

探討模擬中彰海域設置群樁之漂沙變化

傅怡釗 交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員
張君名 丹麥水利研究所高級工程師

摘要

本研究為了解風機群樁設置於臺中、彰化海域後對局部海域漂沙運動影響，使用丹麥水利研究所(DHI)開發之二維數值分析軟體(MIKE 21)，結合水動力、波浪及沙傳輸等 3 類模組，建置適用臺中、彰化海域地形變遷模式，模式考量大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川流量提供海域漂沙沙源，利用波浪、潮流觀測資料驗證模式合理性以推估此海域地形侵淤特性後，再進一步探討模擬中彰海域設置群樁，經冬季、夏季及颱風情境後之漂沙變化情形。

一、前言

臺灣臺中、彰化海域(以下簡稱中彰海域)位於臺灣海峽中段位置，而臺灣海峽處於臺灣與大陸之間，傳遞至臺灣中部海域的風、浪及流均受限於兩岸陸地限制或受中央山脈地形影響，使得海象狀況較其他直接面對大洋之海域更為複雜，且自 107 年度經濟部通過審核之離岸風場大部分集中於中彰海域，未來將豎立數百支風機群樁，不間斷運轉以提供風能，中彰海域勢必成為船舶航行與綠能發電並行之活絡海域。

為了解數百支風機群樁對中彰海域產生之漂沙運動情形，本研究參考其他相關計畫對此海域底床粒徑調查資料，建置中彰海域地形變遷數值模式(以下簡稱:地形變遷模式)，並進一步探討模擬設置群樁後之漂沙變化。

二、中彰海域底床粒徑調查

中彰海域近年辦理底床粒徑調查相關研究報告，本所於民國 92 年，在臺中港北防沙堤北側採樣的粒徑分析結果，中值粒徑(D_{50})為 0.24 mm;成功大學水工試驗所調查南側彰濱工業區海域的底質粒徑結果，海域-15 m 處至 0 m 水深線間的中值粒徑(D_{50})大約介於 0.2mm ~ 0.25mm。經濟部水利署第三河川局於 103 年~105 年辦理臺中海岸基本資料調查，其海岸底質冬季、夏季調查結果，水深在 0m、3m、6m、10m 處，底床中值粒徑(D_{50})從近岸屬級配良好之中礫石，隨水深變深變成均勻細砂(0.135mm ~ 0.273mm);經濟部水利署第四河川局於 103 年~105 年辦理彰化海岸基本資料調查，其海岸底質冬季(104 年 4 月)、夏季(104 年 9 月)調查結果得知中值粒徑(D_{50})以 0.2mm 細砂居多。

三、數值模式建立

交通部運輸研究所港灣技術研究中心(簡稱港研中心)使用丹麥水利研究所(Danish Hydraulic Institute, DHI)研發之 MIKE 21 數值分析軟體，於 107 年底初步完成西北太平洋風浪及水動力等 2 數值模式(大域數值模式)。本研究則針對中彰海域範圍，結合 MIKE 21 軟體內水動力(HD)、波浪(SW)及沙傳輸(ST)等 3 類模組，建置地形變遷模式(屬局部數值模式)，其利用西北太平洋風浪模式及西北太平洋水動力模式模擬之資料，作為地形變遷模式之波浪、水動力模組內的邊界輸入資料。以下先簡介西北太平

洋及水動力模式，再說明本研究創建之地形變遷模式。

3.1 簡介西北太平洋風浪模式及西北太平洋水動力模式

本研究團隊於 107 年度採用 DHI 研發之 MIKE 21 數值模擬軟體，使用表 1 所列各項地形水深資料，建置西北太平洋模型(大域模型)，其範圍由東經 105°至 150°、北緯 5°至 40°，共 6,111 個節點及 10,533 個三角形元素，模型邊界網格大小約 1°，如圖 1 所示，並以此模型導入至波浪(SW)及水動力(HD)等 2 模組，各自建立西北太平洋風浪模式及西北太平洋水動力模式等 2 類大域模式。

模式使用之 104 年風場資料均為中央氣象局第四代數值天氣預報系統之區域模式 WRF(Weather Research and Forecasting)風場 M00 成員之第一層數值預報資料，擷取其每次發布之第 5 至 11 時、共計 6 小時之風、氣壓場，拼接組合成模式所需之 2 維平面風、氣壓場格式資料，作為模式的驅動力。

邊界條件設定部分，在西北太平洋風浪模式分成二種邊界形式，一為陸域邊界，其不考慮入射波浪的能量通量；另一為海域邊界，海域邊界均設定為封閉邊界，即外部無波浪能量進入模式內，內部波浪能量向外擴至邊界時則完全被邊界吸收；至於西北太平洋水動力模式，邊界水位則採用 MIKE 21 提供之全球潮汐模式資料庫(解析度為 0.125 度)，取出與模型範圍邊界上對應之潮汐水位時間序列做為模式邊界輸入水位。

初始條件設定部分，西北太平洋風浪模式初始條件由 JONSWAP 經驗譜公式給定，西北太平洋水動力模式水位初始值均設 0m。藉由上述風、氣壓場資料及水位、波浪邊界及初始條件設定，分別執行西北太平洋風浪及水動力模擬工作。

表 1 模式水深資料彙整

項次	區域範圍	水深資料	資料來源
1	梧棲漁港	92 年刊行之海軍水道圖(臺中港)	海軍大氣海洋局
2	臺中港域	106 年港域測深資料	臺中港務公司
3	臺中沿岸	103 年 10 月海域測深資料	水利署第三河川局
4	彰化王功沿岸 8 km	103 年 10 月海域測深資料	水利署第四河川局
5	臺灣周圍海域	21-26°N, 119-123°E 200m 網格水深	台灣海洋科技研究中心
6	臺灣外海海域	ETOPO1	美國國家海洋暨大氣總署
7	上述地區以外之模式範圍	ETOPO5	

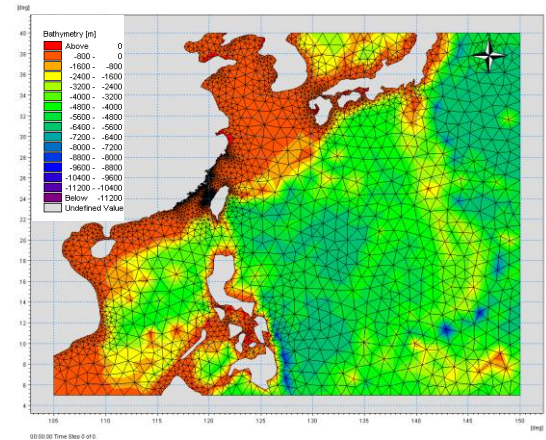


圖 1 西北太平洋模型範圍示意圖

3.2 中彰海域地形變遷模式

為掌握中彰海域設置群樁後對局部區域海氣象、漂沙變化情形，使用表 1 之第 1~5 項水深資料，創建中彰海域模型。其模型範圍涵括臺中、彰化沿岸及向外海 80 公里範圍，網格共計 2,012,550 個節點及 401,030 個三角形元素，如圖 2 所示。為凸顯臺中、彰化沿岸及離岸風電潛力場址及示範場址區域各海象物理量變化，前述區域範圍網格較小，網格大小邊長約 40~50 公尺，其餘範圍模型網格大小則長約 3 公里，如圖 3 所示。

以圖 2 模型導入模式內，再結合波浪(SW)、水動力(HD)、沙傳輸(ST)等 3 模組，建置本研究地形變遷模式。

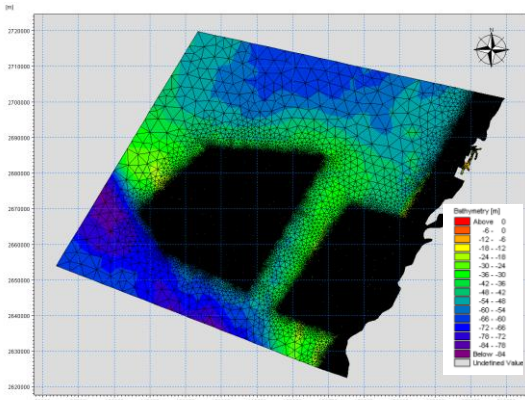


圖 2 中彰海域模型示意圖

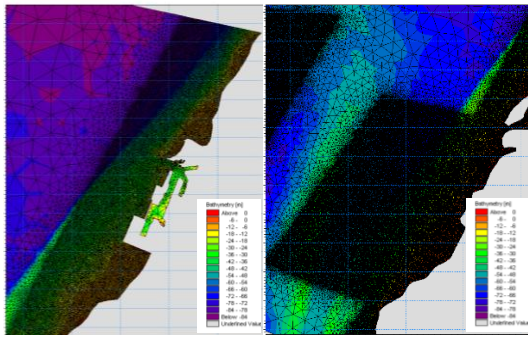


圖 3 中彰海域模型-臺中及彰化沿岸段

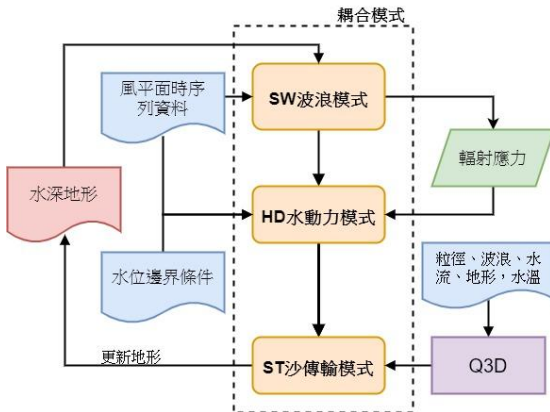


圖 4 地形變遷模式架構流程圖

地形變遷模式除了導入 3.1 節西北太平洋風浪模式及西北太平洋水動力模式之模擬資料做為其波浪、水動力模組的邊界輸入資料，另依據中彰海域海象特性，先行建置輸沙率表(Q3D)以解省模

式推估輸沙量時間，模式整體架構流程圖如圖 4，各模組間以耦合計算方式，即計算當時刻波浪、流場，進而推估當時刻輸沙率表，並更新地形水深資料，如此反覆運算直至模擬時間終了。

3.2.1 地形變遷模式輸入條件

以下分別說明本研究地形變遷模式風、氣壓場資料及各模組參數設定。

1. 風、氣壓場資料

模式執行時間大都以 104 年度冬、夏季及颱風為主，風、氣壓場使用中央氣象局第四代數值天氣預報系統之區域模式 WRF(Weather Research and Forecasting)M00 成員之第三層數值預報資料(WA03)，網格解析度約 5km。

另模式執行 108 年利奇馬颱風時期，則使用 WRF 風場 M05 之第二層數值預報資料，網格解析度約 3km。前述 2 類預報資料均擷取前 6 小時風、氣壓場，拼接組合成模式所需之 2 維平面風、氣壓場格式資料做為地形變遷模式之驅動力。

2. 波浪模組

波浪模組選用全譜方程式，基於波浪守恒理論，模擬波浪在各種外力作用下之波能變化；在波浪頻率方面，最小頻率採 0.055Hz，並以 1.1 倍參數的指數型式分割成 25 個頻率帶；在角度領域方面，以 22.5 度為 1 個角度單位，共計分割成 16 個方向角。風浪能量消散機制則考量 4 個波波非線性交互作用、碎波效應、底床摩擦、白帽耗散等物理機制。

波浪初始條件由經驗譜 JONSWAP 公式給定，各個時間水位、流場資料則由執行地形變遷模式之水動力模組計算結果提供，至於邊界條件共分成二種邊界形式，一為陸域邊界，其不考慮入射波浪的能量通量；另一為海域邊界，海域邊界則輸入西北太平洋風浪模式模擬之波浪條件資料作為其邊界資料，模組各參數設定整理列如表 2 所示。

3. 水動力模組

水動力模組可同時考慮底床摩擦、科氏力、風、大氣壓力、潮汐水位變化、輻射應力等因素，以模擬潮位變化與流場流況。本研究考慮河川入流至臺中、彰化海域時帶入之輸沙量，除了提供海域漂沙沙源，海域底床亦隨河川輸沙量而產生變化，爰引用經濟部水利署 107 年出版水文年報，統計 51 年大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川流量資料，取其 1 月、2 月及 7 月、8 月之月平均河川流量資料，作為模式冬、夏季期間河川流量輸入資料列如表 3；至於模式執行期間各時刻的波浪輻射應力由 3.2.1 節所述之波浪模組計算值給定，邊界條件則由 3.1 節西北太平洋水動力模式模擬之水位資料作為其邊界輸入資料，模組各參數設定整理列如表 4 所示。

4. 沙傳輸模組

考慮海岸漂沙因素，模組選擇波浪交互作用之計算方式，即在進行本計算前，先將可能發生之流速、波浪條件(波高、週期、波向)及計畫區域的中值粒徑，先製作出在此特性範圍內對應之輸沙率表(Q3D)，使得沙傳輸模組計算時可迅速查詢在任何水動力、波浪條件之下所對應之輸沙率以節省計算輸沙率時間。基於歷年對於中彰海域現場粒徑調查研究結果，模組中值粒徑設定 0.2mm，另河川流量帶入之輸砂量，除了提供海岸漂沙之沙源亦有影響底床變動之效應，參考上述水文年報 106-107 年調查大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪等 4 中央管河川之冬季平均懸浮載資料(106 年 12 月至 107 年 2 月)及夏季平均懸浮載資料(107 年 6 月至 8 月)，進而推估冬、夏季期間河川出海口處的底床變動率並列入模組計算參數考量，模組各參數設定整理列如表 5 所示。

表 2 地形變遷模式之波浪模組參數

模組參數	參數設定或輸入值
頻率譜	頻率譜的離散:採用對數分布 $f_1 = f_0 C^n$, $n=1,2,3,\dots$ 其中 f_0 為最小頻率, 預設 0.055Hz
角度領域	$0^\circ \sim 360^\circ$ 、 $\Delta\theta=22.5^\circ$
碎波指標	$\gamma=0.8$
底床摩擦	$kN=0.04m$
白帽耗散	$Cds=4.5$ 、 $\delta ds=0.5$
水位、流場	由地形變遷模式之水動力模組提供
邊界條件	由西北太平洋風浪模式提供波浪示性波高、譜峰周期、波向、DSD 指數

表 3 研究區域河川流量站統計彙整表

流量單位:C.M.S。

51 年 統計量	大安溪/ 義里	大甲溪/ 龍安橋	烏溪/ 大肚橋	濁水溪/ 溪州大橋
1 月	4.80	11.33	105.92	17.72
2 月	11.05	12.17	49.15	12.76
7 月	41.32	42.99	184.41	285.41
8 月	57.48	20.68	216.78	324.02

資料來源:經濟部水利署水文年報,2018,本研究彙整。

表 4 地形變遷模式之水動力模組參數

模組參數	參數設定或輸入值
紊流渦度係數	0.028
底床磨擦係數	$36 \text{ m}^{1/3}/s$
風摩擦係數	0.001255 (if 7m/s 以下) 0.002425 (if 25m/s 以上)
波浪輻射應力	地形變遷模式之波浪模組提供輻射應力資料
邊界條件	西北太平洋水動力模式提供邊界水位資料

表 5 地形變遷模式之沙傳輸模組參數

模組參數	參數設定或輸入值	
模式形式	波流交互作用	
作用力: 波浪場	由地形變遷模式之波浪模組提供各時刻的波浪示性波高、譜峰周期、波向	
底床變動率 ($a \cdot 10^{-6} \text{m/日}$)	冬季模擬: 大安溪 $a=0.30$ 大甲溪 $a=0.16$ 烏 溪 $a=0.9$ 濁水溪 $a=0.87$	夏季模擬: 大安溪 $a=1.1$ 大甲溪 $a=2.6$ 烏 溪 $a=2.0$ 濁水溪 $a=12$
邊界條件	輸沙量能量梯度均為零	

3.2.2 地形變遷模式之波浪及水動力模擬結果驗證

為驗證地形變遷模式模擬推估波浪、潮流之合理性，選取本所港研中心設置臺中港北防波堤波流觀測站(TC)、成功大學近海水文中心之彰濱浮標(CH3)做為波浪模擬結果驗證測站;本所港研中心臺中港北防波堤波流觀測站(TC)則進行潮位、流速、流向驗證，測站位置如圖 5 所示，再以冬季期間、夏季期間及颱風期間做為模擬時間，相關驗證結果及誤差分析請參閱傅(2020)「中彰海域波流數值推算研究」。



圖 5 驗證測站位置示意圖

3.2.3 中彰海域現況漂沙模擬結果

在考慮河川入流提供海域漂沙沙源因素下，地形變遷模式模擬中彰海域現況漂沙模擬結果，以下分別以冬季期間、夏季期間及蘇迪勒颱風期間作說明，圖上紅色代表底床淤積量、藍色代表底床侵蝕量。

1. 冬季期間，現況海域底床侵淤情形

模擬 104 年 1 月 28 日~2 月 18 日、經冬季季風影響後，底床侵淤情形如圖 6、圖 7 所示(模擬圖展示時間為 2 月 18 日 0 時)。

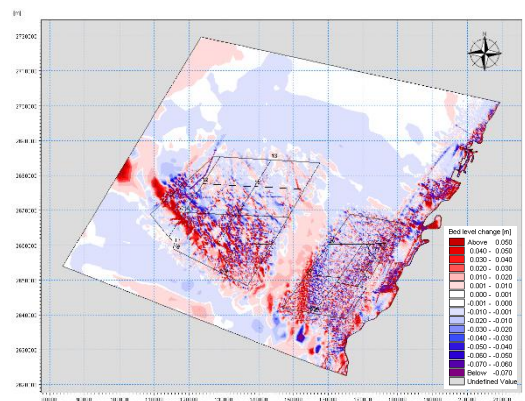


圖 6 現況海域底床侵淤圖(冬季)

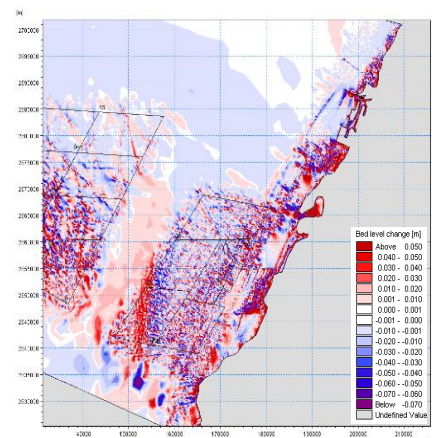


圖 7 現況海域底床侵淤圖(冬季，中彰沿岸段)

此時為退潮時間，整體流速由北往南流、近岸流場向離岸方向流，比對兩圖可知底床呈現侵淤互現情形，近岸以海埔新生地、海堤、港灣構造物及各河川出海口附近變動最明顯，其中臺中港北防波堤堤頭及台中港域呈現偏侵蝕情形。

2. 夏季期間，現況海域底床侵淤情形

模擬 104 年 7 月 10 日~8 月 6 日、經夏季季風影響後，底床侵淤情形如圖 8、圖 9 所示(模擬圖展示時間為 8 月 6 日 0 時)。

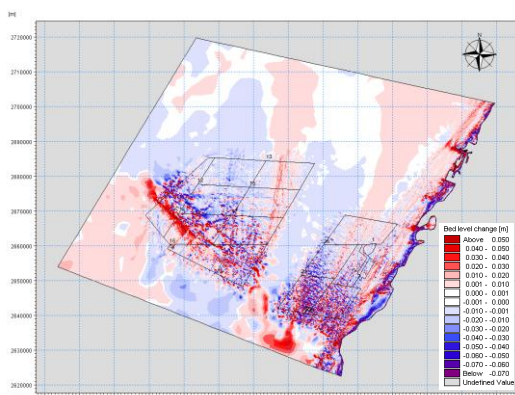


圖 8 現況海域底床侵淤圖(夏季)

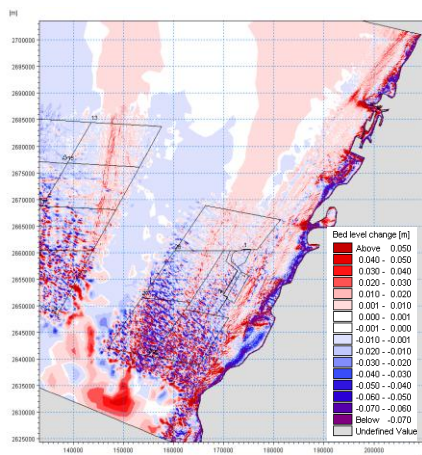


圖 9 現況海域底床侵淤圖(夏季，中彰沿岸段)

此時為漲潮時間，整體流速由南往北流、近岸流場向岸邊方向流，底床呈

現侵淤互現情形，彰化沿岸模擬結果與冬季案例相比，底床以侵蝕為傾向，另臺中港北防波堤南側及臺中港域呈現淤積傾向，推測漂沙由南往北、遇防波堤沉積下來，且夏季河川流量及輸沙量均較冬季多。

3. 颱風期間，現況海域底床侵淤情形

模擬 2015 年 8 月 6 日~8 月 11 日、經蘇迪勒颱風影響後，底床侵淤情形如圖 10、圖 11 所示(時間 8 月 11 日 0 時)。

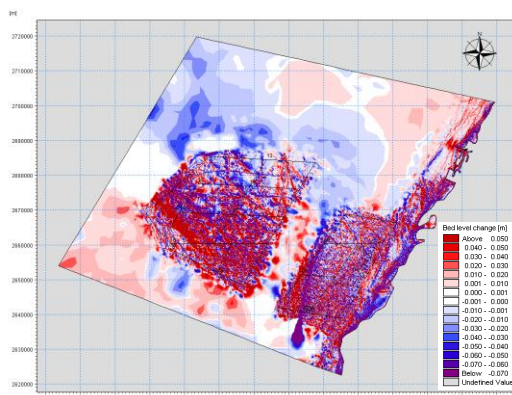


圖 10 現況海域底床侵淤圖(蘇迪勒)

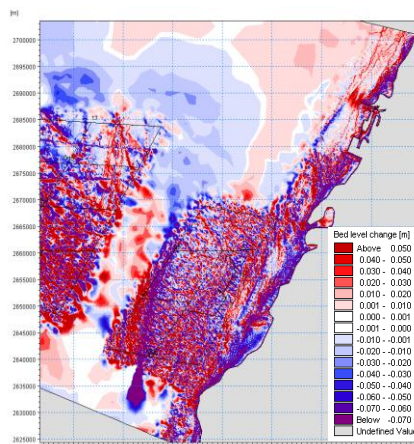


圖 11 現況海域底床侵淤圖(蘇迪勒，中彰沿岸段)

此時為退潮時間，整體流速由北往南流、近岸流場向離岸方向流，底床呈現侵淤互現較夏季案例更為明顯，臺中

港北防波堤南側及臺中港域仍以偏淤積為傾向。

四、風機群樁情境模擬

雖然經濟部於 107 年 1 月 18 日公告「離岸風力發電規劃場址容量分配作業要點」，採「先遴選、後競價」原則進行分配，並於 4 月 30 日公開遴選結果，計有 7 家業者(10 個離岸風場)獲選，總分配容量達 3,836 MW，但本研究為能全面性考量風機群樁布設於臺中、彰化海域之漂沙變化情形，爰將位屬臺中、彰化海域之離岸風電場址(含示範風場)，一併納入地形變遷模式，模擬所有風場均設置風機群樁後對中彰海域的影響。

4.1 模式內離岸風電場址及群樁配置

本研究模式探討之風電場址計有福海一號、福海二號、台電第一期、西島、海鼎一號(編號 11)、大彰化西北(編號 12)、大彰化東北(編號 13)、大彰化西南(編號 14)、大彰化東南(編號 15)、海鼎二號(編號 16)、海鼎三號(編號 17)、海龍三號(編號 18)、海龍二號(編號 19)、台電第二期(編號 26)、彰芳(編號 27)、海峽(編號 28)及中能(編號 29)等 17 個離岸風場。參閱前述 17 個離岸風電場之風力發電計畫環境影響說明書，各離岸風電開發商已完成調查開發海域地質條件，經評估地質及工程技術可行性後，規劃風機基礎型式均以套筒(JACKET)型式為主，即 1 座風機具 4 支基樁，基樁為直徑約 3m 鋼管樁，樁與樁間距 20m。

為盡可能探討設置風機群樁後對中彰海域環境衝擊，本研究選取各離岸風場規劃配置最多風機數方案，因此，17 個離岸風電場址有 1,038 座風機，即在地形變遷模式內配置 4,152 支風機基樁，如圖 12 所示，圖上白點代表風機基樁。

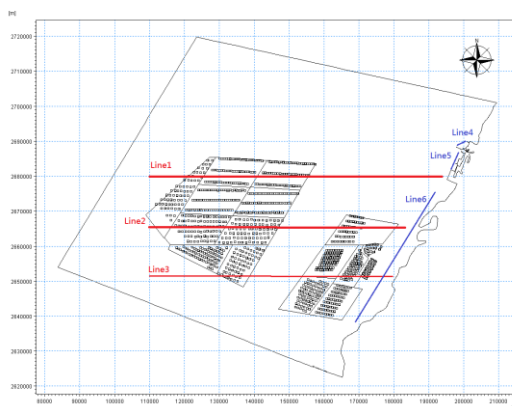


圖 12 17 個風電場址及群樁分布圖

4.2 季風及颱風期間情境模擬結果

本節模擬中彰海域設置 4,152 支風機群樁後，經過冬季、夏季及蘇迪勒颱風影響後的波浪、水動力及漂沙結果，再比較中彰海域風機群樁設置前(現況)、後之示性波高、底床變化情形並輸出 6 段空間剖面圖查看，以此評估風機群設置完成後對海域、近岸環境及臺中港影響，輸出空間剖面位置如圖 12 所示(Line1~Line6)。

4.2.1 冬季期間，設置群樁後之波浪、水動力及漂沙引致底床變化情形

1. 波浪改變情形

模擬冬季期間中彰海域設置群樁前(現況)、後之整體海域示性波高改變情形，如圖 13 所示，計算群樁設置後之示性波高最大下降量為 0.297m、波高最大增加量為 0.046m，整體示性波高平均改變情形為下降 0.01 m;輸出中彰海域 6 空間剖面波浪運動情形，其中僅 Line3 及 Line6 在部分區段有波高略降、再回升情形，如圖 14 所示，圖上紅色線代表現況海域波浪運動情形、綠色線代表設置群樁後海域波浪運動情形，其餘空間剖面比對結果近乎重疊，表示設置群樁前、後之波浪運動幾乎相似、無變化，且由圖 13、圖 14 可知，波浪僅於風機群周圍發生改變(略降)但不明顯，波高

傳遞至臺中港域時改變量接近 0 m，再比對臺中港波浪模擬情形結果，臺中港示性波高、譜峰週期及波向於群樁設置前、後模擬結果幾乎無差異，顯示 17 個離岸風電場址全部風機群設置完成後對整體海域波浪影響範圍有限。

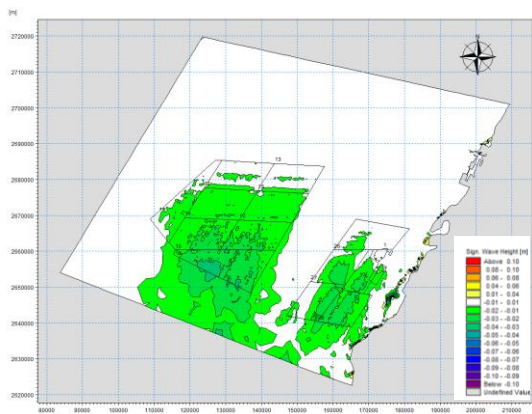


圖 13 設置群樁前後，示性波高空間改變情形(冬季)

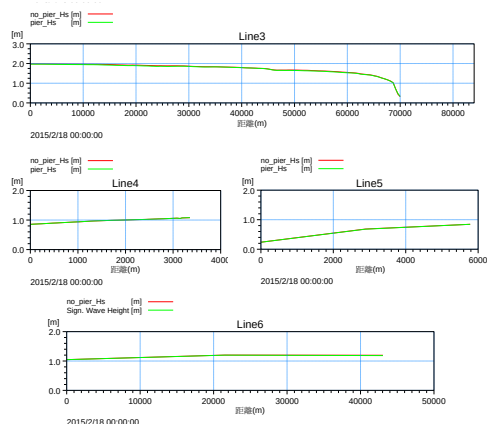


圖 14 設置群樁前後，Line3~Line6 波浪運動比對情形(冬季)

2. 流場差異情形

模擬冬季期間，中彰海域設置群樁前(現況)、後之流場，選擇退潮及漲潮等 2 時間點，比較和討論群樁設置前後對流場之差異性，如圖 15 及圖 16 所示。由圖可知，設置群樁後，退潮時，流速在風電場址區域降低且較不穩定，但周

遭(場址外)流速有回升現象，因退潮時流速由北向南流，在通過多處離岸風電場址後，流速呈現降低趨勢；漲潮時，雖在風電場址區域有增加，尤其經過風機群樁時更有局部增長情形，但離開風電場址區域外則流速減緩，使得流速在離岸風場間之航道會降低。但整體海域流速於群樁設置前後的差異變動大小大致約在 0.015m/s 範圍內。

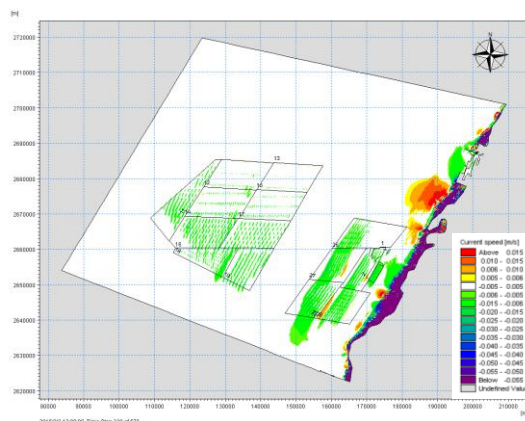


圖 15 設置群樁前後之模擬流場流速差異結果(冬季/退潮)

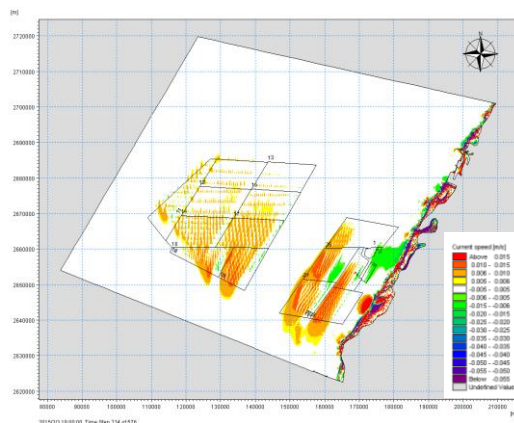


圖 16 設置群樁前後之流場模擬流速差異結果(冬季/漲潮)

再比較設置群樁前、後之臺中港潮位、流場模擬情形結果，潮位、流速及流向結果幾乎無差異，顯示中彰海域設置群樁後對臺中港域附近幾乎無影響。

3. 漂沙引致底床變化情形

比較設置群樁前(現況)、後之底床侵淤改變情形，如圖 17、圖 18 所示，圖中紅色代表底床淤積量、藍色代表底床侵蝕量。由圖 17 計算整體中彰海域平均底床變化增加量小於 0.0001m，此計算結果皆在量測精度範圍外，在物理意義上已無實際影響差異；另在離岸風電場址有侵淤互現之變化情形，尤以中彰近岸海域更明顯，但在中彰近岸往外靠外海處則偏向淤積傾向，如圖 18 所示。底床傾向淤積最明顯處發生在彰濱工業區附近海域；底床傾向侵蝕最明顯處發生在彰化近岸海域接近濁水溪出海口。

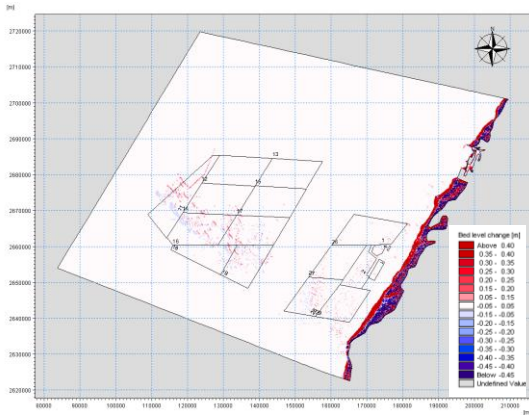


圖 17 設置群樁前後，底床侵淤變化情形(冬季)

輸出設置群樁後模式 6 空間剖面之底床變化與現況底床變化做比較，如圖 19 所示，僅在靠近彰化王功沿岸(Line3)有傾向淤積及傾向侵蝕之變化情形，在臺中北防沙堤至北防波堤間(Line4)，近北防沙堤區域底床傾向淤積之變化情形，彰化沿岸(烏溪至濁水溪間，Line6)則是近烏溪出海口附近及近濁水溪出海口附近之底床有增加淤積之變化情形，其餘區域底床剖面無明顯變化，即離岸風電場址區域底床大致無變化，圖 19 藍色線代表設置群樁前(現況)海域底床、紅色線代表設置群樁後海域底床。

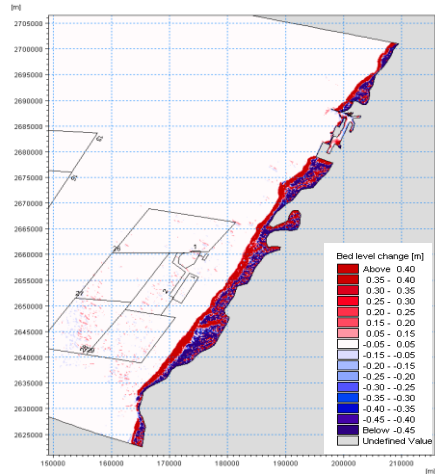


圖 18 設置群樁前後，底床侵淤變化情形(冬季，中彰沿岸段)

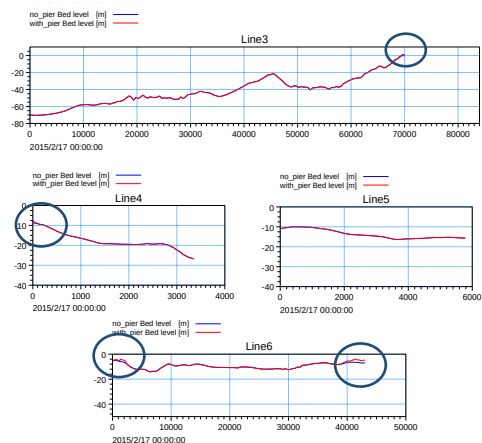


圖 19 冬季期間，中彰海域在群樁設置前、後 Line3~Line6 比較圖

4.2.2 夏季期間，設置群樁後之波浪、水動力及漂沙引致底床變化情形

1. 波浪改變情形

模擬夏季期間中彰海域設置群樁前(現況)、後之整體海域示性波高改變情形，如圖 20 所示，計算群樁設置後之示性波高最大下降量為 0.0185m，波高最大增加量為 0.0733m，整體示性波高平均改變情形為下降 0.006 m，且波高傳遞至臺中港域時改變量已近似 0 m。

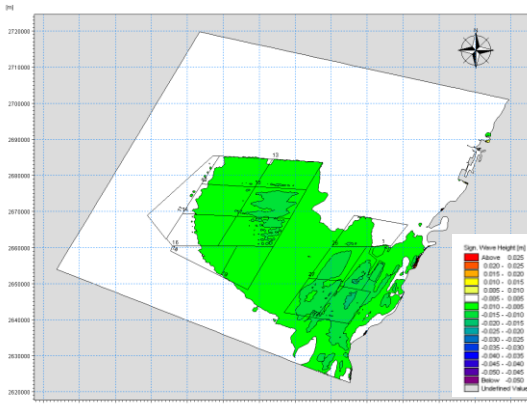


圖 20 設置群樁前後，示性波高空間改變情形(夏季)

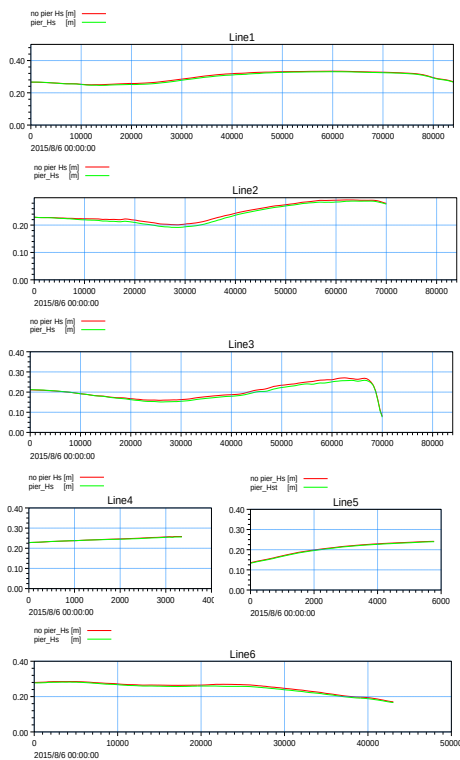


圖 21 夏季期間，中彰海域在群樁設置前、後之 6 剖面底床比較圖

輸出中彰海域 6 空間剖面波浪運動情形，如圖 21 所示，圖上紅色線代表設置群樁前(現況)海域波浪運動情形、綠色線代表設置群樁後波浪運動情形，由

圖可知設置群樁後，波浪運動至風電場址區域時(Line1~Line3)，示性波高有略微降低;由臺中港北防沙堤至北防波堤間(Line4)、北防波堤至工業專區II間(即預定興建外擴堤區域，Line5)之波浪空間運動情形，可知波高傳遞至臺中港域時，幾乎接近現況(設置群樁前)，彰化沿岸(Lin6)因鄰近風電場址，設置風機群後波浪運動情形亦有微幅下降情形，但整體波高運動情形仍與現況模擬結果近似。

再比對臺中港(TC)測站及彰濱浮標(CH3)測站示性波高、譜峰週期及波向於風機群樁設置前、後模擬結果，兩觀測站示性波高、譜峰週期及波向幾乎無差異。爰設置風機群後，波浪經過風機群時，波高雖會呈現降低傾向但僅局部變化，通過風機群後即逐漸回復，表示 17 個離岸風電場址全部設置群樁後對整體海域影響範圍仍有限。

2. 流場差異情形

模擬夏季期間，中彰海域設置群樁前(現況)、後之流場，選擇退潮及漲潮等 2 時間點，比較和討論群樁設置前後對流場之差異性，如圖 22、圖 23 所示。由圖可知，設置風機群後，流速在退潮時雖在風電場址區域有增加，尤其經過風機群樁時更有局部增長情形，但離開風電場址區域時流速降低，隨著退、漲潮時刻，流速由北向南改為南向北流，在離岸風電場址變化也由局部增長變成局部降低趨勢，但流速在群樁設置前後的差異變動大小約仍在 0.01m/s 範圍內。

再比較設置群樁前後之臺中港潮位、流場模擬情形結果，潮位、流速及流向結果幾乎無差異，顯示中彰海域設置群樁對臺中港域附近幾乎無影響。

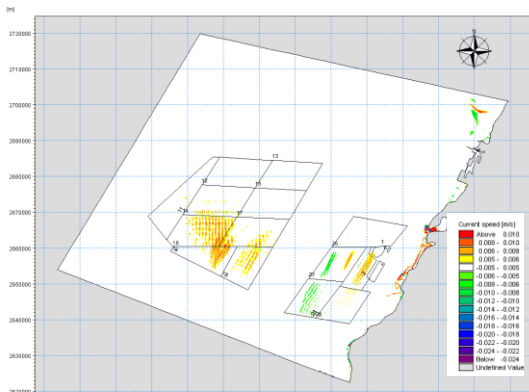


圖 22 設置群樁前後之模擬流場流速差異結果(夏季/退潮)

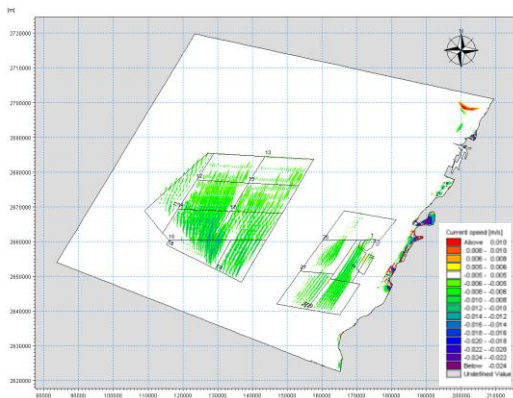


圖 23 設置群樁前後之模擬流場流速差異結果(夏季/漲潮)

3. 漂沙引致底床變化情形

比較設置群樁前(現況)、後之底床侵淤改變情形，如圖 24、圖 25 所示，圖中紅色代表底床淤積量、藍色代表底床侵蝕量。計算整體中彰海域平均底床變化為增加量小於 0.0001m，底床淤積最大量及侵淤最大量均小於 0.0001m，此底床變化數值計算結果皆在量測精度範圍外，在物理意義上已無實際影響差異；另在離岸風電場址區域，侵淤變化情形與冬季案例相比有較明顯差異。

輸出設置群樁後模式 6 空間剖面之底床變化與現況底床變化比較，底床幾乎無變化，顯示設置群樁後，雖較現況海域仍有侵淤變化，但變化小，對離岸

風電場址區域及臺中、彰化沿岸、臺中港區域底床影響甚小。

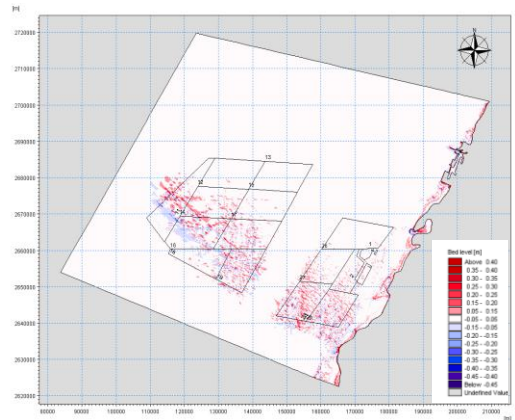


圖 24 設置群樁前後，底床侵淤變化情形(夏季)

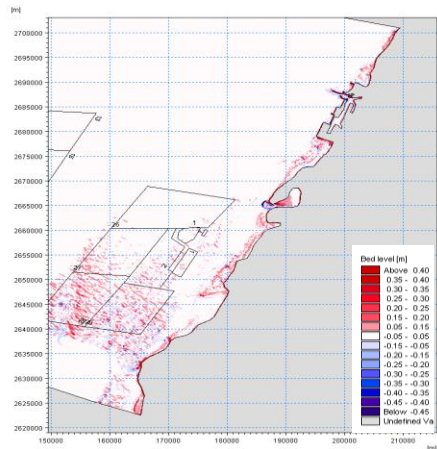


圖 25 設置群樁前後，底床侵淤變化情形(夏季，中彰沿岸段)

4.2.3 颱風期間，設置群樁後之波浪、水動力及漂沙引致底床變化情形

1. 波浪改變情形

模擬蘇迪勒颱風期間，中彰海域設置群樁前(現況)、後之整體海域示性波高改變情形，如圖 26 所示，計算群樁設置後之示性波高最大下降量為 0.19m、波高最大增加量為 0.183m，示性波高平均改變情形為下降 0.008m，且波高傳遞至臺中港域時會降低。

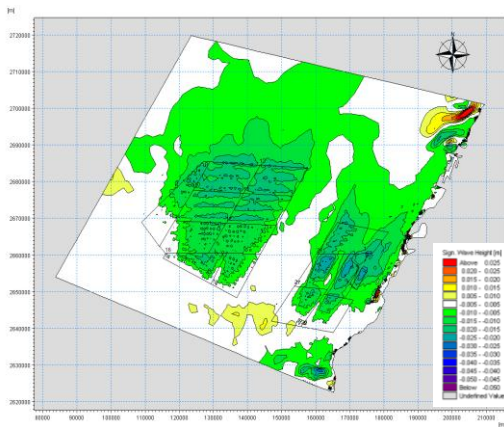


圖 26 設置群樁前後，示性波高空間改變情形(蘇迪勒颱風)

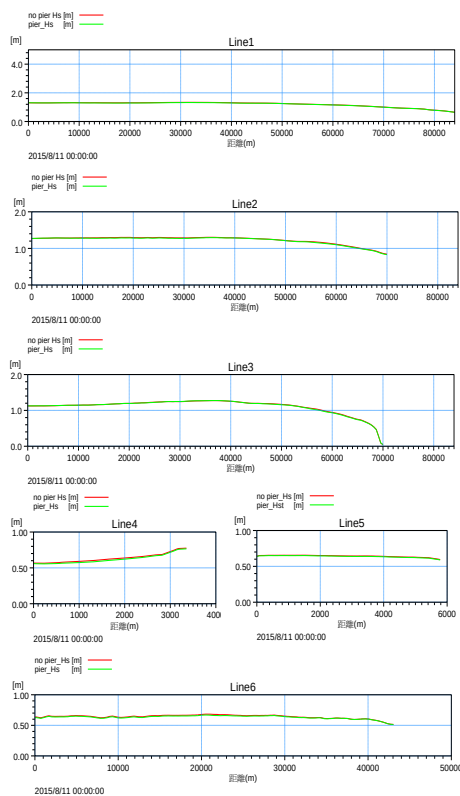


圖 27 設置群樁前後，6 空間剖面波浪運動比對情形(蘇迪勒颱風)

輸出中彰海域 6 空間剖面波浪運動情形，如圖 27 所示，顯示設置群樁後，波浪運動至離岸風電場址區域時(Line1

~Line3)，示性波高有些微降低；變化以臺中港北防沙堤至北防波堤間(Line4)、彰化沿岸(Lin6)示性波高較其他剖面明顯，但仍僅是微幅變化，可知波高傳遞至臺中港域時，雖略降低但仍幾乎接近現況(設置群樁前)，整體波高運動情形仍與現況模擬結果近似。再比對臺中港(TC)測站及彰濱浮標(CH3)測站之示性波高、譜峰週期及波向於風機群樁設置前、後模擬結果，兩觀測站示性波高、譜峰週期及波向幾乎無差異。爰設置群樁後，波浪經過風機群時，波高雖會呈現降低傾向但僅局部變化，通過風機群後即逐漸回復，即表示 17 個離岸風電場址全部設置群樁後，即使遇到颱風，對整體海域影響範圍仍有限。

2. 流場差異情形

模擬蘇迪勒颱風期間，中彰海域設置群樁前(現況)、後之流場，選擇退潮及漲潮等 2 時間點，比較和討論群樁設置前後對流場之差異性，如圖 28、圖 29 所示。由圖可知，在群樁設置後，退潮時流速在離岸風電場址區域較現況低，直至漲潮時流速降低趨勢減緩，但在離岸風場址外，降低之流速均有回升情形，整體空間流速在風機群設置前後的差異變動大小均約在 0.01m/s 範圍內。再比較設置群樁前、後，臺中港潮位、流場模擬情形結果可知，設置群樁後臺中港於颱風期間之潮位、流速及流向模擬與現況模擬結果無明顯差異。

3. 漂沙引致底床變化情形

比較設置群樁前(現況)、後之底床侵淤改變情形，如圖 30、圖 31 所示，圖中紅色代表底床淤積量、藍色代表底床侵蝕量。計算整體中彰海域平均底床變化為增加 0.01 m，颱風時期案例底床變化較冬、夏季案例還顯著，且比對 6 空間剖面底床，離岸風電場址區域及彰化沿岸底床幾乎無變化，僅臺中港北防沙堤至北防波堤間(Line4)，靠近北防波堤之底床有侵蝕傾向，如圖 32 所示。

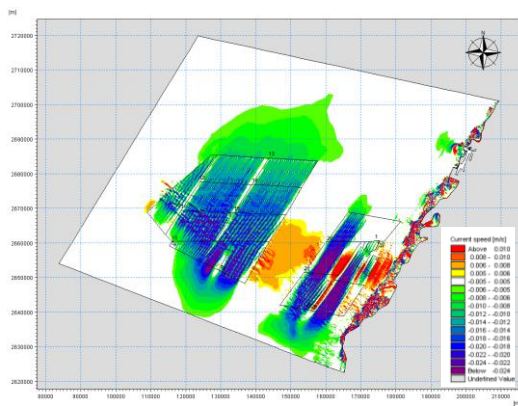


圖 28 設置群樁前後之模擬流場流速差異結果(蘇迪勒/退潮)

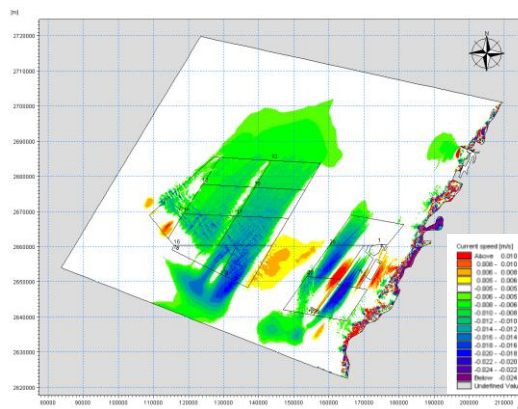


圖 29 設置群樁前後之模擬流場流速差異結果(蘇迪勒/漲潮)

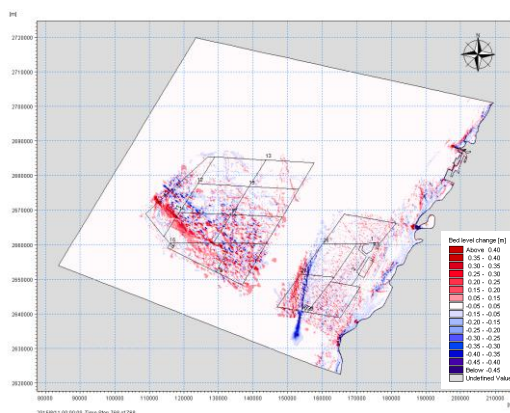


圖 30 設置群樁前後，底床侵淤變化情形(蘇迪勒)

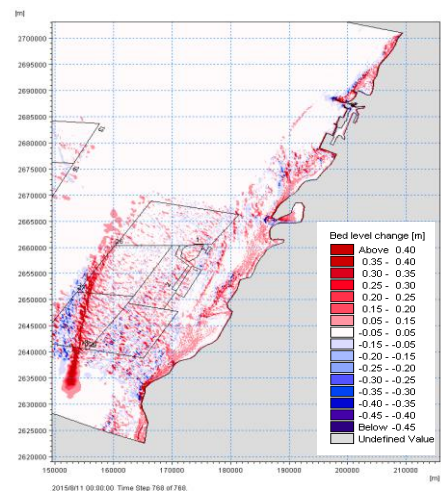


圖 31 設置群樁前後，底床侵淤變化情形(蘇迪勒，中彰沿岸)

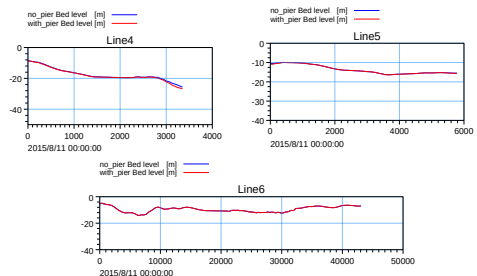


圖 32 蘇迪勒颱風期間，中彰海域在群樁設置前、後 Line4~Line6 剖面底床比較圖

五、結論

為能確實反應離岸風電場址(深水區域)及臺中、彰化鄰近海域(淺水區域)漂沙情形並考量數值計算時效，在本所 107 年度建置大尺度的西北太平洋風浪及水動力模式的研究成果基礎上，108 年度再行創建尺度較小、網格更細且波浪、水動力及漂沙耦合計算之中彰海域地形變遷模式，以提供中彰海域更細緻海象及地貌變化資料。

本研究地形變遷模式進行冬季、夏季及蘇迪勒颱風期間之中彰海域現況模

擬，其模擬結果底床在離岸風電場、中彰海域沿岸呈現侵淤互現情形，尤以海埔新生地、海堤、港灣構造物及河川出海口處之底床變動較為明顯，其中河川出海口底床變動明顯主要來自模式有考量大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川提供季節性入流量及輸砂量做為海域漂沙沙源因素。彰化沿岸於夏季期間模擬結果底床變化以偏侵蝕為傾向(與冬季案例相比)，另經夏季、蘇迪勒颱風期間模擬結果顯示，臺中港北防波堤南側及臺中港域呈現以淤積為傾向。

本研究完成模擬中彰海域 17 個離岸風電場址設置群樁後之情境模擬，與現況(未設群樁)模擬結果相比，群樁設置後僅於離岸風電場址發生局部波高下降、流速降低或升高情形，但影響範圍有限，波浪、海流至臺中港域範圍已幾乎與現況模擬結果無差異，底床變化僅在冬季模擬案例有平均增加 0.01m，其餘模擬案例底床變化量甚小。

在臺中、彰化沿岸區域本有長期性侵淤變化情形，後續可針對臺中港域及未來臺中港擴港，建置網格尺度更細緻之模式，探討其中、長期地形變遷。另本研究建置模式尚未考量風場受離岸風電群樁之影響，後續仍有待相關研究評估。

六、參考文獻

1. 傅怡釗、陳鈞彥、張君名，「中彰海域波流數值推算研究」，港灣季刊，第 116 期，2020 年，43-52 頁。
2. 林柏青，「碎波帶漂沙與波動特性研究」，國立中央大學土木工程學系碩士論文，2003 年。
3. 經濟部水利署第四河川局，彰化海岸防護基本資料調查(2/2)，2014 年。
4. 經濟部水利署第三河川局，臺中海岸基本資料調查(2/2)，2015 年。
5. 台灣電力公司，離岸風力發電第一期計畫環境影響說明書，2015。
6. 經濟部能源局，風力發電 4 年推動計畫，2017 年。
7. 海峽風電股份有限公司籌備處，海峽離岸風力發電計畫(27 號風場)環境影響說明書(第二次修訂本)，2017 年。
8. 海峽風電股份有限公司籌備處，海峽離岸風力發電計畫(28 號風場)環境影響說明書(第二次修訂本)，2017 年。
9. 福芳風力發電股份有限公司籌備處，彰化福芳離岸風力發電計畫環境影響說明書(第二次修訂本)，2017 年。
10. 台灣電力公司，離岸風力發電第二期計畫可行性研究，2018 年。
11. 福海風力發電股份有限公司，福海離岸風力發電計畫(第一期工程)環境影響說明書變更內容對照表(申請施工期間暫時停止環境監測計畫)，2018 年。
12. 海鼎一風力發電股份有限公司籌備處，海鼎離岸式風力發電 1 號風場環境影響說明書變更內容對照表，2018 年。
13. 海鼎二風力發電股份有限公司籌備處，海鼎離岸式風力發電 2 號風場環境影響說明書變更內容對照表，2018 年。
14. 海鼎三風力發電股份有限公司籌備處，海鼎離岸式風力發電 3 號風場環境影響說明書變更內容對照表，2018 年。
15. 大彰化西北離岸風力發電股份有限公司籌備處，大彰化西北離岸風力發電計畫環境影響說明書(第三次修訂本)，2018 年。
16. 大彰化東北離岸風力發電股份有限公司籌備處，大彰化東北離岸風力發電計畫環境影響說明書(第三次修訂本)，2018 年。
17. 大彰化西南離岸風力發電股份有限公司籌備處，大彰化西南離岸風力發電計畫環境影響說明書，2018 年。
18. 大彰化東南離岸風力發電股份有限公司籌備處，大彰化東南離岸風力發電計畫環境影響說明書，2018 年。
19. 西島風力發電股份有限公司籌備處，彰化西島離岸風力發電計畫環境影響說明書，2018 年。

20. 彰芳風力發電股份有限公司籌備處，彰化彰芳離岸風力發電計畫環境影響說明書，2018 年。
21. 中能發電股份有限公司籌備處，中能離岸風力發電計畫環境影響說明書，2018 年。
22. 海龍二號風電股份有限公司籌備處，海龍二號離岸風力發電計畫環境影響說明書，2018 年。
23. 經濟部能源局，離岸風電推動現況與展望，2019 年。
24. Danish Hydraulic Institute, Spectral Wave Module Scientific Documentation, 2012.
25. Danish Hydraulic Institute, Hydrodynamic and Transport Module Scientific Documentation, 2012.
26. Danish Hydraulic Institute, Sand Transport Module Scientific Documentation, 2012.