布置臨時性沙面高度調查點位，不定時調查沙面高度變化，藉以分析沙面侵淤變化情形，探討攔沙成效。

三、初步結果

本文 3 種臨時性攔沙工公私協力實作活動分別於 111 年 7 月 28 日完成「竹樁攔沙工」實作及 8 月 15 日完成「竹籠固沙工」及「蚵殼定沙工」實作。本計畫於 8 月 22 日針對 3 種沙洲攔沙工周圍利用細竹設置簡易臨時性沙面高度調查點，點位間距約 5M，竹子露出沙面高度為 50CM；依據 10 月 6 日淤沙高度調查結果如圖 6 所示，說明如下：

(1)在竹籠固沙工與蚵殼定沙工西側，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。

(2)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。

(3)竹籠固沙工東側出現明顯淤沙，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，導致竹籠西側淤沙量較低。竹樁攔沙位於竹籠與蚵殼串東側，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。

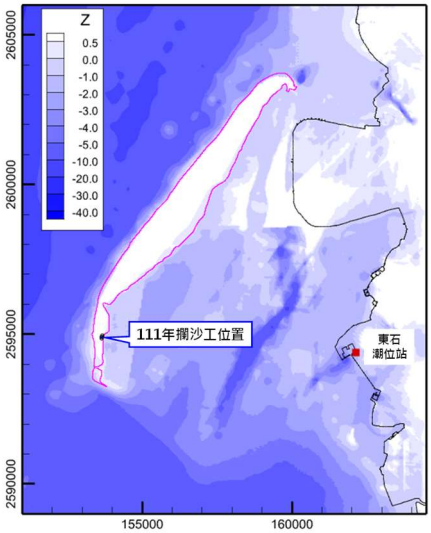


圖 1 111 年度臨時性攔沙工實作位置圖

圖 2 公私協力實作竹樁攔沙工圖

圖 3 公私協力實作竹籠固沙工圖

圖 4 公私協力實作蚵殼定沙工圖

圖 5 臨時攔沙工實作活動空拍圖

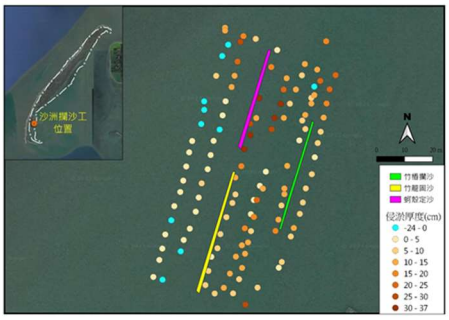


圖 6　3 種沙洲攔沙工攔沙厚度分布情形

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

最大可能颱風波浪的模擬研究
-以 2005 年花蓮港龍王颱風波浪為例-

林炤圭 [1] 許師瑜 [2*] 林受勳 [2] 林俶寬 [3]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程系教授(退休)
[2]交通部運輸研究所運輸技術研究中心助理研究員
[3]宏華營造股份有限公司技術總監

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：許師瑜

E-mail:syh230116@mail.ihmt.gov.tw

Tel:04-2658-7125

摘要

港灣工程規劃多以數年觀測所得的最大代表波，進行極值分析決定設計波高，但應考量到現場觀測的波浪，不一定為具相同能量波群裡的最大波浪。本文針對龍王颱風(2005/9/27~10/03)時期，在花蓮港實測之波浪記錄，採用許等人(2018a 及 b)、林等人(2022)應用快速傅立葉轉換(FFT)分解及配合隨機相位之線性疊加，再生不規則波時序列的概念進行研究。期望可以藉此改善現今波浪觀測無法確實獲取所需之最大波浪資料，便決定工程規劃設計波高之不確定性。

關鍵詞：颱風波浪、設計波高、現場觀測、隨機相位、龍王颱風、花蓮港

一、研究目的

在海洋波浪觀測中，多以每間隔一小時或兩小時取樣一次，常導致長期統計所需的資料量明顯不足，而且存在著是否能量測到最大波高的不確定性。例如 2005 年龍王颱風時期，在花蓮港單一測站只能收集 168 筆紀錄，而真正屬於颱風波浪作用期間不及一半。但又受限於人力、物力及時間，不可能在同一水域進行多點觀測。為了能補足此一問題，本文參考許等人(2018a 及 b)及林等人(2022)所發展的模式，針對針對 2005 年龍王颱風時期(2005/9/27 0 時起至 2005/10/03 23 時止每間隔 1 小時以 2Hz 取樣 1200 點)所收集的港外及港口測站各 168 筆觀測紀錄，進行 10000 次的模擬，比較及評估波浪統計特性的差異。

二、研究方法

許等人(2018a 及 b)找到數學表示式與電腦程式邏輯間的觀念差距，成功地結合波浪分析中的時間域與頻率域特性，讓波動時間序列可以應用快速傅立葉轉換(FFT)分解成分波的頻率與振幅後，再以線性疊加法重生波形。林等人(2022)配合代入隨機相位之線性疊加再生不規則波波力時序列的概念，證明了不規則波水工模型試驗中所量測到的直立沉箱受力並非為最大波力，也顯示了在相同的波譜條件下，可以組合出無限多組的不規則波動時序列。這兩篇的延續性研究，也充分符合了不規則波理論的定義。本文的模擬程序說明如下：

1. 收集每小時波浪觀測時序資料(2005 年龍王颱風 168 筆記錄)
2. 設定測試波形為取樣頻率(2Hz)取樣點數($N = 1024$)的時間序列；
3. 計算基本頻率Δf及$N/2$個成分波的頻率($f_i, i = 1\sim N/2$)；

4. 迴路一開始：逐一處理 168 筆波浪時序列；
5. 對量測波列進行 FFT 分析，並獲取$N/2$個成分波的振幅(a_i)與分析相位(θ_{0i})；
6. 對實測波浪時序列進行傳統零上切分析；
7. 迴路二開始：執行 10000 次的隨機造波實驗
8. 產生 N/2 個介於$(0\sim2\pi)$之隨機相位(θ_i)；
9. 以各成分波分頻(f_i)與分析振幅(a_i)，配合隨機相位(θ_i)以線性疊加方式產生不規則波形，即

$$\eta(t)=\sum_{i=1}^{N/2} a_i cos(2\pi f_i t+\theta_i) \quad t=0\sim N\Delta t \text{.....(1)}$$

10. 以零上切法分析$\eta(t)$求特性波高及相對週期。
11. 迴路二結束；
12. 檢討多種重複次數(1000、2000、3000、…10000)的特性波高及相對週期之統計值，並繪圖比較；
13. 迴路一結束；
14. 繪製整個時的波高及週期變化。

然需要注意的是：因尚無法掌握碎波門檻值及折減率，本實驗是在假設不發生新的碎波下進行。

三、結果與討論

圖 1 為 2005/10/02 04 時觀測波浪的 10000 次重複模擬實驗中，所得之最大波高(H_{max}，上圖)及相對週期(T_{max}，下圖)之分布情形，各子圖中在 0 次重複處的*號為觀測值。由圖 1 中發現模擬的值，可能會大於或小於觀測值，驗證觀測值僅為具相同能量波譜的隨機組合中的一個樣本，並不一定具有代表性。但比較子圖(a)及(b)發現能量越大的波浪，其模擬的最大/最小值差異可能越大，例如，港外最大波高的模擬最大與最小值相差可達 10m(觀測值 11.86m，可能是未考慮碎波)；而港口差距為 2.5m(觀測值 3.20m)。

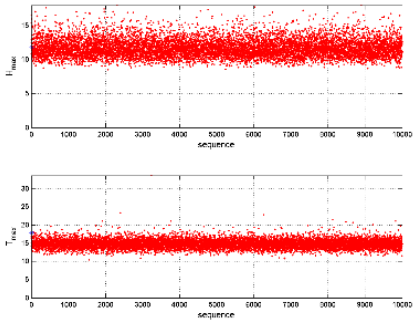


圖 1 2005/10/02 04H 之 10000 次重複的最大值分布

圖 2 依序顯示港口及港外全期的特性波高(H_{max}、$H_{1/3}$、H_{mean})及相對週期(T_{max}、$T_{1/3}$、T_{mean})之統計值，包括觀測值 obs 與 10000 次模擬的最大值 max、算術平均值 mean 及均方根值 rms 分布。從實測的分析資料得知 10/02 凌晨 4 點的波浪最大，應為中心登陸後的第四象限波浪。比較各特性波高之最大值，發現港外的發生時間較為一致，但似乎受到群波的影響；而港內則可能是受到外海入射波及港內振盪的散射波共同效應，發生時間並不一致。相對週期的最大值部分，則明顯地出現在湧浪時期。圖 2 中也發現應用相同的波譜，僅配合隨機相位即可獲得比觀測值還大的特性值，顯示在每一小時間隔內隨機取樣 10 分鐘水位資料，並不一定能觀測到最大的波浪，無法符合工程上的要求。

圖 3 為港外全期個別波波高/週期統計分佈；圖 4 為港外全期 168 筆實測紀錄與 10000 次重複實驗的個別波之波高與週期聯合分佈圖，圖中顯示重複實驗可以複製較多的樣本。

對一組波浪紀錄進行 N 次的重組試驗，等同於在同一海域裡佈置 N 支波高計同步進行觀測。本文初步證明可以找到比實測資料分析還穩定的統計結果，並可彌補觀測資料不足或選點上的顧慮，目前認為 5000 次重複應已足夠。

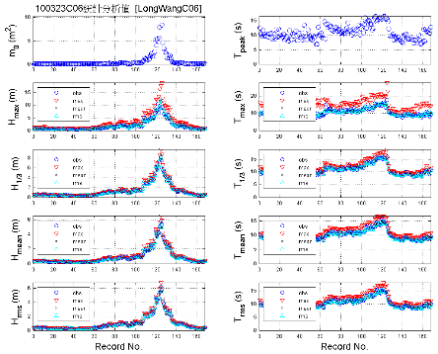
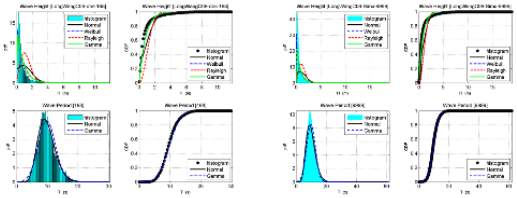


圖 2 港外特性波高及相對週期之統計值分布



(a) 168 筆觀測　　(b) 1680000 筆模擬

圖 3 港外全期個別波波高/週期統計分佈

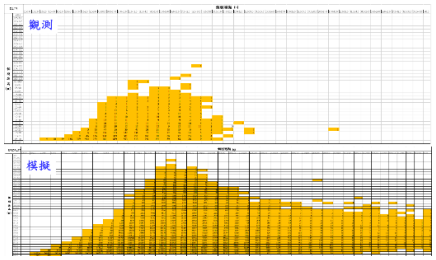


圖 4 港外全期個別波波高-個別波週期聯合分佈

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

港灣環境資訊網-颱風資訊儀表板

林騰威[1] 林雅雯[2] 劉清松[3] 林珂如[4]

[1]數位地球科技有限公司總經理
[2]交通部運輸研究所科長
[3]交通部運輸研究所研究員
[4]數位地球科技有限公司工程師

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：

通訊作者：林騰威

E-mail:willy@geo3dearth.com.tw

Tel:02-2223-0040

摘要

港灣環境資訊系統為一整合港區海域各項海氣象資訊之平台，包含綜整海氣象觀測與模擬資訊呈現的「港灣環境資訊網(https://isohe.ihmt.gov.tw)」，除海氣象資訊外，也提供港區大氣腐蝕與水下腐蝕資訊、港區地震資訊，以及利用地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)呈現各種港灣相關環境資訊的「港灣環境資訊圖臺(https://isohegis.ihmt.gov.tw)」，讓數據具有地域化(Geographical Distribution)的顯示，並透過視覺化的技術，將數據轉化為淺顯易懂的資訊。112 年新增颱風資訊儀表板，顯示颱風期間的海氣象歷線圖，俾利港埠管理單位及使用者瞭解颱風期間海氣象變化，亦可搜尋歷史颱風海氣象歷線圖資料。

關鍵詞：港灣環境資訊系統、視覺化輔助決策圖臺、颱風期間海氣象歷線圖

一、研究目的

臺灣四周環海，海洋資源豐富，漁業活動以及航運發展均需長期可靠之海氣象資料做為依據。交通部運輸研究所運輸技術研究中心(以下簡稱運技中心)在各商港設置即時海氣象觀測站，蒐集即時風力、波浪、潮位、海流、大氣腐蝕、水下腐蝕等資料，至今已累積四十餘年，同時也發展出海象模擬預測系統，提供風、波浪、潮位、海流資訊給各界參考，供相關管理人員於發生災害時掌握必要的海氣象資訊。

「港灣環境資訊網」(圖 1)提供多元性、廣泛性、便利性的海氣象資訊，讓一般民眾、港埠管理單位、國內外船舶業者及相關人員能夠快速地取得所需資訊，同時也透過網頁視覺化技術，將數據轉化成淺顯易懂的資訊，「港灣環境資訊圖臺」(圖 2)運用 Web GIS 提供海氣象觀測資訊、海氣象模擬資訊(以粒子特效顯示風向、波向、流向的數值模擬預測結果)、颱風資訊及海象模擬分佈圖。

112 年建置颱風資訊儀表板，提供侵臺颱風期間各港海氣象觀測及模擬歷線圖資訊，並套疊臺灣近岸海象預報系統(TaiCOMS)所產出之海氣象模擬平面分佈圖、氣泡資訊與襲港機率，呈現於港灣環境資

訊圖臺。

圖 1 港灣環境資訊網(https://isohe.ihmt.gov.tw)

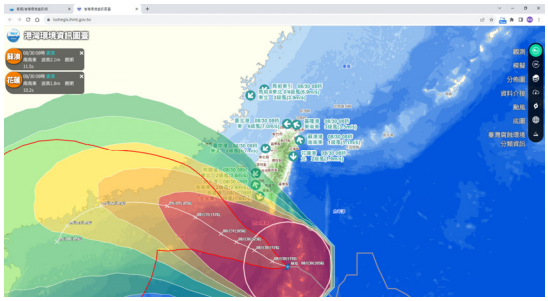


圖 2 港灣環境資訊圖臺(https://isohegis.ihmt.gov.tw)

二、研究方法

本網站使用設計方法、工具與相關技術共分 3 個層面，(1)網頁開發程式語言主要使用 ASP.NET 為主，並搭配其他相關前端語法如 HTML5、JavaScript、JQuery、CSS 及 XML 等，(2)後端語法以 VB.NET 為主，資料庫系統使用 Microsoft SQL Server。(3)在 GIS 的部分是使用 OpenLayers，它是一個用於開發 WebGIS 用戶端的 JavaScript，其建立 GIS 資料的方法符合 OpenGIS 的 WFS 和 WMS/WMTS 規範標準，支援介接國土測繪中心、OpenStreetMap 的地圖服務。

本網站介接資料包含觀測與模擬資料，觀測資訊部分有中央氣象署資料庫、港灣環境資料庫以及 Typhoon2000 網站資料庫，模擬資料部分有運技中心「臺灣近岸海象預報系統」(TaiCOMS)產製之海象模擬資料與中央氣象署之風場模擬資料。TaiCOMS 系統產製之海氣象模擬資料透過開放源 GMT(v6)繪製成色階渲染圖，以利套疊在圖臺上展示使用。

三、研究成果

颱風資訊儀表板(圖 3)，利用 GIS 地圖與 8 個歷線圖配置顯示，除可顯示颱風的軌跡與侵襲機率外，在歷線圖則同步顯示平均風速、平均風向、流速、流向、示性波高、尖峰週期、主頻波向、潮位、港內靜穩度等。

颱風資訊儀表板中間區域顯示颱風的軌跡與侵襲機率，在地圖的控制部分可於右上方進行選擇，可切換顯示風力、波浪、海流、潮位觀測資訊及模擬資訊，也可選擇介接或套疊中央氣象署衛星雲圖、雷達回波圖或運技中心各式模擬圖，亦可設定歷線圖顯示之港口。在歷線圖顯示方面，首先左邊分別有平均風速、平均風向、流速、流向，而右邊分別有示性波高(與港內靜穩度)、尖峰週期、主頻波向、潮位，各歷線圖的右上角有設定按鈕，可開關測站顯示。

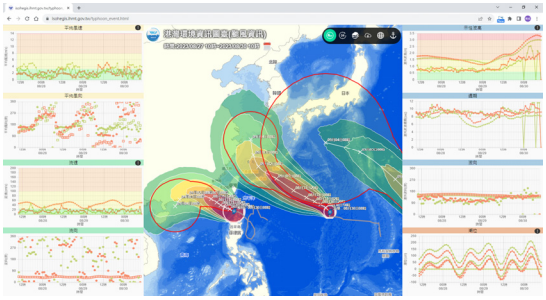


圖 3 颱風資訊儀表板

歷史颱風查詢時(圖 4)，地圖部分顯示颱風的歷史軌跡，歷線圖顯示的時間區間，係依中央氣象署發布的時間為主。

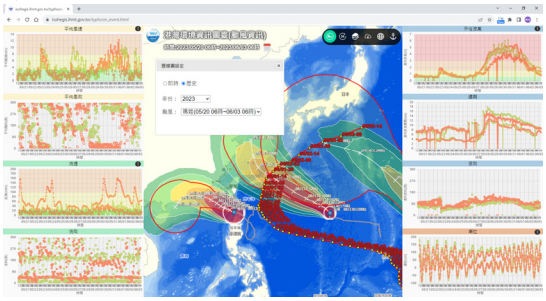


圖 4 颱風資訊儀表板歷史颱風查詢

颱風資訊儀表板顯示颱風期間的海氣象歷線圖，亦可搜尋歷史颱風海氣象歷線圖資料，俾利港埠管理單位及使用者瞭解颱風期間海氣象變化，透過本網站提供颱風海氣象資訊，期望達到提升港埠管理與防災之效益。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

無人機可見光影像於殼狀珊瑚藻之辨識與覆蓋率推算

林靖恆 [1]　黃志誠 [2]

[1]國立中央大學水文與海洋科學研究所 碩士生
[2]國立中央大學水文與海洋科學研究所 副教授

主題: C - 海洋及海岸管理規劃

通訊作者：黃志誠

E-mail: zchuang@ncu.edu.tw

Tel: 03-4222894#65689

摘要

目前殼狀珊瑚藻的監測方式，受限於取樣方式以及現場環境因素，較難達成效率以及標準化監測，因此本研究利用無人機的可見光空拍影像來輔助傳統藻礁海岸殼狀珊瑚藻的監測。本研究於大潭藻礁 G2 區及觀新藻礁保護區保生樣站獲取空拍影像，並於實驗室進行人工目視法辨識後，分析其可見光光譜特性，統計造礁藻、海水、沙等潮間帶環境物之光譜特性，搭配棲地資訊、植生指數等因素統整歸納，希望能達到殼狀珊瑚藻的自動化程式辨識，及以無人機進行殼狀珊瑚藻的覆蓋率監測。

關鍵詞：可見光、無人機、殼狀珊瑚藻、影像自動辨識

一、研究目的

目前殼狀珊瑚藻的監測方式，受限於取樣方式以及現場環境因素，較難達成執行效率以及標準化監測結果，因此本研究利用無人機可見光空拍影像來輔助傳統殼狀珊瑚藻之監測。

傳統殼狀珊瑚藻的監測方法，乃利用樣框法標示取樣位置，以數位相機拍攝超高解析度(約 0.2 mm/pixel)的可見光數位影像。完成後將拍照取得的影像帶回實驗室，以人工目檢法進行殼狀珊瑚藻之圈選與辨識，計算殼狀珊瑚藻在樣框內的覆蓋率。在現場也同時進行樣框內藻類的採樣，並帶回實驗室進行藻種之鑑定。

可見光無人機影像技術現階段已經廣泛利用於農業(Dimosthenis C. Tsouros et al. 2019, Weicheng Xu et al. 2019)或海岸環境的監測上(Daniel Carbajal-Martínez et al. 2021, Rui Yuan et al. 2023)，因此本計畫採用可見光無人機於大潭藻礁G2區以及觀新藻礁保生樣站進行殼狀珊瑚藻覆蓋率調查，希望能以可見光無人機影像來建立殼狀珊瑚藻辨識的技術，並利用無人機進行殼狀珊瑚藻的覆蓋率監測。

二、研究方法

本研究於大潭藻礁G2區及觀新藻礁保護區保生樣站各設置 3 條向離岸測線，進行傳統人工殼狀珊瑚藻覆蓋率調查，共計 6 條測線。每條樣線至少設置 15 個 50×50 公分之樣框，6 條樣線，總計至少 90 個樣框。每個樣框皆有進行編碼設定，且每個樣框皆進行傳統高解析的影像拍攝及可見光無人機(以下簡稱M3P)空拍影像。調查區域各樣框數及拍照張數整理

如表 1 ，大潭藻礁 G2 區和觀新藻礁保生樣站有效張

	有效樣框個數	M3P 有效張數
大潭 G2 區	54	54
保生樣站	62	62
合計	116	116

數分別為 54 張及 62 張，共計 116 張。

表 1 調查區域各樣框數及拍照張數整理

由於現場作業時間行跨一至三小時，會在不同亮度之下進行拍攝作業，故現場拍攝之影像，回到實驗室首先進行亮度統一，經測試得出 M3P 之可見光鏡頭會自動進行亮度調整，故只需要針對亮度差距過大以及陰影區域進行亮度處理即可。

亮度處理完成之影像，使用 ArcGIS 進行藻礁的辨識以及圈選如圖 1，並將圈選結果匯入 Matlab 之中讀取如圖 2。

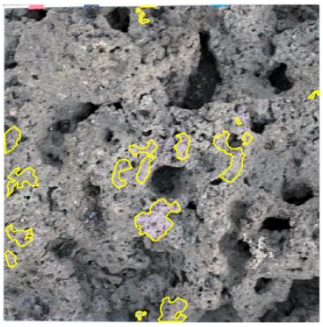


圖 1 ArcGIS 辨識及圈選結果

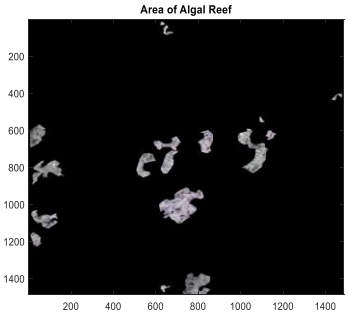


圖 2 匯入 Matlab 讀取目標區域結果

統計造礁藻類、非造礁藻類、空洞、海水以及沙之特徵，並讀取其數值進行整理，獲得其真實數據。本研究希望利用此方式達成大量資料之造礁藻類辨識，並可以對殼狀珊瑚藻之覆蓋率進行監測。

三、初步結果

本研究通過 ArcGIS 圈選殼裝珊瑚藻區域，匯入 Matlab 讀取其值之後，首先搭配植物生長指數進行辨識(GyuJin Jang et al. 2020)。目前，對無人機影像進行植物表形體分析的技術已經被廣泛使用於植物研究，而本研究因使用 M3P 獲取影像，故選擇兩種由紅光、綠光、藍光三個波段組成的植生指數進行分析。

第一種植生指數為過剩綠度指數(Rouse Jr, J.W. et al. 1974)，如圖 3。其計算方法：

$2G - R - B$

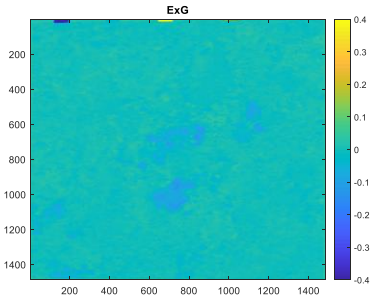


圖 3 過剩綠度指數辨識結果

當植物處於健康狀態並有良好的生長時，過剩綠度指數會較低。當植物受到壓力、缺水或病害等因素的影響時，該指數會增加，表明植物的健康狀態可能受到影響。

第二種植生指數為過剩紅度指數(Meyer, G.E et al. 2008)，如圖 4。其計算方法：

$1.4R - G$

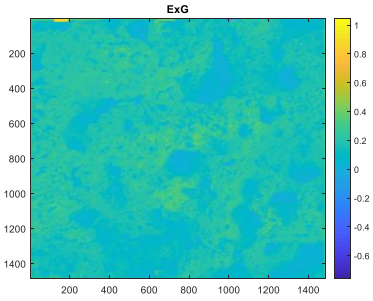


圖 4 過剩紅度指數辨識結果

其生長狀況之趨勢同過剩綠指數。兩者相較之下，過剩綠指數較容易看出殼狀珊瑚藻的正確分布區域，途中顯示出的低值即為健康狀況良好的造礁藻區域。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

杜蘇芮颱風作用下已沉降箱網之網袋變形實測分析

唐宏結 [1]　江文山 [2]　冉繁華 [3]

[1]國立臺灣海洋大學海洋工程科技學士學位學程
[2]國立成功大學水工試驗所
[2]國立臺灣海洋大學水產養殖學系

主題: D 港灣與海域工程

通訊作者：唐宏結

E-mail: hjtang@mail.ntou.edu.tw

Tel: 0937249343

摘要

政府推廣海上箱網養殖迄今已有 30 年，且養殖業者已熟練箱網沉降技術，因此多能大幅降低颱風對外海箱網養殖產業的衝擊。然而，2023 年 7 月 26 至 28 日強颱杜蘇芮在台灣海峽北上期間，由於移動速度緩慢，加上適逢大潮作用，網袋劇烈變形情況下，魚隻相互擠壓受傷，業者統計本研究目標箱網約有 1/3 的魚隻死亡。本研究利用颱風侵襲期間水位計量測數據，由浮框和重錘深度變化，分析網袋變形情況，探討本次災損的關鍵因素，提供產業後續因應參考。

關鍵詞：海上箱網、颱風、沉降、網袋變形、實海域測試

一、研究目的

台灣發展海上箱網雖已有 30 年，但實務面仍有需多不確定性因素需要深入研究探討，其中颱風對於箱網沉降後之網袋變形影響便是其中之一，也是養殖業者殷殷期盼能釐清的課題。

本研究在行政院農業部漁業署經費支持，以及箱網養殖業者恆春海洋養殖有限公司大力協助之下，於箱網養殖海域，安裝波流儀(ADCP)、張力計及水位計進行現地實測，並蒐集鄰近資料浮標，探討颱風對於已沉降箱網網袋變形的影響。

二、研究方法

本文研究標的為屏東縣車城海域的可沉式圓形箱網，相關儀器及測站位置，如圖 1，水位計安裝在 L2 浮框和重錘，採用之儀器照片如圖 2。基於儀器儲存空間及電池續航力的考量，ADCP 取樣頻率為每 2 小時取 1,024 筆波高資料，每 5 分鐘記錄一次剖面流速資料；張力計和水位計每分鐘記錄 1 筆資料。

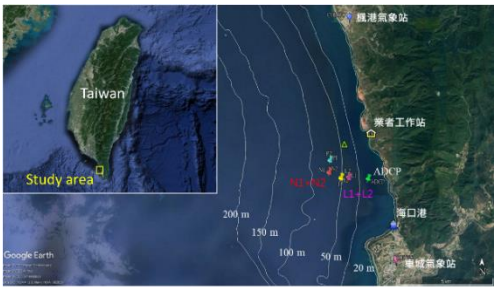


圖 1 本計畫研究範圍及儀器相對位置

本計畫實海域測試期間，總計有瑪娃颱風(海警 5/29~5/31)、谷超颱風、泰利颱風、杜蘇芮颱風(海陸警 7/24~7/28)等 4 個颱風生成，其中以杜蘇瑞颱風對箱網養殖的衝擊最大。因此，本計畫利用水位計設計

簡易網袋變形量測方法，探討杜蘇芮颱風期間，實測的浮框和重錘深度，推算網袋變形情況，並分析原因。

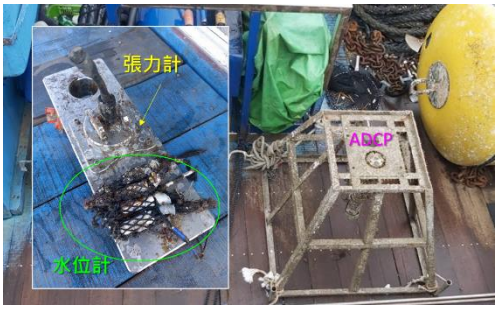


圖 2 本計畫使用之儀器照片

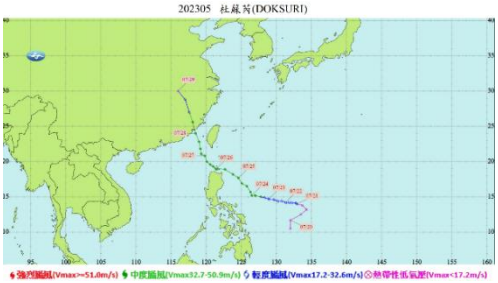


圖 3 杜蘇芮颱風移動路徑(中央氣象局)

三、初步結果

本計畫 ADCP 測量期間為 5/18 至 7/26，之後電池耗盡，因此採用鄰近測站的數據補足。圖 4 為測量期間計畫海域和小琉球浮標波高和週期比較，結果顯示兩者波高週期具有高度相關。

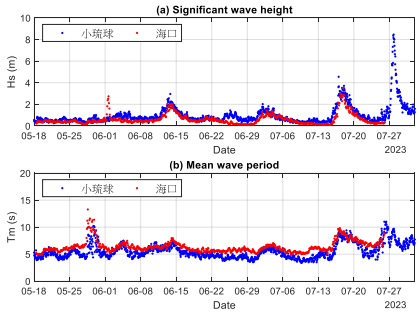


圖 4 本計畫 ADCP 及小琉球浮標實測波浪比較

圖 5 為 L2 箱網沉降期間，浮框和重錘的平均深度變化，此箱網為兩口一組，L2 在北側，L1 在南側，因此 L2 在退潮時段，即潮水往南，流速為負時，變形較嚴重，漲潮時段(流速為正)，受 L1 箱網遮蔽，變形較不嚴重。圖 6 為 L2 箱網未沉降期間，潮位、流速和網袋剩餘容積率的比較，其中 7/17~7/19(農曆 30 至初二)受大潮影響，退潮流速達 0.25 m/s 以上，網袋剩餘容積明顯降低，且變化趨勢與流速一致，而剩餘容積較小之時段，介於低高潮與高高潮之間。

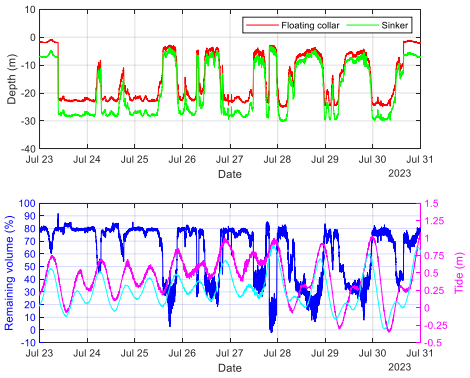


圖 5 箱網沉降期間，浮框及重錘深度及網袋容積

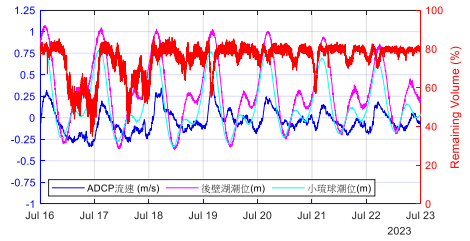


圖 6 箱網未沉降期間，流速、潮位及網袋容積

圖 7 為杜蘇芮颱風侵襲期間(箱網已沉降)，浮框和重錘的平均深度變化、網袋剩餘容積、潮位及波高時序列數據，如前所述，在低高潮和高高潮時段，浮框和重錘受往南潮流影響，浮框和重錘往上浮，加上颱風浪的影響，造成網袋容積率接近零的情況。特別的是，在 7/27 18:00~20:00，此時浪高最高，達 8.15~8.46 米，浮框和重錘反而往下沉，剩餘容積回升到 80%，很可能是平潮流速降低的效果。

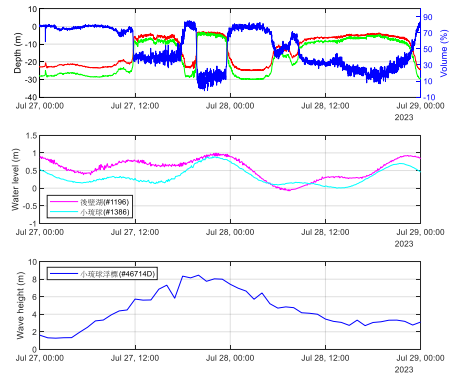


圖 7 杜蘇芮颱風侵襲期間實測資料比較

以數值 swipe 法求取複合載重下之海洋大型基礎降伏曲面

紀昭銘 [1]　林正山 [2]

[1]逢甲大學土木工程學系
[2]逢甲大學建設規劃與工程博士學位學程

主題: D 港灣與海域工程

科技部計畫：112-2221-E-035-055

通訊作者：紀昭銘

E-mail: cmchi@mail.fcu.edu.tw

Tel: (04) 2451-7250 ext. 3120

摘要

由於離岸工程所使用的基礎尺寸通常大於陸域工程所使用的，此導致基礎達極限荷重時所激發的土壤塑性區域可能含有多類型的土壤。再者，港灣與海域結構物常受風、波浪、洋流等側向力做用，故工程人員進行基礎承載力評估時需考量非均質土壤及複合載重效應。本研究採用 FLAC 執行 swipe test，獲得基礎於非均質凝聚性土層表面時所對應的破壞包絡面。結果顯示，基礎-土壤的破壞包絡面將隨著非均質影響因子的提升而擴大。

一、研究目的

根據國際可再生能源組織統計資料指出，全球離岸風機的裝置容量由 2010 年不足 5,000 MW 至 2020 年迅速成長至近 35,000 MW。其中，台灣亦制定相關政策與法規推動數個離岸風場的建造，並預計於 2025 年前完成 5.5GW 的裝置容量。

由於離岸工程所採用的基礎尺寸通常數倍於陸域工程所採用的，此導致基礎達極限荷重時所激發的土壤塑性區域可能含有多類型的土壤。Prandtl (1921) 採用滑移線方程式 (slip-line equations) 獲得條型基礎放置於均質土壤表面受純垂直載重 (V) 作用所對應的基礎破壞機制，而 Davis & Booker (1973) 採用類似方法獲得條狀基礎於非均質凝聚性土壤 (cohesive soils) 的結果。然而，若基礎除受垂直向載重 (V) 外尚有水平向作用力 (H) 以及彎矩作用 (M) 形成複合載重 (combined loading) 基礎的破壞機制可能會發生變化。基礎受到複合載重作用後，其極限承載力將受到垂直向載重、水平向作用力、彎矩三者的影響，即基礎極限承載力受到 V-H-M 三者控制且相互互制。

二、研究方法

離岸工程領域中的基礎其主要受到風力、波浪與洋流的作用，而此些環境外力皆屬於側向作用力並將伴隨彎矩的作用。為調查基礎置於非均質凝聚性土壤表面受垂直向載重 (V) 及水平向作用力 (H) 共同作用下的基礎行為，本文將採用 FLAC (Fast Lagrangian Analysis of Continua) 執行相關數值模擬。

Tan (1990) 指出，基礎受複合載重作用時的行為，

其可藉由 “swipe test” 獲得。圖 1 顯示，“swipe test” 包含兩個部分：(I) 初始沿 u_1 方向施加位移，直到該方向極限荷載被激發；(II) 隨後施加 u_2 方向位移，直到達該方向極限荷載 (Gourvenec & Randolph, 2003)。再者，本研究採用的網格尺寸、邊界條件、土壤不排水剪力強度資訊等可見圖 2。

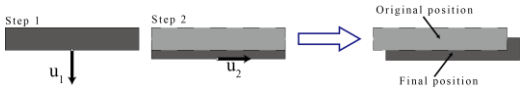


圖 1 Concepts of swipe test (Gourvenec & Randolph, 2003)

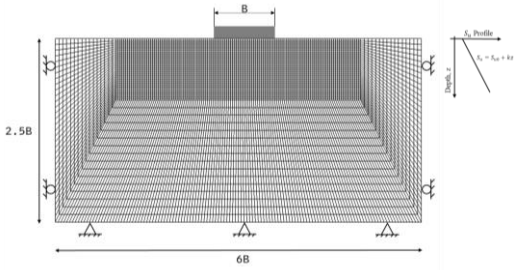


圖 2 Numerical element mesh

三、初步結果

圖 3 顯示，條形表面基礎於非均質黏性表面受純垂直外力作用時，其承載力因子將隨著非均質影響因子 (kB/S_{u0}) 增加而上升。此外，本研究所得數值結果與 Davis & Booker (1973) 之解良好地吻合。

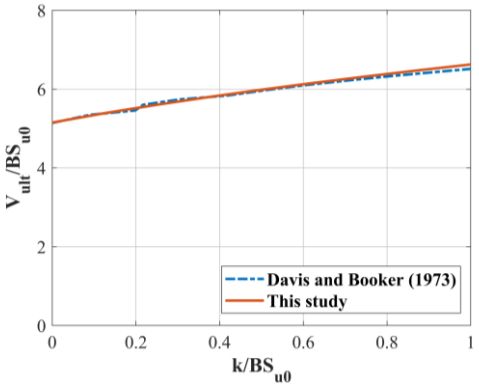


圖 3 Bearing capacity of purely vertical loads

對於條形表面基礎於非均質黏性表面受垂直向載重 (V) 及水平向作用力 (H) 共同作用下，其基礎承載力將相互影響。再者，對於均質土壤條件下 $(kB/S_{u0} = 0.0)$，本文所得結果與 SNAME (2008) 展現出極為相似的結果。另一方面，若非均質影響因子 (kB/S_{u0}) 上升，土壤承載力的破壞包絡面將向外擴大。

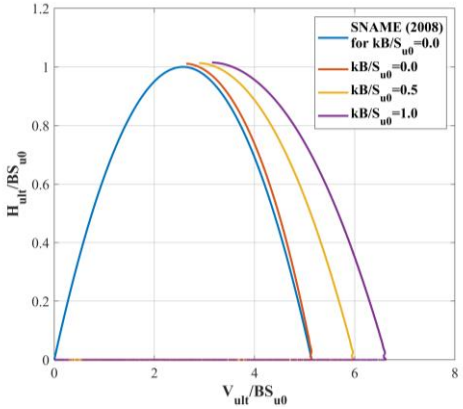


圖 4 Swipe yield envelopes

謝誌

本文係國科會專題研究計畫「藉由 keying 過程以提升海洋板錨之極限錨定力」(NSTC 112-2221-E-035-055)研究成果，承蒙國科會補助經費與研究人力使本研究得以完成，僅致謝忱。

參考文獻

Gourvenec, S., and M. Randolph. (2003). Effect of Strength Non-Homogeneity on the Shape of Failure Envelopes for Combined Loading of Strip and Circular Foundations on Clay. *Géotechnique* 53(6):575–86.

Prandtl, L. (1921). Hauptaufsätze: Über die Eindringungsfestigkeit (Härte) plastischer Baustoffe und die Festigkeit von Schneiden. ZAMM - *Journal of Applied Mathematics and Mechanics / Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik* 1(1):15–20.

SNAME (2008). *Guidelines for Site Specific Assessment of Mobile Jack-Up 590 Units*. Technical Report, Technical and Research Bulletin 5-5A. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New Jersey.

Tan, F. S. (1990). *Centrifuge and theoretical modelling of conical footings on sand*. PhD thesis, Cambridge University, UK.

海洋大型基樁在砂土軸向極限承載力探討

紀昭銘[1] 黃普源[2] 林正山[2] 吳惠馨[3] 李宥霖[4] 郭玉樹[5]

[1]逢甲大學土木工程學系助理教授
[2]逢甲大學建設規劃與工程博士學位學程研究生
[3]逢甲大學土木工程學系碩士生
[4]逢甲大學土木工程學系大專生
[5]國立成功大學水利及海洋工程學系教授

主題: D、港灣與海域工程

國科會計畫：NSTC 112-2221-E-035-055、NSTC112-2622-E006-011、112-2813-C-035-048-E

通訊作者：紀昭銘

E-mail: cmchi@mail.fcu.edu.tw

Tel: (04) 2451-7250 ext. 3120

摘要

圓錐貫入試驗 (CPT) 廣泛運用於海洋地工探測，工程師可透過 CPT 取得精確的土壤參數與土層連續強度的變化。國際已有基於 CPT 來評估海洋大型基樁承載力的方法，反觀台灣的建築技術規範較常被應用在小尺寸的陸域基樁評估。因此，將建技評估對比國際 CPT 法應用在海洋大型基樁是非常重要的，亦是本研究的目的之一。本文探討在各評估法下海洋大型基樁於均勻砂土之承載力變化特性，並且針對各評估法開發模組化自動程式。研究結果顯示建技於均勻砂土層所得基樁總極限承載力明顯高於國際方法(API 法與 ICP 法)。

關鍵詞：離岸風能、基樁承載力、圓錐貫入試驗、建築技術規範、模組化自動程式

一、研究目的

離岸工程中常運用圓錐貫入試驗(cone penetration test, CPT) 來獲取海洋土壤工程參數。CPT 之優點為快速地獲取連續性土層強度資料及自動化試驗儀器可有效地排除人為誤差提升數據的準確性，並且在大面積試驗的情況下 CPT 花費成本相較室內試驗低廉。此外，離岸結構受到強大的環境外力影響，致使離岸工程的基樁尺寸經常大於陸域或港灣工程的基樁尺寸，並且離岸工程廣泛採用開口式基樁用於基礎安裝。

目前已有基於 CPT 評估海洋大型基樁承載力之國際規範，反觀台灣的建築技術規則(Building Technical Regulations, BT)較常被應用於國內小尺寸的陸域基樁承載力評估。本文為了評估 BT 是否能應用於海洋大型基樁，進而參考國際規範:DNVGL-RP-C212 (2017) 中所列之兩種離岸基樁設計方法(1)美國石油學會 (American Petroleum Institute, API) 及(2)英國倫敦帝國學院 (Imperial College Pile method, ICP)作為比較對象，並且開發模組化自動程式(C.GAP, Chao Geotechnical Anchor Program)分析建技、API、ICP 法於均勻砂土層之承載力變化特性與相對保守程度。

二、研究方法

基樁的極限承載力 (Q_u) 由樁底承載力 (Q_b) 與樁身摩擦力 (Q_s)提供，評估公式如式 1 所示，其中q_b為樁底單位阻抗強度，f_s為單位樁身摩擦強度，A_b為樁底斷面積，A_s為樁身表面積。開口樁在打入土層時，土壤會從樁底逐漸擠入樁內且土壤與樁體內壁會產生額外的摩擦阻力，因此Q_b採用式 2 進行評估，其中A_a為樁環斷面積，D_i為樁內徑，ΔZ為土層

厚度。然而，若樁內摩擦力與樁環承載力之和大於樁底承載力時，土壤便不再擠入樁內，此現象稱為栓塞效應 (effect of soil plug)。

$$Q_u = Q_s + Q_b = f_s A_s + q_b A_b \qquad \text{式 1}$$

$$Q_b = \min(q_b A_b\ , q_b A_a + \pi D_i \sum f_s \Delta Z) \qquad \text{式 2}$$

本研究所採用評估方法可分為靜力學分析法 (Static Method, SM)： BT-SM(2001)、API(2014)與 CPT 分析法：BT-CPT(2001)、ICP(2005)，前者為運用有效應力的概念進行砂土層極限承載力的評估，後者為基於 CPT 錐尖阻抗 (q_c) 預測基樁於砂土層之極限承載力。此外，ICP 法在基樁栓塞效應部份有提出不同於式 2 的栓塞判定方式(Jardine et al., 2005)。

三、初步結果

本研究參考台灣西部海域地工調查報告，從而假設符合真實的均勻緊密砂土層($\phi = 35°$)。本研究假設飽和單位重(γ_t)為 19 kN/m^3，樁土介面摩擦角(δ_{cv})為30°。另外 CPT 錐尖阻抗 (q_c) 運用 Robertson and Campanella (1983) 提出經驗公式式 3 獲得，q_c 隨深度變化的曲線如圖 1 所示。本研究分析開口樁外徑為 4m，樁壁厚為 5cm，樁長為 80m，其尺寸類似於離岸工程中使用的套筒式基樁。以下說明各方法在砂土層的分析成果比較，並且增添國外商業軟體分析結果。

$$tan\phi = \frac{1}{2.68}(log(q_c/\sigma'_{v0}) + 0.29) \qquad \text{式 3}$$

圖 2 為各法Q_u隨深度變化圖，Q_u成果趨勢為 BT-CPT> BT-SM > API >ICP。圖 3 為各法Q_s隨深度變化圖，Q_s成果趨勢為 BT-CPT > BT-SM > API > ICP，ICP 法考量基樁摩擦疲勞效應導致樁底處Q_s斜率改變。圖 4 為各法Q_b隨深度變化圖，Q_b趨勢為 BT-CPT > BT-SM > API > ICP。

結果顯示，建技Q_u相對國際規範Q_u較為不保守，$Q_{u,ICP}$相較於其他方法較為保守。此外，C.GAP 與商業軟體結果在使用 API 法時成果高度重合，但在評估$Q_{b,ICP}$時有明顯差異。ICP 法差異原因為商業軟體評估$Q_{b,ICP}$考慮基樁內壁摩擦力的影響且在深度 74m 至 80m 處(1.5 倍樁徑) 商業軟體$Q_{b,ICP}$數值有驟減的趨勢，然而商業軟體$Q_{u,ICP}$在樁底處與 C.GAP 評估之結果差異不大。

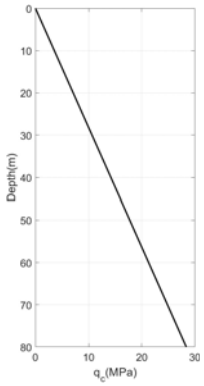


圖 1 q_c隨深度之分布

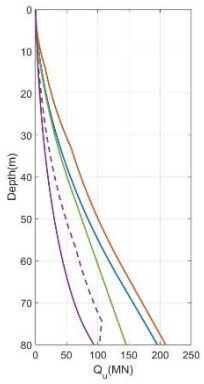


圖 2 各法Q_u隨深度變化

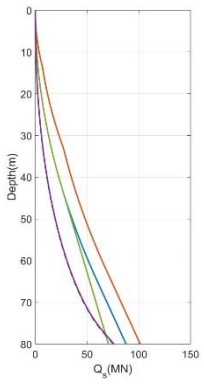


圖 3 各法Q_s隨深度變化

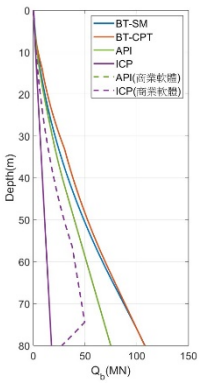


圖 4 各法Q_b隨深度變化

謝誌

本文係國科會專題研究計畫「藉由 keying 過程以提升海洋板錨之極限錨定力」(NSTC 112-2221-E-035-055)、國科會產學合作計畫「砂質土壤中嵌入式拖錨貫入行為研究」(NSTC112-2622-E006-011)與國科會大生專研究計畫「以模組化自動程式分析基於 CPT 法之離岸基樁軸向承載力」(112-2813-C-035-048-E，申請學生：李宥霖)研究成果，承蒙國科會補助經費與研究人力使本研究得以完成，僅致謝忱。

參考文獻

1. 內政部營建署 (2001)，建築物基礎構造設計規範。
2. DNVGL-RP-C212 (2017). Offshore soil mechanics and geotechnical engineering.
3. American Petroleum Institute (2014). Geotechnical and Foundation Design. API RP 2GEO.
4. Jardine, R.J., Chow F.C., Overy R., and Standing J. (2005). ICP design methods for driven piles in sands and clays. Thomas Telford, London,
5. Robertson, P.K., and Campanella, R.G., (1983). Interpretation of cone penetration tests : Sands and Clays. *Canadian Geotechnical Journal*, 20(4):719-745.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

洲際貨櫃中心結構物對旗津海岸影響探討

陳蔚瑋[1]　張憲國[1]　鄭智文[2]　李世昌[2]　劉勁成[1]　孫君偉[3]

[1]國立陽明交通大學土木工程學系
[2]臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司
[3]台灣世曦工程顧問(股)公司港灣工程部

主題: D 港灣與海域工程

通訊作者：陳蔚瑋

E-mail: w2c@nycu.edu.tw

Tel: 0920776604

摘要

高雄港洲際貨櫃中心的外廓於民國 105 年初完成，雖然已透過海岸地形水深測量，分析海岸地形水深變化，以維護高雄港周圍海岸地形水深不致產生劇烈變化。但是洲際貨櫃中心是否影響附近灘線變化是值得研究。本研究主要以長期多張衛星影像所擷取接近於平均水位的灘線變化，透過前後期統計分析法及 Wilcoxon 符號等級(signed-rank) 檢定，探討高雄港洲際貨櫃中心結構物對旗津海岸灘線影響。分析結果證實洲際貨櫃中心結構物對旗津海岸灘線並不顯著。

關鍵詞：影像處理、灘線變遷、後期統計法、Wilcoxon 符號等級檢定

一、研究目的

高雄港港務公司依據環境影響評估報告書的審查，雖然已於洲際貨櫃中心完成後，進行「高雄港外海海岸地形水深測量工作暨因應對策研擬計畫」，了解開發對海岸地形水深造成之影響，及工程開發現況與洲際貨櫃中心計畫環境影響評估，隨時掌握海岸地形水深變化情況，供工程施工單位參考及作業方式調整，以維護高雄港周圍海岸地形水深不致產生劇烈變化。本研究主要以長期多張衛星影像所擷取接近於平均水位的灘線變化，探討高雄港洲際貨櫃中心結構物對旗津海岸灘線影響。

二、研究方法

2.1 灘線斜率分析

SPOT 系列衛星在計畫區 2004 年至 2022 年的影像資料爬梳結果。圖 1 中橫軸為時間，縱軸為各幅影像遙測影像拍攝時所對應的潮位，紅色虛線區間為所設定的目標潮位差範圍，其中再排除資訊不完整與受雲層影響的影像，即可快速歸納出可用的影像，在資料量充足的情況下本技術可配合推算與實測潮位資料來快速找到近似海況條件與目標季節的影像來進行分析。透過上述評估原則與技術，工作團隊為排除季節性因素與海況的影響，盡可能選用每年冬季季風作用後至颱風季前的時期(每年 3～4 月)的合適之影像進行灘線長期變遷分析。

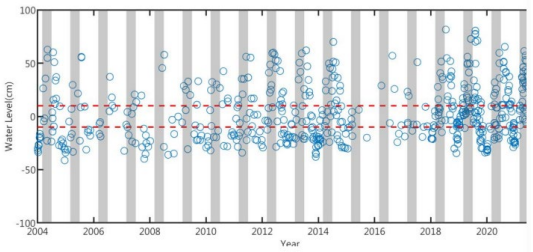


圖 1 遙測影像與相對應潮位分析

2.2 前後期統計

為探討洲際貨櫃中心的結構物對附近灘線變遷的影響，主要考慮海 岸防護的海岸侵蝕係以灘線變

遷速率當為防護等級分類的依據，而分析 影響附近灘線的程度，就須分析洲際貨櫃中心的結構物建構前後的灘線 變遷速率是否有明顯的改變。此問題在統計上屬於前後期(pre&post)的 統計問題。本計畫參考 Estrada et al. (2020)的前後期統計方法。

2.3 Wilcoxon 符號等級檢定

Wilcoxon 符號等級檢定由美國統計學家 FrankWilcoxon 所提出的無母數方法中的符號等級。此理論適用於樣本個數不多，且樣本為兩兩成對的兩組資料，檢定兩組樣本的母體中位數是否相同，檢定流程為可先計算資料中兩兩成對樣本的差值(前後資料相減)，再以此差值值資料檢定其母體中位數是否大於、小於或等於某一特定數值。當樣本數夠大時(一般的樣本個數≧30 情況)，亦可使用(成對)雙樣本平均數差值 t 檢定(Two-sample t-test for paired data)檢定二樣本群的平均數差。Wilcoxon 符號等級的理論可參考 Hogg et al. (2015)。

三、初步結果

將先擷取影像所得中區灘線等間距 100 公尺分成 73 個斷面，斷面編號自北至南編號 1 至 73，而以義竹街的斷面 45 為海岸的分界點，即斷面 1 至 45 為北段，而斷面 46 至 73 為南段。因為洲際貨櫃中心的外廓於民國 105 年初完成，因此將自 2004 年至 2022 年，分 93 年至 104 年為前期資料，而 105 年至 111 年為後期資料。因南側部分斷面位於離岸堤後灘線已接近於離岸堤，或海堤前已無沙灘，影像的水線因為當時潮位高低不同，擷取的水線位置有所不同，此時利用潮位也無法修正至平均潮位的灘線，因此分析的北段斷面共有 41 個，而南段只剩下 11 個，總共 52 個。圖 2 為旗津海岸 73 個斷面早期及後期灘線變化率。

由圖 2 藍色圓圈的早期灘線變化率可知，少數斷面的灘線變化率是正的且不大外，大部分的早期灘線變化率是負值，代表侵蝕的情況。至於圖 2 紅色十字的後期灘線變化率可知，少數斷面的灘線變化率反而是負的且不低外，大部分的後期灘線變化率是正的，說明後期灘線是淤積的，尤其斷面 4 的灘線變化率幾乎 12.5 m/year ，前期的變化率僅為 3.3m/year，此斷面即為高雄市政府旗津防護計畫中人工岬灣防護工的北側離岸堤後，灘線已接近於離岸堤幾乎形成繫岸沙洲(tombolo)。在斷面 36 的早期灘線變化率是-6.8 m/year 最低，後期灘線變化率增加至 4.8 m/year。在斷面 30 附近的早期灘線輕微侵蝕，約為-1.9m/year 至後期灘線變化率增加為 5.7 m/year，而在斷面 47 附近的早期灘線變化率如同斷面 30 附近的情況，約為-1.7 m/year，但後期灘線變化率增加為 5.6 m/year。

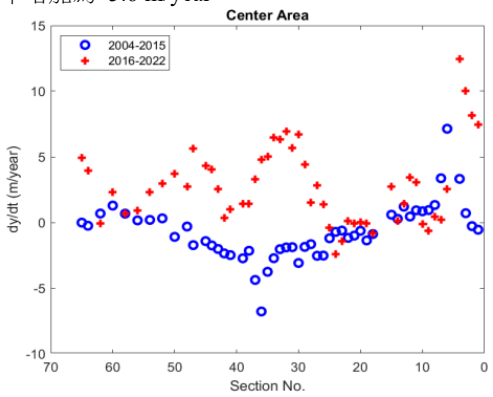


圖 2 旗津海岸 73 個斷面早期及後期灘線變化率

計算 52 個斷面早期及後期灘線變化率的 SID 及 RCI 指標結果示如圖 3。由圖 3 可知，所得斷面的 SID 及 RCI 指標相近，早期及後期灘線變化率的相關係數低且負相關，因此二者就會接近。另外，因北段及南段的前後期灘線變化率有侵淤的雙邊分布，RCI 在±1.96 內的百分比分別為 0.90 及 0.73，低於 95%。由此結果可知，北段及南段的前後期灘線變化率的差值並 95%的信心水準未達顯著差值。

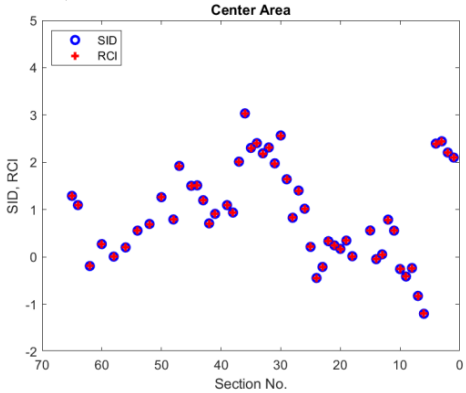


圖 3 旗津海岸 73 個斷面早期及後期灘線變化率

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

深度強化學習方法 DDPG 於自主水下載具深度追蹤之研究

莊博丞　林宇衡　余昭明

國立成功大學系統及船舶機電工程學系

主題: D 港灣嶼海域工程

國科會計畫： NSTC 111-2628-E-006-005-MY3

通訊作者：林宇衡

E-mail:vyhlin@mail.ncku.edu.tw

Tel:06-2757575 **ext. 63542**

摘要

本研究提出一 DRL 深度追蹤方法(DRL Depth Tracking Method, DDTM)，其基於深度確定性策略梯度（Deep Deterministic Policy Gradient, DDPG）演算法應用於自主水下載具（Autonomous Underwater Vehicle, AUV）追蹤目標深度之任務，並且進行訓練模擬環境建置與驗證實驗。研究中以 Fossen 提出的六自由度運動模型，建構 AUV 操作及 DDTM 互動之訓練模擬環境。通過該模擬環境進行大量訓練，使 DDTM 具備操控 AUV 追蹤目標深度之策略與控制能力。本研究提出之 DDTM 能快速操控 AUV 至目標深度，並使 AUV 穩定潛航於目標深度。經多組目標深度追蹤控制實驗數據與性能分析結果發現，自主水下載具潛航任務應用 DDTM 時，系統具有高度穩定性與重現性。

關鍵詞：自主水下載具、深度強化學習、DDPG、深度追蹤

一、 研究目的

自主水下載具（AUV）因其獨立操作能力和自主運動性而受到廣泛關注。然而，AUV 的控制因其運動系統複雜性以及外在因素影響，所以控制方式變得複雜。

模糊控制系統提供了簡化系統模型的方法，作為基礎控制器，能夠符合 AUV 的操控需求。然而傳統控制器在設計上通常需要仰賴專業經驗，加上 AUV 非線性系統難以準確定義動力學模型。因此，許多研究引入智慧化方法，希望透過機器學習獲取更精確的控制策略。強化學習作為機器學習的一環，具有無需精確模型、處理不確定性的優點。通過試錯學習，使 AUV 能夠在不確定的環境中實現適應性控制，穩定執行任務。而深度強化學習則有著處理高維數據、連續動作空間和自主學習等優點，相較於傳統強化學習方法，更能提升 AUV 在複雜多變的水下環境中的自主性和效能。

本文基於深度確定性策略梯度演算法（DDPG）提出一深度追蹤方法(DDTM)。我們首先在模擬環境中學習控制策略，隨後將此策略應用於自主水下載具的追蹤目標深度任務，以實現在實際環境中對深度的準確控制。

二、研究方法

本文提出一 DRL 深度追蹤方法(DDTM)，以 DDPG 算法為基礎作為自主水下載具的控制系統。先以基於(Fossen & Fjellstad, 1995)提出之六自由度運動模型的 AUV 操作模擬系統，作為 DPPG Agent 的學習環境，訓練 DDPG 於模擬環境執行自主水下載具的追蹤目標深度任務，最後於實際實驗環境驗證 DDTM 的效果。

DDPG 是一種強化學習算法，它結合了 DQN 和 DPG，專門用於解決連續動作空間的控制問題，DDPG 算法的神經網路架構圖如圖 1 所示。DDPG 的神經網路更新公式如式(1)-(3):

1.更新策略網路(Actor Network):

使用梯度上升的方式更新策略網路的參數，以最大化期望累積回報：

$$\theta_\pi = \theta_\pi + \alpha * \nabla_{\theta_\pi} Q(s, a|\theta_\pi) \quad (1)$$

其中，θ_π是策略網路的參數，α是策略網路的學習率，$Q(s, a|\theta_\pi)$是評價網路（Critic Network）根據當前狀態 s 和動作a 預測的累積回報。

2.更新評價網路(Critic Network):

使用 Bellman 方程的 TD 誤差（Temporal Difference Error）來更新評估網路的參數：

$$\theta_Q = \theta_Q + \beta * \nabla_{\theta_Q} \left(y - Q(s, a|\theta_Q)\right)^2 \quad (2)$$

$$y = r + \gamma * Q\left(s', \pi(s'|\theta_\pi)|\theta_Q\right) \quad (3)$$

其中，θ_Q是評價網路的參數，β是評價網路的學習率，y是目標值，r 是即時獎勵值，γ 是折扣因子，s' 是下一個狀態，$\pi(s'|\theta_\pi)$ 是根據策略網路生成的動作。目標值是當前的即時獎勵加上乘上折扣因子的未來預期獎勵值所計算出的，這個過程可看作是一種基於 Q-learning 的方法，即通過估計下一個狀態的最大累積獎勵來更新評價網路。

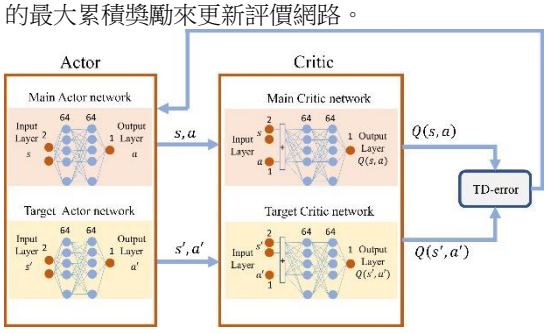
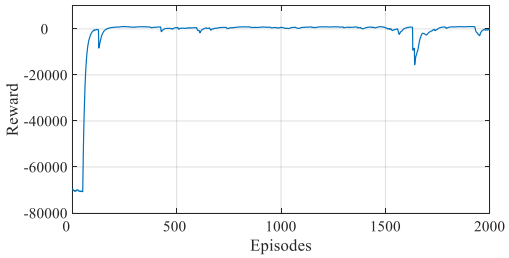


圖 1 DDPG 神經網路架構圖

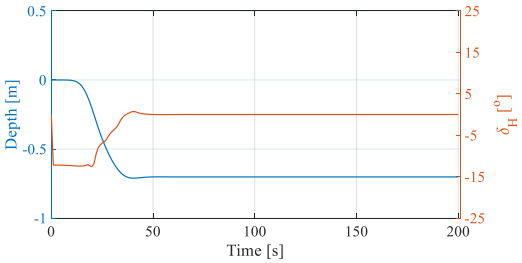
最後，本文將在模擬環境學習完畢的 DDPG 模型，應用於本實驗室所開發的自主水下載具，最終於實際水下實驗環境測試 DDTM 追蹤目標深度的成果。

三、初步結果

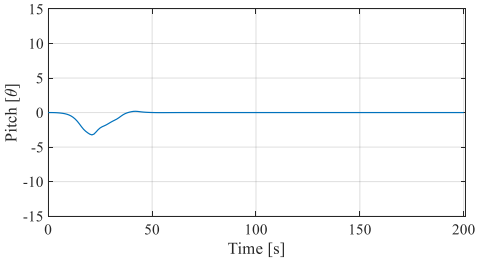
本文於國立成功大學系統及船舶機電工程學系拖航水槽進行追蹤目標深度實驗，測試 DDTM 在真實環境下的控制能力。於實際環境進行實驗前，先於 AUV 操作模擬系統對所訓練的深度強化學習模型進行測試，模擬環境訓練以及測試之數據結果如圖 2(a)-(c)所示。



(a)



(b)



(c)

圖 2 DDTM 於模擬環境訓練及測試之結果
(a)訓練過程獎勵值變化圖 ；(b)測試之深度及水平舵角控制角度關係圖 ；(c)測試之縱搖角時序圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

船舶平靠繫泊斷纜之預警及分析

戴紹捷[1] 許文陽[2] 楊瑞源[3]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系 碩士生
[2]工研院綠能所海洋地質與能源研究室 資深工程師
[3]國立成功大學水利及海洋工程學系 教授

主題: D 港灣與海域工程

通訊作者：戴紹捷

E-mail:jmmy.9999@gmail.com

Tel:0976920915

摘要

台灣由於地理位置及位處亞熱帶氣候，每年夏秋之際侵襲台灣的颱風，其瞬間強風將對港口中繫泊之船舶造成危害，對於停靠在港內之船隻將造成劇烈的搖晃。其伴隨極端的海象條件(海流、波浪)也提升港口維護船舶停靠繫泊的困難。並且在極端氣候條件下，船舶繫泊可能產生斷纜的機會將會大幅提升。

透過分析繫纜張力、船體二維運動軌跡及不同的季節條件下的高雄港波浪條件，去建立一套纜繩選定、預警標準應用及繫纜方法選定之方法，除減少船舶斷纜意外及降低極端質纜繩張力之產生，進一步可作為港口應對極端氣象、海象時的安全維護標準之參考。

關鍵詞：船舶斷纜、平靠繫泊、颱風波浪、季風波浪、施工運維、港口安全

一、研究目的

由於台灣每年深受颱風侵襲，颱風所帶來的強陣風及惡劣海象，對港內停靠之船舶帶來劇烈搖晃，連帶產生多起斷纜事件，纜繩斷纜後可能造成船體碰撞、碼頭設備受損以及人員傷亡等問題。近 10 年來分別又以蘇迪勒(2015)、莫蘭蒂(2016)及杜蘇芮颱風(2023)，造成許多嚴重的斷纜事件。

在過去的研究中，何秉鈞(2022)提出基隆港斷纜之分析，除了颱風的強陣風會引發斷纜事件外，與船艏船艉同向的風會牽引較少的纜繩，造成極端張力的產生並發生斷纜。因此本文將參考港研中心(2019)所提出船舶斷纜預警系統作為結果討論的檢核，並在過往的繫纜方式研擬上進行改良，針對實際繫泊上給定纜繩的預張力進行分析。

二、研究方法

本研究將進行船舶靠岸繫纜時，測試不同纜繩的安裝角度，對於纜繩張力及船舶自身運動有何改變。

研究方法採用 Orcaflex 進行基礎建模及繫纜安裝模擬，接著在 Orcaflex 中進行時域動態分析，分成三階段先別對貨櫃輪及油輪進行動態張力分析，使纜繩避免極端張力產生，決定繫纜方式；接續進行規則波多組試次測驗，使用交通部港研中心的船舶斷纜預警系統，統計在各風波條件下，在甚麼樣的風向會有最多的斷纜事件發生；最後會蒐集高雄港的浮標資料，針對不同季節不同海象的情況下，使用不同的繫纜方式來穩定船體的運動。

三、初步結果

3.1 船舶繫泊設計

本文研究之船型包括：103 米之貨櫃輪(OrcaFlex 標準船)、253 米之油輪(DyneTanker)。船舶示意圖如圖 1，相關參數如表 1。

表 1 船舶參數

	貨櫃輪	油輪
船長	103m	253 m
船寬	16 m	38.33 m
船高	15.6 m	19 m
吃水深	6 m	6 m
重量	8,800 ton	113,800 ton

3.2 船舶繫纜設計

本研究採用 Orcaflex 進行繫纜設計，確認繫纜於不同風波條件下不會失效。油輪及貨櫃輪皆使用八條繫纜，油輪的艏纜分別為 Line1、Line2，橫纜為 Line3、Line4、Line5、Line6，艉纜為 Line7、Line8，纜繩直徑為 0.115m；貨櫃輪的艏纜分別為 Line1、Line2，橫纜為 Line3、Line6，倒纜為 Line4、Line5，艉纜為 Line7、Line8，纜繩直徑為 0.19m，選用的繫纜材質為 polyester，詳細繫纜配置如圖 2、圖 3，相關參數如表 2。

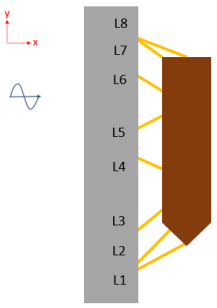


圖 2 貨櫃輪繫纜配置圖

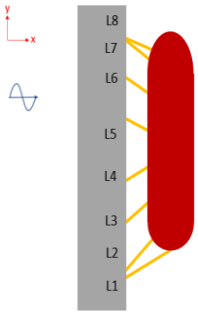


圖 3 油輪繫纜配置圖

表 2 繫纜參數

	貨櫃輪		油輪	
繫纜編號	L1~L8		L1~L8	
繫纜材質	聚酯纖維八瓣編織			
繫纜直徑	0.115 m		0.19 m	
繫纜長度	L1	28 m	L1	30 m
	L2	36 m	L2	50 m
	L3~L6	16 m	L3~L6	20 m
	L7	28 m	L7	30 m
	L8	30 m	L8	50 m
最小破斷力	2254 kN		6153 kN	

3.3 設定不同纜繩預張力

本研究藉由設定不同纜繩預張力的方式分析是否有極端張力的產生，研究結果如圖 4、圖 5。

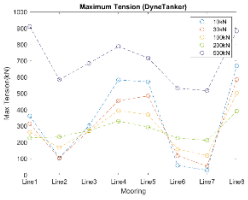


圖 4 油輪張力最大值

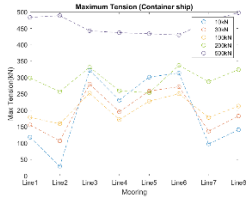


圖 5 貨櫃輪張力最大值

由圖 4、圖 5 得知，油輪跟貨櫃輪可以分別在在預張力為 200kN 及 100kN 的條件下擁有最好的張力分布及標準差。並且可以看出因著船重的不同若是使用過大的預張力，雖然相較不會有極端張力的產生，但同時會使繫纜產生過大之張力。

3.4 預警系統套用及分析

藉由港研中心(2019)所擬定之斷纜預警系統的基礎下去進行多組風波條件的測試，式次如表 3，共進行 200 組。

表 3 規則風波式次

風速(m/s)	風向(°)	波高(m)	週期(s)
1/11/26/40	0/45/90/135/ 180/225/270/315	0.01	2
		0.05	5
		0.10	8
		0.50	10
		1.00	12

在此次數值模擬的情況，本文採取超過 0.3 倍繫纜最小破斷力為超過預警事件之產生，由圖 6、圖 7 得知，在風向為離岸風(意即 0 到 90 度及 270 度到 360 度)為張力達到預警之範圍。

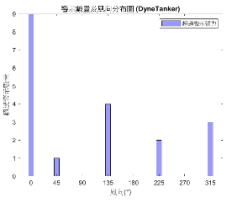


圖 6 油輪預警數量圖

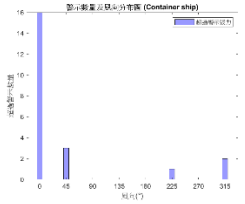


圖 7 貨櫃輪預警數量圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

彰化風場航道船舶交通流量分析

黃茂信[1]　李政達[1]　曹勝傑[1]陳智恆[1]

[1]交通部運輸研究所運輸技術研究中心

主題: D.港灣與海域工程

通訊作者：黃茂信

E-mail: max@mail.ihmt.gov.tw

Tel: 04-26587120

摘要

運輸研究所自 108 年 6 月起介接交通部航港局之船舶自動識別系統(Automatic Identification System, AIS)之船舶動態資訊，運用資訊整合等研究方法進行蒐集船舶動態資料，分析與統計臺灣海域的船舶交通流量與航線軌跡的呈現。本研究針對彰化風場航道各類船舶往(來)及返(回)的交通流統計量與航跡密度分佈，探討區域性的交通流量分布情況，提供離岸風場航道船舶交通管理系統（VTS）中心或相關權責單位參考，藉以提供管理單位分散航線的規劃，減少海上航行碰撞事故發生可能的機率。

關鍵詞：船舶自動識別系統、離岸風場、彰化風場航道、交通流量

一、研究目的

經濟部能源局 104 年 7 月 2 日公告「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」，公開 36 處潛力場址基本資料與既有海域資料，分布於臺灣西部沿海，其中尤以彰化外海擁有最大離岸風能資源。本所自 108 年 6 月起介接交通部航港局之船舶自動識別系統之船舶動態資訊，運用資訊整合等研究方法進行蒐集船舶動態資料，分析與統計臺灣海域的船舶交通流量與航線軌跡的呈現。

交通部航港局為提升船舶航行安全，減少海難發生，強化海難救助，監控臺灣海域交通流，以利持續評估航行風險並規劃或調整航標與航路系統之設置，於 2018 年底完成以全國燈塔地點為基礎，建置自動識別系統(Automatic Identification System , AIS)，藉由與鄰近船舶、AIS 岸臺、以及衛星等設備交換電子資料，除了可以將 AIS 資料供應到海事雷達，以優先避免在海上交通發生碰撞事故，亦可廣播海象資料、危險警示區，供船舶接收，增進航行安全。

本研究為有效提升船舶於海上航行的安全，以及強化我國航安技術發展，利用航港局船舶自動識別系統之船舶航行資料進行加值應用分析，以強化我國港口服務及船舶監控預警之技術發展，期能達成運輸科技深入智慧化航運的目標，以提供航港局及港務公司做為海上交通管理、離岸風電場域劃設評估及港區營運管理應用之參據。

二、研究方法

本所於 108 年起申請介接航港局 AIS 資料，用以作為臺灣周邊海域交通量分析等研究。AIS 介接之資料形態主要有三：(1)RAW DATA，主要作為改善 AIS 全解碼效能之研究與系統規劃；(2)即時資訊，保留單一船舶 AIS 訊息最後一筆資料，以作為系統網頁上船舶顯示之用；(3)AIS 全資料，儲存來自航港局提供之所有船舶資訊，建置一完善地船舶軌跡訊息。

AIS 資料蒐集到的訊息主要為單一船舶在現下時間所傳出的單一座標位置的資訊，在地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）上雖也提供

資料形態為座標點的運用，但藉此以產出的交通流量圖面訊息效果不盡理想有其局限性。

為獲取清晰、直觀且能較為輕易判讀的船舶交通流軌跡密度分布圖，需撰寫程式令原本每筆船舶單一座標位置點資訊的資料，透過彙整轉換使得同一艘船舶之各點位資料儲存在同一筆資料內，紀錄成地理資訊系統使用的地理空間資料格式。

三、初步結果

於 QGIS 上進行船舶航跡密度分析，除航跡密度圖色階設定值 alpha(透明度值，0 表透明即不顯示、255 表不透明即全顯示)的更動，可決定網格是否顯示外；然在不更動設定值下，統計資料數網格大小的決定亦會影響船舶航跡密度圖的產出結果。

在單位網格大小與航跡密度圖色階設定值兩項因素影響下，為取得可視性較佳的船舶航跡密度分布圖，透過改變航跡密度圖色階 alpha 設定值則可產出清晰簡明的航跡密度分布圖。以單位網格統計量網格設定值 10 公尺與 100 公尺為條件，比較兩者在不同規模區域範圍時的變化，如圖 1 所示。

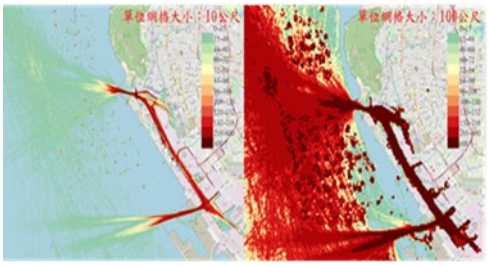


圖 1 不同網格大小之小範圍結果比較圖

交通部航港局配合經濟部在彰化外海規劃的離岸風電潛力場址，自 104 年起即陸續與航商及風電開發商協調彰化外海的船舶航行空間，在兼顧航行安全、航運發展及風場開發整體性的前提下，與經濟部能源局、航運與海事安全專家學者密集研議，參依國際間船舶交通密集水域之管理作法，建置離岸風場船舶交通服務中心(VTS)、規劃劃設彰化風場航道，並依船舶操作實務及海上避碰規則國際公約(COLREG)研訂航道航行指南，並於 110 年 4 月 26 日核定公告發布「彰化風場航道」及其航行指南，以維護彰化離岸風場海域的航行安全，並為離岸風電產業提供優質安全的經營環境。

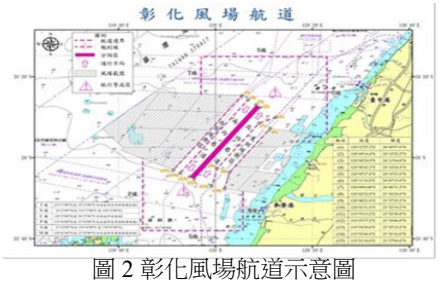


圖 2 彰化風場航道示意圖

針對彰化風場航道之重要性，本研究進行對該區域船舶交通流航跡密度分布的觀察，以瞭解實施彰化風場航道管制前後的變化。每年有近 3 萬艘次的船舶航經彰化離岸風場海域，圖 3 為彰化風場航道船舶交通流航跡密度分布圖，分析資料時間區間為 2021 年密度色調式樣色階設定值參照圖右側所示，透過交通流分析圖，可清楚看見於彰化風場航道船舶數量明顯增加，進出臺中港船舶數亦同明顯增加，伴隨潛在風險性亦提高。

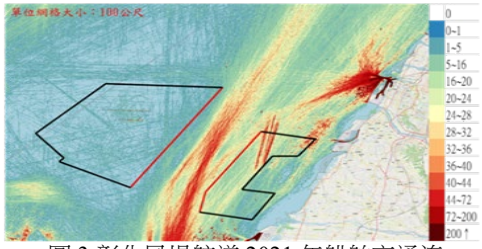


圖 3 彰化風場航道 2021 年船舶交通流

圖 4 為「彰化風場航道」及其航行指南實施後，該區之船舶交通流航跡密度分布圖。整體而言，主要船舶皆已遵守該航行指南，但部分漁船仍無視航道規定，依舊進入航道內捕魚，目前航港局也還沒有強硬執法，只能反覆勸導進入航道的漁船。隨著疫情解封，後續隨開發商陸續進場施工，該區船舶數將明顯增加，伴隨潛在風險性亦提高建議權責單位後續要有效即時監控船舶動態，引導船舶安全有序地通過航道之能力，以利確保離岸風電與航行安全共存。

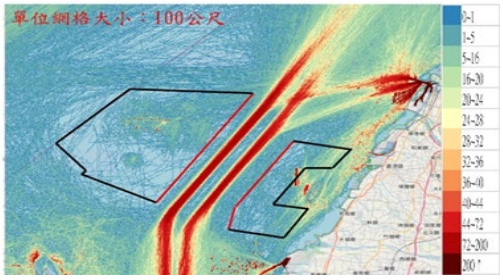


圖 4 彰化風場航道 2022 年船舶交通流

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

Effects of stepped bottom and porous bed on the efficiency of oscillating water column device

T.-M. Chih[1], H. Behera[1,2], C.-C. Tsai[1]

[1]Center of Excellence for Ocean Engineering, National Taiwan Ocean University, Keelung 202301, Taiwan.
[2]Department of Mathematics, SRM Institute of Science and Technology, Kattankulathur 603 203, Tamil Nadu, India.

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：C.-C. Tsai

E-mail: cctsai@mail.ntou.edu.tw

Tel: 02-24622192 ext.6905 and 1234

Abstract

This study focuses on the impact of a rigid stepped bottom and porous bed on the performance of an oscillating water column (OWC) device under the assumption of the linearized water wave theory. The relevant boundary conditions are employed to calculate the unknown velocity potentials in each region of the fluid domain. To determine the unknown coefficients associated with these velocity potentials, we employ the eigenfunction expansion technique. The effect of the porous bed on the efficiency of the water column device is analyzed. The present study reveals that the optimal values for the barrier length, the parameter associated with the rigid stepped bottom and the porous effect parameter enhance the efficiency of the water column device.

Keywords: Oscillating water column device, Extraction of wave energy, Porous bed, Step type bottom, Eigenfunction expansion method.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

Simulating Internal Waves by Using Reduced Gravity Method

Quoc Hiep Tong[1] Tso-Ren Wu[1]

[1]Institute of Hydrological and Oceanic Science, National Central University

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：Quoc Hiep Tong

E-mail: tquochiep@gmail.

Tel: 0902-247-451

Abstract

The study focused on the simulation ability of internal waves in stratified fluids using the reduced gravity method. The assumption suggested that internal waves occur in two-layer stratified fluids with density differences, which can be simulated as a one-layer system by providing reduced gravity based on the density gradient. To validate this assumption, the research made a comparison between a two-layer system and a one-layer system simulation. By using an internal dam break and internal solitary waves simulation, the two-phase flow model TRUCHAS and COMCOT (Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model) were employed. Two cases of solitary wave are simulated for the model validation. The results were compared with both analytical solutions and laboratory experiment data. To evaluate the result, Root-Mean-Square Error has been used to compare between simulations. In the dam break simulation, performed at various resolutions, it was observed that the interface oscillations were nearly identical between the two-layer simulation and the reduced gravity simulation with one layer. For the internal solitary wave simulation, a remarkable agreement was achieved between the analytical and numerical results, with an RMSE value as low as 0.000185. This study confirmed that the application of the reduced gravity method enabled the successful simulation of internal waves, facilitating a transition from a two-layer model to a one-layer model. These findings confirm the efficacy of the reduced gravity method for the study of internal waves.

關鍵詞：CFD, TRUCHAS, COMCOT, internal waves simulation, reduced gravity method.

1 Introduction

Internal waves are waves occurring in stratified fluids and in water which consist of layers of different densities, which can be recognized based on temperature, salinity, current fluctuations, or via phenomena. Despite internal wave recognition in the ocean since the early 1900s, capturing internal waves in both spatial and temporal dimensions remains challenging. Many studies employed numerical modeling to simulate the intricate characteristics of internal waves. However, such simulations are still facing difficulty due to the inherent complexity of internal wave dynamics. In this paper, the

study tried to simplify internal wave simulations by turning the simulation from a two-layer fluid system to a one-layer fluid system by using the reduced gravity method. Furthermore, the results were applied to study the internal wave phenomena.

2 Methodology

2.1 Reduced gravity method

The reduced gravity approximation assumes below a certain depth, the ocean is at rest and has a constant density or temperature. Applying that assumption, given that in the stratified fluid 2 layers with density $\rho 1$ greater than $\rho 2$, the gravity of 2 stratified fluids was reduced with $g' = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1}$. The momentum and continuity equations of the reduced gravity model can be described as

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + hu\frac{\partial u}{\partial x} + hv\frac{\partial u}{\partial y} + u\frac{\partial hu}{\partial x} + u\frac{\partial hv}{\partial y} + fhu = -g'h\frac{\partial \eta}{\partial x} + a_h\left(\frac{\partial^2 hu}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 hu}{\partial y^2}\right) - R\frac{hu}{h_0}$$

$$\frac{\partial hv}{\partial t} + hu\frac{\partial v}{\partial x} + hv\frac{\partial v}{\partial y} + v\frac{\partial hu}{\partial x} + v\frac{\partial hv}{\partial y} + +fhu = -g'h\frac{\partial \eta}{\partial y} + a_h\left(\frac{\partial^2 hv}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 hv}{\partial y^2}\right) - R\frac{hv}{h_0}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = -w$$

where x and y are the zonal and meridional coordinates, respectively; u and y are the horizontal velocity components in the x and y directions, respectively; f is the Coriolis parameter; V is the angular frequency of Earth's rotation; u is latitude; R/h_0 is the bottom friction coefficient; and a_h is the horizontal momentum viscosity.

2.2 Numerical modeling and validation

The study used the two-phase model TRUCHAS using the flow algorithm to solve equations of conservation of mass and momentum. Besides, In COMCOT, nonlinear shallow water equations are implemented. The validation is based on the comparison in 3 stages: (i) Internal dam break simulation both in a two-layer system and a one-layer system; (ii) Solitary wave simulation in a two-layer system and one-layer system; (iii) Solitary wave simulation by the Synolakis experiment. The results are compared with both analytical solutions and laboratory experiment data.

3 Preliminary results

The similarity in interface oscillations between the two-layer simulation and the reduced gravity simulation with one layer was proven. In the case of the internal solitary wave simulation, there was an impressive level of agreement between the analytical and numerical outcomes, with an exceptionally low RMSE value of 0.000185.

3.1 Internal dam break cases simulation

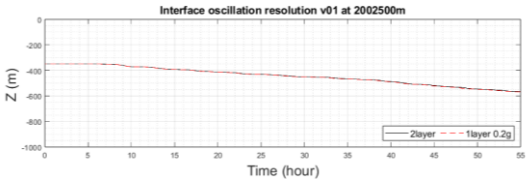


Figure 1 the interface oscillation at one of five wave gauges in the internal dam break simulation

3.2 Internal solitary wave simulation comparison

In case 1 of solitary generation in two-layer fluid system simulation, the wave profile almost captured the same pattern

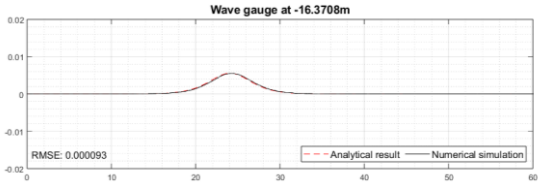


Figure 2 Solitary wave simulation comparison between numerical and analytical results of one-layer simulation

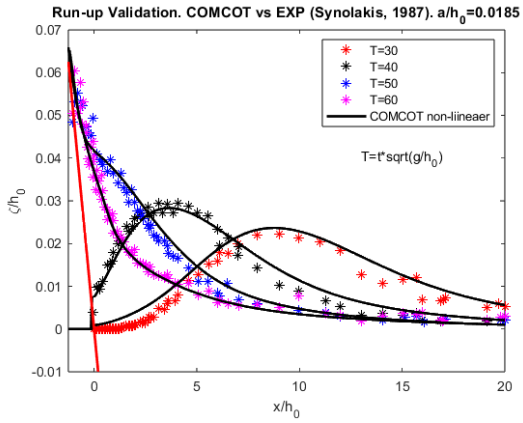


Figure 2 Solitary wave comparison between numerical results and Synolakis experiments

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

A numerical study of plunging breakers in the nearshore area under the influence of wind

Nhat-Minh Truong[1,*], Tso-Ren Wu[1,2,3], Chia-Ren Chu[2], Chung-Ye Wang[2]

[1]Graduate Institute of Hydrological and Oceanic Sciences, National Central University, Taoyuan, Taiwan
[2]Department of Civil Engineering, National Central University, Taoyuan, Taiwan
[3]Earthquake-Disaster & Risk Evaluation and Management Center, National Central University, Taoyuan, Taiwan

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：Nhat-Minh Truong

E-mail: nhatb1404563@gmail.com

Tel: 0978 345 571

Abstract

This study aims to understand the role of wind effects on developing plunging waves in the nearshore region, especially surfing waves. This study has three types of wind: onshore, offshore, and no wind. This study uses the Navier-Stokes Equation associated with Large Eddy Simulation (LES) to simulate and analyze the flow field. The Volume-of-Fluid function (VOF) has been adopted to track the air and water interface. Two cases of numerical experiments, including regular waves and solitary waves, are conducted and show good agreement with the laboratory experiments. After the validation, this study extensively explores the roles of wind speeds and wind directions over the breaking waves. Hydrodynamic processes of breaking waves under wind-forced conditions have been systematically analyzed and discussed. From numerical results, the onshore wind significantly influences the breaking waves regarding temporal and spatial distribution. With increasing onshore wind speed, the time for wave breaking occurs earlier, and the location of breaking waves shifts farther from the coastline. As the offshore wind speed increases, the time for breaking is slower than in the case of no wind speed, and the location of breaking waves is closer to the coastline. In addition, wind impacts the airflow structure above the breaking waves, generating stronger vorticity and Reynolds shear stress.

Keywords: plunging waves, breaking waves, wind effects, LES, VOF, internal-source wavemaker.

1. Introduction

Wind-wave interactions are complex phenomena that involve many physical processes, such as airflow separation, wave breaking, and turbulence [1]–[3]. While field observations and laboratory experiments have provided valuable insights into these processes, they also have drawbacks. These include difficulties and costs of scaling up and down, changing parameters to match real-world conditions, and obtaining comprehensive temporal and geometrical details in field cases. Notably, there is a significant gap in the literature regarding the impacts of offshore wind on breaking waves, requiring further investigation of the effects of different wind directions and speeds. Previous studies have mainly focused on cases where wind and waves are aligned and overlooked others where wind and waves are opposed. Therefore, there is a need for a more sophisticated numerical model that can capture the

physical processes involved in the aligned wind and opposing wind-wave interaction and provide more accurate and comprehensive results. This study aims to understand the complex physical processes involved in wind-wave interaction in the nearshore region. To achieve this, we employ an in-house Large Eddy Simulation model incorporated into the Navier-Stokes equation to simulate both wind and waves in the numerical domain. The VOF method indicates and locates the air-water interface and considers the volume fractions of different fluids as one effective fluid, enabling the single LES model to address turbulence in two fluids. We will discuss the evolution of these instantaneous wave propagation, velocity, pressure, and vorticity fields. In addition, we will apply Reynolds decomposition and triple decomposition to analyze the turbulent fluctuations in velocity and pressure, which will provide insight into this topic.

2. Numerical method

The numerical model employed in this study is governed by the three-dimensional continuity and Navier-Stokes equations, which can be mathematically represented in the vector form as [4], [5]:

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho\bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\bar{u}_i\bar{u}_j)}{\partial x_j} = \frac{-\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial \rho}{\partial x_j}\left[\vartheta_{eff}\left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i}\right)\right] + \rho g_i \quad (2)$$

where the subscription *i, j = 1, 2, 3* represent the *x, y, z* dimensions, respectively; *P* and *u* are pressure and velocity; The over-bar represents the spatially filtered value; ρ is the fluid density; g is the gravitational acceleration and ϑ_{eff} is effective kinematic viscosity, $\vartheta_{eff} = \vartheta + \vartheta_{SGS}$, in which ϑ is kinematic viscosity and ϑ_{SGS} is the sub-grid-scale eddy viscosity and is treated by the model of Smagorinsky [6].

$$\vartheta_{SGS} = l_S^2\bar{S} = (C_s\Delta_S)^2\sqrt{2 * \overline{S_{ij}S_{ij}}} \quad (3)$$

where Δ_S is the characteristic size of the spatial filter with $\Delta_S = \left(\Delta_x\Delta_y\Delta_Z\right)^{\frac{1}{3}}$ in which Δ_x, Δ_y, Δ_z are three parts of the grid lengths; C_s is the Smagorinsky coefficient; S_{ij} is the filtered rate of strain tensor with $S_{ij} = \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)/2$. The air-water interface is resolved using the volume of fluid method (VOF). The governing equation for fluid transport is given by equation (4) and can be found in reference [4]. Mathematically, this can be expressed as:

$$\frac{\partial f_m}{\partial t} + \frac{\partial f_m u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (4)$$

where f_m is the volume fraction of water in a cell is determined by whether that volume is occupied by water or air.

3. Results

This section extensively explores the role of wind speeds and directions over breaking water waves in the nearshore area. The second-order Stokes waves are generated to consider the wind effects on waves. Some parameters of the second-order Stokes waves are wave height of 0.07 m, water depth of 0.4 m, wavelength of 2.612 m, wave period of 1.5 sec, and wave number of 2.402. Case A0 represents the absence of wind, while cases A1, A2, and A3 correspond to the onshore wind conditions with speeds of 5, 9.9, and 14.85 m/s. On the other hand, cases B1, B2, and B3 denote opposing or offshore wind conditions, onshore wind conditions with speeds of -5, -9.9, and -14.85 m/s, respectively.

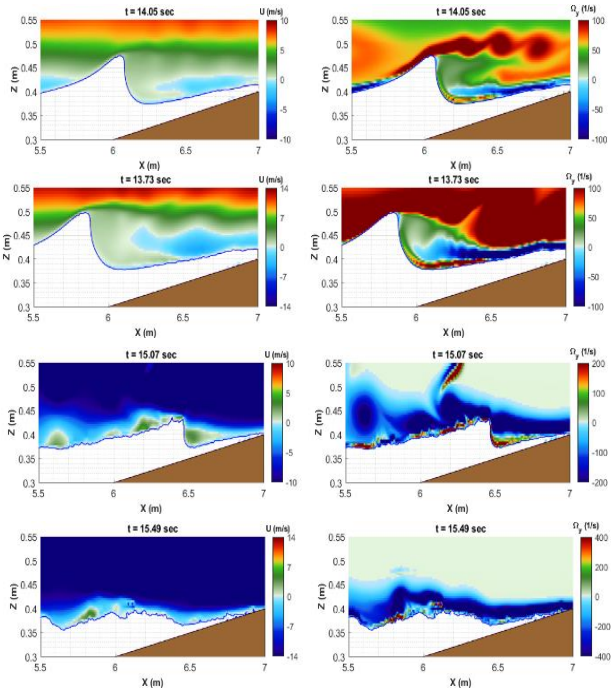


Figure 1 shows the instantaneous velocity (left column) and vorticity fields (right column) for breaking waves under wind-forced conditions. Generally, the onshore wind passing breaking crest generates airflow separation in the leeward side and grows up free-surface elevations with increasing wind speeds. Conversely, offshore wind impacts breaking waves significantly. It attenuates the free-surface elevation and generates stronger vortices near the surface waves.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

An Approach to Realistic Parameterization (REP) Model of Pressure and Wind Fields of Typhoon Around Taiwan

Satriana Roguna[1] Tso-Ren Wu[1]

[1] Graduate Institute of Hydrological and Oceanic Sciences, National Central University, Taiwan

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展
國科會計畫： -
通訊作者：Tso-Ren Wu
E-mail: tsoren@g.ncu.edu.tw

Abstract

In conventional Holland-type models, a typhoon or hurricane is modeled as a symmetric or quasi-symmetric vortex. These symmetric assumptions fit the observation well in deep-ocean areas or areas with flat topography. A tall mountain, however, will cause these models to produce significant errors. In this paper, we aim to create a new weather model for storm surge calculation while only the track and intensity are known for a tropical cyclone, and this model shall be able to present the terrain blockage effect. Because the wind velocity is much faster than the moving speed of the typhoon, the flow field soon transfers from a transition stage into a quasi-steady state. As a result, the weather field is primarily controlled by storm intensity and topography and has less effect from the storm trajectory. This paper presents a new statistical method for generating a realistic weather field based on the location and intensity of the typhoon. We adopted the ERA-5 reanalysis data from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) with total of 3200 data from 1981 to 2021. ERA-5 reanalysis data were validated against ground observation from Central Weather Bureau (CWB) in Taiwan, including pressure and wind speed gauge data. The storm surge was simulated using the COMCOT-SS model. The results were compared with the tidal gauge data from CWB as well. Excellent comparison results can be seen. After the validation, the ERA-5 data were used as the database to generate the weather field by providing the location and intensity of the typhoon.

1. Research Purpose

Typhoons are an annual threat in Taiwan. Besides bringing the torrential rain, typhoon cause storm surge and coastal inundation that can be a serious hazard. The ecosystems especially the coastal communities are mainly subjected to this kind of abnormal sea rise. The storm surge induced by typhoons on the coastal regions in Taiwan depends on the characteristics of the typhoon and the characteristics of the region itself. Different kinds of slopes surround the coastal region of Taiwan. The low elevation and gentler bathymetric slopes are along the southwest coast of Taiwan that mostly generate major flooding, whereas the steep-rocky bathymetric slopes are along the northeast coast of Taiwan which often generates the breaking waves and contribute to producing storm surge, and the eastern side of Taiwan has deep elevation of bathymetry .

To minimize the disaster of storm surges, the prediction and risk management of storm surges need to be improved. An accurate prediction of storm surge will

depend on two important parameters of typhoons, i.e. pressure and wind fields. These two parameters are the most variable factors and accuracy depends on the storm track and storm intensity. Parameterized models such as Holland (1980) and CWB models use idealized mathematical equations to describe the pressure and wind fields of typhoons, but the topography details are not considered especially when typhoons pass the Central mountain of Taiwan. Unrealistic results are obtained due to this issue.

2. Research Methods

This paper proposed a statistical method based on the location and intensity of the typhoon to generate a weather field around Taiwan during the typhoon. Data were extracted from the ERA-5 reanalysis data from European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and used to generate the database of weather forcing of typhoons such as minimum pressure and maximum wind speed, whereas the typhoon tracks consists of the location of typhoon center are obtained from Central Weather Bureau (CWB) in Taiwan. Thereafter, the model formula was constructed.

$$W_{temporary(i)} = W_{\left(\frac{1}{dP_i}\right)} * W_{\left(\frac{1}{dV_i}\right)} * W_{\left(\frac{1}{(dX_i)^2}\right)} * W_{\left(\frac{1}{dRadii_i}\right)}$$

$$W_{temporaty_total} = \sum_{i=1}^{n} W_{temporary(i)}$$

$$W_i = \frac{W_{temporary(i)}}{W_{temporaty_total}}$$

$$P_{realistic} = \frac{W_1}{W_Total} \cdot P_1 + \frac{W_2}{W_Total} \cdot P_2 + \frac{W_{...}}{W_Total} \cdot P_{...} + \frac{W_n}{W_Total} \cdot P_n$$

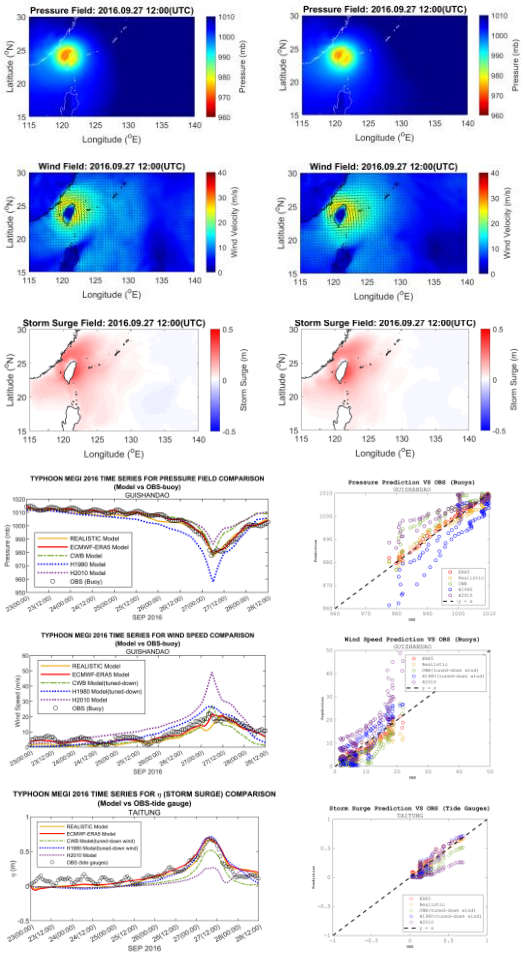
$$V_{realistic} = \frac{W_1}{W_Total} \cdot V_1 + \frac{W_2}{W_Total} \cdot V_2 + \frac{W_{...}}{W_Total} \cdot V_{...} + \frac{W_n}{W_Total} \cdot P_n$$

$P_1, P_2, \ldots, P_n$ are the pressure of historical typhoons, whereas $V_1, V_2, \ldots, V_n$ are the wind speed of historical typhoons. dX, dPmin, dVmax and dRMW are the difference between distance, minimum pressure, maximum wind speed, and radius of maximum wind speed from the historical case to the study case respectively. $P_{realistic}$ and $V_{realistic}$ are the pressure and wind speed of the statistical results respectively, which became the input data for COMCOT-SS simulation. The results were then compared to the parameterized models that have been simulated such as Holland (1980) and CWB models.

COMCOT-SS Governing Equations:

- $\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} = 0$
- $\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{P^2}{H}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{PQ}{H}\right) - fQ = -gH\frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{H}{\rho_\omega}\frac{\partial P_a}{\partial x} + \frac{T_{sx}}{\rho_\omega} - \frac{T_{bx}}{\rho_\omega} + A_h\left(\frac{d^2P}{dx2} + \frac{d^2P}{dy2}\right)$
- $\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{PQ}{H}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{Q2}{H}\right) - fP = -gH\frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{H}{\rho_\omega}\frac{\partial P_a}{\partial y} + \frac{T_{sy}}{\rho_\omega} - \frac{T_{by}}{\rho_\omega} + A_h\left(\frac{d^2Q}{dx2} + \frac{d^2Q}{dy2}\right)$

3. Preliminary Results



Pictures in the left side represent the results of ERA-5 model for pressure field, wind field, storm surge field and their validations to the observation respectively. Those REP model (right side) results turned out to approach the results of ERA-5, and resulting to give significant improvement, as compared to conventional parameterized models in those time-series comparison.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

Wave forces on two submerged horizontal porous plates over a pair of trench-type bottom topography

Sunita Choudhary[1], S. C. Martha[1]

[1]Department of Mathematics, Indian Institute of Technology Ropar, Rupnagar-140001, India

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：Sunita Choudhary

E-mail: sunita.19maz0003@iitrpr.ac.in

Abstract

Thin porous plates serve as an effective model for the construction of breakwater. Thus, in this paper, theproblem involving oblique water wave interaction by two non-uniform submerged horizontal porous plates in the presence of a pair of trenches is investigated. The flow past over porous structure is modelled based on Darcy's law. The advantage of the trench-type of bottom and horizontal plates are studied through the numerical results of forces on the plates. It is found that the physical parameters like submergence depth, porosity, length of plates and depth of trenches significantly help in yielding more dissipation and less force on the barriers. The study highlights that two submerged horizontal porous plates over uneven bottom topography will play a vital role in constructing an effective submerged breakwater which helps in reducing high wave impact on the seashore areas.

Keywords: Horizontal submerged porous plate, Pair of Trenches, Energy loss, Wave forces.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

Bragg scattering of flexural gravity waves by an array of bottom-standing partial porous barriers

Ayan Chanda[1], Trilochan Sahoo[1]

[1]Department of Ocean Engineering and Naval Architecture, IIT Kharagpur, 721302, India

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：Ayan Chanda

E-mail: ayanchanda2015@gmail.com

Abstract

Flexural-gravity wave scattering by an array of vertical porous barriers of various configurations is investigated in finite water depth. Four different arrangements of barrier configurations, namely, (a) convex, (b) concave, (c) monotonically decreasing and (d) monotonically increasing patterns, are considered. The mathematical model incorporates all the edge conditions on the plate-covered surface due to the presence of the barriers for the sake of mathematical consistency in the boundary value problem, which was not taken into account in the earlier research work. The conventional eigen-function expansion approach is used to solved the boundary value problem. This study shows that of these four barrier configurations, the convex and increasing order of the barrier arrangements are more effective as wave-dissipating systems than the concave and decreasing order of the barriers. Bragg reflection occurs in the case of two or more barriers for a specific value of porosity and suitable barrier configuration, whose amplitude decreases with an increase in the number of barriers due to the dissipation of wave energy. The multiple thin submerged barriers can amplify the amplitude of Bragg reflection, which can be mitigated with the inclusion of barrier porosity. The present study will be useful in mitigating wave-induced structural responses on very large floating structures during extreme events such as cyclones, in which the wind stress can be considered as the compressive stress.

Keywords: Wave-structure interactions, wave scattering, porous media.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

Flexural-gravity wave propagation over undulating bottom topography in the presence of shear current: an asymptotic approach

Koushik Kanti Barman[1],Ayan Chanda[2], Chia-Cheng Tsai[1,3]

[1]Center of Excellence for Ocean Engineering, National Taiwan Ocean University, Taiwan
[2]Department of Ocean Engineering and Naval architecture, Indian Institute of Technology Kharagpur, India
[3]Bachelor Degree Program in Ocean Engineering and Technology, National Taiwan Ocean University, Taiwan

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：Koushik Kanti Barman

E-mail: koushikkantibarman@gmail.com

Abstract

We present an asymptotic approach to solving the flexural-gravity wave scattering by undulatingbottom topography in the presence of shear currents. The interest in this problem lies in developingsecond-order solutions using the Fourier transform, which minimizes the error gap between first and second-order solutions. The method allows the physical processes involved in the sea-bed topography and plate-covered surface and wave interaction to be studied. In particular, we identify the existence of Bragg resonance between the flexural-gravity waves and the bottom ripples, which are associated with the reflection of incident wave energy. We consider the impacts of wave current, and we highlight the central role of the asymptotic expansion method in the evolution of the response of current. For Froude numbers valued at 0.8 or less, the effects of bottom topography on Bragg resonance dominate. The current shifts the frequency of the most reflected wave components, and wave action conservation results in amplified reflected wave energies for following currents. The theory developed in the frequency domain is illustrated in the time domain using discrete Fourier transform with the JONSWAP spectrum to analyze wave propagation through the whole system.

Keywords: ice sheet, shear current,variable bottom, asymptotic expansion.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

Power extraction by coupled oscillating water column device and piezoelectric plate

H. Behera[1,2], Chia-Cheng Tsai[1]

[1]Center of Excellence for Ocean Engineering, National Taiwan Ocean University, Keelung 202301, Taiwan.
[2]Department of Mathematics, SRM Institute of Science and Technology, Kattankulathur 603 203, Tamil Nadu, India

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：H. Behera

Abstract

This paper investigates the impact of a coupled oscillating water column (OWC) device and floating piezoelectric plate on wave energy extraction. The physical model is addressed using the eigenfunction expansion technique. For various wave conditions, the impact of the plate length, barrier height, and OWC chamber width on the effectiveness of wave power extraction is examined. According to the study, compared to that of an individual OWC or floating piezoelectric plate, the power extraction by the coupled floating piezoelectric plate and OWC device is noticeably higher. Moreover, the power extraction is more for a larger floating piezoelectric plate.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

毗鄰離岸堤後淤沙效能差異機制探討

莊文傑 [1]　林穎志 [2]

[1]交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
[2]經濟部水利署第六河川局正工程司

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：莊文傑

E-mail: jye@mail.ihmt.gov.tw

Tel: 04-26587185

摘要

本研究以布建在高雄二仁溪口南側茄萣海岸的離岸堤群為案例，擷取 Google Earth 歷史圖像，探討局部海岸區段內，造成毗鄰離岸堤後淤沙效能差異之主要原因與控制機制。經引用高雄旗津海岸施行人工灣澳保護工程所布建出水離岸堤及系列潛堤後的對應海灘變遷形態作為辨識模式，並透過對照比較，可確認，造成毗鄰離岸堤後淤沙效能差異之主要原因，應係離岸堤受波浪衝擊，促使堤體沉陷、坍塌，堤高產生差異變動，進而因出水高度不足，迫使堤後繞射波之造灣效應減弱，透射波之沖刷作用增強所致。

關鍵詞：離岸堤、潛堤、出水高度、波浪沖刷、淤沙效能

一、研究目的

離岸堤群(detached breakwaters)，係為座落在內灘中或碎波帶內，與海岸約呈平行的系列離岸防波堤，設置水深，一般在-5m 以內，為常用的海岸防護設施之一。通常之結構型式，大多為透水式之出水堤(高堤)與潛沒堤(低堤)。主要功能，在消減波浪對海灘之直接衝擊與沖刷，穩定近岸漂沙運移，促使漂沙在堤後堆積，進而藉防浪與定沙功能之發揮而安定海灘，並降低海堤之波浪溯昇與越波災害，常應用於海灘侵蝕防護與地形變遷控制及海岸環境營造。

依據一般之經驗法則，在沙質海灘上布建離岸堤群，通常可預期會因近岸波浪碎波的強勁沖刷作用而在堤後衍生「離岸堤效應」(莊，2020~2022)，並伴隨產生沙舌或繫岸沙洲形態的海灘。只是在國內外的諸多實際離岸堤群布建案例中，堤後海灘的淤沙效能，常不如預期；海灘重塑形態，即使在毗鄰的離岸堤間亦多有差異，如圖 1 所示。

圖 1 高雄茄萣 (上，2016)、日本益田(中，2019)及英國 Norfolk (下，2019)等國內外海岸布建離岸堤群後沙舌或繫岸沙洲之淤沙效能差異

鑑此，本研究將針對高雄海岸，檢選布建在二仁溪口南側茄萣海岸的離岸堤群為案例，探討同一局部海岸區段內，造成毗鄰離岸堤後淤沙效能差異之主要原因與控制機制。

二、研究方法

以往對於離岸堤群防浪與淤沙效能的檢討，普偏著重於離岸堤長與離岸距比值及堤間距之核驗，對於出水高度的影響，則常輕忽。因此，本研究首先將蒐集茄萣離岸堤群之原設計與現況配置之斷面尺寸與高程，接著，應用 Google Earth 歷史圖像，配合離岸堤後伴隨繞射波之強勁沖刷環流作用所衍生的「離岸堤效應」(莊，2020~2022)，檢視離岸堤群布建後之堤後淤沙形態變化與差異，再藉高雄旗津海岸施行人工灣澳保護工程所布建出水離岸堤及系列潛堤後的對應海灘變遷形態，如圖 2 所示，以其作為辨識基準，再透過對照比較，據以評估造成毗鄰離岸堤後淤沙效能差異之主要原因並確認其控制機制。

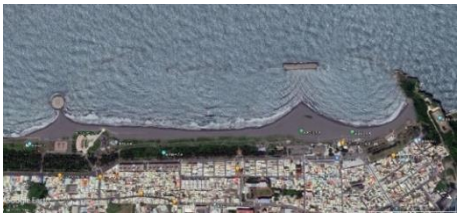


圖 2 高雄旗津海岸施行人工灣澳保護工程所布建出水離岸堤及系列潛堤後的海灘變遷形態

三、初步結果

面對惡劣的海氣象環境，一般之出水式離岸堤，受較大波浪與暴潮作用以及堤體沉陷、坍塌之共同影響，必將因出水高度或堤頂高不足而轉化為潛堤，以致原受堤體屏蔽而在堤後生成的繞射波，將完全轉變為透射波，進而直接沖刷堤後原生的沙舌或繫岸沙洲，甚至造成海灘的侵蝕，如圖 3 所示。

高雄茄萣海岸，為防潮禦浪之海岸防護需要，自 1993 年後，陸續布建有 25 座出水式離岸堤，原設計堤寬約 8~14 公尺；堤頂高程為 EL.+2.2m。歷經多年的波浪與暴潮作用以及坍塌堤體之整建維護，相關堤後淤沙效能之差異變化，如圖 4 所示。在圖 4 中，僅管各離岸堤之初始布建及後續維護改善年序有先後區別、河川沙源補注有多寡差異、整建施工便道有干擾之影響，但於局部海岸區段內，評估其入射波浪尖銳度、卓越波向、海灘坡度、碎波相似參數、碎波帶寬度、海灘底質、堤長、離岸距離、堤間開口寬度或堤間距、碎波衝擊引致之沖刷流速、潮差及堤體孔隙率等控制離岸堤群背後灘線形態發展及海灘地形演變之影響因素，應相近似，因此，參照圖 3，並以圖 2 作為辨識模式，經對照比較可確認，在同一局部海岸區段的離岸堤群中，造成毗鄰離岸堤後淤沙效能差異之主要原因，應係離岸堤配置之堤頂高變動而使出水高度不足所致；主要控制機制，則係出水高度不足，伴隨造成堤寬窄縮、堤體透水性增大，進而迫使堤後繞射波之造灣效應減弱、透射波之沖刷作用增強，終致因堤後波浪沖刷特性之轉變而使淤沙效能及海灘沖淤變遷形態陳現差異。

圖 3 出水高度不足之離岸堤群受較大波浪衝擊下的堤後透射波與伴隨的海灘沖刷

圖 4 高雄茄萣海岸之離岸堤群布建配置與歷年出水高度變化對堤後淤沙效能之影響(上_2013、中上_2016、中下_2019、下_2020)

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

淺水異常波浪機制探討：卓群孤立波

李堉辰[1] 董東璟[2]

[1] Delft Center for Systems and Control, Mechanical, Maritime and Materials Engineering, Delft University of Technology, the Netherlands
[2]國立成功大學水利及海洋工程學系

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：李堉辰

E-mail: yclee.delft@gmail.com

Tel: +31 06 23236022

摘要

異常波浪是海洋中突然出現的極端大浪，其定義為最大波高大於兩倍的示性波高。在台灣近岸淺水海域，海岸時常會出現波高好幾公尺的突發巨浪，造成岸邊或海上人員傷亡，在台灣俗稱「瘋狗浪」。海洋的異常波浪形成機制仍眾說紛紜。Teutsch et al. (2023)發現如果在非線性孤立波頻譜中有判斷卓群孤立波(outstanding soliton)的存在會增加異常波浪的發生機率。本研究使用了 JONSWAP 波譜生成水位時序列，其中包含異常波浪之案例，並以基於 Korteweg – De Vries (KdV)方程式的非線性傅立葉轉換分析淺水波浪時序列。經由分析結果發現非線性孤立波頻譜中有判斷卓群孤立波可做為具有潛力的方法去預測淺水異常波浪的發生。

關鍵詞：異常波浪、JONSWAP 波譜、卓群孤立波、Korteweg–De Vries 方程式

一、研究目的

異常波浪，英文稱為 rogue wave、freak wave 或 abnormal wave，是海洋中突然出現的極端大浪。而在台灣近岸，尤其在冬季的東北角，海岸時常會出現波高好幾公尺的突發巨浪，俗稱「瘋狗浪」。異常波浪在學術上的定義為最大波高大於兩倍的示性波高，而最大波高跟示性波高的比值，又稱為異常指數(Abnormal index，AI)。異常波浪常在近岸或外海襲擊船舶或相關漁業活動而引致船難事件，並造成船員或漁民傷以及財產之損失。吳(2020)蒐集台灣鄰近海域 2004 年至 2019 年中海氣象因素所造成的船難事件，在 120 筆案件中共造成 193 人失蹤或死亡，類似的船難級人員落海事件不停地發生，加上此種波浪的不可預測性，引起海洋工程師及科學家的極大興趣。

至今，異常波浪發生機制仍綜說紛紜，Onorato 等人(2013)統整了其發生機制包含波浪線性疊加、調制不穩定現象(Modulation instability)、交錯海況下的異常波浪、波流交互作用、波浪折射及繞射等。Teutsch et al. (2023)最新研究使用基於 Korteweg – De Vries 方程式的非線性傅立葉轉換(Nonlinear Fourier transform，NFT)分析北海(North Sea)淺水異常波浪，發現當非線性波譜中存在卓群孤立波(outstanding soliton)會增加異常波浪的發生機率。

本研究根據 Teutsch et al. (2023)的研究結果，調查此種卓群孤立波的出現是否能廣泛應用至不同海域異常波浪發生的判斷，本研究使用 JONSWAP 波譜生成波浪時序列，假設水深為 10 公尺，並使用基於 Korteweg – De Vries (KdV)方程式的非線性傅立葉轉換分析淺水波浪時序列，從所得的非線性孤立波頻譜(Nonlinear soliton spectrum)判斷卓群孤立波的存在，並根據 Korteweg – De Vries 方程式進行波浪傳遞，最終調查淺水異常波浪發生是否與卓群孤立波的存在有所關聯。

二、研究方法

本研究使用非線性傅立葉轉換(NFT)，非線性傅立葉轉換有別於傳統之線性傅立葉轉換(FFT)，可以將一個信號拆解成相互作用的非線性成分波，詳細的理論可以參考 Osborne(2010)的著作。本研究分析淺水波波浪，因此所用之 NFT 將基於可以描述淺水波的非線性傳遞之 KdV 方程式，本研究之 NFT 採用零邊界條件(Vanishing boundary conditions)。KdV 方程式公式如下：

$$u_t + cu_x + \alpha u u_x + \beta u_{xxx} = 0$$

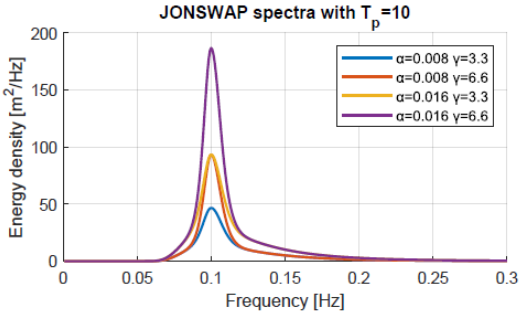
此方程為空間 KdV 方程式，u 為波浪水位函數。需透過空間時間轉換，轉成時間 KdV 方程，轉換過程及詳細 KdV 方程式理論可參考 Osborne(2010)及 Teutsch et al. (2023)。後續會使用時間 KdV 方程式進行非線性淺水波的傳遞。

三、初步結果

本文之研究使用 JONSWAP 波譜，其公式如下：

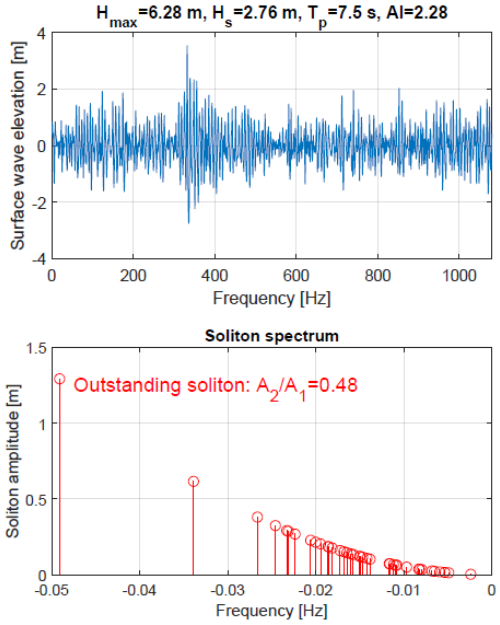
$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi f)^5} e^{-\frac{5}{4}\left(\frac{f_p}{f}\right)^4} \gamma^r$$

其中 f 為頻率，g 為重力加速度，f_p為尖峰頻率，α 為 Phillips 參數，γ是譜尖參數。根據隨機相位生成波浪時序列，所生成的時序列設定為 1080 秒，取樣頻率為 1.9 Hz，而 JONSWAP 的參數設定為$\alpha = 0.008, 0.016$，$\gamma = 3.3, 6.6$，而尖峰頻率T_p設定從 6 秒到 12 秒間隔為 0.5 秒，總共生成 1040 組時序列。圖一為尖峰頻率為 10 秒時的 JONSWAP 譜範例。



圖一、JONSWAP 譜範例

利用 KdV-NFT 分析 JONSWAP 所生成之時序列譜，可得之非線性波譜包含兩部分：連續波譜(Continuous spectrum)及孤立波譜(Soliton spectrum)，本研究因探討淺水波浪的非線性現象，因此只顯示孤立波譜，其中一範例如圖二所示。結果顯示異常波浪時序列經分析，在孤立波譜上有很多孤立波成分(每一個紅色圓點及連接線都代表一個孤立波)，y 軸為所對應之孤立波振幅。在眾多孤立波中，發現一獨立的卓群孤立波，與第二大振幅的孤立波比較，其振幅大於兩倍以上$(A_2/A_1 = 0.48)$。



圖二、淺水波時序列與非線性孤立波譜

四、參考文獻

1. 吳柏緯，「船難事件發生時之海象分析」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文，2020。

2. Onorato, M., Residori, S., Bortolozzo, U., Montina, A., & Arecchi, F. T. (2013). Rogue waves and their generating mechanisms in different physical contexts. Physics Reports, 528(2), 47-89.

3. Teutsch, I., Brühl, M., Weisse, R., & Wahls, S. (2023). Contribution of solitons to enhanced rogue wave occurrence in shallow depths: a case study in the southern North Sea. Natural Hazards and Earth System Sciences, 23(6), 2053-2073.

4. Osborne, A. (2010). Nonlinear Ocean Waves and the Inverse Scattering Transform. Academic Press.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

氣象海嘯時空變化與數值模擬基礎研究

楊智傑 [1,2] 陳玫竹 [1] 鄭佑建 [1]

[1]國立臺灣海洋大學海洋環境資訊系
[2]國立臺灣海洋大學海洋工程科技中心
[3]中興工程顧問有限公司

主題: B 水動力、波潮流及漂沙研究發展

國科會計畫： 111-2221-E-019 -043 -MY3

通訊作者：楊智傑

E-mail: youngjay@ntou.edu.tw

Tel:02-2462-2192 ext. 6318

一、研究目的

海岸災害之發生肇因、理論基礎、重現模擬、及安全預警(防護)是海洋科學與工程領域重要的研究課題之一。過去半個世紀來，世界各地許多沿海城市都記錄有來歷不明、類似海嘯的洪水波－氣象海嘯(Meteotsunami)事件(顧名思義為氣象變化所引起的海嘯)。如美國佛羅里達州在 1992 年 7 月 3 日晴朗而平靜的夜晚，未有天搖地動的強震，然卻發生有波高 3.5 公尺的類海嘯波衝擊其中部的戴通納海灘，造成停泊車輛以及基礎設施嚴重受損，約 75 位民眾受傷([1] Churchill et al., 1995)。過往研究指出，台灣近岸亦曾發生 5 次較大的氣象海嘯事件，如 2007 年 4 月 2 日台南將軍漁港便發生高達 1.4 公尺的水位變化，造成兩艘船隻翻覆([2] Lin and Liang, 2017)。

氣象海嘯係為大氣(氣壓)擾動引起、波長較長的長波。氣象海嘯的觀測與分析，主要由潮位時間序列資料著手，一般的做法是使用調和分析得到天文潮的成分，並將其從觀測資料中扣除以獲得殘差(Residual)。在過去，海平面有非潮汐成分都被定義為風暴潮。為了分析氣象海嘯，時間序列的殘差(Residual)近一步的拆解(即將周期大於 12 h 的颱風暴潮分開)，定義周期小於 6 h 的變動為氣象海嘯信號 6 小時。除了水位資料之外，風速和氣壓記錄也相當重要。舉例來說，[3] Linares et al. (2018)便利用水位、風速和氣壓資料評估美國中西部的密西根湖北部受氣象海嘯之危害。其中交叉小波分析表明出氣象海嘯可能是由壓力為主，亦可能以風為主，或者兩者間有的大氣擾動所引起的。

隨著電腦效能不斷地進步，水動力數值模擬已成為大部分學者的主要研究工具。過往文獻經常以非線性淺水波方程為理論基礎、結合大氣擾動進行模擬。舉例來說，[4] Niu and Chen (2019)進行一系列的研究，作者利用二維非線性淺水長波方程式模擬簡化的物理問題，探討造成氣象海嘯之原因及不同參數對海水面變化的影響。另外，文獻亦有以理想地形簡化研究區域，目的為專注探討氣象因子擾動變化對於海水面的空間影響，如[5] Thiebaut and Vennell (2011)模擬大氣擾動沿著台階和大陸棚移動時所形成的波浪。[6] Renault et al. (2011)亦利用 WRF /ROMS 耦合模式針對 2006 年 6 月的氣象海嘯事件進行模擬研究。

目前，國內對於地震海嘯、風暴潮災害已有長年的投入與心得。相較之下，台灣在氣象海嘯的研究則尚在起步階段。本研究之主要目的為瞭解氣象海嘯在時間與空間上的變化特性，並進行其數值模擬之初步研究。在國科會三年期計畫的支持之下，第一年的目標包含蒐集氣象海嘯相關文獻，針對文獻案例之分析進行探討；蒐集代表性測站潮位資料及氣象站氣壓、風速資料，進行歷史事件氣象海嘯時空變化分析；並建立連續小波轉換分析(CWT)工具，對氣象海嘯進行時頻分析。最重要的部分開發非靜水壓與

靜水壓水動力模式。以基礎理論驗證水動力模式後，未來將進行氣象海嘯之系統性的模擬分析。

二、研究方法

2.1 時頻分析

為了獲取準確之海水位變動中的各個成份，可將觀測資料之時間序列進一步以[7] Torrence andCompo (1998)所提出之 Morlet 小波法，分析各成分波在不同時刻下頻率之變化。小波分析法中所使用之參數，可依據[8] Farge(1992)之建議選取。然由於不同應用之條件可能有所不同，需經由測試決定。

2.2 數值模擬

淺水方程已被廣泛用於模擬氣象海嘯。本文利用線性和非線性淺水長波方程，分別做一維及二維數值模擬。另外，將再加上底床摩擦力、渦流黏度、科氏力（忽略風應力、輻射應力），研究個別參數之影響。控制方程包含納入氣壓擾動之動量方程式和質量方程式。我們利用數值方法將控制方程離散化以模擬氣壓對研究區域所引起的海水位變化。本文利用結構性正交網格，在空間離散方面將使用中央差分法，在時間離散方面則考慮四階龍格-庫塔法。若模式中選擇計算(非)靜水壓，則每一步驟需求解(塊狀)三對角矩陣([9] Young et al., 2020)。

三、初步結果

本研究初步以新屋(467050)氣象站之氣壓資料進行小波轉換分析，並將轉換之時頻分佈結果繪製於圖 1。我們透過不同中心頻率參數的設定可捕捉到不同頻率的氣壓變化，如：相較於平均氣壓，可看出振幅略高於 1hPa、周期為 48 小時之震盪、振幅約為 0.7hPa、周期約為 12 小時之氣壓日夜變化、在高頻率氣壓擾動亦有為小的訊號(周期約 2 小時、振幅則為 0.2 hPa)。相同地，將軍(1176)潮位站水位資料亦可以小波轉換進行分析，並將轉換之時頻分佈結果繪製於圖 2。透過不同中心頻率參數的設定，可捕捉到不同頻率的水化變化，如：振幅約為 50 公分之半日潮與振幅約為 5 公分之較高頻水位震盪(周期約 1 小時以內)。另外，一系列的模式驗證與理想情境下的氣象海嘯數值模擬結果將陸續呈現。

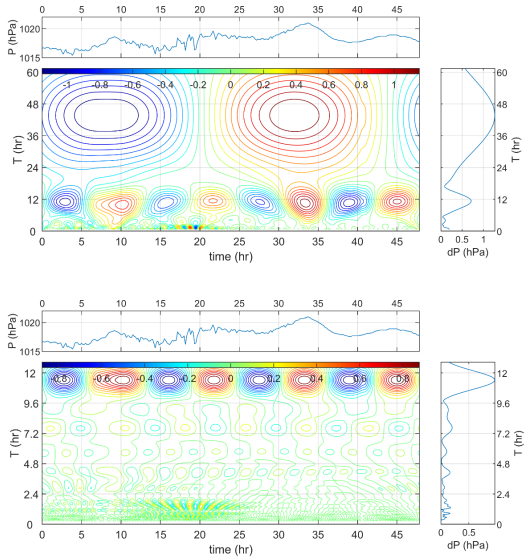


圖 1 新屋(467050)氣象站之氣壓資料小波轉換分析之較較低頻(上圖)與較高頻(下圖)擾動結果

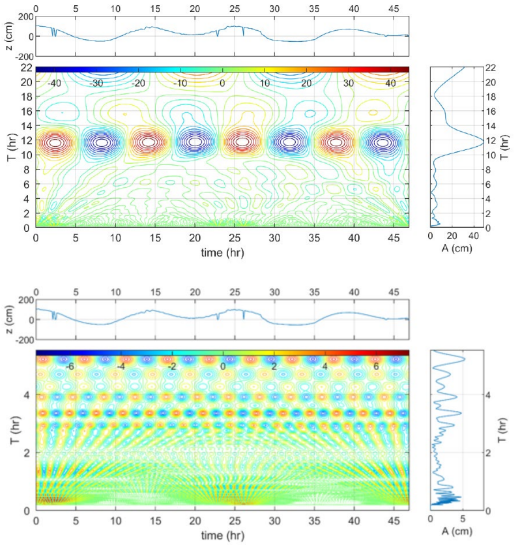


圖 2 將軍(1176)潮位站之水位資料小波轉換分析之較低頻(上圖)與較高頻(下圖)擾動結果

參考文獻

[1]. Churchill, D. D., Houston, S. H., & Bond, N. A.,1995. The Daytona Beach wave of 3–4 July 1992: Ashallow water gravity wave forced by a propagatingsquall line. Bulletin of the American Meteorological Society 76(1), 21–32.

[2]. Lin, L.-C., & Liang, M.-C., 2017. Meteotsunamis produced by high frequency atmospheric pressure forcing. Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences 28(6), 1033–1040.

[3]. Linares, A., Wu, C.H., Anderson, E.J., Chu, P.Y., 2018. Role of Meteorologically Induced Water Level Oscillations on Bottom Shear Stress in Freshwater Estuaries in the Great Lakes. Journal of Geophysical Research: Oceans, 123, 4970–4987.

[4]. Niu X, Chen Y (2019) Energy accumulation during the growth of forced wave induced by a moving atmospheric pressure disturbance. Coast. Eng. J. 62(1), 23-34.

[5]. Thiebaut, S., Vennell, R., 2011 Resonance of long waves generated by storms obliquely crossing shelf topography in a rotating ocean. J. Fluid Mech. 682, 261–88.

[6]. Renault, L., Vizoso, G., Jansá, A., Wilkin, J., Tintoré, J., 2011. Toward the predictability of meteotsunamis in the Balearic Sea using regional nested atmosphere and ocean models. Geophys. Res. Lett. 38, L10601.

[7]. Torrence, C., Compo, G.P., 1998. A practical guide to wavelet analysis. Bulletin of the American Meteorological Society 79 (1), 61-78.

[8]. Farge, M., 1992. Wavelet transforms and their application to turbulence. Annu. Rev. Fluid Mech. 24, 395–457

[9]. Young, C.C., Wu, C.H., Hsu, T.W., 2020. The Role of Non-hydrostatic Effects in Nonlinear Dispersive Wave Modeling. Water 12, 3513.

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

新北港汕與北門潟湖的地形變遷與模擬

林敬樺 [1]　林鳳嬌 [1]　吳季莊 [1]　葉鳳美 [1]

[1]國立成功大學水工試驗所

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：林鳳嬌

E-mail: fjlin@mail.ncku.edu.tw

Tel:06-237-1938 **ext. 322**

摘要

新北港汕位於臺南市北門區，為一繫岸沙洲，緊鄰北門海埔地，與陸地之間形成北門潟湖，是臺灣重要牡蠣養殖產業區之一，並有豐富的生態資源。距今約 400 年前，北門潟湖的位置為倒風內海的出海口，長久以來經由古曾文溪將大量泥沙沖刷而下後，內海因泥沙淤積而陸化，迄今已消失，逐漸演變為現今的北門潟湖。受到曾文溪改道與沿岸輸沙驅動力的影響，北門潟湖與新北港汕的形狀與面積迄今仍一直持續在變化。

本研究蒐集了自 1985 年至 2022 年期間的相關圖資、衛星資料、空拍圖資與數值地形，並對應氣象事件，分析新北港汕多次潮口改變所導致的沙洲形體變化，以及沙洲陸化的過程，以水動力模式進行區域性情境模擬，評估北門潟湖未來變遷的可能性。

根據資料統計顯示，在過去 37 年間，新北港汕逐漸往南及往東遷移，使潟湖內部面積縮小，且形狀逐漸變窄，潮口位置也往南移動。潟湖面積由 1985 年時的 8.09 平方公里，至 2022 年減少至約 2.75 平方公里，共減少了 66%。

水動力模式部分，採用美國陸軍工兵團(USACE) Coastal Modeling System(CMS)模式進行模擬，代表性波浪條件採用歐洲中尺度氣象預測中心(ECMWF)之再分析資料，情境設定考慮氣候變遷、沒有沙源補充以及不再進行任何人為防護復育措施作為前提，針對北門潟湖現況進行三年期的地形變遷模擬。

模擬結果顯示，新北港汕北側逐漸侵蝕，使沙洲本體與北門海埔地失去連結，並持續往陸地靠近；三年後(2025 年)，沙洲面積縮小了 13.56%，潟湖的面積則縮小了 16.35%，潟湖內之土方量，整體減少約 536,094m^3，相當於平均刷深約 0.23m。此外，沙洲遮蔽區域變小，潟湖內水深改變，流速與波高增加等，都將對牡蠣養殖的現有環境條件造成影響。

關鍵詞：北門潟湖、新北港汕、地形變遷、數值模擬

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

臺灣海域三維海流模式系集同化作業化預報系統開發

周姿吟[1] 尤皓正[2] 張應龍[2] 于嘉順[3] 滕春慈[4] 林芳如[4] 陳維翔[4]

[1]國立中山大學水資源研究中心
[2]美國維吉尼亞威廉與瑪麗學院海洋科學研究所
[3]西灣海環科技股份有限公司
[4]交通部中央氣象局

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：周姿吟

E-mail: khtiffany24@g-mail.nsysu.edu.tw

Tel: 0935-799 117

摘要

為使三維海流作業化預報模式 CWB-OCM(Central Weather Bureau Ocean Current Model) 納入資料同化功能，因此開發本土三維海流系集同化作業化預報模式系統(以下簡稱海流系集同化系統)之必要性。海流系集同化系統選用平行化資料同化系統 PDAF(Parallel Data Assimilation Framework)，並納入地球系統模式框架(Earth System Modeling Framework, 以下簡稱 ESMF 耦合器)。本文研究開發臺灣海域三維海流模式系集同化作業化預報系統，8 個系集同時計算(平行系集計算, Fully parallel mode)，使用 NOAA Geo-Polar Blended Global Sea Surface Temprature 衛星資料及 Argo 剖面資料進行資料同化，得到模式預報之分析場，同為初始場進行預報。每天作業化運行產出預報結果，與未同化、衛星資料分析預報第一天之海表面溫度，發現同化後之海表面溫度與衛星資料均方根誤差(RMSE)較小，表示資料同化有效修正模式，提高預報精確度。

關鍵詞：非結構式網格海流模式、OCM、SCHISM、資料同化、作業化預報系統

一、研究目的

與中央氣象局合作發展作業化模式系統－臺灣海域三維海流作業化預報模式 CWB-OCM(Central Weather Bureau Ocean Current Model)，每日作業化產出官網預報預報四日資訊，包含各場域之潮汐水位、海溫、鹽度、海流。雖然 CWB-OCM 未納入資料同化功能，但使用 RTOFS 及 HYCOM 全球預報模式初始場及邊界場，以類資料同化方式每日修正模式，所以發展本土海流系集作業化預報模式系統有其必要性。

本文將介紹使用之非結構式海流模式(SCHISM, Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model)與平行化資料同化系統(Parallel Data Assimilation Framework, PDAF)耦合，並地球系統模式框架(Earth System Modeling Framework, ESMF)，進行臺灣海域海流系及同化系統作業化及作業化預報結果分析。

二、研究方法

在眾多同化模組的選擇下，PDAF 為少數擁有非結構式網格模式之實際應用(FEOM，現為 FESOM)。對於模式發展而言，精簡引入模式程序且不依賴過多的外部模組或發展環境，在不更改其原始程式碼並以動態函式庫之方式引入下，可保有其衍生作品之權利，不影響現有 SCHISM。

NOAA 於 2000 年起提出地球系統模式框架(ESMF)，採用鬆散式的整合概念，與傳統緊密式耦合不同，無需修改各模式的內部程式，僅需通過框架的標準化介面及環境參數設定，提供更為彈性的耦合運算，模式開發人員可專注於各自模式的內部發展。如模擬複雜的氣候與海洋動力系統，高速運算(HPC)應用如何在複雜動力系統中提昇效率，促進海洋與大氣及同化系統的整合。目前 NCAR、NASA/Goddard Space Flight Center、NOAA/ GFDL、NOAA/ NCEP、DOE 均已進入 ESMF 的系統整合。

臺灣海域三維海流模式系集同化作業化預報系統(OCM3-DA)，為 SCHISM 模式納入 ESMF 框架與 PDAF 模組，其開發需先以 ESMF 框架為主，完成後再與 PDAF 模組耦合。對於原有 SCHISM 模式程式碼而言，其增減之部分是為了符合 ESMF 框架之規範。因此，ESMF、SCHISM、PDAF 三者的模式發展可各自獨立，不相互影響，皆以函式庫(library)的方式進行對應功能呼叫，也確保三者皆不受限於版本更新，可直接以最新版本進行編譯與計算。

OCM3-DA 使用 EOFs 分析法產出 8 組系集，採用平行系集計算(Fully parallel mode)，即系集可同時進行計算。同化參數使用 LESTKF 濾波法、local range 0.1 度、forget factor 0.8、同化頻率一天。因擷取觀測資料時差關係，於 -3 至 -2 天進行同化。

三、初步結果

OCM3-DA 於 2022/8/12 開始作業化運行，如圖 1，分析 -2 天之海溫，因使用衛星資料做同化，因此在同化後與衛星資料更接近，而與為同化差異較大。又分析預報第一天及第四天與衛星資料(圖 2)，發現 OCM3-DA 低估，且預報至第四天 RMSE 越大。而圖 3 與未同化差異則相反，預報第四天 RMSE 比第一天小，表示預報天數越長，有同化之差異會越接近未同化。如以七月全域 RMSE，同化後預報第一天、四天與衛星資料及未同化皆約 1 度左右，而同化後與現行海流作業化系統約 4 度。

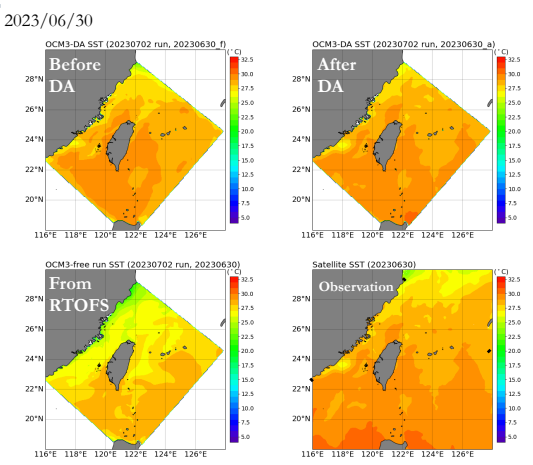


圖 1 臺灣海域三維海流模式系集同化作業化預報系統 2023/6/30 海溫分布圖(左上為同化前，右上為同化後，左下為未同化，右下為衛星資料)

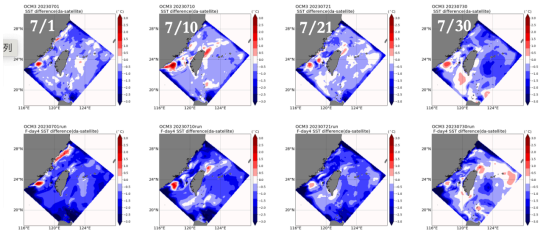


圖 2 臺灣海域三維海流模式系集同化作業化預報系統與衛星資料 2023 年 7 月海溫差異分析圖(上排為預報第一天，下排為預報第四天)

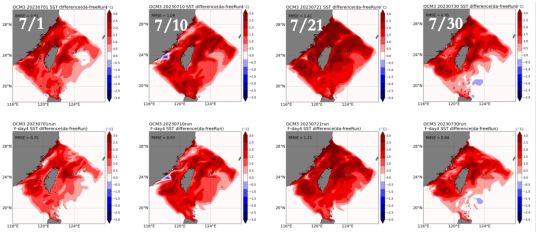


圖 3 臺灣海域三維海流模式系集同化作業化預報系統與為同化 2023 年 7 月海溫差異分析圖(上排為預報第一天，下排為預報第四天)

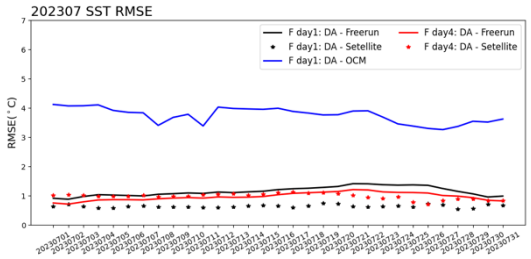


圖 4 臺灣海域三維海流模式系集同化作業化預報系統 2023 年 7 月海溫均方根誤差(RMSE)時序圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

數值模擬考慮洋流之情況-以雲林海域為例

張君名[1]　廖敬元[2]　錢樺[1]

[1]國立中央大學地科前瞻中心
[2]環青科技有限公司

主題: B 水動力潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：張君名

E-mail:glazejimmy@gmail.com

Tel:0920-538177

摘要

過去一般進行水動力模式計算時，台灣海峽受到潮波影響，潮流之效應十分顯著。因此在進行水動力計算時，僅需在計算領域南北兩側加入預報之潮位資料，側邊界亦可採取潮位邊界。目前全球潮位預報模式已經十分成熟，方便使用。然而，在計算例如高雄海域或者宜蘭花蓮海域時，由於受限潮位差並不顯著，因此在規劃計算域時，對於邊界之位置大多採取較大範圍，試圖將南北潮差加強，避免計算時造成發散。此一方式，僅還是在考慮潮流之影響，然而在許多台灣海峽南部，例如彌陀浮標，以此方式進行模擬卻無法在流速之比對獲得較佳之結果。分析原因，可能是因為在模式中僅考慮潮流，但並未將可能的黑潮分支加入模式之中。

本文試圖在二為水動力模式之中，除加入潮位外，並加入波浪、風力以及洋流之因素。試圖將可能影響模式準確性之因素均加入模式計算。本文以雲林麥寮海域為例，在透過雷達觀測之流速資料作為二維水動力模式輸入之依據，並嘗試不同邊界條件進行計算，最後比對計算流速之 IOA，獲得結論為加入潮位、風力、波浪以及洋流並採取 Flather Condition 邊界條件設置有最佳結果。

關鍵詞：水動力模式、洋流

一、研究目的

在海岸帶實測到的海流通常是多種物理作用影響下而成的海流，海流大致上可分為週期性的潮流和非週期性的餘流，而餘流通常是指海流中除去週期性的潮流後的剩餘部分，主要組成部分為風吹送流、密度差所導致的流、科氏力影響的流況以及河川流入海的徑流。嚴格來說餘流包括長週期性的海流，而餘流的分析對海洋環境研究和海洋污染調查具有重要的意義。

現今多利用數值模擬評估海岸帶水體及物質運移方向，例如海域流場分析、核廢水排放以及漂砂趨勢分析等，模式重現與觀測結果逼近的潮流和餘流成為重要關鍵。本研究建立一範例，利用水深二維數值模式 MIKE21，探討在考量餘流與否的情況下，模擬結果於流場的表現及差異如何。

二、研究方法

本次研究之目的為探討模式在洋流的考量與否，數值模擬計算結果的情況及差異，而限於現有之近岸流速測站的觀測資料以及雷達的實測數據所在位置，本文之研究範圍選定於彰化雲林沿海一帶，作為

數值模擬的所在地點。透過經濟部工業局的長期流速觀測資料進行與數值模擬的比對，用以驗證模擬結果與實際情況之一致性。

模擬中所考慮之洋流輸入為參考高頻雷達於雲林縣麥寮港外海所觀測的海表餘流分析結果，如圖 1 所示，為分析 2014 年 9 月 15 日至 10 月 15 日之流速以及流向觀測數據後所繪製的玫瑰圖，平均的餘流流速約為 28.3958 cm/s，流向約為 22.5 度，後續模擬時段配合此雷達觀測數據做設置；圖 2 以及圖 3 為考量洋流與否之模擬結果與實測數據比對，流速觀測測站位於麥寮港南端的西南方外海處，藍色線條為觀測數據，紅色線條則為模擬結果，透過比較可發現考慮穩定洋流時的情況下，模擬流速值整體上明顯上升。

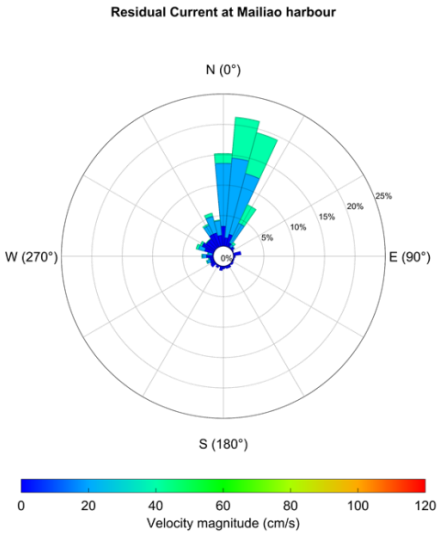


圖 1 麥寮港外海餘流流速玫瑰圖

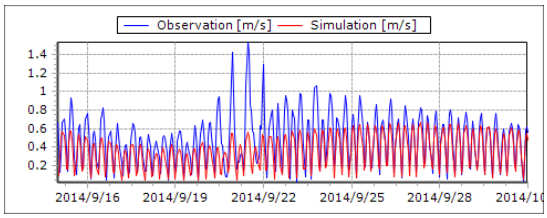


圖 2 實測資料與模擬數據流速量值比對(無洋流)

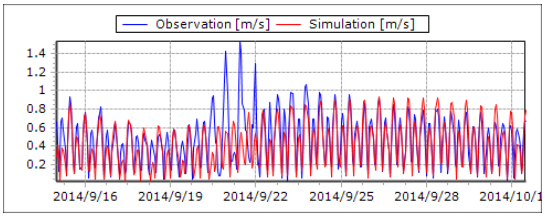


圖 3 實測資料與模擬數據流速量值比對(有洋流)

藉由常用之誤差指標的計算，如均方根誤差(Root Mean Square Error)、平均誤差(Mean Error)以及一致性指數(Index of Agreement)等，來進行分析，用以瞭解兩不同情況下模式的表現如何。

三、初步結果

透過觀測資料與模擬結果的誤差計算分析，除 9 月 20 至 22 日鳳凰颱風侵襲的時段表現較不佳(圖 2、圖 3)，發現考慮恆定流的情況下，模擬的流速量值整體上得以抬升，模式流速的表現相比未考慮恆定流的情況表現更好，更貼近實測數據，各誤差指標整理如表 1 所示。

表 1 誤差指標計算表

誤差	無洋流	有洋流	單位
平均誤差	0.1260	0.0542	m/s
均方根誤差	0.2112	0.2009	m/s
一致性指數	0.7739	0.8242	

圖 4 漲潮流場平面圖

模擬考慮洋流的情況下，透過計算流速測站的各誤差指標皆顯示，模擬狀況更佳，其中又以平均誤差表現較為顯著。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響探討

莊文傑 [1]　韓坤平 [2]　張桂汀 [3]

[1]交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
[2]經濟部水利署第七河川局副工程司
[3]經濟部水利署第七河川局正工程司

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：莊文傑

E-mail:jye@mail.ihmt.gov.tw

Tel:04-26587185

摘要

控制離岸堤群背後灘線形態發展及海灘地形演變之影響因素，多且複雜，以往對於離岸堤群防浪與淤沙效能的檢討，普偏著重於離岸堤長與離岸距比值及堤間距之核驗，對於堤體出水高度的影響，則常輕忽。本研究因此以布建在屏東林邊崎峰海堤外之離岸堤群為案例，配合「離岸堤效應」，引用高雄旗津海岸施行人工灣澳保護工程所布建出水離岸堤及系列潛堤後的對應海灘變遷形態作為對照比較之辨識模式，藉以探討堤體出水高度對堤後淤沙效能與海灘變遷形態之影響，進而研提強化淤沙效能之調適、因應對策。

關鍵詞：離岸堤、潛堤、堤體出水高度、淤沙效能、海灘變遷形態

一、研究目的

在海灘上建置各種不同尺寸、規模、類型之離岸堤群設施，通常會對近岸波況、流態及地形水深，造成輕重程度不一的人為介入干擾，以致與離岸堤群毗鄰之海灘，在波浪、潮汐、河川輸沙與人工構造物的交互作用影響下，不僅會因空間不均勻性與時間非穩態性之波浪沖刷動力改變而衍生海灘沖淤，更會因輸沙特性的改變而導致局部性的海灘地形重塑(reshaping)，因此，如何適切地規劃、設計、建置及維護離岸堤群設施，藉以達成海岸防護目標，常是海岸災防的關鍵課題。

屏東東港至枋寮間的海岸，早年受波浪侵襲及沿海養殖超抽地下水導致地層下陷之共同影響，海灘流失與海堤越波情形嚴重，因此，經濟部水利署第七河川局(含前身)為抑制波浪衝擊、減緩海灘侵蝕、防治海岸溢淹災害，自 1981 年起，隨即著手辦理海堤整建，同時並陸續增設離岸堤群設施，直至 2021 年止，屏東海岸共完成海堤 23,953 公尺、突堤 7 座、防潮堤 4 座、離岸堤 134 座(含潛堤 3 座)、保護工 6,014 公尺等海岸保護工程。其中，部分位在林邊崎峰海堤外之離岸堤群布建與堤後淤沙狀況，經擷取 Google Earth 影像，可得如圖 1 所示。觀察圖 1 可見，在相同區段之近岸海域，僅管外在的波浪、潮汐、河川輸沙條件與離岸堤的配置及維護狀況相似，但在毗鄰之離岸堤後，仍可發現堤後的淤沙效能，明顯存在差異性。

圖 1 屏東林邊崎峰海堤外 2019 年之離岸堤群布建配置與毗鄰堤後之淤沙效能差異狀況

鑑此，本研究將以屏東林邊崎峰海堤外之離岸堤群為案例，在綜合檢討控制離岸堤群背後灘線形態發展及海灘地形演變之諸多影響因素後，針對堤體出水高度之高低變異，探討其對堤後淤沙效能之影響，進而研提調適、因應對策，藉以強化並提昇離岸堤群之淤沙及海岸防護效能。

二、研究方法

以往對於離岸堤群防浪與淤沙效能的檢討，普偏著重於離岸堤長與離岸距比值及堤間距之核驗，對於出水高度的影響，則常輕忽。因此，本研究針對屏東林邊崎峰海岸，首先，蒐集、綜整離岸堤群配置之原始設計與現況斷面尺寸與高程，接著，應用 Google Earth 歷史圖像，配合離岸堤後伴隨繞射波之強勁沖刷環流作用所衍生的「離岸堤效應」(莊，2020~2022)，檢視離岸堤群之堤後淤沙形態變化與差異，再藉高雄旗津海岸施行人工灣澳保護工程所布建出水離岸堤及系列潛堤後的海灘變遷形態，如圖 2 所示，以其作為辨識基準，並透過對照比較，據以評估並確認離岸堤出水高度變化對繞射波在堤後形塑沙舌或繫岸沙洲之效能差異與影響。

圖 2 高雄旗津海岸施行人工灣澳保護工程所布建出水離岸堤及系列潛堤後的海灘變遷形態

三、初步結果

面對惡劣的海氣象環境，受較大波浪與暴潮作用以及堤體沉陷、坍塌之共同影響，出水式離岸堤，必將因出水高度或堤頂高不足而轉化為潛堤，以致原受堤體屏蔽而在堤後生成的繞射波，將完全轉變為透射波，進而直接沖刷堤後原生的沙舌或繫岸沙洲，甚至造成海灘的侵蝕，如圖 3 所示。

針對屏東林邊崎峰海堤外之離岸堤群，經查其原始設計堤寬約 12~14 公尺；堤頂高程為 EL.+2.2m，自 1992 布建後，歷經多年的波浪與暴潮作用以及坍塌堤體之整建維護，相關堤後淤沙效能之差異變化，如圖 4 所示。在圖 4 中，基於局部海岸區段之入射波浪尖銳度、卓越波向、海灘坡度、碎波相似參數、碎波帶寬度、海灘底質、堤長、離岸距離、堤間開口寬度或堤間距、碎波衝擊引致之沖刷流速、潮差及堤體孔隙率等控制離岸堤群背後灘線形態發展及海灘地形演變之影響因素，應相近似，因此，參照圖 3，並以圖 2 作辨識模式，經對照評估後可確認，在局部海岸區段內，離岸堤體出水高度之變異，將明顯會改變堤後之波浪沖刷特性，主控堤後海灘之沖淤變遷形態，影響堤後形塑沙舌或繫岸沙洲之淤沙效能。

面對離岸堤出水高度不足所引發堤後波浪沖刷特性轉變與淤沙效能低弱之課題，主要的調適、因應對策，應可從加大堤體寬度、提昇高度、強化堤體不透水性及輔以養灘或施行人工沙源補注措施等層面著手，藉以充分降低堤後之透射波強度，增進繞射波之造灣效應，達成離岸堤後淤沙與海岸防護效能。

圖 3 出水高度不足之離岸堤群受較大波浪衝擊下的堤後透射波與伴隨的海灘沖刷

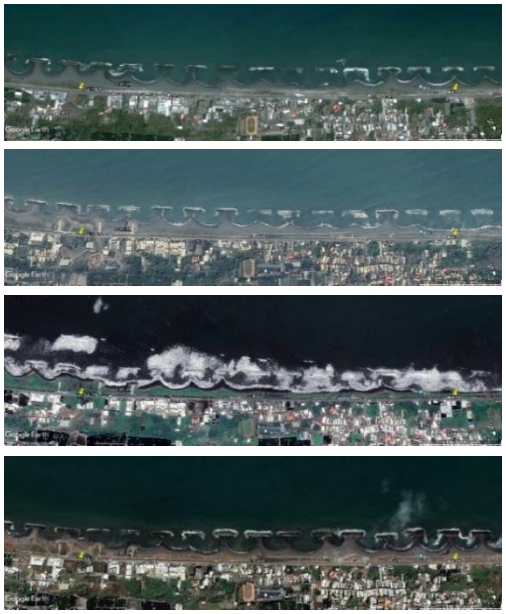


圖 4 屏東林邊崎峰海堤外之離岸堤群布建配置與歷年出水高度變化對堤後淤沙效能之影響(上_2005；中上_2014；中下_2016；下_2019)

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

基於 CODAR 和 ADCP 數據的南灣海域水文特徵分析與數據驗證

林欣妮 [1] 陳少華 [1] 程嘉彥 [1]

[1]財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：林欣妮

E-mail : sydney@narlabs.org.tw

Tel:07-6896-896 ext. 368

摘要

南灣海域擁有非常複雜的潮汐及其他物理現象之運動，在本研究中，我們使用的數據為海洋中心於南灣架設之三站 CODAR 雷達所觀測到的高解析度(1X1 公里)逐時表面流場，該觀測方式具有測量範圍廣、觀測時間長且能夠全天候觀測等優點。透過經驗正交函數分析(Empirical Orthogonal Function, EOF)分析該數據，結果顯示南灣海域具週期性的渦旋運動，相關渦旋現象亦於前人觀測成果所記錄。此外，利用於該海域架設之底碇式 ADCP，進一步分析該海域較深處的潮汐變化與渦旋的關聯性，雷達系統觀測資料與 ADCP 的分析結果，皆呈現週期性震盪，且頻率特徵與潮汐週期相符。

關鍵詞：高頻雷達、渦旋、EOF、傅立葉分析、ADCP

一、研究目的

財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心(下稱海洋中心)自 2008 年引進 CODAR 公司之 SeaSonde 高頻雷達測流系統，至今已運營 15 年，系統提供了時間與空間上的資料，具有多項優勢，此觀測方式的空間涵蓋區域大(理想狀況下觀測半徑範圍可達 100 海浬)、時間解析度高、觀測時間長且能全天候觀測，這些特點使其成為研究海表現象的重要工具。與聲學都卜勒流速剖面儀(Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP)所測得的垂直剖面之流速資料不同的是，雷達觀測資料所觀測之深度僅為表面海域，以 10MHz 雷達波為例，測得流速的代表深度為 1.19m。而時序列的海表面流速資料可補足聲學都卜勒流速剖面儀只有單點流速的資訊，進而針對該海域的物理現象有更熟悉的認知。也可以利用 ADCP 與高頻雷達的資料進行分析比對，以確保高頻雷達遙測資料的準確性與可信度。

海洋中心為驗證 CODAR 雷達資料之準確性，於台灣南部南灣海域多次佈放漂流浮標及底碇式 ADCP。此海域位於兩個岬灣之間，東邊海岬為鵝鑾鼻(OLB)，西邊為貓鼻頭(MBT)，複雜的地形導致此區域擁有複雜的海流及潮汐，並經常受到大型溫降事件的影響，造成魚類無法適應低溫驟降而成群死亡。過去研究經驗顯示，週期性溫降事件可能與潮汐所引發之渦旋運動有關。本研究將針對該現象，配合高頻雷達所測得之海表面時序列資料進行分析， 並輔以 ADCP 垂直剖面的流速資料探討該海域較深層

的海流狀況。

二、研究方法

本研究之研究區域為南灣海域，數據為海洋中心於南灣架設之三站(南灣站、貓鼻頭站、香蕉灣站)CODAR 雷達站所合成的逐時表面流場。

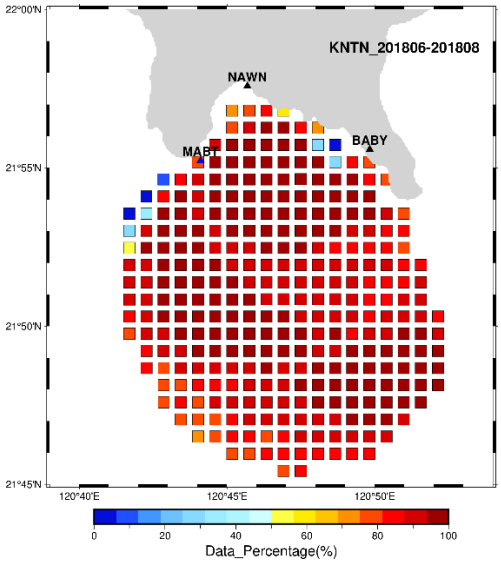


圖 1 南灣海域 CODAR 的資料分布狀況(2018 年 06 月)

我們針對長時間的海表面流速資料進行調和分析，以獲取有關當地潮汐的特徵訊息，為後續的分析提供基礎數據，隨後將採用經驗正交函數(Empirical Orthogonal Function, EOF) 的分析方法，使用 CODAR 數據來觀察和識別出可能存在的海洋渦旋結構，並探討數據中主要空間和時間變化的模式，進一步了解渦旋的演變與特徵。

同時，為更全面地了解海洋流動之特性，我們使用海洋中心於南灣海域所佈放的底碇式 ADCP 測得的垂直剖面流速資料，配合快速傅立葉轉換 (Fast Fourier Transform, FFT)進一步分析，補足 CODAR 雷達無法測得之較深層的流速資訊。

而為了確保研究的準確性與可信度，本研究使用 ADCP 與 CODAR 的數據進行比對，通過比對兩種不同數據源的訊息，我們可以驗證 CODAR 數據的真實性，這種數據一致性的驗證對於確保研究結果的可靠性至關重要。透過以上方法，我們對南灣海域的水文及水動力能有更加全面的分析，並嘗試解釋溫降事件與渦漩之間的關係。

三、初步結果

本研究透過對 CODAR 的數據進行 EOF 和 FFT 分析，初步獲得有關南灣海域渦漩結構的一些重要訊息，分析結果顯示研究海域具明顯的渦漩結構，且這些結構在時間和空間上都表現出規律性的變化，結果表明潮汐可能是渦漩發生的驅動因素之一，與前人研究相符。

其次，FFT 分析允許我們更深入地研究海洋流速的頻率特徵，在特定範圍內資料皆表現出顯著的週期性震盪，包含 ADCP 的分析結果也呈現出相似的頻率特徵，這些頻率與潮汐週期相符，進一步支持潮汐與渦漩的關聯。

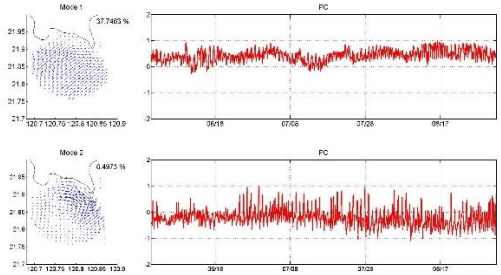


圖 2、南灣海域海流 EOF 初步分析

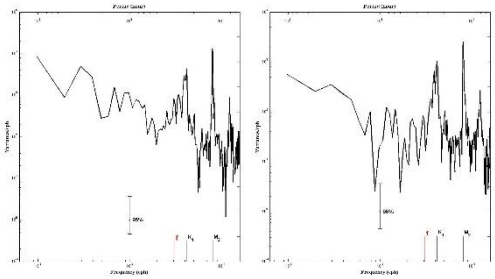


圖 3、EOF 特徵值的能譜分析(左至右分別為 Mode1 及 Mode2)

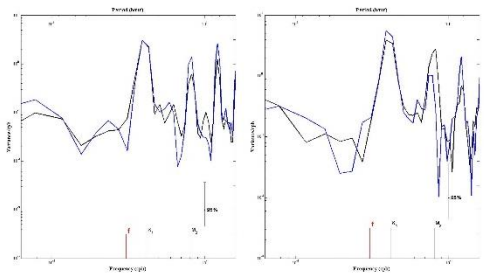


圖 4、ADCP 所測得流速資料的能旋轉譜分析

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

臺灣海域波浪與海流耦合數值作業化模式颱風期間之波高校驗分析

王啓竑[1]　顏辰宇[1]　于嘉順[1]　林芳如[2]　朱啟豪[2]　滕春慈[2]

[1]西灣海環科技股份有限公司
[2]中央氣象局海象中心

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：王啓竑

E-mail:wchihome@wbaytech.com.tw

Tel:07-2910-566

摘要

由於波浪與海流各有其控制方程式及對作用力的描述，傳統數值模式常各自獨立運作，但是波與流間有相互影響的作用力，在某些天候情況下，波流的交互作用會導致暴潮水位或是波高及週期的劇烈變化。因此，與中央氣象局海象測報中心合作使用波流耦合數值模式改進目前波流獨立的作業化預報系統。目前波流耦合數值模式使用 WWMIII 第三代波浪模式與 SCHISM 水動力模式做動態耦合，且須使用同一非結構式網格及相同時間步長計算，以達成動態同步的耦合。數值模式中波浪與海流耦合的計算流程是先透過計算波浪，將波浪引起的表面應力(輻射應力)傳遞至水動力模式，水動力模式將之納入計算新的流場與水位，再將平均流場及水位傳遞至波浪模式，進行下一時間序的計算。建置臺灣海域波潮流耦合預報整合系統，將整合目前的臺灣近岸區域波潮耦合暴潮模式子系統及波浪模式子系統，整合系統內容涵蓋天文潮、暴潮、波浪及波潮耦合模式產品，氣象驅動力採用氣象局的 WRF 氣象預報資料進行每日兩次的作業化預報，預報時間為兩日預報場，並產出 48 小時波浪及暴潮預報場相關產品。模式產出的模式結果，與實測值進行比對及校驗，採用中央氣象局臺灣海象災防環境平台及資料開放平臺之水位紀錄及波浪浮標資料進行驗證。本文探討 2023 年登陸及接近的颱風運行結果進行校驗，以均方根誤差及皮爾森相關數的量化指標。波浪校驗分析使用中央氣象局及水利署於台灣周邊海域佈放之波浪浮標量測之波浪資料，透過浮標的波浪資料比對可了解各測站波流交互作用所產生的波浪表現。

關鍵詞：臺灣海域波潮流整合作業化模式，波流耦合, 波流交互作用, 異常巨浪

一、研究目的

異常巨浪對海上船隻、鑽油平台與沿岸地區結構物等造成破壞，根據氣象局的紀錄在邊海域有三百多人過去十幾年因異常巨浪事件而傷亡。臺灣周邊海域每年都有數個颱風經過，颱風帶來的氣壓差及強烈陣風吹拂，除對臺灣周遭產生風暴潮，對波浪產生影響更甚，當太平洋湧浪推移至近岸時，受到地形變化影響形成淺化效應而引發巨浪，若波浪推移

的過程中遇到強勁的海流，在波與流的交互作用影響下，可能會形成異常巨浪。

透過臺灣海域波浪與海流的耦合計算，波浪數值模式推算實際波浪場需要考慮隨時間及空間變化的風場及不規則的水深地形與陸地邊界等環境因素，然而，許多波浪數值模式只針對特別狀況的波浪計算應用而設計，唯有使用能夠完整描述波浪傳遞過程中經歷的各種物理演變機制的波浪數值模式才能推算出環境因素影響所發生的波浪行為。

透過建置波流偶和數值作業化模式，可同時提供暴潮與波浪預報，本文透過本年度杜蘇芮、蘇拉及海葵颱風期間的波高校驗進行分析討論。

二、研究方法

本文採用 SCHISM 系統模式(Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model)(Zhang et al., 2016)進行模擬，SCHISM 除了納入洋流及渦流的影響，也考慮受潮汐作用，水平解析方法為非結構式網格。SCHISM 的特點為利用地形與水深分布控制網格大小，適合用於解析近岸區域較為複雜之地形變化。透過網格加密(mesh refinement)機制，增加海岸線及海底地形的解析度，計算臺灣海域更精確的海流狀況。由於 SCHISM 水動力模組使用半隱式法求解，可以加大時間步長進行計算，有效加速計算，提升預報時效並縮減檔案大小。SCHISM 系統模式除以水動力計算為系統核心，亦可以納入許多模組，如波浪(WWM-III)、沉積物(Sediment)及水質(Water Quality)等模組，供使用者利用，如圖 1。

波流耦合作業化預報系統選用 WWMIII 模式(Wind Wave Model)(Roland et al., 2009)與 SCHISM 模式(Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model)(Zhang et al., 2016)同為非結構式網格耦合。

波浪及海流耦合數值模式的計算流程是先透過波浪模式計算輻射應力(radiation stresses)(Longuet-Higgins &Stewart, 1964)，再將波浪引起的表面應力傳遞至水動力模式，水動力模式將之納入並計算新的流場與水位，再將平均流場(depth-averaged current)與水位(water surface elevation)傳遞至波浪模式再進行下一時間序計算，使波浪與海流互相影響

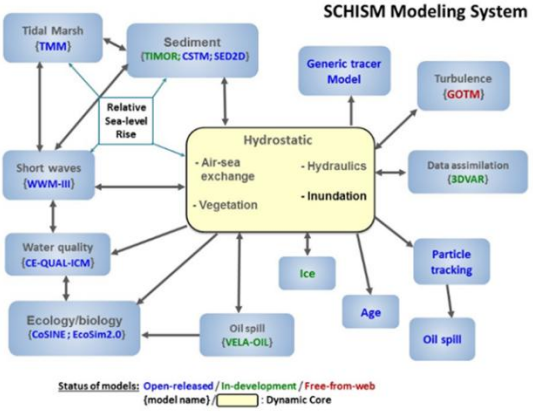


圖 1 SCHISM 模式應用模組示意圖(Zhang et al., 2016)

三、初步結果

本文在今年度杜蘇芮、蘇拉及海葵颱風期間波流耦合數值作業化模式都已順利執行，而透過模式與觀測間的比對可瞭解模式的預報準確度，藉此也可以持續優化模式各項作業參數，如圖 2 為海葵颱風期間成功測站的波浪校驗時序圖，發現波流耦合模式與氣象局 NWW3 模式預報結果趨勢一致，未來也會將一一展示其校驗相關結果。

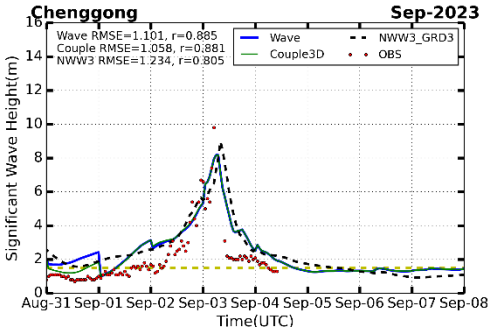


圖 2 海葵颱風期間成功測站之波浪時序圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

颱風期間極端波浪觀測與預測

劉彧愷 [1] 陳泓杰 [1] 馬家驎 [2] 董東璟 [1]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系
[2]經濟部水利署水文技術組

主題：B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：劉彧愷

E-mail: yukailiu0620@gmail.com

Tel: 06-2757575 #63244-27

摘要

極端波浪 (extreme wave) 指的是在隨機波浪中，一波列中高度較高且不頻繁出現的波浪，過往對於極端波浪的研究較少，在颱風造成的極端波高方面，利用經驗公式推算仍有較大誤差 (Young and Vinoth, 2013; Hwang, 2016)。本研究旨在修正前人公式中的等效風域計算方式，降低極端波高推估上的誤差。因此，本研究蒐集全球各地的實測波浪資料，將示性波高大於 10 公尺的波浪定義為極端波浪，收錄 405 筆符合極端波浪定義的案例，談討颱風造成之極端波浪特性。本研究修正 Young and Vinoth (2013) 的經驗公式，提出等效風域修正係數，將估算值與實測資料間的誤差降低 14%。

關鍵詞：颱風波浪、極端波浪、颱風波高預測

一、研究目的

極端波浪的估算在海事工程設計中是相當重要的參考依據，了解極端波浪的特性將能更加準確地預測極端波浪的波高與發生位置，能有效增加海事工程與海洋相關產業的安全性。

為了瞭解極端波浪的特性與成因，本研究主要蒐集台灣、美國的實測波浪資料庫，對其中的極端波浪資料做相關性分析，歸納出颱風極端波浪的特性。此外本研究修正颱風示性波高的經驗公式，以便更好估算颱風期間的極端波高，也帶入不同颱風條件，計算颱風期間可能產生的最大示性波高。

二、研究方法

本研究統整台灣 CWB、美國 NDBC、日本氣象廳、澳洲 AODN 的實測波浪資料庫，以決定是否利用其資料進行後續研究。其中日本、澳洲的資料庫並不符合本研究需求。因此本研究將以台灣 CWB 與美國 NDBC 的資料庫做為資料來源並進行分析。

將資料庫中示性波高大於 10 公尺的案例特別挑出，視為極端波浪案例，總計有 405 筆極端波浪，其中篩選出 372 筆颱風造成之極端波浪。

為了解極端波浪的特性，本研究對蒐集的波浪資料進行波高分佈與波浪組成的分析。將案例依照波長與水深的比例化非維深度水深事件與中度水深事件資料中的一維波譜與 JONSWAP 譜套配，套配函數中的 γ 值越趨近於 1 則表示波浪發展程度越高。再將方向波譜與 Mitsuyasu (1975)提出的方向分佈函數進行套配。觀察套配函數中的s_{max}，該值越小表示波浪能量的方向分布越寬。

極端波高估算方法種類繁多，其經驗公式簡單、方便的特性能快速的進行極端波高的評估與計算。Young (1988) 利用數值模擬模型，分析不同颱風條件下波高的變化，得出等效風域 (equivalent fetch) 的計算公式，Young and Vinoth (2013) 又將上述公式修正為如下所示：

$$x/R' = \psi\left(aV_{max}^2 + bV_{max}V_{fm} + cV_{fm}^2 + dV_{max} + eV_{fm} + f\right) \quad (1)$$

式(1)中x為等效風域值，V_{max}為颱風最大風速，V_{fm}為颱風前進速度，R為颱風最大風速半徑。將等效風域值x帶入 JONSWAP 的風浪關係式中，便可推估出對應颱風條件下的最大示性波高。

Hwang (2016) 提出利用圓形賽道模型 (circular racetrack model) 將波場分成三個區塊，並分析不同區域中，風域與距離間的關係建立出風域推估式，將其帶回其研究推估的風浪關係式中，得到颱風不同位置下的示性波高推估結果。

在利用公式分析實測波浪資料庫時，應將測站與颱風的相對位置納入公式之中，才能有更好的估算結果。Hwang (2016) 公式中已考慮相對位置的影響，因此本研究利用 JONSWAP 風浪關係式回推得出的估算風域值定義出針對 Young and Vinoth (2013) 公式的風域修正係數。

$$n = \begin{cases} -0.001 \times r + 1.0486 & 0° \le \theta < 135° \\ -2.1442 \times 10^{-4} \times r + 1.0192 & 135° \le \theta < 225° \\ 0.0014 \times r + 0.9382 & 225° \le \theta < 360° \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中 n 為等效風域修正係數，r 為測站與颱風中心的距離，修正後的等效風域 x′=nx，x 為修正前的等效風域值。

三、初步結果

本研究統計 1985 年~2021 年間的台灣、美國的實測波浪資料庫，總計有 405 筆極端波浪資料，其主要成因為颱風，最大示性波高可達 23.67 公尺。利用水位資料計算極端波浪的短時波高分布，結果 95% 的資料符合雷禮分布。

本研究利用波齡分析法對資料庫中的一維波譜資料做組成分析，結果顯示共有 298 筆資料的波齡值小於 1.22，占所有極端波浪資料筆數中的 84%。一維波譜的套配結果如圖 1 所示，γ 值在中度水深與深度水深條件下分別為 1.18 與 1.44，均方根誤差為 6.3%與 7.1%。波浪組成分析與一維波譜分析的結果均顯示大部分的極端波浪為完全發展波。

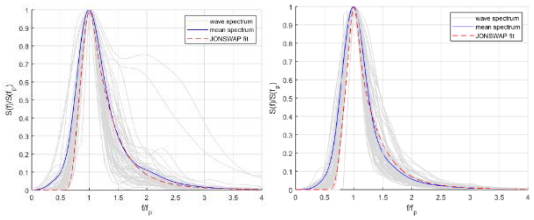


圖 1 實測資料波譜與 JONSWAP 譜套配結果圖(左圖為中度水深，右圖為深度水深)

將實測所得之方向分布函數與 Mitsuyasu 的方向分布函數做套配，發現套配所得的s_{max}約在 2~8 之間，小於 Mitsuyasu 方向分佈函數所得的風浪s_{max}平均值。代表在極端波浪環境下，波浪的方向分布較一般海況更寬，波浪能量在遠離主波向情況下的能量衰減率較不明顯。。

本研究修正 Young and Vinoth (2013) 的經驗公式，計算修正前後的最大示性波高推估值與浮標數值間的無因次均方根誤差 (NRMSE)。結果分別為 29%與 15%，代表透過本研究的修正公式，能夠更準確的推估極端波高。表 1 整理了經驗公式修正前後誤差明顯減少的案例。

表 1 修正效果明顯之案例

No.	$H_{s,max}$ (m)	Young and Vinoth (2013)	Hwang(2016)	Chen(2023)
1	11.12	31%	32.6%	9%
2	12.15	39%	23%	2.6%
3	10.64	57%	19.6%	12%
4	10.60	71%	47.2%	0.7%
5	10.32	61%	33.4%	0.2%

此修正公式結合 Holland (1980)提出的風速衰退公式可計算出最大示性波高與對應位置，未來將進行颱風範圍內的示性波高衰減程度分析。此外調整經驗公式中各個參數將會影響輸出的最大示性波高，此數值具有一極限最大值，若能找出正確的條件將可推算颱風條件下示性波高的極限最大值。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

潛沒式植生對波浪能量衰減之試驗研究

蕭郁[1]　蕭士俊[1]　劉立方[1]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系

主題: B 水動力、波潮流及漂沙研究發展

國科會計畫：NSTC 111-2221-E-006-070-MY2

通訊作者：蕭郁

E-mail:11203026@gs.ncku.edu.tw

Tel:06-2757575 **ext. 63254-23**

摘要

沿海植生是一種自然的海岸保護方法，通過植生對波浪的阻力，降低波浪能量，而目前植生的阻力係數與經驗公式仍缺乏詳細研究。因此本研究的目標為透過實驗的方式定性定量的了解植生對波浪衰減的影響。透過波高計及荷重元量測三維實驗中的水位變化、植被運動及受力，探討不同植生條件與波浪條件對波浪衰減的影響，並計算植被的阻力係數，為數值模式提供參考數據。

關鍵詞：植生、波浪衰減、阻力係數、荷重元

一、研究目的

在氣候變遷的影響下，極端氣候事件的頻率上升，使沿海地區面臨著比以往更高的洪水風險。植生能適應海平面上升生長及抵抗海岸侵蝕，同時也能使波浪能量的衰減，在環境保護和經濟成本效益之間取得了相對平衡，提供了永續的沿海防護方法。

與植生對於波浪衰減的相關參數，包含波浪條件(如波高、週期、水深)及植生條件(如高度、直徑、排列方式及密度等)。前人研究指出波高衰減主要由植生導致的阻力造成，提出波浪能量衰減模型(Mendez and Losada, 2004)。數值模擬的相關研究可分為微觀(microscopic)與巨觀(macroscopic)兩種方式，前者為直接模擬植被與波浪的交互作用，但缺點是因複雜的網格配置導致計算量龐大，因此常使用後者將植被視為一透水結構物，在動量方程式中加入植被能量消散項，而阻力係數需仰賴實驗的經驗公式得到(Wang et al., 2023)。

實驗相關研究中，阻力係數主要由兩種方式得到，分別是校準法(Calibration method)與直接量測法(Direct measurement method)。Chen et al. (2018)提出阻力係數與 *KC* 數(Keulegan Carpenter number)的關係式，並指出校準法的 C_D-*KC* 分布較直接量測法發散。C_D-*KC* 的經驗公式可以提供數值模式參考，而大部分文獻主要是採用剛性的圓柱代替植物，並無考慮到植被的運動，因此本研究旨在通過水工試驗探討植生在不同條件下的波浪衰減，特別是不同彈性、植生密度、排列方式及波浪條件的變化對其影響。

二、研究方法

試驗於國立成功大學水利及海洋工程學系的玻璃水槽施作，水槽長 20 公尺，寬 0.5 公尺，深 1 公

尺，實驗配置如圖 1 所示。水槽一端為平推式造波機，另一端為 1:3 的斜坡。距造波板約 8 公尺處設置一受力板，植被固定在受力板上方，受力板下方有四個荷重元量測整體波浪載重。六組超聲波波高計以 30 公分的間距架設在植被上方觀測波浪通過植被的自由液面變化。

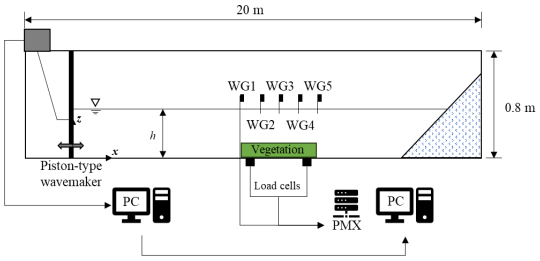


圖 1 實驗水槽配置

為了定性和定量地了解植被特性對波浪衰減的影響，採用圓柱代表植被，圓柱高 20 公分，直徑 1 公分，為了瞭解植被材料及排列的差異，選用壓克力(剛性)與 3D 列印 TPE 材料(彈性)兩種材料，排列密度分為每平方米 1111 及 556 個。波浪條件分別為 Stokes 一階規則波與 Cnoidal wave 兩種，並考慮兩種不同的浸沒水深，詳如附表 1。

表 1 波浪及植被試驗條件

植被條件	
材料	壓克力、 TPE (3D 列印)
高度h_v (m)	0.2
直徑b_v (m)	0.01
排列密度N (1/m^2)	1111, 556
波浪條件	
水深h (m)	0.25~0.3
週期T (s)	Stokes wave: 0.8~2 Cnoidal wave: 2~4
波高H (m)	0.025~0.098
波長L (m)	0.9~7.4
kh*	0.24~1.96
* k 為週波數。	

校準法(Calibration method)是基於線性波理論(Dalrymple et al., 1984)與 Morison's 方程式(Morison et al., 1950)，假設波高衰減與阻力係數C_D相關，波高衰減係數β可以由波高空間變化計算而得(Mendez and Losada, 2004):

$$\beta = \frac{4}{9\pi} C_D b_v N H_0 k \frac{sinh^3 kh_v + 3sinhkh_v}{(sinh2kh + 2kh)sinhkh} \quad (1)$$

$$H(x) = \frac{H_0}{1 + \beta x} \quad (2)$$

其中H_0為植被前的波高。

三、初步結果

各條件下，試驗重複三次，如圖 2 (上)所示，藍線為各次的造波板時序列，紅線為平均值，確認各次的造波狀況均一致。圖 2(中)為波高於空間上的衰減率，植被範圍為 $0 \le x/L \le 1$，黑圈為各次波高計量測結果，藍圈為平均值，虛線為由 5 支波高計代入式 2 的最佳解，並得到波高衰減係數。有了波高衰減係數則可由式 1 關係式計算出阻力係數，圖 3 為剛性材料在排列密度每平方米 1111 個條件下，不同波浪條件的阻力係數與 KC 數的關係，虛線為使用直接量測法或校準法得到的關係式，實驗分布與前人趨勢接近，阻力係數整體較小。

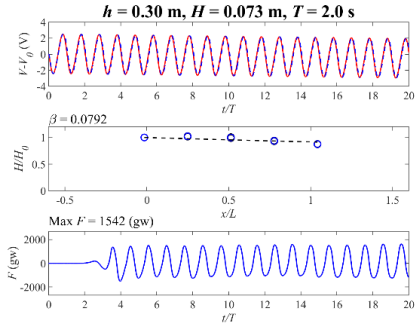


圖 2 剛性材料在排列密度每平方米 1111 個條件下，造波板時間分布(上)、波高空間衰減(中)及植生受立時序列(下)。

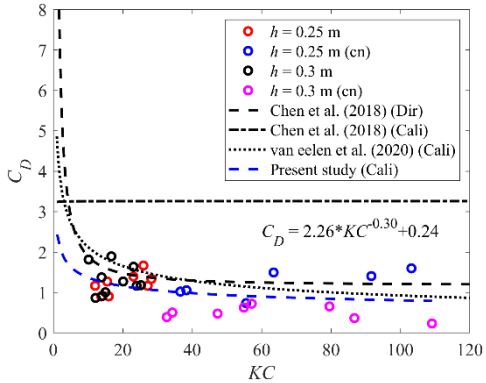


圖 3 剛性材料在排列密度每平方米 1111 個條件下 C_D-KC 之關係。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

應用 LETKF 資料同化於海洋預報改進之探討

廖建明[1] 滕春慈[2] 朱啟豪[2] 林芳如[2] 陳沛宏[1] 施景峯[2] 陳琬婷[2]

[1]國家海洋研究院
[2]交通部中央氣象署

主題: B 水動力、潮波流及漂沙研究發展

國科會計畫：無

通訊作者：廖建明

E-mail: jmliau@namr.gov.tw

Tel: 07-338-2097 **ext. 263601**

摘要

本研究以 HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model)完成 1/12^0 西北太平洋模式預報系統建置，進行短期系集預報與局地系集轉換卡爾曼濾波器(LETKF)資料同化系統測試。在初步結果中發現，以 NOAA OI SST 海面溫度資料集進行驗證，顯現 LETKF 之水平影響半徑約為格網間距 9 倍時，且垂直方向為 200 公尺時之參數可適切處理衛星海面溫度資料，明顯改善 HYCOM 系集預報之海面溫度合理性。

關鍵詞：HYCOM、海洋模式、系集預報、資料同化、LETKF

一、研究目的

為強化海洋預報模式對於海洋短中長期預測掌握，針對先進海洋預報模式技術逐步進行研發，包括西北太平洋高解析度三維海洋模式、系集預報、系集同化、及海洋與大氣雙向耦合模式等關鍵課題，逐步評估系集預報與即時海氣雙向偶合架構對於預報精準度的改善，以精進海上救災作業準確度與劇烈天候下防災時效，維護社會民眾安全。透過高解析度海洋三維海洋預報模式之建置，提供完整大氣海洋物理機制下之海洋變動特性，全面掌握海洋流動、水溫及鹽度變化預測，做為海洋活動、開發及救難規劃之基礎資料來源。而海洋系集預報模式與資料同化系統，可降低海洋模式系統性預報誤差，提供海洋預報不確定性數據資訊，並以同化技術協助改善預報精度。而發展海洋與大氣模式耦合模擬架構，利用即時雙向偶合傳遞海洋與大氣模式間的海氣交互作用，以了解即時雙向偶合機制對於颱風影響下，西北太平洋海域之海洋與大氣預測影響變化，希冀同步改善大氣與海洋預報能力為強化海洋預報模式對於海洋預測準確度。

二、研究方法

本研究以 HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model)系集預報為基礎，發展 LETKF 資料同化技術，引入海洋觀測資料測試資料同化對 HYCOM 海洋預報之精度改善。校驗 HYCOM 系集預報特性，引入海洋觀測資料建立 LETKF 資料同化流程，評估 LETKF 資料同化於預報特性與精度之改變，檢討後續資料同化程序精進研究方向。HYCOM 為三維海洋

數值模式，由美國海軍海洋局所運作，修改自邁阿密等密度座標海洋模式 (Miami Isopycnic Coordinate Ocean Model, MICOM) (Bleck 和 Smith, 1990)。傳統上，海洋模式中的垂直座標可分為 z 座標、sigma 座標(貼地座標)及等密度座標，每種垂直座標系統都有其優勢與限制，但理想的海洋環流模式應具備(1)保持水體特性(等密度座標特徵)、(2)在表面混合層有較高的垂直解析度(Z 座標特徵)，以適當反應熱力學及生化過程、(3)在海洋非分層區或弱分層區域仍保持足夠的垂直解析度、以及(4)在沿海地區具有較高的垂直解析度(sigma 座標特徵)。

而局地系集轉換卡爾曼濾波器(local ensemble transform Kalman filter, LETKF)為 Ott et al. (2004)所提出，完整的演算過程經過 Hunt et al. (2007)確立，在系集卡爾曼濾波器(ensemble Kalman filter, EnKF)中加入協方差局地化，其與 EnKF 相比不須要經過擾動觀測的步驟，減少抽樣誤差的來源，當同化觀測資料時分析系集平均與擾動獨立更新，可分別代表模式狀態與不確定性的最佳估計。LETKF 較 EnKF 相對較容易實現且計算效率高，LETKF 已經廣泛應用於大氣模式資料同化，而應用於海洋模式則較少。

三、初步結果

本研究建構 $1/12^0$ 之西北太平洋 HYCOM 預報模式與 LETKF 資料同化系統進行測試與分析，而觀測資料以衛星海面測高與溫度進行資料同化測試，其海面邊界大氣模式資料採用中央氣象局 WRF 系集預報模式，共有 20 個預報成員，採用 NOAA 之 RTOFS 之 HYCOM 全球預報模式資料作為邊界與起始條件，而測試驗證時間約為 1 個月，從 20220710Z00 至 20220810Z00 每日進行 108 小時(4.5 天)、20 個成員之系集預報作業。表 1 為不同案例 HYCOM 系集預報測試與 LETKF 設定參數表。由圖 2 與 1 中顯現 LETKF 之水平影響半徑約為格網間距 9 倍時，且垂直方向為 200 公尺時之參數可適切處理衛星海面溫度資料，明顯改善 HYCOM 系集預報之海面溫度合理性。

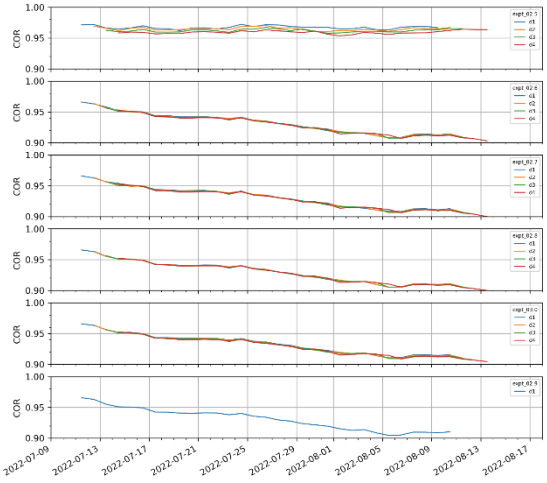


圖 1 不同案例海面高度與 AVISO 衛星觀測值之相關係數 COR 時序列

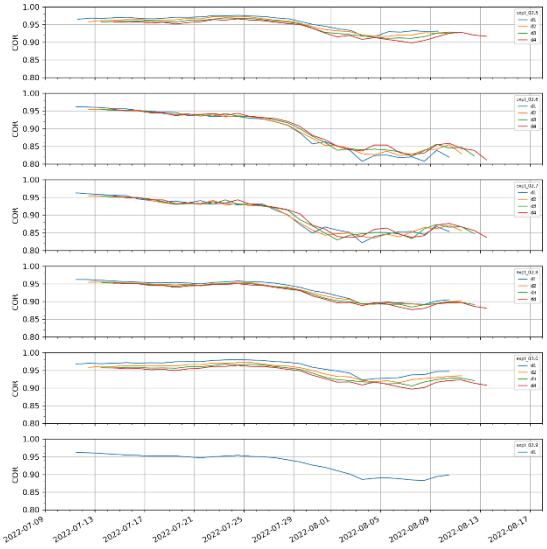


圖 2 不同案例海面高度與 AVISO 衛星觀測值之相關係數 COR 時序列

表 1 不同案例 HYCOM 系集預報測試與 LETKF 設定參數表颱風引致的極端特徵波高

案例編號	Expt_02.5	Expt_02.6	Expt_02.7	Expt_02.8	Expt_02.9	Expt_03.0
起始條件	RTOFS	Full Cycle	Full Cycle	Full Cycle	Full Cycle	Full Cycle
觀測資料	無	SSH	SSH, SST	SSH, SST	無	SSH, SST
ρ	-	720,000	720,000	7,200	-	72,000
ρ_0	-	-	-	-	-	200

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

應用 SCHISM 模式模擬不同地形對裂流之影響

王敘民[1] 林芳如[2] 滕春慈[2] 董東璟[1] 蔡政翰[2]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系
[2]交通部中央氣象局 海象測報中心
[3]國立台灣海洋大學海洋環境資訊學系

主題: B.水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：王敘民

E-mail:shuminwan004@gmail.com

Tel:02-2757575 ext. 63244

摘要

裂流(Rip Current)是一股近乎垂直海岸線向外海移動的強勁水流，由於海流不像波浪目視可辨別，時常在無意間將遊客牽引至外海，造成憾事，故有海洋中的隱形殺手之稱。若能瞭解裂流發生的位置，進而提前進行警示作業，便能夠降低意外事件發生的頻率。因此，本研究接續先前研究之成果，以 SCHISM-WWM 波流耦合模式模擬不同水深地形下流場的變化，探討適合裂流發展的地形、裂流可能發生的位置，以及裂流發生時的特徵。本研究以過渡型態地形中的沿岸沙洲槽(Lonshore bar trough, LBT)和橫向沙洲與裂流(Transverse bar and rip, TBR)，以及邊界控制型三類地形作為研究對象，結果顯示在 LBT 地形下，當沙壩間距介於 30-100 公尺間，裂流會發生於兩沙壩間；在 TBR 的地形型態，位於槽溝處持續有裂流發生，且隨著槽溝深度增加，裂流的流速亦隨之變快；而在邊界控制型態的的地形，在海灣中央波浪匯集處，時常有裂流的出現，且當海灣曲率達到 0.2 時，灘尖處亦是裂流發生的位置。

關鍵詞：離岸流、SCHISM、形貌動力學、波流耦合

一、研究目的

從事海域遊憩活動均潛藏風險，根據澳洲海域遊憩規範指標及 Klein et al. (2003)於巴西南部海灘災害成因調查結果顯示，裂流是造成海域意外事件的原因。同時，我國亦是裂流頻發的區域，至今每年夏季仍有數起疑似遭海流卷走的憾事。有鑑於此，探究裂流可能發生的位置，進而提前進行警示作業是有其必要性的。

往昔研究認為裂流的發生係由於波浪入射海岸時，地形不均導致波浪的淺化和折射，亦或是為平衡波浪產生的輻射應力所導致的(Lounguest-Higgins and Stewart, 1964)，由此可知裂流的發生與地形有著密不可分的關係。Wright and Short(1984)以形貌動力學的方法，提出海灘類型參數Ω對不同海灘類型進行分類，以分析各種海岸類型下的裂流特性；Haas et al. (2003)透過 SHORECIRC 模式進行流場模擬，發現沙壩裂隙會有裂流發生，且裂隙愈深流速愈強；Hong et al (2018)則建置的沙壩模型，同時透過 FUNWAVE 模式進行數值模擬，發先當海灣曲率越大越容易出現裂流；Castelle et al. (2016)彙整過去相關文獻，認為在非開放式海灘，受到波物、波流汗流物交互作用的影響，在整個海灘均有可能有裂流發

生。

地形式影響裂流發生很重要的因素，若想要從模式中看到裂流現象，地形資料的準確性是非常重要的。故本研究將採用 SCHISM-WWM 波流耦合模式模擬過渡型海灘和邊界控制型海灘，藉此探討在不同地形下裂流是否會出現、可能發生的位置，以及裂流發生時的特徵。

二、研究方法

裂流主要是因地形不均下所產生的波流交互作用所導致的，故本研究在進行裂流模擬時，採用美國 VIMS 發展的 SCHISM 三為跨尺度海洋數值模式求解二維 Boussinesq 以解析淺水方程，耦合第三代波浪數值模式 WWM-III(Wind Wave Model)，並採用非結構線性網格進行模擬。SCHISM 控制方程式主要為求解三維淺水波方程(3D shallow-water equations)、靜水壓方程 (Hydrostatic) 和包式近似 (Boussinesq approximations)，:

$$\frac{Du}{Dt}=\frac{\partial}{\partial z}(\upsilon\frac{\partial u}{\partial})-g\nabla\eta+F \quad (1)$$

而 SCHISM 所使用的控制方程式是在笛卡爾座標系統下符合靜水壓假設，藉此表示三維雷諾平均 Navier-Stokes 方程，目的為計算流場之渦流現象。公式(6)中的 F 可由下式所得:

$$F=\nabla\cdot(\mu\nabla u)-fk\times u-\frac{1}{\rho_0}\nabla p_A+\alpha g\nabla\varphi+R_s \quad (2)$$

當中 k 是 z 軸的單位向上(垂直向上為正)、f 為科氏力參數、α 為有效地球彈性因子(=0.69)、v 和 μ 分別是垂直和水平渦流黏制度，ρ_0 是水密度，p_A 為大氣壓力。假設流體不可壓縮的情況下可表示如下:

$$\nabla\cdot u+\frac{\partial w}{\partial z}=0 \quad (3)$$

其中 $u=(u,v)$ 是水平速度、η 為表面高程、$\nabla=(\partial/\partial x,\partial/\partial y)$ 為水平梯度因子、g 為重力加速度，w 為垂直速度。為了求解水位高度，可藉由求解水深梯度積分之結果所得，公式如下:

$$\frac{\partial\eta}{\partial t}+\nabla\cdot\int_{-h}^{\eta}udz=0 \quad (4)$$

SCHISM 模式在進行波浪耦合數值模式計算時，會先計算 WWM-III 風浪模式所產生之算輻射應力，再將波浪引起的表面動量傳遞至流體水動力模式，進而再次計算流場和水位，確保準確的考慮到波流交互作用下之情形。

三、初步結果

本研究在前期研究成果已透過 SCHISM 水動力模式耦合 WWM 風浪模式建立一個可以描述裂流現象的設置。在水深地形的建置上，根據 Wright & Short (1984)和 Castelle et al. (2016)研究成果，本研究分析的對象主要為水深地形採用過渡型海灘中的沿岸沙洲槽(Lonshore bar trough, LBT)和橫向沙洲與裂流(Transverse bar and rip, TBR)，以及邊界控制型海灘三種類型，資料的空間解析度考量裂流尺度的大小，設計為 1 公尺×1 公尺，並內插進入 SCHISM-WWM 波流耦合模式的非矩形網格，圖 1 為 LBT 地形水深示意圖。

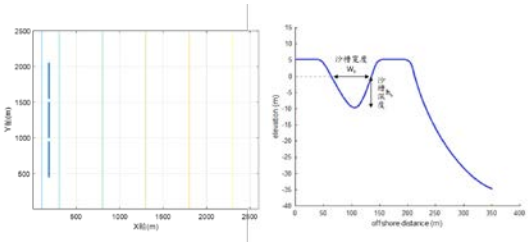


圖 1 沿岸沙洲槽地形水深示意圖

模式的邊界條件和初始條件則根據前期研究成果王等人(2021、2022)，採用裂流發生時最常出現的海氣象條件，示性波高 1.5 公尺、波浪週期 6 秒、波向垂直海岸線偏移 30 度，並以 JONSWAP 波譜形式帶入。水位條件則使用 2023 年 1 月以 FES 模式模擬結果，並採用 4 m/s 向岸的單一風場。初步結果顯示，在這三類的水深地形均有裂流發生，LBT 地形的裂流出現在沙壩間隙(如圖 2)、TBR 地形的裂流出現在槽溝處，而海灣型態的裂流則出現在海灣中央附近。後續，本研究將會調整水深地形的參數，如沙壩間隙的寬度，進一步探討地形對裂流現象的影響。

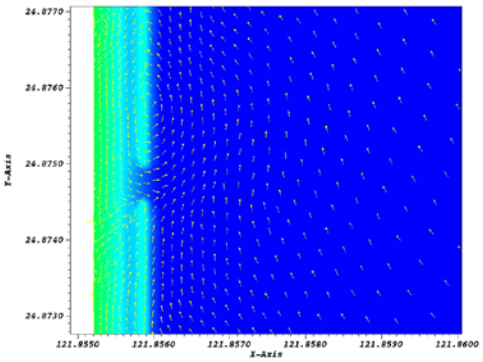


圖 2 沿岸沙洲槽(LBT)裂流模擬結果

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

關渡大橋三維沖刷模擬:定床流況驗證

黃逸軒 [1*] 吳祚任 [1] 王仲宇 [2] 許泰文 [3] Vuong Thi Hong Nhi [4]

[1]國立中央大學水文與海洋科學研究所
[2]國立中央大學土木工程學系
[3]國立台灣海洋大學
[4]Vietnam National University Ho Chi Minh City

主題: B. 水動力、潮波流及漂沙研究發展

通訊作者：黃逸軒

E-mail:109626005@cc.ncu.edu.tw

摘要

台灣新北市的關渡大橋為連接新北市八里區與台北市北投區之重要交通樞紐,然而近 50 年來該橋橋墩周圍之河床地形發生顯著變化，尤以鄰近河川中央之橋墩，其所受之侵蝕與局部沖刷最為嚴峻，使得關渡大橋之沖刷問題備受重視，為分析關渡大橋之橋墩沖刷情形，本研究將以三維不可壓縮流模式 Splash3D 為基礎，加入對物質流變特性之描述使其得以模擬非牛頓流體之行為，稱為「不連續雙黏性流模式」。本研究第一年目標為進行大尺度定床模擬並與實測資料比對,包括流速比對與浮球軌跡比對等項目,檢視模式是否能準確捕捉該區域之流況發展;以此為基礎，第二年目標為局部動床模擬，分析各橋墩之局部沖刷情形。本文主要闡述第一年目標之成果。

關鍵詞： 關渡大橋、局部沖刷、Splash3D、不連續雙黏性流模式

一、研究目的

關渡大橋位於台灣新北市，連接新北市八里區與台北市北投區，為淡水河之重要交通樞紐。根據自民國 67 年以來所記錄之橋墩斷面地形變化所示，近 50 年來關渡大橋橋墩周圍之河床地形發生顯著變化，尤以鄰近河川中央之橋墩周圍所受之侵蝕與局部沖刷最為嚴重,如此顯著之變化,使關渡大橋之沖刷問題備受重視,本研究預期透過三維數值模式,模擬並分析橋墩之沖刷情形，為此，第一年目標將以 Splash3D 模式進行定床模擬並與實測資料作比對，檢視模式於此研究場址之適用性。

二、研究方法

本研究採用三維多相流模式 Splash3D 進行數值模擬，該模式為 Wu (2004)與 Liu et al. (2005) 以美國國家實驗室（Los Alamos National Laboratory, LANL）發展之 Truchas 模式為基礎所開發，其特色是配合流體體積法(Volume of Fluid, VOF) 進行自由液面之重建，並以大渦模擬法(Large Eddy Simulation, LES)來描述紊流效應。

欲進行關渡大橋三維數值模擬，所需之前置資料包括地形點雲資料、漲退潮流速斷面資料及橋墩結構資訊,各資料由計畫團隊成員所提供,分別如圖 1 至圖 3 所示。模擬將以地形點雲資料為基礎，擷取適當範圍作為計算域大小之設置，並依照橋墩結構資訊設置橋墩數值模型，最後分析上下游斷面流速資料作為入流條件之依據。模擬將依漲退潮分別進

行，完成後針對各斷面流速趨勢、各斷面流速量值、單點垂直流速分布與浮球軌跡等項目進行比對，以檢視模式於漲退潮情境下之表現，若模式表現良好，則進一步執行第二年之局部動床沖刷模擬。

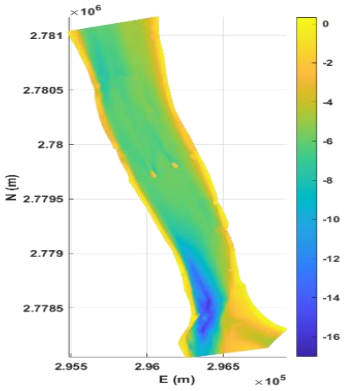
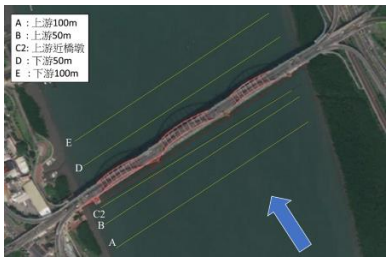


圖 1 關渡橋河床地形點雲資料

(a)



(b)

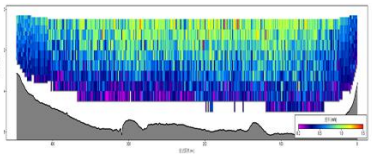


圖 2 流速斷面資料

(a) 關渡橋測線斷面量測位置示意圖

(b) 測線斷面速度量值分布(測線 A: 退潮)

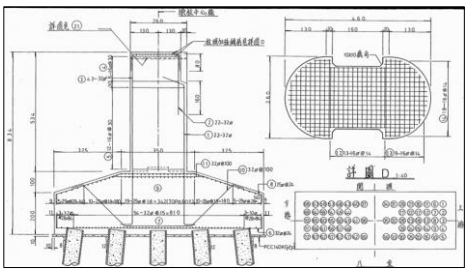


圖 3 關渡橋橋墩設置資訊示意圖

三、初步結果

模擬結果與量測資料比對良好，無論在流速分布趨勢、流速量值上皆相當準確，流線軌跡亦與浮球軌跡一致。本節將以退潮模擬成果作演示。

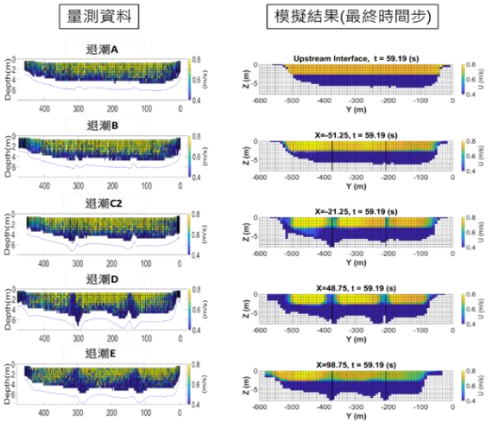


圖 4 各斷面流速分布

表 1 各斷面流速量值比對表

斷面編號	深度區間	量測資料	模擬結果	誤差值
A		此例A為初始邊界條件		
B	小於3m	0.7396	0.7998	0.0602
	大於3m	0.2549	0.2908	0.0359
C2	小於3m	0.7755	0.7939	0.0184
	大於3m	0.1956	0.2633	0.0677
D	小於3m	0.7756	0.7591	-0.0165
	大於3m	0.1468	0.2090	0.0622
E	小於3m	0.6684	0.6447	-0.0237
	大於3m	0.2471	0.2496	0.0025

單位: (m/s)

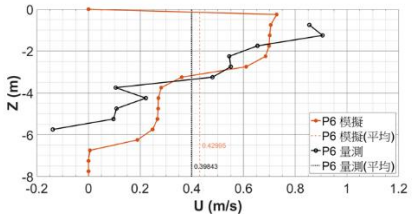


圖 5 單點垂直流速分布比對 (橋墩 P6)

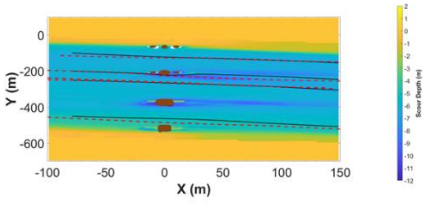


圖 6 流線軌跡(黑線)與浮球軌跡(紅線)比對圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

運用水下麥克風陣列之船舶偵測及定位研究

江維新 [1] 陳琪芳 [2*] 呂秉豪 [3]

[1]國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系
[2]國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系
[3]國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫： (此論文若是國科會計畫請標明計畫編號)

通訊作者：陳琪芳

E-mail:away chifang@ntu.edu.tw

Tel:02-3366-5735

摘要

利用由兩組雙聲道之水下麥克風系統收集之資料，麥克風陣列佈放於雲林新虎尾溪口附近，並利用波束成型估計出船舶噪音方位角連續變化，並比較波束成型與到達時間差法對於方位角估計結果，結合音傳損耗估計聲源距離，取得其移動軌跡並達到定位之目的，由於兩組水下麥克風屬於不同系統，系統之間存在時間偏移，系統時間偏移將會嚴重影響定位結果，使用船舶噪音做為外部聲源，進行兩系統之時間校正。

關鍵詞：水下麥克風陣列、波束成型、船舶噪音

一、研究目的

在這數十年間, 迅速發展的國際海上運輸與交通使得海洋環境噪音劇烈增加，除了海洋環境噪音提升將影響海洋生態，人為活動如賞鯨等也可能直接對依賴聲音生存的海洋哺乳動物造成傷害。因此，水下輻射噪音對海洋環境的影響已得到世界各地各界人士的關注。

中華白海豚是一種生活在沿海和近海水域的海洋哺乳動物，他們使用聲音作為尋找食物、溝通和導航的重要方式，當白海豚受到船舶噪音干擾時，聲音行為將會隨著噪音發生變化以彌補被噪音所遮蔽的溝通範圍，被動式聲學監測（Passive Acoustic Monitoring）是一種重要且可長期監測的方法。通過佈放水下麥克風或水下麥克風陣列來記錄水下各種聲音，包括船舶和鯨豚等聲源。近年來被動式聲學監測已逐漸發展成熟，不僅能夠獲取聲景資料，還能進行聲源定位，這項技術的發展為我們深入研究鯨豚的活動範圍和習性提供了重要的工具。

二、研究方法

本研究將兩組雙聲道水下麥克風系統所錄之水下聲音資料，使用外界產生之聲音訊號進行校正。將校正完成之時序列訊號進行波束成型定位，船舶噪音的部分為利用訊雜比進行初步擷取，聲音訊號所在之時間之訊雜比高於閾值後初步判斷為船舶噪聲，

後續進行波束成型計算所得之方位角，觀察其方位角之連續變化並排除噪音訊號結果，再利用音傳損耗進行距離估算聲源訊號之距離，將方位角及距離兩者進行結合達到定位之目的，資料分析流程如圖 1 所示。

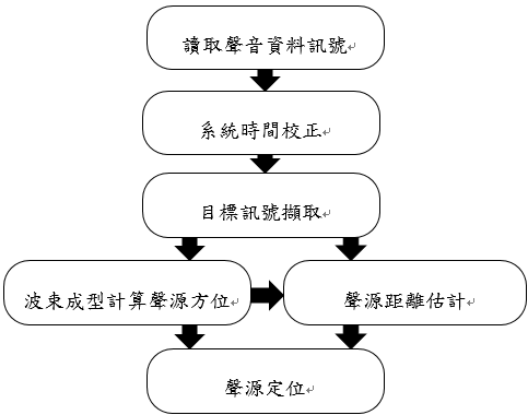


圖 1 資料分析流程

三、初步結果

本研究使用船舶噪音當作細部校正時的外部訊號，採用較長的時間區間進行以時域視窗為 0.1 秒並且每 0.01 秒向右移動之方式連續計算。在這些時間視窗中使用互相關函數法，並根據峰值與中心點的距離來估計到達時間差，這種取樣方法可以提供更多的數據點，以利進行後續的時間偏移校正。

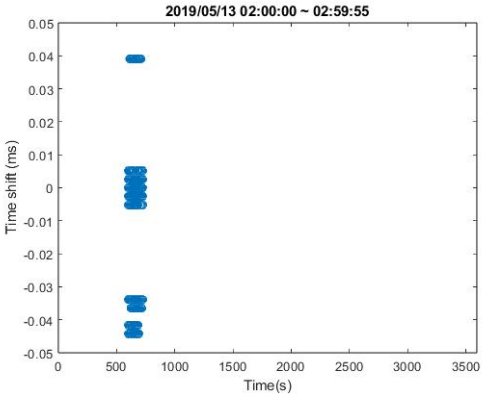


圖 2 細部校正後時間偏移

透過迴歸方程式進行細部校正的結果如圖 2，透過時間校正後，系統時間仍有時間偏移約介於±0.05 毫秒之間，明顯可以得出系統間之線性時間偏移經過有效的校正，後續方位角估計將使用校正後之時序列資料進行分析。

目標船舶頻譜圖如圖 3 紅框處，首先定義方位角以北為 0 度，並順時針為正，利用波束成型計算聲源方位角，方位角估計結果如圖 4

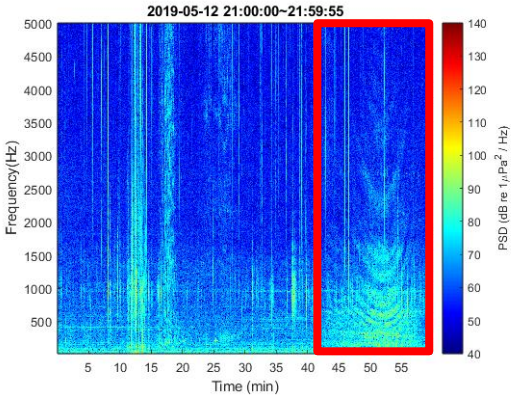


圖 3 時頻譜圖

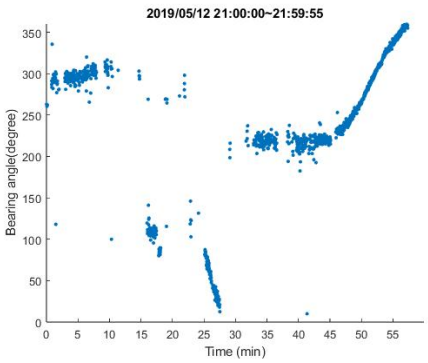


圖 4 方位角估計結果

本研究將船舶噪音訊號依據 SNR 分別分為 0 到 5dB，5 到 10dB，10 到 15dB 和 15dB 以上，到達時間差法方位角估計結果減去波束成型方位角估計結果，以此比較方位角估計之間的差異如圖 5。

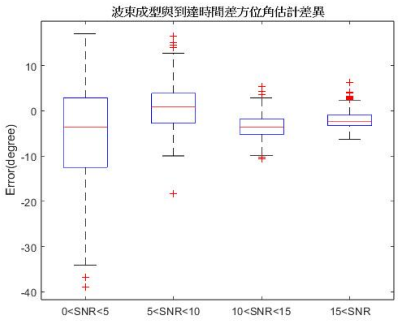


圖 5 波束成型與到達時間差法方位角估計差異

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

潮位觀測技術盤點與評估

陳秋份[1]　林演斌[1]　馬家驎[2]　簡昭群[2]

[1]國立成功大學近海水文中心
[2]經濟部水利署水文技術組

主題：C. 海洋及海岸規劃管理

通訊作者：陳秋份

E-mail: josie0946@gmail.com

Tel: 06-2744058

摘要

潮位觀測在海岸規劃管理與防災以及氣候變遷引致之海平面上升研究等方面都扮演極重要角色，直接觀測是潮位資料主要來源，衛星技術發展後，也可以從太空觀測潮位，本文盤點近代常見的潮位觀測技術，包含壓力式、音波式、雷達波、高度計(Altimeter)和 GNSS 等觀測方式，彙整各種觀測方式的儀器規格、解析度、儀器原理與適用場域，並以實際觀測作業評估音波式和壓力式觀測結果之差異，以及 GNSS 觀測準確性。透過本論文研究，可以掌握各式潮位觀測儀器的特性，提供實際有潮位觀測需求時選擇正確觀測方式之參考。

關鍵詞：潮位、觀測、音波式、GNSS

一、研究目的

潮位(Tide)主要是星球間引力造成之地球表面水體之升降現象，海岸邊的潮位變化代表著海岸水位的高低，過高的位(潮)位可能越過堤防造成淹水，颱風期間因為低氣壓引起的水位抬升稱為暴潮(storm surge)，它是造成海岸溢淹的主因之一。潮位的高低也高度影響海岸或河口地區生態環境，目前地球水位是一個平衡狀態，大部分地方潮差約 1 米上下，部份地區無潮差(譬如波羅的海)，部份地區潮差甚大(譬如加拿大芬迪灣)，當全球變暖造成氣候變遷，引起海平面上升，即便是每百年幾十公分的等級，依然可能對全球海岸生態造成莫大衝擊。因此，潮位資訊對於海岸防災、海岸生態、氣候變遷、海岸治理甚至軍事國防等領域都扮演重要的角色。

海洋潮位觀測可透過直接觀測或間接觀測獲得，直接觀測包含安裝壓力式儀器在海底量測水位變化、安裝音波式儀器在海底或海面結構物上、或改用雷達波等方式；而間接的觀測方式包含透過衛星高度計(Altimeter)量測或透過 GPS/GNSS 解算。當然，近代的數值模式已經可以很準確地預測某處的潮(水)位變化，然而，模式的準確性仍然是建立在對實際潮位(分潮)的掌握下所獲得，現場實際潮位觀測是海洋觀測最早也是最重要的一環。本研究的目的即在於盤點近代潮位觀測技術、原理與特性，並透過實際觀測作業與成果探討其差異並評估其特性。

二、研究方法

早期潮位觀測大都在港邊的岩石或木板上刻上刻度，每天早晚用眼睛來觀測水位的高低，從英國的平均海平面永久服務中心(PSMSL)紀錄顯示，阿姆斯特丹港口自 1700 年就有潮位觀測紀錄。直到 1830 年左右，潮位觀測才開始使用機械儀器紀錄，包含將浮子置於靜水井中，潮位的變化帶動浮子再連接到紀錄紙上，隨著電腦資訊的發展，開始將這些紀錄數位化，儀器部份，由於浮子容易受到環境的影響，解析

度也有所不足，因此，壓力式潮位計(pressure tide gauge)興起，開啟了潮位自動化觀測的時代。

壓力式潮位計是透過水壓與水位之間存在線性關係，量測水壓可以反算出水位，壓力式水位計通常安裝於海底，透過電纜線傳送量測結果上岸，它最大的問題是難以確定潮位計安裝在底床，因此難以獲得潮位絕對數值。

美國海洋大氣總署(NOAA)在 1980 年代開始發展第二代潮位觀測系統(NGWLMS)，它使用高精度的音波式水位計(acoustic gauge)，透過溫度同步量測修正音波速度，精度可達 mm 等級，該系統同步整合壓力式儀器，並具有多通道通訊系統，是目前台灣潮位現場觀測儀器的主力。

衛星高度計(satellite altimetry)透過衛星上發射電磁波，藉由回波來估算海面投影區的相對高度，此資料在全球尺度上參考價值很高，有助於海平面上升的研究，但對於近岸海域可能會受限於空間解析度與地形效應導致誤差會較大些。

過去也常見使用全球定位系統(GPS)來量測潮位，但全球衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)發展後，由於它可同步接收美國 GPS 及俄羅斯 GLONASS 衛星訊號，透過解算可獲得天線位置處的三維坐標，因此 GNSS 近年在海洋觀測領域發展很迅速。研究團隊過去透過接收 GNSS 訊號與內政部國土測繪中心所提供之 VBS-RTK (Virtual Base Station Real-Time Kinematics)解算服務，在收斂獲得固定解(Fixed ambiguity)後，獲得公分等級精度的經緯度與高度資料，可以獲得潮位觀測值，然而由於解算關係，僅能逐時觀測，另外，VBS-RTK GNSS 需上網始能傳輸即時修正訊號，使其布設位置受限(無法觀測外海潮位)。RTK 是一種差分的解算方法，測量領域常用運，但其定位精度受到基線距離的限制，因此在範圍外的定位需利用其他技術，譬如 RT-PPP (real-time precise point positioning)定位技術，有些系統商提供了全球多星系定位服務，支援星系包含 GPS、GLONASS、Galileo 與 BeiDou，包含電碼與載波偏差量，以及軌道與時表修正量，這些資料透過地球靜止軌道衛星直接廣播給 GNSS 接收器接收，以進行定位(包含高度)解算。

為了比較不同潮位觀測儀器量測結果的差異，本研究將 GNSS 接收器安裝於海上浮標上，海岸邊設置有第二代潮位觀測系統(NGWLMS)，底床上則有壓力式潮位計，同步觀測進行比對探討。另外，本研究也將近代常見的潮位觀測儀器列表比較，提供優選潮位觀測方法之參考。

三、初步結果

本研究曾於 2017 年 11 月至 2018 年 4 月期間將 GNSS 接收器裝置於小琉球資料浮標上，如圖 1 所示，圖中 GNSS 量測潮位之高程基準為基隆平均海平面，而小琉球潮位站為當地基準，已調整為一致，結果可看出兩個潮位變化趨勢一致，相關係數達 0.98 以上。另外，為探索 GNSS 潮位觀測以 RT-PPP 與 VBS-RTK 解算潮位之差異，圖 2 為 GNSS 接收器安裝在安平浮標量測潮位減平均值後之比對圖，綠色菱形點線可知 RT-PPP 潮位最大高 VBS-RTK 解算結果約 0.38 m，均方根誤差(RMSE)為 0.11 m，平均絕對誤差(MAE)則為 0.08 m，量值看似小，但對於部份需求高精度潮位資料的應用來說不可謂不大，後續有賴加入與一般認為真值的岸邊潮位站做比較，同時也將增加納入衛星高度計的量測結果進行比較研究。

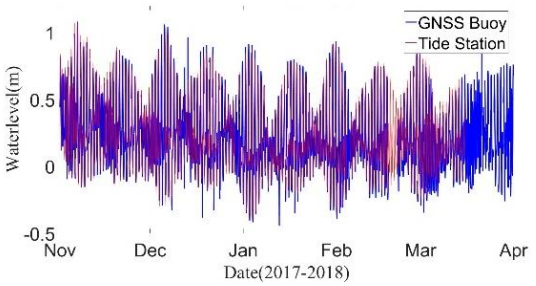


圖 1 GNSS 潮位觀測與第二代音波式潮位站觀測結果比較

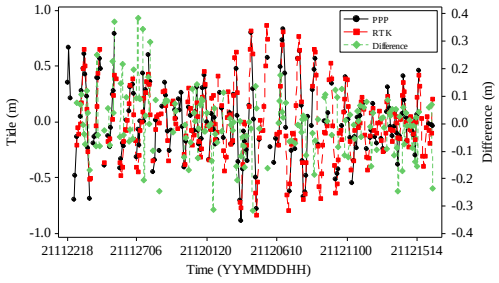


圖 2 兩種解算法(RT-PPP 與 VBS-RTK)在以 GNSS 觀測潮位結果之差異

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

應用 CoastSat 探討旗津海岸線變遷

林才淵 [1]　謝志敏 [2]

[1]國立高雄科技大學海事資訊科技系 碩士班研究生
[2]國立高雄科技大學海事資訊科技系 教授兼系主任

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：MOST 110-2221-E-992 -021 -MY3

通訊作者：林才淵

E-mail:F111181109@nkust.edu.tw

Tel:07-381-4526 **ext. 25308**

摘要

本研究以旗津海岸為研究區域，利用 Coastsat 海岸線監測系統在 Google Earth Engine 平台上獲取了 Landsat 5、Landsat 8 和 Landsat 9 的衛星圖像。針對 1986 年至 2023 年旗津海灘變遷進行分析。通過機器學習語義分割和光譜指數 (spectral indices) 分析圖像，獲取了不同時期的灘線資訊，以瞭解旗津海灘的變化以及海岸保護工程的效果。根據歷年來的灘線變化，可以發現在海岸保護工程施工前，海岸線逐年退縮，而自 2013 年海岸保護工程完工後，旗津海岸線明顯向外延伸並趨於穩定。

關鍵詞：衛星影像、邊緣偵測、語意分割

一、研究目的

旗津是座落於台灣高雄市西南邊的一座近海離島，並擁有一片以板岩碎屑與石英顆粒為主構成的黑灰色沙灘，每當假日慕名而來的遊客絡繹不絕，不過因為近鄰的高雄港之擴建、填海造陸，導致旗津海岸的沙源補充受到影響，侵蝕現象嚴重到甚至造成周邊建物、公共設施崩壞倒塌，有鑑於此，高雄市政府於 2009 年起著手辦理「旗津區海岸線保護工程」計畫，採用離岸堤、離岸潛堤和人工養灘複合工法之海岸保護工程，並已於 2013 年 8 月完工。因此本研究將針對旗津海岸，北起高雄港一港口，南至風車公園，研究海岸線的變遷及海岸保護工程之成效。

傳統測量海岸變遷方式是依靠人力去丈量，但灘線距離會隨著時間變化與潮汐影響，因此丈量的過程受時間影響會有誤差，並且又需要花費大量時間、成本與人力。因此，本研究採用下載衛星影像的方式來分析灘線變化實現省時、省力和省成本。

二、研究方法

本研究利用 Coastsat 海岸線偵測系統在 Google Earth Engine 獲取旗津海岸施工前後的歷年衛星影像。研究選用了美國太空總署的地球觀測衛星 Landsat 5（1986-2009 年）用於海岸防護工程施工前的影像，以及 Landsat 8 和 Landsat 9（2013-2023 年）用於海岸防護工程施工後的影像。並使用其中的可見光頻段 (紅色、綠色、藍色)、近紅外頻段 (Near Infrared,NIR) 與短波紅外頻段 (Short Wave Infrared,SWIR1) 作為灘線分析影像。灘線辨識的方式首先是透過台南安平港與台東旭海的海岸衛星影像進行標註與訓練 Coastsat 中的淺層神經網路架構，以進行語意分割，網路架構使用了三層隱藏層，共

200 個神經元來構成，並以可見光頻段、近紅外頻段、短波紅外頻段、5 種水與植物的光譜指數(spectral indices)影像與以上這 10 種特徵的標準差(variance)共 20 種特徵作為輸入，並以海洋、白色海浪(white water)、沙灘、其他土地特徵等四種類別作為輸出，再使用凸顯水域反射的指標 Modified Normalised Difference Water Index (MNDWI) 來針對沙灘與海洋的像素，進行 Otsu 二值化，獲取能夠分割海洋與陸地的閥值(threshold)，進而取出灘線。

三、初步結果

Coastsat 的辨識結果較容易受到天氣與光線的影響，並且只要地理環境不一樣，錯誤率就會有所提高，但好處是訓練快速，並且只需標註少量樣本就能訓練。Coastsat 的語意分割的灘線如圖 1 所示，並沒有很精確，但只要有抓到沙灘和海洋的特徵，就可透過 MNDWI 影像準確地抓出灘線。

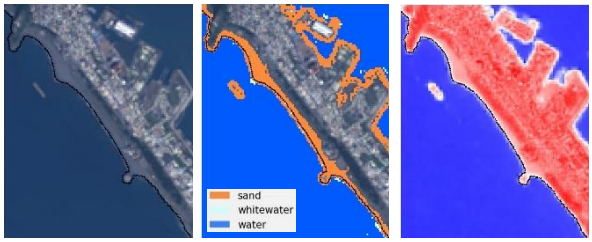


圖 1　2016 年 1 月 26 日旗津灘線

(左)RGB 影像 (中)語意分割結果 (右) MNDWI 影像

高雄港的南星計畫是在 1980 年開始進行填海造陸，因此本研究進行了 1986 ~ 2009 年的灘線辨識，如圖 2 所示，在 1986 年的海岸線與 2009 年相比，侵蝕現象非常嚴重，甚至導致海灘幾乎消失。本文將結果存成 kml 檔，再匯入到 Google Earth Pro 進行灘線疊加，並使用 2022 年 3 月的影像作為底圖，而由圖中可看出，底圖的海岸線與 2022 年 1 月辨識出來的灘線(橘色的線)非常相近。

施工後的旗津灘線變化如圖 3 所示，在圖 3 中的區域是可以看出興建完成的離岸堤，離岸堤前方的海灘有逐年向外擴張的趨勢，而周邊區域雖然變化不大，海岸線也已不再退縮，整體海岸線趨於穩定狀態。離岸堤由於堤體背後之波浪繞射形成遮蔽區，區內波高變小，堤後水位梯度的變化產生環流，此一環流使漂沙淤積堤後，進而形成突出於原海岸地形的沙舌(salient)。若設計得當，則可形成繫岸沙洲(tombolo)，能夠使波浪強度在堤前衰減，漂沙在堤後堆積，可形成砂舌或繫岸沙洲。

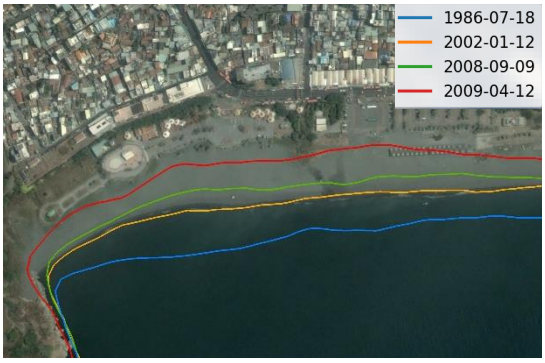


圖 2 海岸防護工法施工前的旗津灘線變化圖

(底圖：Google Earth Pro 在 2022 年 3 月的影像)

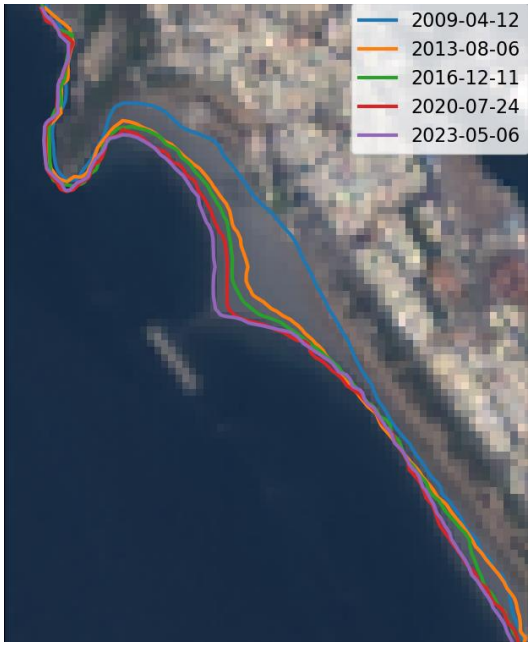


圖 3 海岸防護工法施工後的旗津灘線變化圖

(底圖：Lansat8 在 2023 年 5 月的影像)

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

應用 GNOME 追溯海洋廢棄物之潛在來源

邱啓敏 [1] 莊偉良 [2]

[1]國立中山大學海洋及環境工程學系助理研究員
[2]國立中山大學海洋及環境工程學系助理教授

主題: C 海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：莊偉良

E-mail: wlchuang@mail.nsysu.edu.tw

Tel: 07-525-2000 ext. 5184

一、研究目的

海洋廢棄物被定義為製造或加工並直接或間接、有意或無意地處置或丟棄到海洋環境中任何持久性固體材料(NOS/NOAA)。近年來政府機關投入很多人力資源清除海岸垃圾以及廢棄物，並研究發展海洋垃圾的溯源方法，其最終目標是希望能減少海洋垃圾對海洋環境生態的影響。另外，海面上漂浮的海洋廢棄物也會對海洋生態、船舶航行、海岸能源設施等造成危害，因而海洋垃圾及廢棄物的溯源，為相關領域專業人士極為關心的議題。受惠於電腦計算資源的快速演進，加上海洋流體動力數值模式、氣象數值模式與污染物漂流軌跡數值模式的發展愈趨成熟，結合各種不同領域的數值模式可在合理之計算時間內，模擬海洋污染物及廢棄物在特定時段中的漂流軌跡。海洋污染物及廢棄物在海面上的漂流主要受到兩大環境營力影響—風與海流，故若能掌握風及海流的確切資訊，將有助於提升海洋污染物及廢棄物追溯來源之模擬結果的可靠度，並藉由追溯模擬的漂移軌跡，可提供相關海洋垃圾清除機制建置之參考依據。

民國 111 年 7 月 12 日上午在基隆碧砂漁港與基隆嶼間海域發現一座大型蚵棚，可能危及附近作業的漁船的航行安全。附近漁民亦曾提及西南部海岸的養殖浮式蚵棚，可能因豪雨導致河口流量大增，導致養殖蚵棚被沖走並漂浮於海面，受到特定風及海流的影響，可能被帶往到東北角海域(中央通訊社，https://www.cna.com.tw/news/aloc/202207120324.aspx)。有鑒於此，本文即以基隆海域發現蚵棚做為研究案例，結合海洋流體動力、氣象、海洋污染物漂流軌跡等數值模式進行模擬並追溯蚵棚可能之來源，透過追溯模擬也能瞭解蚵棚漂流的軌跡。本文模擬結果未來可應用在追溯模擬海洋廢棄物漂流軌跡可能之來源，並提供政府機關擬定相關應變措施的參考依據，也能建置較適宜的清除方法，以降低海洋污染物對海洋環境生態及航行安全之影響。

二、研究方法

海面上漂流廢棄物主要是受到風與海流的驅動力，掌握風與海流的變化趨勢可提升海洋廢棄物漂流軌跡的模擬精度。本文的研究案例在風場預測資料來自中央氣象局開發的新一代的中尺度數值天氣預報系統 WRF (Weather Research and Forecasting)。海洋流體動力數值模式是採用美國 VIMS (Virginia Institute of Marine Science)發展的 SCHISM (Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model)三維跨尺度海洋數值模式(Zhang et al., 2015)。在海洋污染物漂流軌跡數值模式則採用美國 NOAA 的油污擴散模式 GNOME。GNOME 為一套混合 Eulerian/Lagrangian 數學描述的溢油軌跡模式 (Beegle-Krause, 2001)，其為 NOAA 架構下有害物質緊急應變組 (Hazardous Materials Response Division, HAZMAT) 所發展的油污擴散模式。GNOME 模式也常被全世界應用在實際海域油污染擴散模擬及海洋

污染物相關學術研究上，如邱等人(2020)曾應用 2018 年臺中港不明油污事件之模擬。

三、初步結果

民國 111 年 6 月 30 日芙蓉熱帶性低氣壓於海南島東側由南向北北西通過(如圖 1)，依據經濟部水利署臺南七股浮標紀錄，如圖 2 所示，7 月 2 日紀錄之示性波高於 17:00 時達至 359 公分，平均週期為 8.9 秒。依據中央氣象局定義波高超過 150 公分，平均週期超過 8 秒者為湧浪（長浪），因此七股浮標於 7 月 2 日 17:00 觀測及紀錄的波浪資料是因熱帶性低氣壓所造成的西南湧浪。七股海岸是蚵棚養殖的重要區域，此區域的蚵棚型式多屬於浮式蚵棚，當西南湧浪傳遞到臺南七股海域，有可能造成浮式蚵棚的繫纜斷裂，導致浮式蚵棚形成海洋廢棄物。

7 月 12 日上午 10 點在基隆海域作業漁船發現海面上有一座大型浮式蚵棚，有危及作業漁船航行安全之疑慮。基隆當地漁民提及每年都會發生相同問題，而嘉義至台南近岸海域主要以浮式蚵棚進行養殖牡蠣，為可能之浮式蚵棚來源，為驗證此推論，本研究結合大氣及海洋物理之數值模式，包含 GNOME、SCHISM 及 WRF，以 7 月 12 日 10:00 做為 GNOME 追溯模擬的起始時間；而七股浮標於 7 月 2 日 17:00 發生最大波高的時間可能是浮式蚵棚繫纜斷裂的時間，因此設定為追溯模擬的終止時間。圖 3 即為基隆海域發現蚵棚位置追溯模擬約 10 天的漂流軌跡，由追溯模擬結果顯示 7 月 2 日 17:00 蚵棚的位置在七股海岸，證實推論正確。

綜合上述結果，七股浮標觀測到最大示性波高高達 359 公分有可能造成浮式蚵棚繫纜有斷裂之虞，而 GNOME 以基隆海域發現蚵棚位置，進行追溯模擬 10 天結果顯示蚵棚可能來自七股海岸，且瀏覽 Google Earth 地圖亦顯示此區域有許多浮式蚵棚，與本文追溯模擬結果有相符之處，由此驗證本文模擬結果具有參考價值。依據本文成果未來也能進一步應用在模擬海洋垃圾漂移軌跡以及追溯來源。

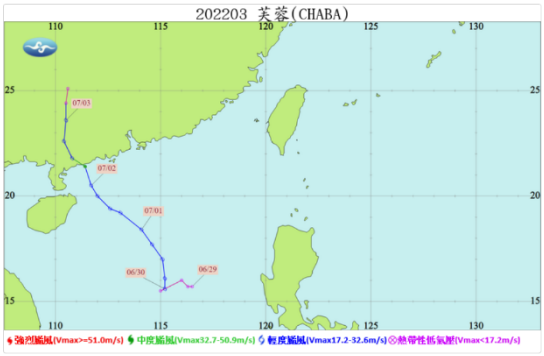


圖 1 芙蓉熱帶性低氣壓(來源：中央氣象局)。

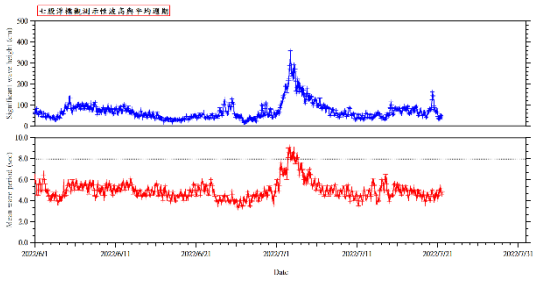


圖 2 2022/07 七股浮標波高及週期量測紀錄資料。

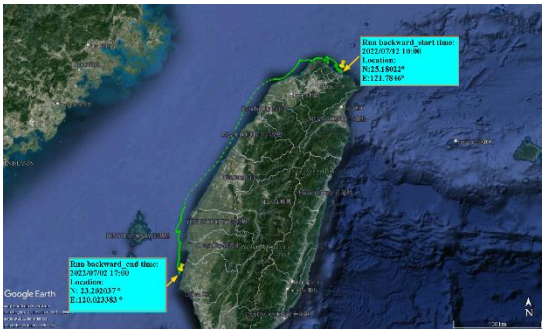


圖 3 GNOME 追溯基隆海域蚵棚之模擬軌跡結果。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

應用 K-means 分群法於花蓮海岸公路越波影像判釋

江佳倫[1] 陳彥龍[1] 吳漢倫[1] 陳鈞彥[2] 林雅雯[2] 蔡立宏[2]
吳昀達[1] 蕭士俊[1]

[1]成功大學水利及海洋工程學系
[2]交通部運輸研究所運輸技術研究中心

主題: C.海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：112-MOTC-IOT-112-H3CB001d

通訊作者：江佳倫

E-mail:n86101187@gs.ncku.edu.tw

Tel:06-2757575#63262

摘要

花東海岸公路車輛往來頻繁，是連接臺灣東半部的重要交通要道。由於其緊鄰太平洋的地理位置，因而颱風較易由此處登陸，使之常受到長浪的衝擊，導致災情頻繁發生。為記錄和警戒這些災害事件，交通部運輸研究所在台 11 線上設置了多個攝影機。本研究旨在以非監督式學習中的 K-means 分群法為核心，建立影像辨識技術，並進一步用其分析人定勝天路段光學影像和熱成像之越波及溯升情況。同時，參考各種天氣情境以確保程式能夠正確捕捉水線位置，並成功識別異常波浪造成的越波和溯升情況。

關鍵詞：台 11 線、影像判釋、水線、K-means 分群法、光學影像、熱成像、越波及溯升

一、研究目的

颱風引發的長浪時常衝擊臺灣東部海岸。然而，海岸公路連接了東部南北向的交通要道，是極為重要的交通幹道。當長浪事件發生時，不僅對道路使用者的行車安全構成威脅，管理單位的現場巡檢人員亦會面臨一定的風險。

交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)於民國 107 及 110 年已分別建置臺東及花蓮海岸公路浪襲預警系統，提供浪襲預警資訊。透過越波資料庫建立，並介接運研所海象預報系統，可達到海岸公路越波警示之目的。此外，於 111 年開始建立花蓮人定勝天路段之越波影像判釋技術，先以日間影像判釋分析為主，依據不同天候情境條件分析水線變化情況，以瞭解該技術運用於越波判釋之可行性。

本研究旨於精進日間越波影像判釋技術，並發展夜間越波影像判釋技術。本研究將利用非監督式學習中的 K-means 分群法執行影像分割作業，於日間之光學影像利用 L*a*b*色彩空間座標值提取水體分群以獲得水線位置。由於夜間缺乏充足光源，光學影像無法提供充足的色彩資訊，改以熱成像替代光學影像，藉由影像上的灰階值分布決定出水線位置。

二、研究方法

本文之研究區域為花蓮縣豐濱鄉境內的人定勝天路段，位於台 11 線 61K+250 至 63K+000，同時為交通部公路總局發布的二級監控浪襲路段。本研究利用此路段網路攝影機所攝得之影像，發展影像判釋技術，期望能夠捕捉當下水線所在位置，影像處理流程圖大致如圖 1 所示。

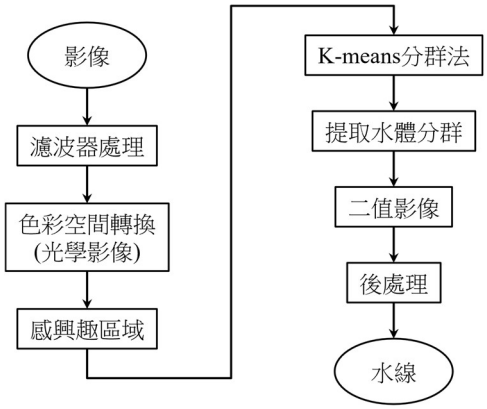


圖 1 影像判釋技術流程圖

其中，濾波器處理參考 Paravolidakis et al. (2018)對空拍影像的預處理過程，先後使用高斯濾波器及非等向性擴散濾波器，可降低影像雜訊並強化邊緣特徵。針對光學影像，將原始 sRGB 色彩空間轉換至 L*a*b*色彩空間，此色彩空間具備感知均勻性，非常有利於後續影像分割之表現。由於影像篇幅過大，本研究劃定感興趣區域，提高程式運作效率，將分析區域集中於水線可能發生之位置。

K-means 分群法將應用於感興趣區域，每個像素根據色彩空間上的數值被自動歸類為不同分群，惟分群數量(即 K 值)將取決於人為決定。藉由觀察水體分群之群心數值，可設立判斷式提取出水體分群，剩餘的即為非水體分群，即可得此感興趣區域之二值影像。後續再對此二值影像進行後處理，包含形態學運算及區塊填充，可得到明顯且唯一的交界面，進一步取得交界面之影像座標並繪於原始影像上，即可獲得此張影像之水線。

三、初步結果

檢視本研究之影像判釋結果可發現，不論是晴天(圖 2)或是陰天(圖 3)，大部分能夠有不錯的判釋結果。

圖 2 晴天之日間影像判釋

圖 3 陰天之日間影像判釋

進一步檢視發生越波或溯升較大時之影像判釋結果，圖 4 及圖 5 分別為受卡努颱風(2023)影響之光學影像及熱成像，花蓮資料浮標記錄波高分別為 3.2 公尺及 4.4 公尺，影像中水體特徵明顯，於光學影像呈現白色，於熱成像則呈現深色，由影像判釋結果可知，本研究建置之影像判釋技術可捕獲水線位置。

圖 4 颱風影響期間之日間影像判釋

圖 5 颱風影響期間之夜間影像判釋

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

應用多時期影像探討海岸灘線變動

江宗翰[1] 廖心瑜[2] 楊一中[3] 王星宇[4] 方惠民[5]

[1]國立臺灣海洋大學河海工程學系 博士候選人
[2]國立臺灣海洋大學河海工程學系 碩士生
[3]國立臺灣海洋大學海洋環境資訊系 博士
[4]國立高雄科技大學航運技術系 助理教授
[5]國立臺灣海洋大學海洋工程科技學士學位學程(系) 助理教授

主題: C 海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：無

通訊作者：廖心瑜

E-mail:syliao0725@gmail.com

Tel:02-2462-2192 **ext. 6132**

摘要

本文係採用現場影像監測方法，以東北角暨宜蘭海岸國家風景區藍灣海濱休憩園區海岸灘線為研究標的。整體影像以架設於建築物頂樓之固定式攝影鏡頭監測，以利後續作業所得之監測數據與監測品質。經由遠距離遙控遙測方式進行鹽寮海岸灘線監測，根據影像 2012 年開始監測迄 2023 年 6 月底結果發現，監測區沙灘地形受夏秋颱風或冬季東北季風波浪影響，由 7~12 月灘線變動可顯示監測區灘線受颱風事件及東北季風之海氣象條件而向陸域退縮。嗣後，因東北季風的減弱，時序入夏，灘線向海側延伸，整體灘線進退呈現動態平衡。

關鍵詞：影像監測、海濱休憩、鹽寮海岸、灘線變動、動態平衡。

一、研究目的

海灘不僅為民眾提供親近海洋、參與文化活動和休閒娛樂的場所，同時也在海岸防護方面扮演重要角色，其提供之海岸緩衝帶對於海岸保護至關重要，為海岸規劃管理者所密切關注之標的。海灘作為海水與陸地之交界，潮汐、波浪或颱風暴潮等自然營力作用，及濱海人工構造物興建而影響沿岸漂沙補償系統等行為，皆會造成海灘侵淤失衡而造成侵蝕情形，因此，建立大範圍且高頻率的海灘監管機制即為海灘保護之重要課題，除可即時掌握海灘侵蝕情形外，透過多時期觀測成果分析具代表性之海灘侵蝕成因，亦可提早發現海灘侵蝕之徵兆，提前進行侵蝕補償行為，以維持海灘功能性。

傳統海灘灘線變動測量方式多依靠人力方式進行定位及高程量測，不僅費時、費力且花費不貲。而以人力的測量方式要在短時間內測量大區域的海岸線亦有所困難，在測量期間海灘極有可能受潮汐及波浪等影響而造成變化，更加劇海灘岸線觀測及管理之困難度。近幾年 CCD 影像測量技術應用於空間測量之發展已臻成熟，其相對於傳統測量能更有效且準確地取得大面積之空間資訊。本研究即運用影像辨識方式獲取海岸灘線數據，並透過長時間多時期之灘線變動成果，配合同時段之潮汐、波浪等自然營力，進一步掌握海灘灘線之變動機制。

二、研究方法

本文透過架設於高處之固定式 CCD 攝影機，即時監看海灘地形與海岸狀況，並以影像處理技術萃取海岸灘線位置及沙灘寬度隨時間變化資訊，提供

日、月、年等短期或長期地形資訊，進行海岸灘線變遷現象分析與變化量估算。

海岸灘線分析先由影像幾何變換(image geometric transformations)將原始影像變換至正射影像(orthoimage)以利作業，影像幾何變換基礎理論式如下：

$$X'=HX$$

上式，X'為經過轉換的影像座標系統，X 為原始影像座標系統，而 H 為單應性矩陣(Homography matrix)，為一 3×33 為一非奇異矩(nonsingular matrix)，且經由不同的矩陣型態，可將圖形作不同的變換。依據理論在原始影像上至少需要四個像素與變換影像後的相對位置，即可求得單應性矩陣數值進而將影像變換至所需座標系統。

本文所使用於現地鏡頭俯視之涵蓋範圍內佈設地面控制點(Ground Control Points, GCP)作為正射影像所需座標，對應其相對影像座標即可求得單應性矩，進而得到連續拍攝影像之正射影像如圖 1。接著使用邊界偵測(edge detection)從影像中提取海岸灘線等相關資訊，邊界偵測目的是標識影像中亮度變化明顯的點。圖像屬性中的顯著變化通常反映了屬性的重要事件和變化，這些包括（i）深度上的不連續、（ii）表面方向不連續、（iii）物質屬性變化和（iv）場景照明變化。

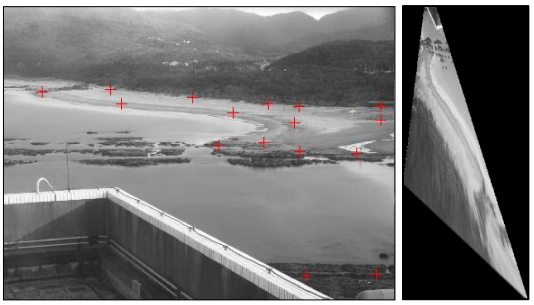


圖 1 左圖為鹽寮拍攝之影像，右圖為地面控制點之正射投影結果

本文拍攝影像提取的灘線為二維分佈的型態，故使用 Canny 法作為本文邊界偵測方式，其結果如圖 2。由於拍攝影像較為複雜，故邊界偵測後並非只會出現所需的灘線；在此為人工選取的方式將影像上標選灘線的位置。

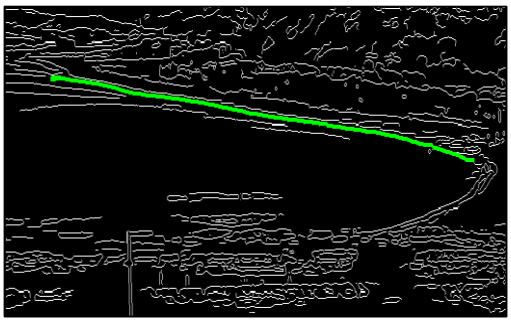


圖 2 Canny 方式偵測鹽寮拍攝影像之邊界結果(圖中綠線部分為選取之海岸灘線)

本文影像監測範圍為藍灣海濱休憩園區約 1 公里之海岸灘線，為取得較高解析之影像資料，採 2 部攝影機分 2 個影像視角進行海岸攝影。影像系統於 AM6:00~PM6:00 期間，每小時整點啟動攝影機，以 4Hz 之影像攫取速度，連續 10 分鐘拍攝鹽寮海岸影像並存檔。另外，為濾除碎波帶至海岸沖刷區之碎波泡沫影響，將連續 10 分鐘拍攝鹽寮海岸影像進行平均，製作平均影像儲存之，以供後續海岸影像偵測應用。

三、初步結果

根據影像監測 2012 年開始迄 2023 年 6 月底結果發現，監測區沙灘地形受夏秋颱風或冬季東北季風波浪影響，沙灘寬度變化圖如圖 3 所示，由 7~12 月灘線變化可顯示監測區灘線反應颱風事件及東北季風之海氣象條件而向陸域退縮。翌年，東北季風漸弱，1~6 月時序入夏，波況漸趨和緩，海域土砂逐漸被推向海岸堆積，灘線向海側延伸，沙灘寬度增加，灘線進退呈現動態平衡屬合理沙灘變遷之過程。

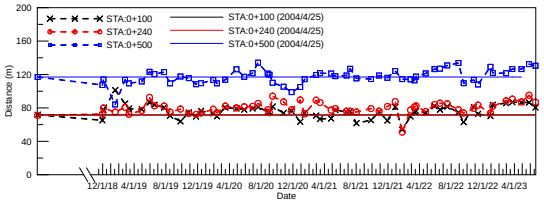


圖 3 沙灘寬度變化圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

應用無人機進行海岸變化監測-以中角灣為例

梁庭語 [1] 施虹如 [1] 李士強 [1] 陳偉柏 [1] 何瑞益 [1] 張志新 [1]

[1]國家災害防救科技中心

主題: C. 海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：梁庭語

E-mail:lty@ncdr.nat.gov.tw

Tel:02-8195-8405

摘要

沿海聚落的安全與海岸地區的範圍大小以及高程變化息息相關。透過無人機拍攝的多期正射影像，本研究進行了地形高程變化分析。這些分析結果對於海岸地區的短期減災應對和長期適應性規劃都具有重要性，因此需要長期的記錄和觀察。本研究以新北市金山區中角灣沙灘為例，分析了 2020 年 3 月、2021 年 3 月以及 2022 年 4 月的三期影像資料，以瞭解地形高程的變化情況。結果顯示，整體高程呈現減少的趨勢，並且橫剖面結果顯示海岸線位置有往內陸移動的現象，這表明中角灣區域的海岸在近年受到侵蝕的影響。未來，本研究區域仍需要建立更長期、更多不同季節的地形高程資料，以更全面地分析該區域整體海岸的變化。而這些長期監測結果將有助於未來海岸管理規劃的參考，並提供重要的資訊供決策單位參考。

關鍵詞：無人機應用、海岸監測、海岸侵蝕、設施影響

一、研究目的

海岸地區的侵蝕和淤積問題主要受到海浪、風暴潮和海平面上升等海象的影響，尤其在颱風期間，這種狀況更加明顯。海岸地區的空間範圍、地理位置和高程變化與沿海聚落的安全密切相關。不論是短期的減災應對還是長期的調適規劃，都需要深入了解海岸地區的地形變化情況。這凸顯了長期記錄海岸地區地形變化的重要性。隨著無人機的日新月異與技術不斷成熟，操作門檻降低且影像解析度提高，無人機的應用領域變得更廣泛。無人機可以用於監測山坡地的崩塌和復原情況，紀錄地形的潛在變化，記錄沿海聚落周邊環境的變化，並計算實際的高程數值。此外，在進行現地勘查時，無人機能夠飛到人類難以抵達的地方，拍攝現場情況以及更廣泛的全景空間影像，這有助於對整體狀況進行更全面的分析和評估。

本研究應用無人機拍攝技術，紀錄中角灣區域的多期正射影像，目的在進行海岸地形高程長期變化分析，以瞭解在當地漁港設施拆除後，自然營力對該區域的影響。

二、研究方法

本文研究區域為新北市金山區的中角灣，屬沙岸地形，聚落與主要道路鄰近海岸，且曾於 2018 年進行低度利用的中角漁港拆除作業。期能藉由分析長期的地形變化，探討中角灣地區聚落和主要道路未來可能的風險以及設施拆除後所造成的影響。

採用無人機空拍紀錄的方式，拍攝正射影像，進行影像的鑲嵌處理，並搭配實時動態定位技術(RTK)校正高程數值，以建置該地的數值高程模型，分析多

期影像之間的地形高程變化，本文使用 2020 年 3 月、2021 年 3 月以及 2022 年 4 月共三期的影像資料進行分析。

藉由前後時期間的地形高程變化，以及不同時期的中角灣沙灘的 3 條高程橫剖面做比較分析。實際分析範圍與橫剖面位置見圖 1。

圖 1 本研究高程分析範圍與橫剖面位置

三、初步結果

由圖 2 地形高程變化分析結果可見，在持續紀錄的三年期間，中角灣沙灘整體呈現高程減少趨勢，尤以南側地區(靠近岬角構造物)有較顯著的高程減少現象，而 2020 至 2021 年期間(圖 2 左)高程減少現象較 2021 至 2022 年期間(圖 2 右)明顯。

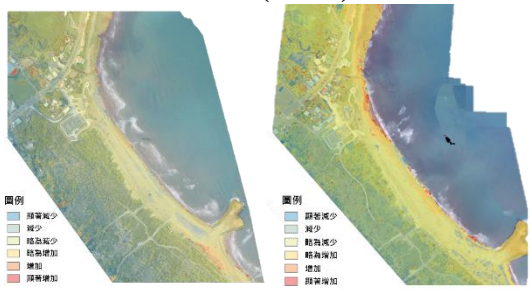


圖 2 中角灣 2020-2021 年(左)及 2021-2022 年(右)地形高程變化

由圖 3 不同橫剖面三個期間的高程資料可見，海岸線位置有往內陸移動的現象，同一個地點每年有約 0.2 公尺至 2.2 公尺的高程變化，尤以剖面 C-C' 於 2020 年至 2021 年高程變化最大，一年差異達 2.2 公尺。

結合整體地形高程變化與橫剖面數值變化，可見中角灣海岸區域的沙灘近年受到侵蝕影響，高程大致成減少趨勢，且海岸線有往內陸移動的現象。

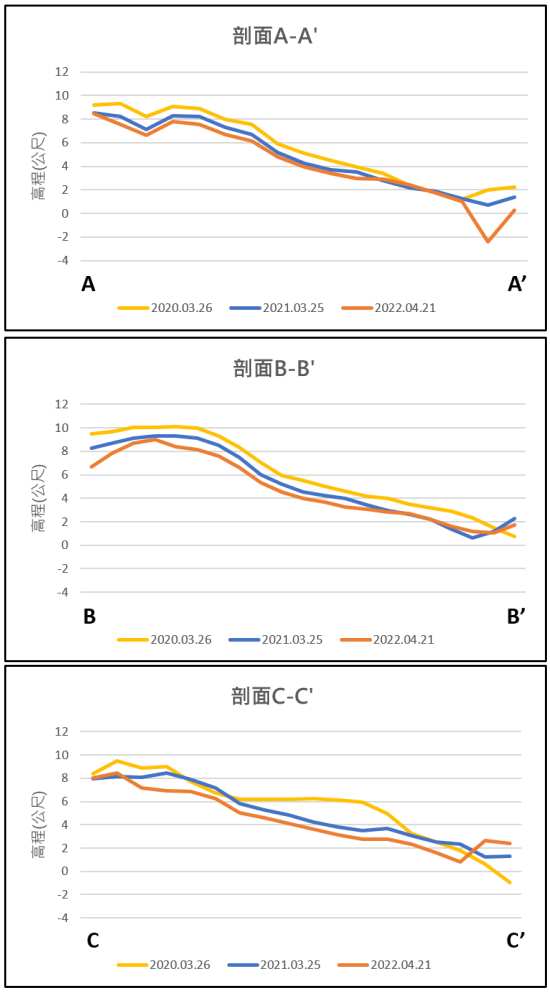


圖 3 橫剖面年際變化

為了更全面地分析該區域的整體海岸變化，未來必須建立更長期的地形高程資料，並覆蓋不同季節的變化，甚至是特殊颱風事件前後的資料。這樣的長期觀測對於未來的海岸管理規劃將會提供重要參考依據，有助於更好地理解海岸地區的變化趨勢。此外，這些資料還可以用來分析和量化沿海設施的效益，這對於未來設施建設提供了寶貴的參考信息。透過深入研究海岸地區的地形變化，可以更有效地執行海岸規劃和設計最佳的基礎設施。

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

發展低風險航路規劃

范揚洺 [1]　邱惠絹 [1]　王良生 [1]

[1]國立成功大學近海水文中心

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：范揚洺

E-mail:ymfan@mail.ncku.edu.tw

Tel:06-209-8851 **ext. 13**

摘要

船舶航行期間可能因為惡劣海氣象、船舶擱淺、碰撞等因素導致生命財產損失。根據世界海運理事會(World Shipping Council, WSC) 2022 年的貨櫃遺失落海報告指出 2008 年至 2021 年期間，每年平均有 1,629 個貨櫃落海，而 2020 年至 2021 期間因受到惡劣海氣象影響，每年平均落海的貨櫃顯著增加，高達到 3,113 個。為了提高航行安全，本研究選用等時線演算法，並利用中央氣象局的風、波、流預報資料計算航行安全指標，進而規劃出具有避開高風險海況功能，提供船長最適航線，選擇舒適且安全的航行路線。

關鍵詞：航路規劃、預報資料、安全指標

一、研究目的

現今的航路規劃系統已具有相當豐富的資訊，例如，狹窄水域、沉船、航道的浮標、孤立的礁石、分道通航制等，這些都已經清楚的標示在電子海圖上，船長可充分利用這些已知的資訊，來仔細規劃航路。然而，還有些因素在規劃階段是不能精準預知，且為航行期間船長的經驗無法完全即時掌握的，像快速變化的天氣、惡劣海況。

國際海事組織IMO指出使用氣象航路 (Weather Routing) 服務至少可節省 3% 的燃料消耗，對於特定船舶，例如貨櫃船，更可高達 10% (Arslan et. al., 2015)。本研究團隊過去已利用中央氣象局每天 4 次更新的 WRF 大氣預報資料與 WW3 波浪預報資料發展船舶作業風險預報與交錯波浪預報，依據不同噸位船舶的耐海程度展示未來 72 小時內的海域上任一位置的風險程度。在此基礎下，本研究目的是發展低風險航路規劃系統，提供船長舒適且安全的最適航行路線選項。

二、研究方法

前人研究指出精準的氣象航路服務有利於船舶海上航行期間避免船體因風浪造成之損害、燃油損耗、降低其航程時間，進而提升船舶在海上航行之效率與船體安全性 (Brodl, 2017; Chen and Lee, 2008; Lu, 2014; Padhy et. al., 2008; Tsou and Cheng, 2013; Wei and Zhou, 2012；李建興，2006；廖與王，2006)。又由文獻得知用於航路規劃的主要方法包括等時線法、動態規劃、尋路與遺傳演算法，以及人工智慧與機器學習。等時線法主要考量海氣象變化與水深；動態規劃法、尋路與遺傳演算法主要以降低油耗為主，其中動態規劃法若採用變分計算，則以航行時間為主要考量；人工智慧與機器學習主要以油耗與預計到達時間為主。由於本研究以航行安全為主要考量，

並導入海氣象預報資料，因此使用等時線法來規劃航路，並依據船級作業風險預報與交錯波浪預報來評估航路。此外，航路可分為大圈航路、安全航路、省油航路，以及洋流航路，本研究以大圈航路為基礎，利用等時線法規劃出低風險航路。

規劃航路時，利用船級作業風險預報與交錯波浪預報 2 項指標來決定航路。為了規劃避開惡劣海況的航路，以大圈航路計算出的航向角為基準，由這個角度以 15 度的間隔向左向右各擴張 45 度，共可得到 7 個一小時內的不同點位，接著分別計算 7 個點位上的「船級作業風險預報」與「交錯波浪預報」，選擇低風險、沒有交錯波浪、非陸地，以及最接近大圈航路的點位，如圖 1 所示。決定完第一個時間點位後，依據前述方法逐一往下找尋航路。然而，過程中有可能會在某個時間點遭遇惡劣海況，因此會往回 3 個時間點(意即 3 小時前)，重新再規劃航路。

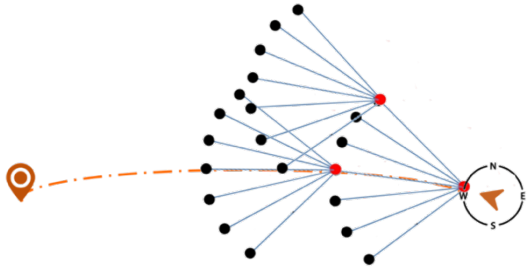


圖 1 等時線法規劃航路示意圖

三、研究結果

等時線法演算程序如圖 2 的航路規劃流程圖，為了獲得最佳的低風險航路，圖中左上角可以看出海氣象預報資料、地形水深、海底障礙物等數位資料已在計算前導入，其中海氣象預報資料將每天更新4次。此外，使用者也須自行輸入的相關資訊，如圖 3 所示，包括停靠港口、船舶總長度、船寬、船深、吃水，以及航行速度等條件。

以船舶自臺北港出發，停靠長崎港、上海港為例，航路規劃結果如圖 4，圖中除了展示逐時的最短距離航路(紅線)、低風險航路(藍線)資訊外，亦提供逐時的海氣象預報資料。由圖中可以看出啟航後的第 12 小時，為了要避開有風險的海域(藍色不規格區塊)，因此低風險航路往西北向再轉北向航行。而若不考慮海象安全判斷，亦即最短距離航路，雖然航行時間會比低風險航路少，但有部分航段穿越不安全的區域。又圖中顯示藍色不規則區塊內的浪高高達 5.2 公尺，因此由航路規劃結果證實本研究發展的低航路風險規劃確實可避開高風險海況，提升船舶航行安全。

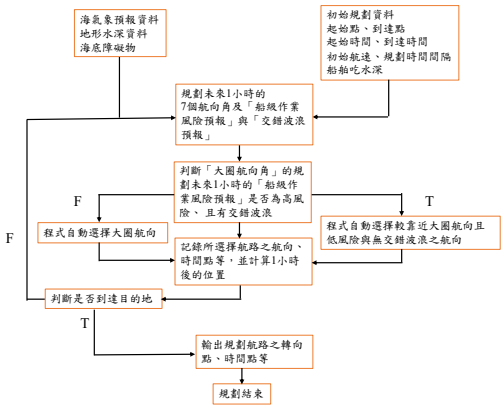


圖 2 航路規劃流程圖

圖 3 航路規劃介面設計

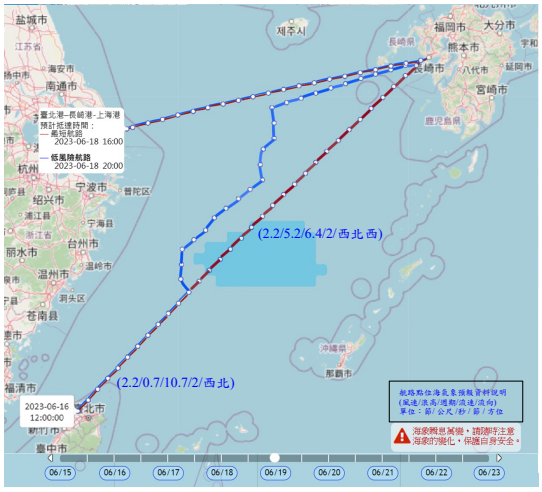


圖 4 航路規劃結果

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

資訊安全落實海洋探測資料管理-以「勵進號」研究船為例

許友貞[1] 曹昱仁[1] 黃奕霖[1] 賴國榮[1] 李昶緯[1] 林聖峯[1]
王楓鈞[1]

[1]財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心

主題: C、海洋及海岸規劃管理(監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：許友貞

E-mail:annehsu@narlabs.org.tw

Tel:07-698-6896 ext. 363

摘要

研究單位首重研究資料及成果，仰賴網路進行傳輸並透過程式自動化處理與後端資訊設備進行資料儲存及備援，然而也存在遭受駭客入侵，導致資料外洩之風險。因此，單位內部若沒有完善資訊安全管理策略及機制，輕者導致個人資料外洩，重者重要營業祕密、研發成果、機敏資料遭竊。

台灣海洋科技研究中心(簡稱：海洋中心；TORI)依資通安全責任等級分級辦法為 B 級特定非公務機關單位，每年須接受 ISO27001 資訊安全管理系統評鑑、符合規範及取得第三方稽核認證。同時，透過「資通安全管理法」加強檢視內部資訊安全並縱深資安管理策略，「勵進號」研究船所蒐集之海洋船測資料配合內部制定之船測資料資訊安全管理策略與研究船探測資料儲存平台作業標準，進行船測原始資料管制措施。

目前，針對「勵進號」研究船船測資料已有多項具體措施與作為，包含：1、基於資安考量，國科會補助計畫之「勵進號」研究船航次相關原始資料採實體交付給國科會單一服務窗口海洋學門資料庫保存。2、研究船探測資料網段採封閉式網路，取得之研究資料採實體隔離及傳遞過程加密處理，若於遞送過程中遺失或失竊，資料因被加密而無法被使用。3、中心內部機房實體儲存環境 24 小時保全錄影監控，航次資料除透過儲存設備備份外，同時規劃將資料上磁帶備份系統、定期進行異地備援及資料復原演練。另外，所蒐集之水深（海洋地質）、水文（海洋物理）資料也依「政府資助國家核心科技研究計畫安全管制作業手冊」進行管制。

海洋探測及科研資料具無法重複取得、不可回朔等特性，如何將這些寶貴海洋資源透過制定資安策略及程序，導入資安規範，提供一個完善機制，持續滿足資料的安全性、完整性與可用性，將是未來每個保有海洋資料單位可以一起努力的目標及方向。

關鍵詞：海洋中心、TORI、「勵進號」研究船、資訊安全、資料管理

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

臺中海域遊憩活動安全分級評估

李敏豐[1]　王敘民[1]　張俊生[2]　董東璟[1]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學系
[2]臺中市政府觀光旅遊局

主題: C.海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

通訊作者：李敏豐

E-mail: s815050505@gmail.com

Tel:06-275-7575 ext. 63244-27

摘要

臺中市的海岸環境豐富，自然生態及人文發展頗具特色，每年都有眾多遊客在臺中海域從事遊憩活動，然從事海域遊憩活動潛藏一定風險，對於遊憩活動者需認知參與活動的風險。本研究針對臺中海域蒐集相關測站之海氣象資料，分析各海況因子對海域遊憩活動之影響程度，進行風險等級之評估與管理，並提出包含游泳、衝浪、拖曳傘與獨木舟四種遊憩活動在臺中海域一至六月從事水域遊憩活動之風險分級結果，結果顯示各式活動的風險等級與季節有顯著關係，本研究可提供遊憩者從事水域活動時之參考依據與管理者進行活動控管的參考。

關鍵詞：臺中市海岸、風險評估、海域遊憩活動、分級管理

一、研究目的

臺中市海岸線北起大甲區松柏漁港北堤海岸、南至龍井區烏溪出海口，總長約 50 公里，如圖 1 所示。由於臺中港區佔據臺中將近一半的海岸線，致使臺中海域可從事水域遊憩活動之區域受限，較知名的譬如大安濱海樂園(即原大安海水浴場)，可從事沙灘戲水、衝浪和風箏衝浪等活動，當地每年 10 月份時常舉辦風箏衝浪比賽；另，大甲區松柏漁港北側海域近年來逐漸形成衝浪地點。由於港口海堤建置與大甲溪沙原提供的緣故，在梧棲漁港北側海域逐漸形成了高美濕地，是當地海岸觀光的重要景點，同樣地，鄰近的海角明珠也時常吸引遊客目光。行政院於民國 108 年開始推動「向海致敬」政策，秉持「原則開放、例外禁止」的態度希望全面開放海洋，鼓勵民眾親海、近海與進海，為達此目的，將遊憩場域可能之風險告知民眾變為重要課題。因此，本研究目的擬透過資料蒐集與分析，針對臺中市海域進行海域遊憩活動風險評估與分級，希望提供民眾前往從事海域遊憩活動前有基本訊息可以參考，協助民眾研擬安全的海域遊憩活動。

圖 1　臺中海岸線重要地標地理位置圖

二、研究方法

2-1 風險分級方法

本研究以海氣象地文因素作為風險分析的依據，分析因子對海域遊憩活動的影響程度及合適條件，

並將風險分為三個等級，(一)高度風險海域(High Risk Sea, HRS)； (二)中度風險海域(Moderate Risk Sea, MRS)；(三)低度風險海域(Low Risk Sea, LRS)。海域風險等級之劃分係參考海況因子影響水域遊憩活動程度表(如**表** 1)，再與專家學者意見、學理分析所制定各海域遊憩活動合適之海氣象條件進行比對，藉此評估各項水域遊憩活動之風險分級，如下。

$$\mathrm{HRS} = \{H \geq 1\} \quad (1)$$

$$\mathrm{MRS} = \{H = 0 \,\&\, M \cap L \neq 0\} \quad (2)$$

$$\mathrm{LRS} = \{H = 0 \,\&\, M = 0 \,\&\, L = 0\} \quad (3)$$

(H)為主要影響因子超出合適條件的數量；(M)和(L)分別為次要和微小影響因子超出合適條件數量。

表 1 海況因子影響水域遊憩活動程度表

水域遊憩活動	游泳	衝浪	拖曳傘	獨木舟
浪高	●	●	●	●
流速	●	●	○	●
風速	◎	◎	●	◎
水溫	◎	○	○	○
潮差	◎	○	○	○
坡度	●	●	○	○
海岸	●	●	◎	◎

※備註：●重要影響因子，◎次要影響因子，○微小影響因子

2-2 資料來源

水域安全風險評估需參考長期海氣象監測資料統計結果，以及地文環境資訊。在海氣象實測資料的蒐集上，本研究採用臺中資料浮標，海底坡度透過 ETOP1 地形資料計算得到，而海岸性質則是根據 Google 衛星影像評估而來。此外，本研究亦透過數值模擬方法掌握細部海域的浪況或流況，在網格設置上，考量遊憩活動為於近岸，其網格解析度細至 20 米，而外海則為 100 米解析度，以此提高模式運算效率，範圍為北緯 23.6 度至 25.2 度，東經 119.5 度至 121.0 度，如圖 2 所示。

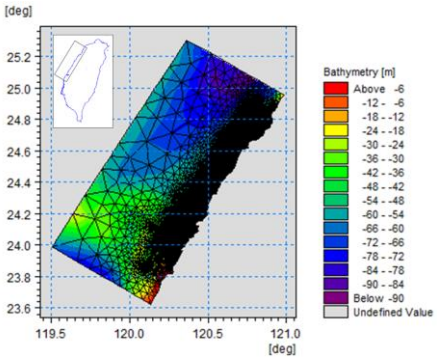


圖 2 波流場數值模式模擬網格示意圖

三、初步結果

本研究統計臺中海域各項海況因子，根據所蒐集的臺中資料浮標 2019 年 7 月至 2022 年 12 月間波浪與風力數據，如圖 3 所示，可得知波向和風向均以北向或東北向為主，臺中海域各因子一至六月的逐月平均統計結果彙整如表 2。

表 2 臺中市海域各項海況影響因子年統計結果

	平均示性波高(m)	平均流速(m/s)	平均風速(m/s)	平均水溫(°C)	平均潮差(m)	底床坡度	海岸性質
一月	0.99	0.077	10.7	22.4	4.17	10/1000	沙岸
二月	1.04	0.071	9.8	24.0	4.17	10/1000	沙岸
三月	0.67	0.067	7.4	24.5	4.17	10/1000	沙岸
四月	0.48	0.066	5.2	25.5	4.17	10/1000	沙岸
五月	0.39	0.072	4.6	26.9	4.17	10/1000	沙岸
六月	0.57	0.076	6.3	29.0	4.17	10/1000	沙岸

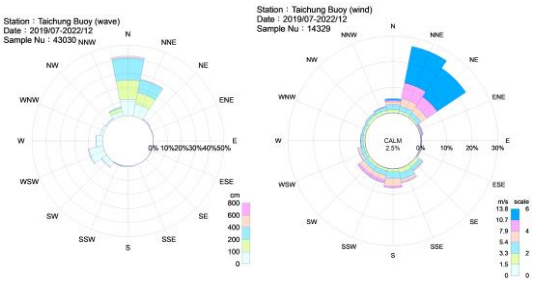


圖 3 臺中浮標波高波向(左)和風速風向(右)玫瑰圖

根據前段風險分級評估方法，分析上述海氣象地理環境統計結果，初步對四種遊憩活動(游泳、衝浪、拖曳傘和獨木舟)進行風險等級評估，如表 3 所示。結果顯示臺中市海域在冬季期間風險分級多為高風險，而在春夏之際對於直接接觸水域的游泳和衝浪活動則是中度風險。後續將針對其他水域遊憩活動以及其他月份持續進行分級評估。

表 3 臺中海域從事各類水域遊憩活動之風險分級結果(色塊表示：高度風險、中度風險、低度風險)

	一月	二月	三月	四月	五月	六月
游泳						
衝浪						
拖曳傘						
獨木舟						

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

離岸風電水下基礎供應商評選

莊秉翊 [1,2] 張揚祺 [1]

[1]國立中山大學海洋工程與環境系
[2]科進栢誠工程顧問股份有限公司

主題: C 海洋及海岸規劃管理 (監測、防災、規劃管理與治理)

國科會計畫：無

通訊作者：張揚祺

E-mail: changyc@mail.nsysu.edu.tw

Tel: 02-2597-3371 ext.5176

摘要

台灣近幾年十分重視可再生能源的發展，尤其離岸風電是這幾年的重心。在開發一個新的風場時，需要的資源、人力及物力量是十分龐大的，所以開發商勢必要透過許多的供應商來協助自己完成工程，而挑選良好的供應商便是個十分重要的問題，但大多數的供應商評選標準並不一致，本研究將分析離岸風電水下基礎的供應商評選因子及各項因子的重視度權重與排序，依供應鏈中開發商、第一階製造商、第二階製造商三者在供應商評選裡扮演的角色來做討論，研究結果能幫助評選者更清楚了解自身的想法，並依此進行評選，也能幫助被評選者知道自身與評選者的認知差異，進而加強自身不足的項目，提高競爭力。

關鍵詞：離岸風電水下基礎、供應商評選、德爾菲法、模糊層級分析法

一、研究目的

為應對氣候變化，各國致力於減少二氧化碳排放，開發無污染替代能源成為重要課題。台灣能源高度依賴進口的化石能源，面臨燃煤和核能帶來的風險，而台灣擁有豐富的風能資源，特別適合發展離岸風電。政府積極推動離岸風力發電發展，目標是到 2025 年使綠能占全國電力的 20%。在台灣的離岸風電產業中，長期合作的供應商選擇變得更為重要。為了提供評估準則，幫助開發商或上游廠商選擇合適的夥伴，研究希望建立一套評估供應商的標準。台灣離岸風電場正在穩步發展，吸引外資投資，具有商業和發展潛力。個案公司在評選合作廠商時常使用客觀方式，但缺乏依據和數據，建立供應商評選準則將有助於節省時間和成本，並建立穩定的供應鏈體系。

本研究利用德爾菲法(Delphi Method)來降低人為主觀因素，並使用模糊層級分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)，以確保評選過程之一致性與準確性。本文將整理過去離岸風電相關產業之文獻，提出供應商評選構面與準則，再藉由離岸風電水下基礎製造業之專業人士進行兩階段的問卷調查(德爾菲法和模糊層級分析法)，目的是希望能研究出一套離岸風電水下基礎供應商的評選標準，來改善之後的供應商評選。。

二、研究方法

本研究分為專家訪談問卷及 FAHP 專家問卷兩部分，專家訪談問卷將採用修正型德爾菲法確立「離岸風電水下基礎供應商評選指標」，使用德爾菲法的專家訪談問卷，專家們不用在現場面對面訪談也能進行討論，且因其匿名的特性，每個意見及想法都不會被其他專家影響，此研究方法非常適用於建立共識(C.-C.Hsu &Sandford, 2007)，而修正型德爾菲法更能讓議題聚焦，減少問卷往返次數及改善討論時會模糊焦點的問題。

FAHP 專家問卷是使用上述討論後確立的「離岸風電水下基礎供應商評選指標」為基礎，將問題系統化，經由不同的層面做層級分解，由高層次往低層次逐步求得各方案的優先權重，提供決策者選擇適當方案的充分資訊，藉由 FAHP 問卷，可以得到離岸風電水下基礎供應商評選系統的影響因素，將獲得的因素藉由 FAHP 運算分析，分析其影響因子權重，檢視各因子的一致性後進行加總平均，歸納得出離岸風電水下基礎供應商評選的重視度分析。

三、初步結果

第一階段德爾菲法的研究對象有三位，分別從開發商階級、第一階製造商、第二階製造商這三個階級中，各選取一位對於離岸風電水下基礎製造商的供應商評選有直接或間接接觸的專家。

在第一階段研究德爾菲法專家取得共識後，透過 FAHP 模糊層級分析法將評選因子分為 3 大構面及共 11 項準則，如下圖 1。

在經過第二階段與專家學者透過問卷方式收集到各專家學者對水下基礎供應商評選指標重視度的看法後，經過計算得到以下結果。

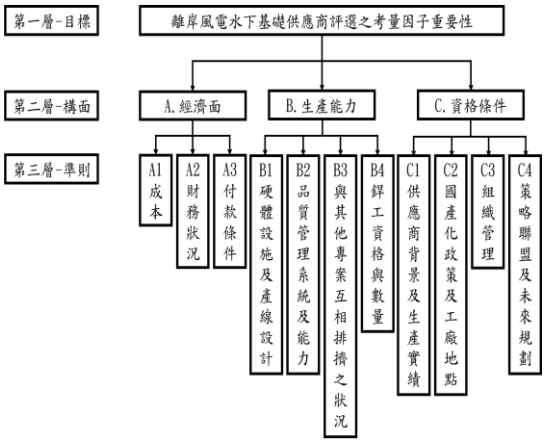


圖 1 離岸風電水下基礎供應商評選之重點指標

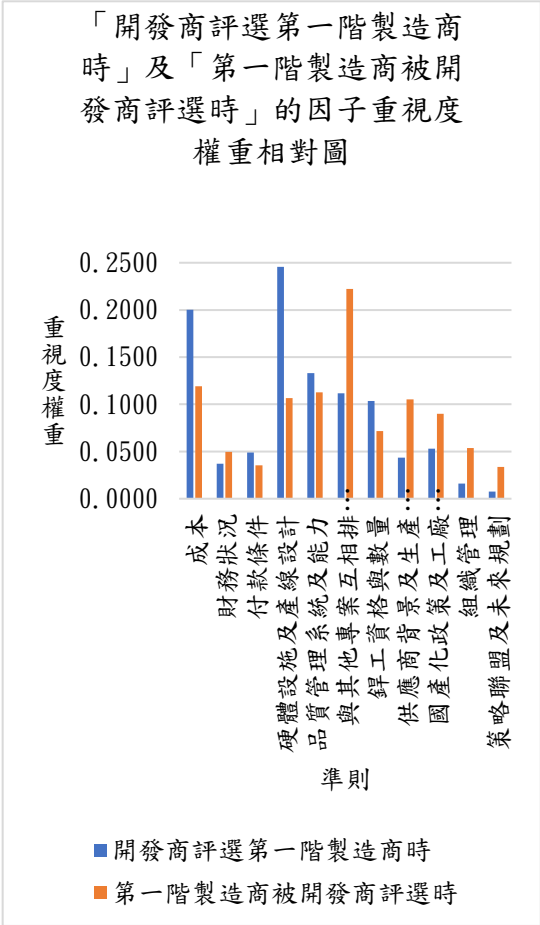


圖 2 「開發商評選第一階製造商時」與「第一階製造商被開發商評選時」的因子重視度相對圖

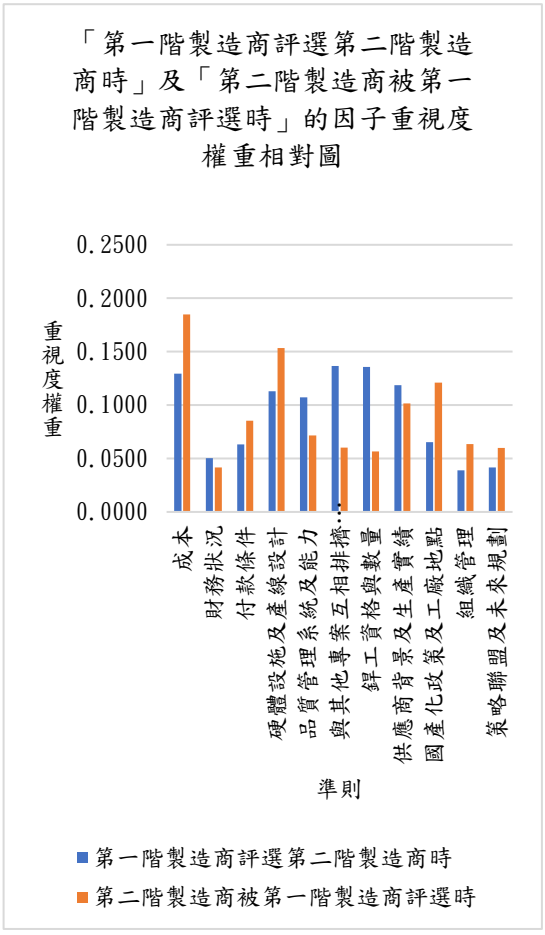


圖 2「第一階製造商評選第二階製造商時」與「第二階製造商被第一階製造商評選時」的因子重視度相對圖

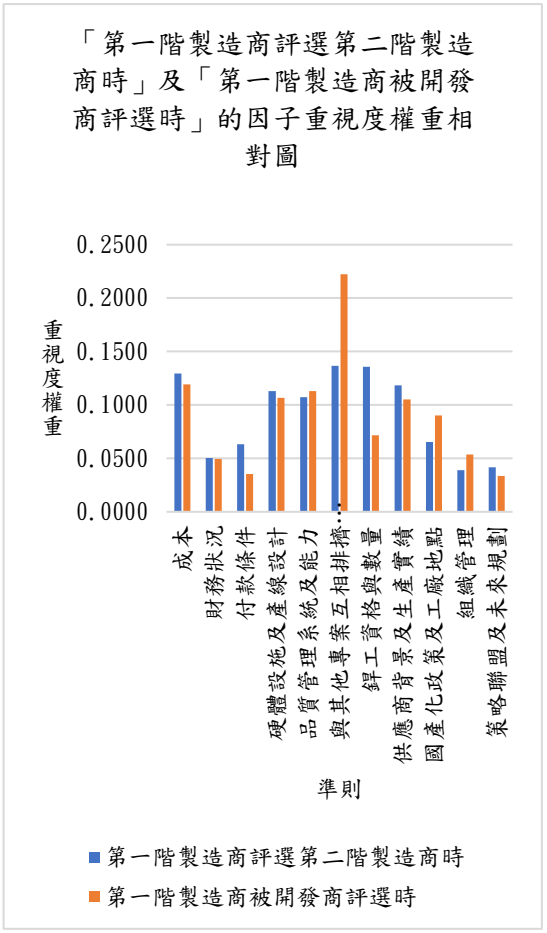


圖 3「第一階製造商評選第二階製造商時」與「第一階製造商被開發商評選時」的因子重視度相對圖

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

風機尾跡流模型分析與計算

張家修 [1]　林宗岳 [1]

[1]國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系

主題: E4 海洋能與離岸風力-資源調查

通訊作者：林宗岳

E-mail: tylin110@ntu.edu.tw

Tel: 02-3366-5751

摘要

本研究基於計算流體力學結果，開發新的非線性尾跡流模型，以預測風機後的動能損失以及速度分布，進而預測下游處風機的發電量。因應 2050 淨零排放(Net Zero)要求，臺灣離岸風力發電產業勢在必行。密集的海洋風能開發，離岸風場的規劃與設計相當重要，跡流影響發電量甚鉅。然而傳統的 Jensen 線性跡流模型預估速度分布與跡流邊界，不符合大型離岸風場實際情形。因此本研究提出新的非線性顯式模型，以分析複雜尾跡流現象。該模型假設風速、風向與轉速為定值，利用功率曲線計算速度損失，進而分析下游風速與發電量。相較於 Jensen 模型使用單一擴張係數，新模型由四個參數定義流場特徵，再以雷諾平均納維斯托克斯方程(RANS)的計算結果進行參數調校。新模型於 Horns Rev 離岸風場中預估個別風機和整個風場發電量，與量測值比較甚為相似，顯示該模型的精準度。新模型使用極少量計算資源即可達到接近 RANS 模擬結果，該成果將可以更快速且精確地運用在建置風場時的可行性分析以及預估發電量。

關鍵詞：離岸風機、尾跡流、非線性模型、風場發電

一、研究目的

近年來因應國際能源政策，綠能產業的需求提高，其中不可忽視的就是風力發電產業的開發。但是在開發新的風場之前，勢必要對風機場址做有效的可行性分析。分析場址的風品質以及風速。由於風經過風機時會將一部份風的動能轉換為風機轉動的扭矩提，再將扭矩經過機艙裡的發電機轉化成電能。因此在下游處風速會因為能量的損失會低於上游風速，導致放置於下風處的風機發電量下降，稱為跡流損失。風機間距越遠能減少彼此干涉，跡流損失因跡流場邊界逐漸擴散而減少。相對地，在同樣的風場區域內增加間距則會降低風機密度。為提升整體風場的發電量，風機的數量、位置與間距安排至為關鍵。因此，本研究旨在基於 Jensen 顯式數學模型上開發非線性方程，利用現有 RANS (Wifa3D) 計算結果調校非線性模型參數，並以 Horns Rev 風場為驗證目標。

二、研究方法

本文採用水平軸風機動量理論為基礎求出誘導速度，再修正傳統 Jensen 線性模型，開發了一套新的非線性方程式代表後方流場的軸向速度:

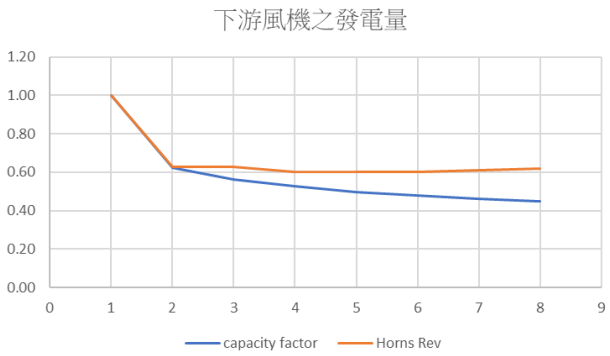
$$1-\frac{u}{U_{\infty}}=\sigma\times\left(1-\sqrt{1-C_T}\right)\times$$

$$\left\{1-\frac{(s-d_{nf})\times d_a}{\left[1+\left((s-d_{nf})\times d_a\right)^{\gamma}\right]^{\frac{1}{\gamma}}}\right\}$$

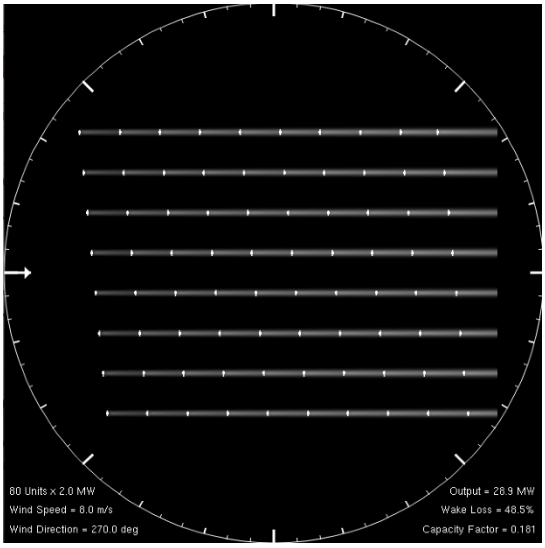
其中定義了多項係數，u 為下游處的速度，U_{∞} 遠場之流速，σ為誘導因子修正係數。d_a為跡流速回復至轉子平面流速的正規化距離，。d_{nf}為跡流速最低的正規化距離，可視為跡流開始混合的位置，γ為跡流發展係數，此係數將決定非線性曲線的形狀。利用此方程式將可以完整描述風機後方的軸向速度，再以 cosine 分布以描述徑向的速度變化。

再利用以計算流體力學 RANS 方程(WIFA3D)所計算的 Horns Rev 風場為目標調教參數值。最後再與此計算結果做對比。

三、初步結果



當風速為 8m/s、風向 270 度時各之風機的發電量如上表，由於第一支風機為無跡流損失，因此誤差為 0。下游處風機的跡流損失皆在 0.62-0.45 之間，在第八支風機的發電量為第一隻風機的 0.45 倍。第二隻風機的發電量為第一隻風機的 0.62 倍。由流場示意圖可以觀察到，在越下游處的風機受到上游處的風機的影響，所接受到的風會小於上風處的風機，此為跡流損失所帶來減損之後的結果，所以在越下游處跡流損失越大，發電量越來越小。另外當風機呈現多隻排列並與風向平行時，最下游處的發電量並不會為 0，在越下游處發電量與上一隻發電量相差越小，最終趨於一個定值。在此時，風經過一段距離到達下一隻風機時與外界的能量混和所造成的速度回復，剛好會和風經過風機所降低的能量折損相同。



第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, Octorber 2023.

基於 Realizable k-ε 模型模擬離岸風電在大氣邊界層及塔影效應下的功率損耗

巫昀冠 [1] 林宇衡 [1] 蔡原祥 [2]

[1]國立成功大學系統與船舶機電工程系
[2]國立高雄科技大學海事學院海事風電工程碩士學位學程

主題: A 海洋能與離岸風力

國科會計畫： NSTC 111-2628-E-006-005-MY3

通訊作者：林宇衡

E-mail:vyhlin@mail.ncku.edu.tw

Tel:06-2757575 **ext. 63542**

摘要

本研究旨在於建立一套計算流體動力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)模式，已深入探討 NREL 5-MW 標準風機在均勻流(Uniform Flow)及季風(Monsoon)條件下的暫態空氣動力響應(Transient Aerodynamic Response)。本研究採用 Unsteady Reynolds-averaged Navier–Stokes (URANS)的 Realizable k-ε 紊流模型進行風機模擬，並考慮純轉子及全風機兩種結構，研究塔影效應對轉子性能的影響，包括功率輸出與所產生的推力。透過引入大氣邊界層(Atmosphere Boundary Layer, ABL)和地表粗糙度(Roughness)條件，以更真實地模擬風場環境。深入探討風切效應(Wind Shear Effect)和塔影效應(Tower Shadow Effect)下的風機空氣動力表現及所受風機影響的周遭流場細部變化。結果說明當風場以均勻流推動葉片旋轉經過塔架瞬間，功率與推力因塔影效應而衰減，但整體並未造成嚴重的功率損失。然而在季風條件下，不同風速剖面形狀，將導致功率生成不穩定，使得功率輸出產生大幅度減少，可知風切變效應才是功率損失的主要原因。

關鍵詞： NREL 5-MW 標準風機、URANS、大氣邊界層、地表粗糙度、塔影效應

一、研究目的

近年來，風力發電在台灣迅速發展，離岸風電廠正進行大規模開發，如海洋竹南風力發電場（Formosa 1 Wind Farm）已開始商業運轉，台電彰化第一期示範風場已設置完成。然而，風力發電機運轉時面臨不穩定的氣流條件，包括大氣邊界層、大氣紊流所導致的塔影效應和結構變形等因素的干擾。因此，風力發電所面臨的挑戰之一是如何有效率的提高風機的發電效率，能詳細分析影響風力渦輪機轉子性能的因素，就可以作為後續評估風機在不同大氣邊界層下，運轉與維護的重要參考。

本研究運用了 RANS 求解器並結合了可實現的 k-ε 紊流模型，針對 NREL 5-MW 標準風機進行了非定常模擬。同時，引入了大氣邊界層(ABL)和均勻流(Uniform Flow)條件，以更真實地模擬實際風場環境。並且經由模擬純轉子及全風機，比較塔影效應導致的風電效率及流場差異。研究的主要重點在於探討風切變效應及塔影效應如何影響風力發電機的瞬時

功率、推力以及塔架所受到的阻力。透過這些模擬和分析，可以更全面地理解風速剖面特性及塔影效應對風力發電機性能的實際影響，進一步優化風機設計，以提高風能轉換效率和風力發電系統的可靠性。

二、研究方法

本文採用 Realizable k-ε 紊流模型對 NREL 5-MW 標準風機進行空氣動力模擬。網格設置應用滑移網格以模擬風機轉動的情況。統御方程式為:

$$\rho\nabla\cdot\boldsymbol{u}=0$$
$$\frac{\partial\boldsymbol{u}}{\partial t}+\nabla\cdot(\boldsymbol{uu})=-\nabla p+\nabla\cdot\boldsymbol{\tau} \quad (1)$$

其中，ρ為空氣密度；$\boldsymbol{u}$為速度向量；p為壓力項；$\boldsymbol{\tau}$為應力張量。

冪次律(Power Law)可用以描述在不同高度下，風速的發展及變化，本研究使用冪次律，擬合光達(Lidar)風剖儀觀測，探討近地表大氣邊界層發展對於風機性能的影響。計算平均風速的經驗公式如下:

$$\frac{U(z)}{U(z_{ref})}=\left(\frac{z}{z_{ref}}\right)^{\alpha} \quad (1)$$

$U(z_{ref})$為在參考高度z_{ref}的參考風速；$u(z)$為高度z的平均風速；α表示風切變指數為經驗常數。於中性條件(Neutral Condition)下可以被表示為:

$$\alpha=\frac{1}{ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad (1)$$

其中，z_0為氣動粗糙長度(Aerodynamic Roughness Length)。

根據 Monin–Obukhov 相似理論，在大氣中性條件下，水平風速與高度間存在對數關係，表示如下:

$$u(z)=\frac{U_\tau}{k_c}\ln\left(\frac{z-d_0}{z_0}\right) \quad (1)$$

其中，；k_c為 von Karman 常數，通常為 0.4；U_τ為表面摩擦速度；d_0為零面位移 (Zero-Plane Displacement)。

整合 Windcube 光達系統於桃園中央大學臨海校區所量測之東北季風及西南季風風速剖面觀測及成果，最終得到平均風切係數 α 分別為 0.2865 及 0.1745，值得注意的是在該場址，東北季風呈現高風切指數。

三、初步結果

圖 1 至圖 4 風機在運轉達到穩定後，最後 3 個周期功率及葉片推力變化情形，以確保模擬數據穩定性。並將平均結果與葉片經塔架時的衰減率統計結果，如表 1 所示。

從均勻流條件說明當葉片旋轉經過塔架時，功率衰減率對於整體平均功率並沒有太大的影響，但葉片長期反覆受推力變化，可能導致葉片因疲勞而斷裂。然而在季風條件下，葉片因在不同高度所產生之風速差，導致推力產生較大的周期性波動，功率無法穩定輸出，最終造成較嚴重的功率損失。

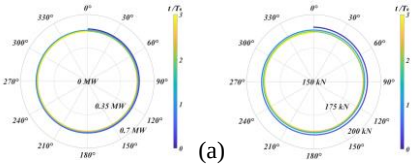

(a) (b)

圖 1 純轉子狀態且均勻入流U_0=11.4 m/s 風速下之(a)功率；(b)推力之雷達圖

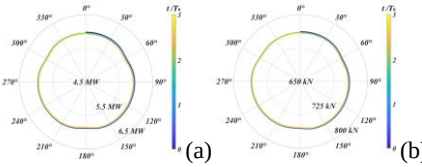

(a) (b)

圖 2 全風機狀態在均勻入流U_0=11.4 m/s 風速下之(a)功率；(b)推力之雷達圖

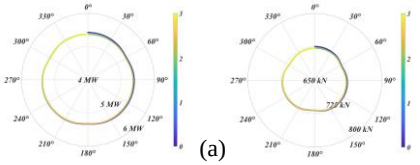

(a) (b)

圖 3 全風機在東北季風條件下之 (a)功率；(b)推力之雷達圖

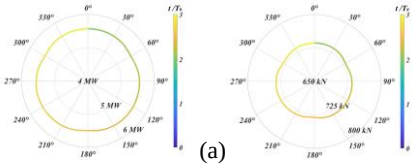

(a) (b)

圖 4 全風機在西南季風條件下之 (a)功率；(b)推力之雷達圖

表 1 轉子功率及推力的平均結果及衰減率

	純轉子	全風機	東北季風	西南季風
Power[MW]	5.87	5.92	5.36	5.55
Power decay [%]	0.003	1.23	1.14	1.34
Thrust [kN]	756.957	758.42	0.72	0.71
Thrust decay [%]	0.003	0.559	0.72	0.71

第 45 屆海洋工程研討會摘要集　國立臺灣海洋大學　2023 年 10 月
Proceedings of the 45th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, October 2023.

離岸風電產業人員職能基準產出與應用

張珮錡 [1]

[1]國家海洋研究院綜合規劃及人力培訓中心副研究員

主題: A.海洋能與離岸風力

通訊作者：張珮錡

E-mail: pamchang@namr.gov.tw

Tel: 07-3382097 ext. 263105

摘要

離岸風電與海洋事務及海洋人才發展有高度相關，伴隨離岸風場開發對於海事專業人才的需求大幅增加，本研究考量目前國內與離岸風電產業相關之海洋專業人才並未建立人才職能規格，對於海事相關職能訓練的課程也未被多加以著墨，故為培育離岸風電所需的在地專業人力、補足國內海洋產業相關人才缺口，完善相關之教育制度，因此以發展職能基準為主。

依據離岸風電產業人員之需求，採用 IPO 職能發展模式，透過次級資料分析法、職能訪談法和專家焦點會議法等，目前已產出「離岸作業水上支撐結構檢修人員職能基準」、「離岸作業水下支撐結構檢測人員職能基準」、「離岸作業塗裝檢查員職能基準」、「離岸作業塗裝維護人員職能基準」、「水下遙控無人載具（ROV）作業主管」及「水下遙控無人載具（ROV）技術工程師」6 項職能基準等。後續可依據所產出的職能基準，設計及規劃職能導向課程，發展課程內容及評量方式，甚至可進一步針對能力鑑定，及核發或認可證照機制進行籌劃。

關鍵詞：離岸風電、海洋產業、IPO 模式、職能基準

一、研究目的

為創造綠色經濟產業價值，達成我國環境永續之願景，離岸風電產業是目前政府推動綠電及再生能源產業的重點。伴隨台灣離岸風場的建置，對於海事工程等專業人才的需求亦逐漸浮現。在離岸風電產業發展下，如何滿足海事工程能量在地化需求、如何完善相關之人才培育制度，及補足離岸風電產業人才缺口並增加在地人民的就業機會等，為社會各界所關注之議題。

《2020 國家海洋政策白皮書》第 80 頁中提及「離岸風電產業與國內海事工程發展與人才很有相關…」另《海洋基本法》及《海洋產業發展條例》等皆明列海洋產業發展和培植專業人才之相關內容，因此本研究將培育離岸風電所需海洋產業專業人力與如何增加在地人民離岸風電產業就業機會作為主要研究目標。

再者，於《產業創新條例》第 18 條提及「除法律另有規定外，各中央目的事業主管機關得依產業發展需要，訂定產業人才職能基準及核發能力鑑定證明，並促進國際相互承認。」此肯定以職能基準與能力鑑定作為產業發展之必要性。另勞動部依據《職能發展與應用推動要點》會彙整各中央目的事業主管機關建置的職能基準，統一將各部會建置的職能基準公告於勞動部「職能發展應用平台（iCAP）」，讓社會大眾了解職業或職類之職能基準內涵。

由於離岸風電產業與國內海洋事務及海洋人才發展有高度相關，且離岸風電產業為政府當前重大

政策，需各相關部會共同推展各項離岸風電業務與事項，故本研究依據海洋產業發展和培植專業人才職掌，以及當前產業需求性與必要性於離岸風電產業下發展與海洋事務相關之職能基準。

二、研究方法

「職能基準發展指引」(勞動部勞動力發展署，2017）中提及經文獻與實務經驗整理，參考 Gonczi, Hager 與 Oliver (1990)所提的架構，將目前常用的職能分析方法分為四大類，主要有一般訪談法、職能訪談法等共計 14 種方法。另於文中亦提及職能基準發展模式係以輸入(Input)-過程(Process)-產出(Output）模式（簡稱為 IPO Model）為主。

本研究職能基準發展模式主以 IPO 模式為基礎，分成需求面（Input）、流程面（Process）與結果面（Output）3 構面。於「需求面」中主要進行離岸風電產業需求分析；「流程面」中主要選擇適當之職能分析方法，進行職能分析流程，以及對應之驗證設計；最後「結果面」則檢視職能模型產出之完整性，以完成欲發展之職能基準。

本研究於執行過程中，主要採用次級資料分析法、一般訪談法、職能訪談法，與專家焦點團體會議法等來進行。

三、初步結果

「職能(Competence)」指完成某項工作任務或為提高個人與組織現在及未來績效所應具備之知識、技能、態度或其他特質之能力組合；「職能模型」作為產業共用的人才規格，是一套能力指標系統；「職能基準」指為完成特定職業或職類工作任務，所應具備之能力組合，為政府所訂定的「人才規格」。

配合國家離岸風電等重點政策及海洋產業之發展，本研究採用 IPO 模式進行，蒐整相關文獻進行分析外，也辦理多場次專家訪談會議與專家焦點會議，透由實務型之專家學者協助，反覆檢視與修正所發展之職能內涵，目前發展完成「離岸作業水上支撐結構檢修人員職能基準」、「離岸作業水下支撐結構檢測人員職能基準」、「離岸作業塗裝檢查員職能基準」、「離岸作業塗裝維護人員職能基準」、「水下遙控無人載具(ROV)作業主管」及「水下遙控無人載具（ROV）技術工程師」共計 6 項職能基準，另亦已建置「離岸風電海域安全作業危害鑑別、風險評估和控制職能模型」等。

本研究所產出之「職能基準」，依循勞動部職能基準標準化體例格式，包含職業基本資料、工作內涵及能力內涵 3 部分，其中工作內涵包括工作描述、基準級別、主要職責、工作任務，及工作產出，能力內涵則有行為指標、職能級別，以及所對應之知識、技能和態度等，且所發展出之職能基準皆已公告於職能發展應用平台(網址：https://icap.wda.gov.tw/Resources/resources_Datum.aspx)。

本研究產出職能基準之系統化過程首要確認離岸風電產業發展的需求，且要求建置過程的嚴謹性與代表性，以及產出成果的適當性與公信力。所產出之職能基準可供學校、培訓機構、企業作為培育與選用人才之依據，個人也可透過自我評估、規劃能力養成計畫藉以提高職場競爭力。

產出的職能基準後續可用於規劃相對應的訓練及培育課程，是使人才培訓符合產業用人需求，達人力供需連結的機制，因此可參照教學設計模式，設計、規劃及發展教學內容及評量方式，亦可進一步建置能力鑑定，及朝核發或認可證照機制進行研擬。

主辦單位

國立臺灣海洋大學海洋工程科技中心
社團法人台灣海洋工程學會
中華民國海洋委員會
經濟部水利署

協辦單位

國立臺灣海洋大學海洋工程科技學士學位學程
國立臺灣海洋大學河海工程學系
國立臺灣海洋大學海洋環境資訊系
中華民國國家科學及技術委員會
工程科技推展中心
工業技術研究院

國家科學及技術委員會
National Science and Technology Council