

(2) 流場數值模式

本研究針對本計畫風場外海風場設置前後，分別進行流場之數值模擬分析，由於模式使用正方形格網，分別計算四個不同波浪條件下波場的分佈，包含兩個 50 年重現期颱風波浪條件，以及冬季、夏季季風波浪條件，其計算範圍及水深分布如圖 7.1.1-2 所示。波場模式輸入之颱風波浪條件參考表 6.2.2-4 各重現期所推算之颱風波浪，選擇 50 年重現期 NNE 向與 N 向颱風波浪之波高週期，表 6.2.2-5 NNE 向與 W 向之冬季、夏季季風波浪之波高週期，模擬彰化離岸風場外海海域波場變化，表 7.1.1-5 為數值模式初步計算條件與參數設定，模擬彰化離岸風場外海海域流場變化。

表 7.1.1-5 流場與地形變遷模式計算條件與參數

流場與地形變遷模式波浪計算條件與參數					
輸入條件	外海波高 (m)	週期 (sec)	波向	河口平均流速 (m/s)	河口輸砂 (cms)
颱風波浪	10.55	13.64	NNE	2.76 ^a 4.04 ^b	0.3451 ^a 0.5051 ^b
颱風波浪	10.45	13.58	N	2.76 ^a 4.04 ^b	0.3451 ^a 0.5051 ^b
冬季季風波浪	4.54	10.10	NNE	0.157 ^a 0.229 ^b	0.0197 ^a 0.0287 ^b
夏季季風波浪	3.64	9.70	W	0.157 ^a 0.229 ^b	0.0197 ^a 0.0287 ^b
收斂條件殘差 Err	0.001		底床摩擦係數 C_f	0.01	
底質平均濃度 C_0	0.04		底床孔隙率 λ	0.4	
底質顆粒密度 $\rho_d (kg / m^3)$	2650.0		海水密度 $\rho (kg / m^3)$	1033.0	
流場模式 Courant Number			0.9		
地形變遷模式 Courant Number			0.2		

註：上標 a 表示烏溪，上標 b 表示濁水溪。

A. 離岸風場設置前

圖 7.1.1-11 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.55 公尺、週期 13.64 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-12 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.45 公尺、週期 13.58 秒、波向 N)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-13 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-14 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面流場分佈圖。整體結果顯示在颱風波浪作用下近岸流明顯區域大約在水深 0~20 公尺之間。本案風場範圍因水深有 20~55 公尺深，近岸流場均不明顯，僅局部地區有較大的流速，但均都小於 0.2 公尺/秒。

B. 離岸風場設置後(6MW)

圖 7.1.1-15 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.55 公尺、週期 13.64 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-16 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.45 公尺、週期 13.58 秒、波向 N)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-17 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-18 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面流場分佈圖。整體結果顯示在颱風波浪作用下近岸流明顯區域大約在水深 0~20 公尺之間，本案風場範圍因水深有 20~55 公尺深，近岸流場均不明顯，僅局部地區有較大的流速，但均都小於 0.2 公尺/秒。受到風機基柱對波浪遮蔽的影響，風場範圍內部分區域流場流向受風機影響改變，流速大小有略小於離岸風場未設置前的情形。

C. 綜合評估

在本計畫風場的離岸風機設置後對流場影響，在近岸流場的部分所造成的影響幾乎可以說是微乎其微，對整個大環境的流場來說並沒因風場設置後有太大的變化。

(3) 海岸變遷模式

本計畫首先針對本計畫風場的離岸風機設置前後，進行波高與流場之數值模擬分析。計算領域範圍之地型水深如圖 7.1.1-2 所示，根據表 7.1.1-5 數值模式計算條件與參數，模擬本計畫風場設置前後的地形變化，模擬的時間為 1 年。

A. 離岸風場設置前

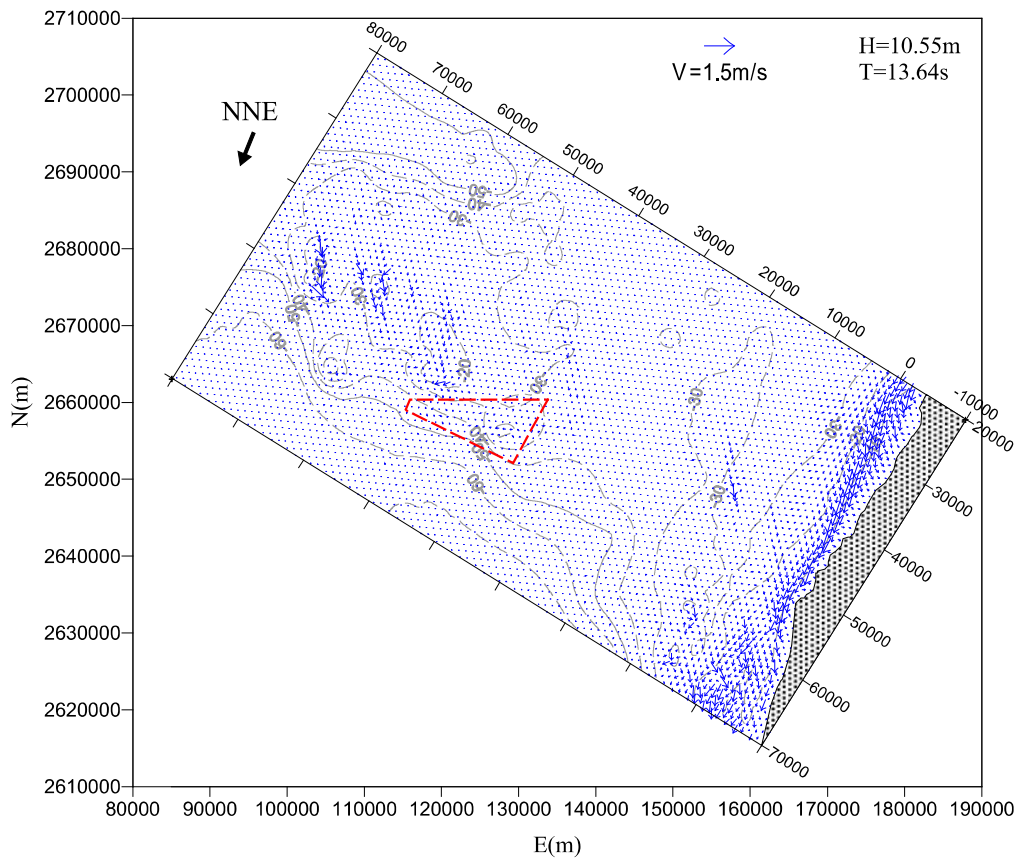
圖 7.1.1-19 為本計畫風場設置前數值模式模擬計算領域之地形侵淤變化的結果，整個計算範圍侵淤深度分佈約在 ± 0.3 公尺之間，主要地形侵淤範圍約在水深 0~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域。

B. 離岸風場設置後(6MW)

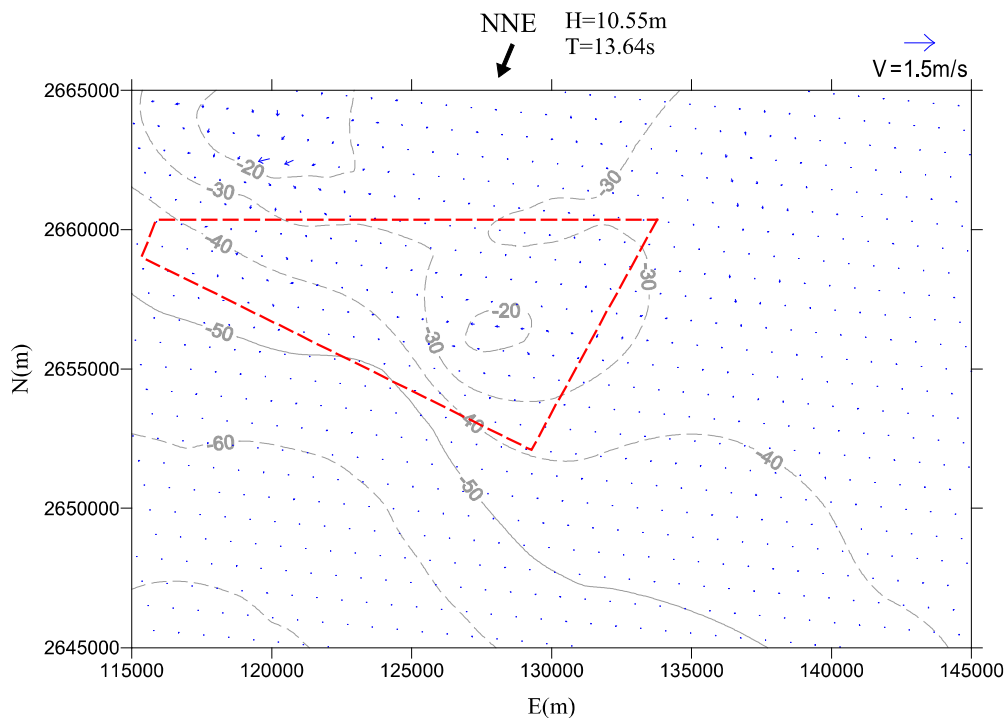
圖 7.1.1-20 為本計畫風場 6MW 風機設置後數值模式模擬計算領域之地形侵淤變化的結果。從模擬結果可以看到侵淤變化分佈的情形，整個計算範圍侵淤深度分佈約在 ± 0.3 公尺之間，主要地形侵淤範圍約在水深 0~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域。

C. 綜合評估

在本計畫風場風機設置後對地形侵淤變化的影響，由模擬結果可以看到影響的程度並不大，主要影響海岸地形變化的原因還是以近岸流為主。本案風場範圍距海岸線很遠，基本上流場對海岸地區地形變化的影響幾可忽略。另外，位於風場範圍之海域，在風場設置前後其地形變化幾乎無改變(低於 ± 0.1 公尺)，僅局部極小區域有約 ± 0.3 公尺之間之地形變遷，基本上流場對風場範圍地形變化的影響幾可忽略。



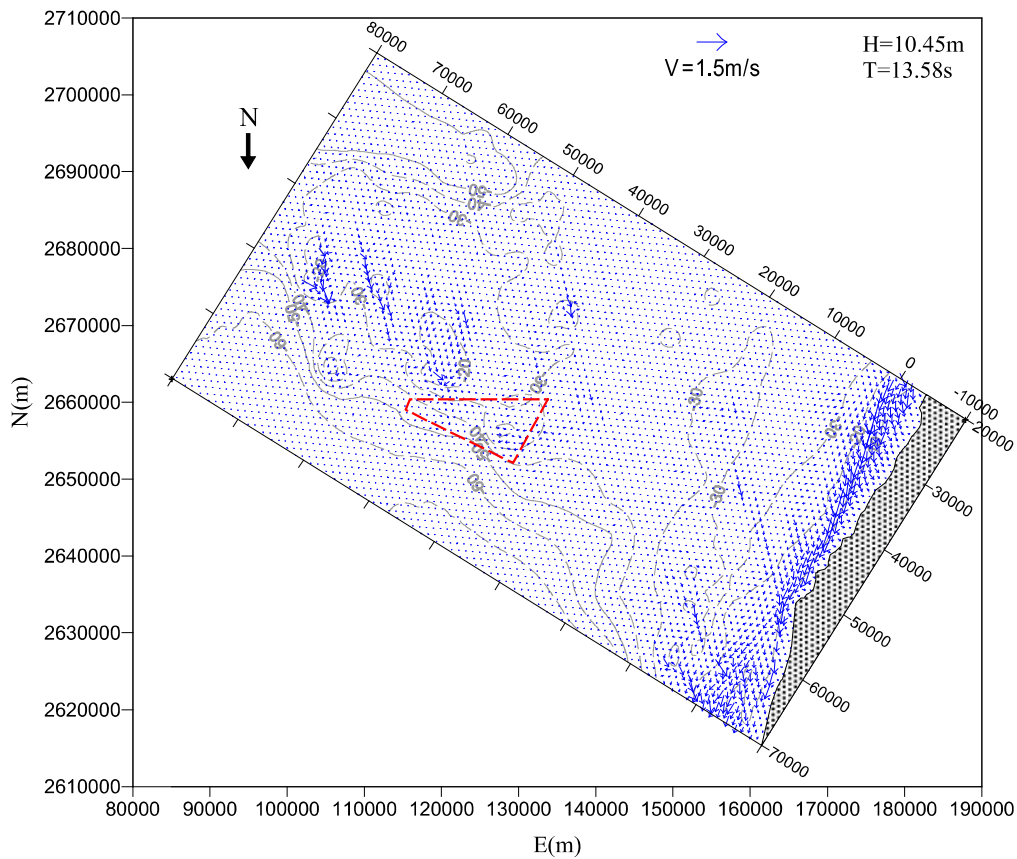
(a) 全域



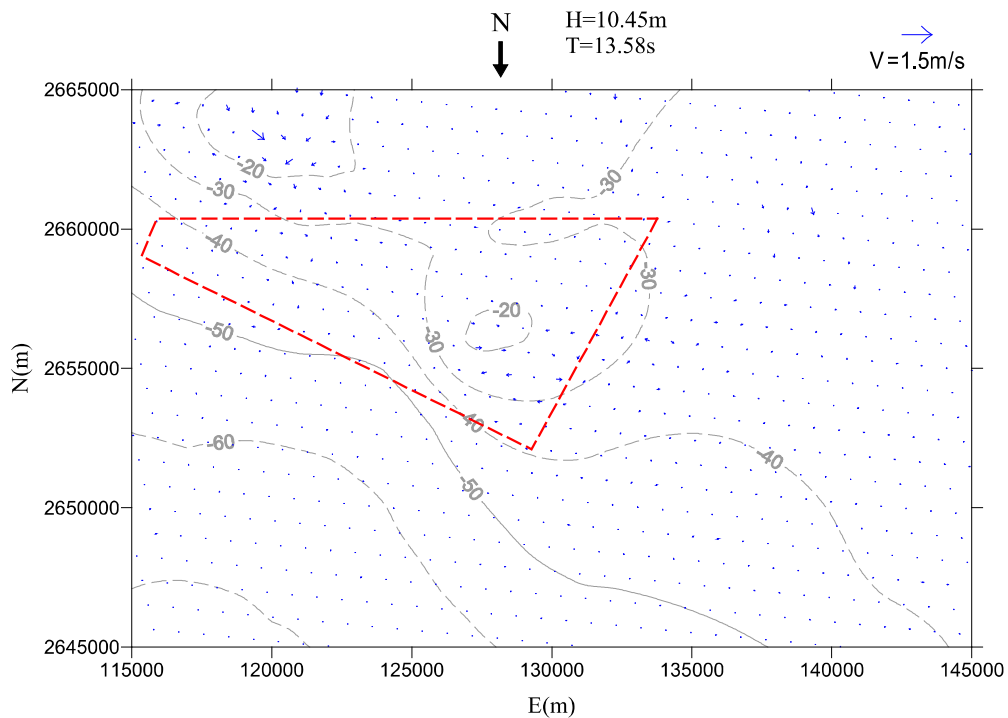
(b) 離岸風場區域

(外海波高10.55公尺、週期13.64秒、波向NNE)

圖7.1.1-11 設置前50年重現期颱風流場分佈圖



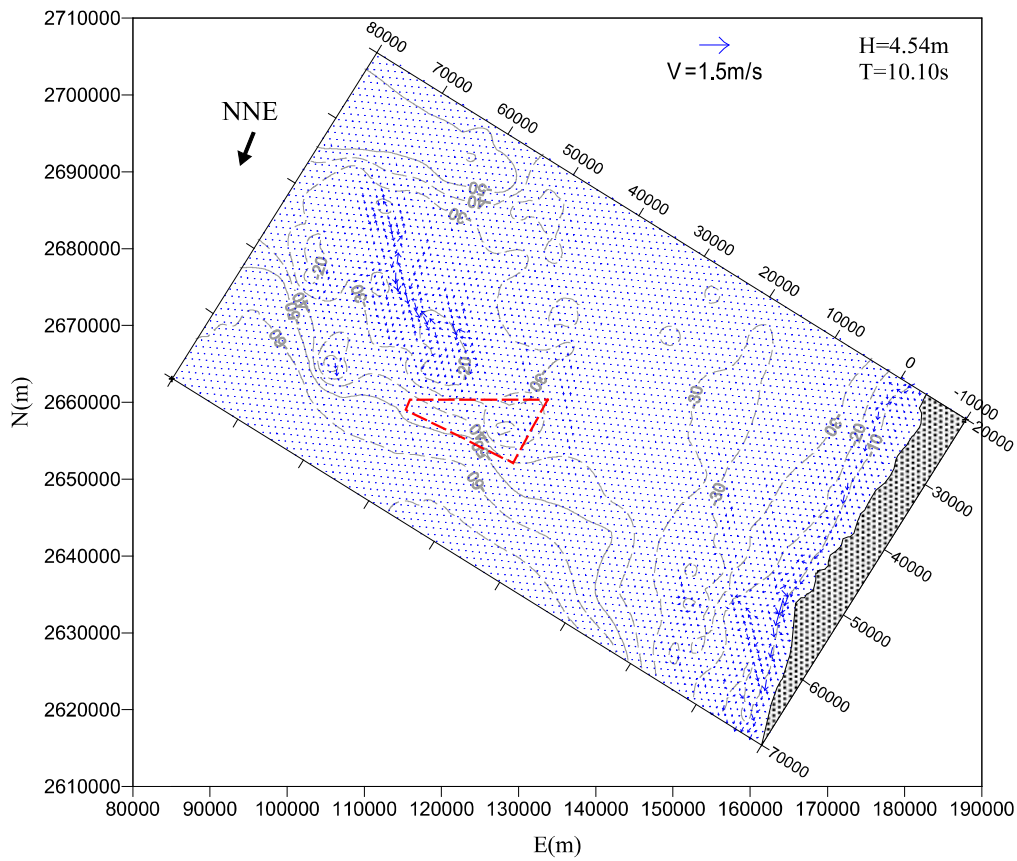
(a) 全域



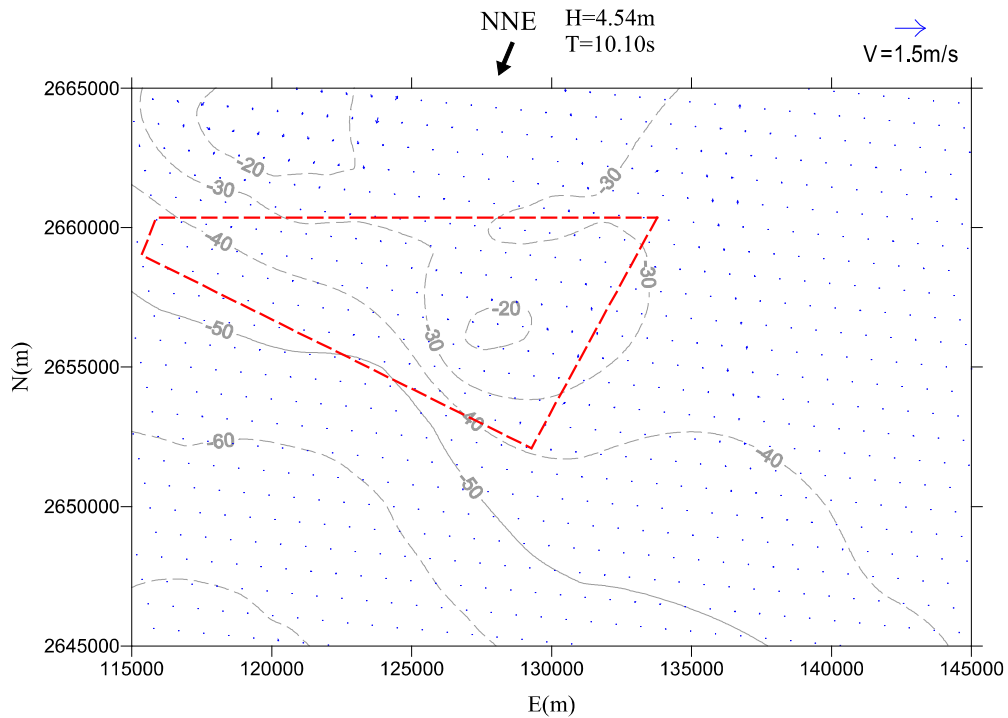
(b) 離岸風場區域

(外海波高10.45公尺、週期13.58秒、波向N)

圖7.1.1-12 設置前50年重現期颱風流場分佈圖



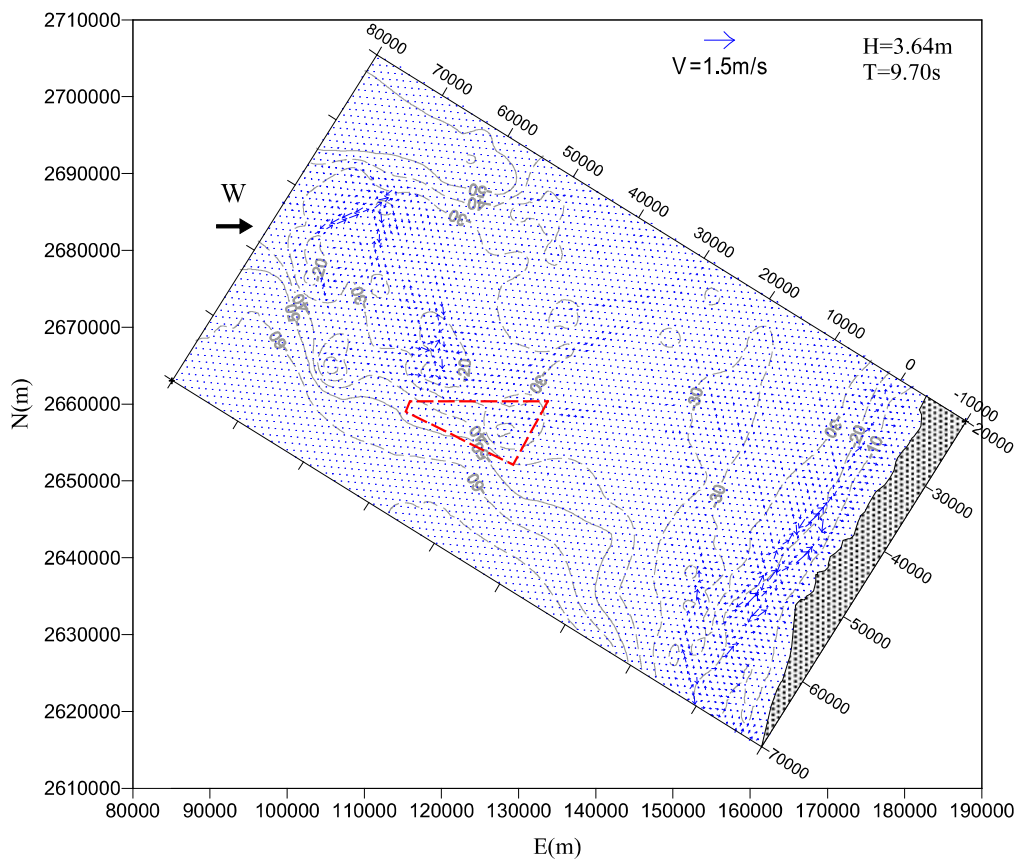
(a) 全域



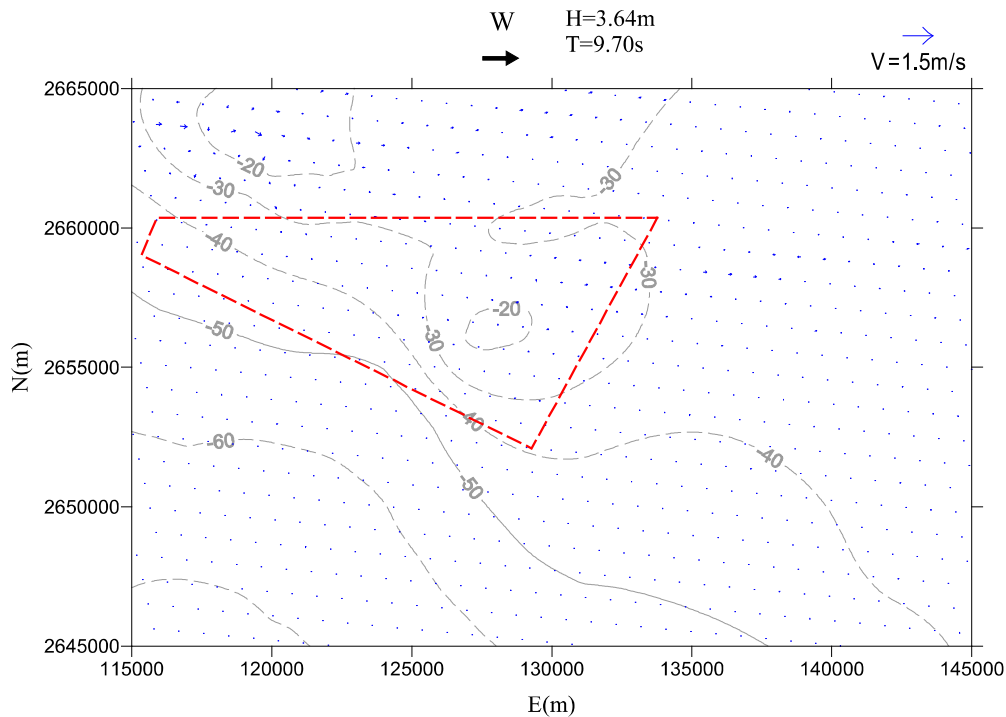
(b) 離岸風場區域

(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

圖7.1.1-13 設置前冬季季風流場分佈圖



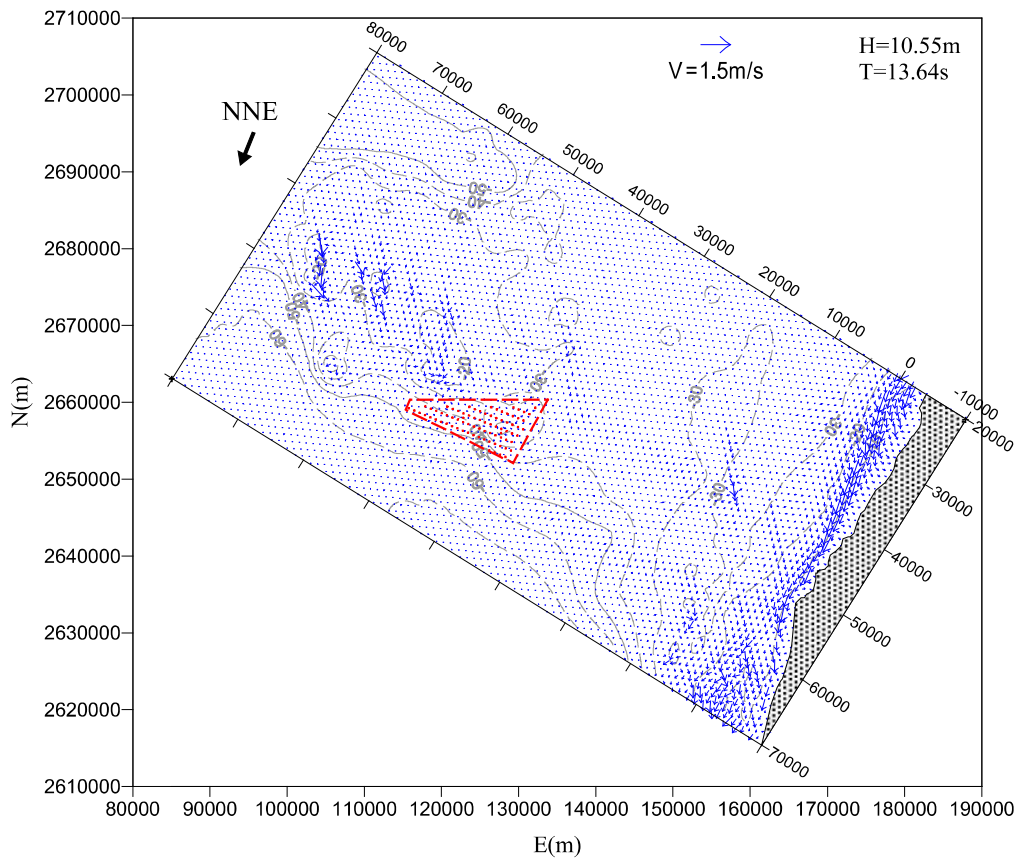
(a) 全域



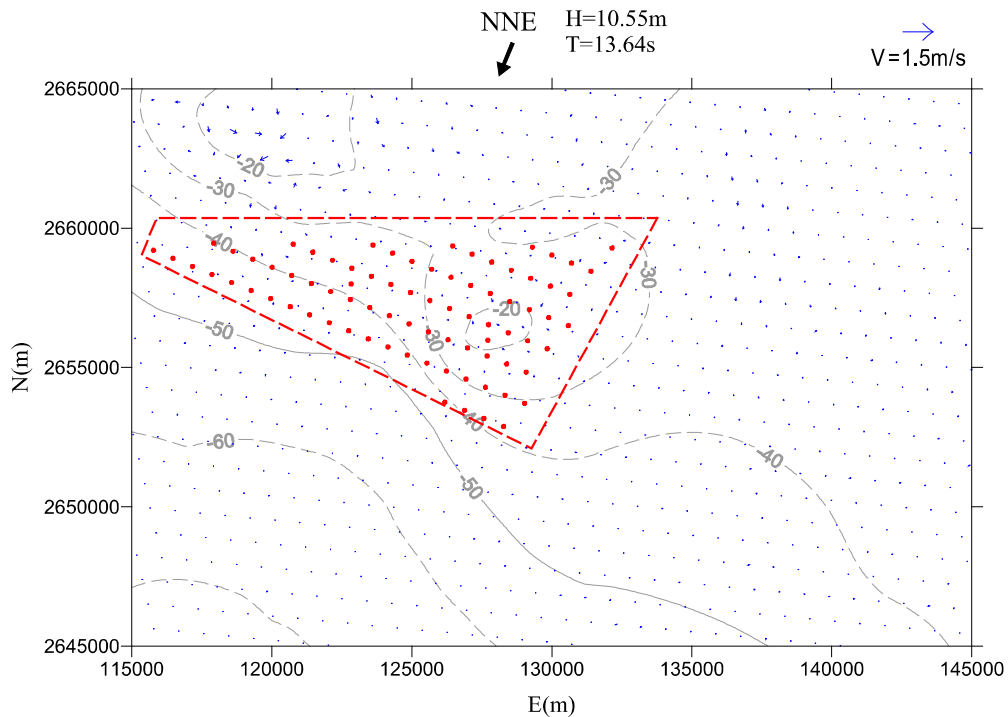
(b) 離岸風場區域

(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

圖7.1.1-14 設置前夏季季風流場分佈圖



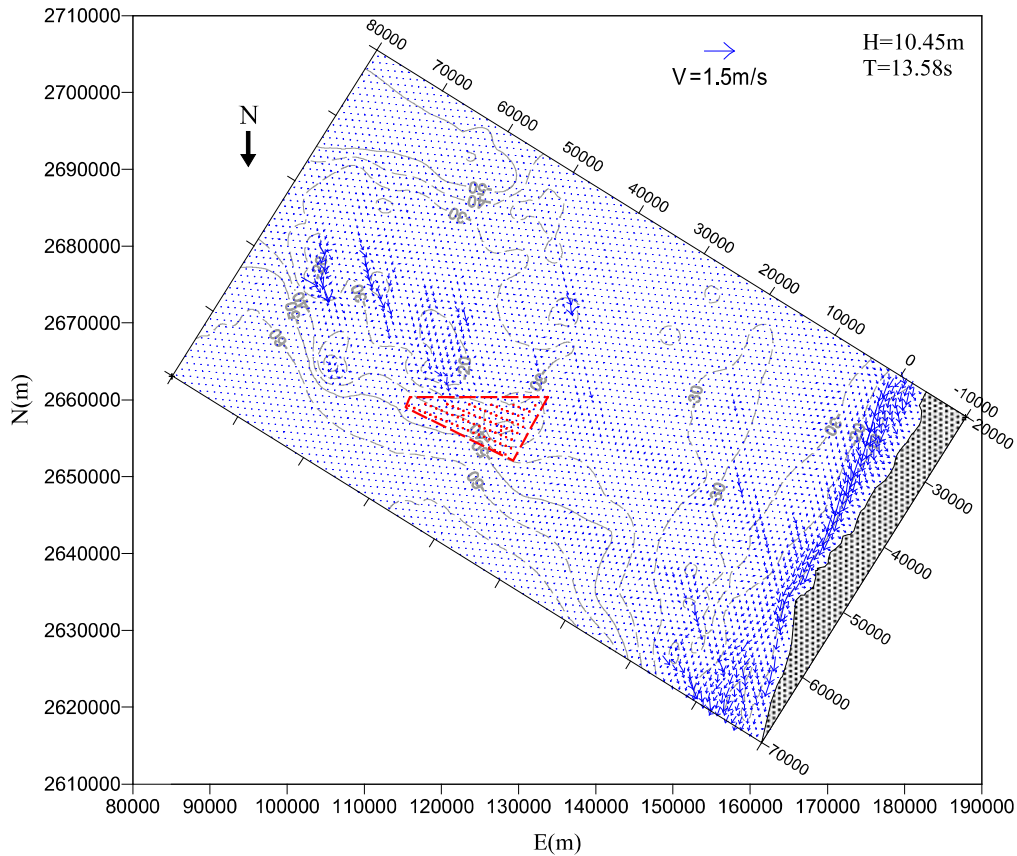
(a) 全域



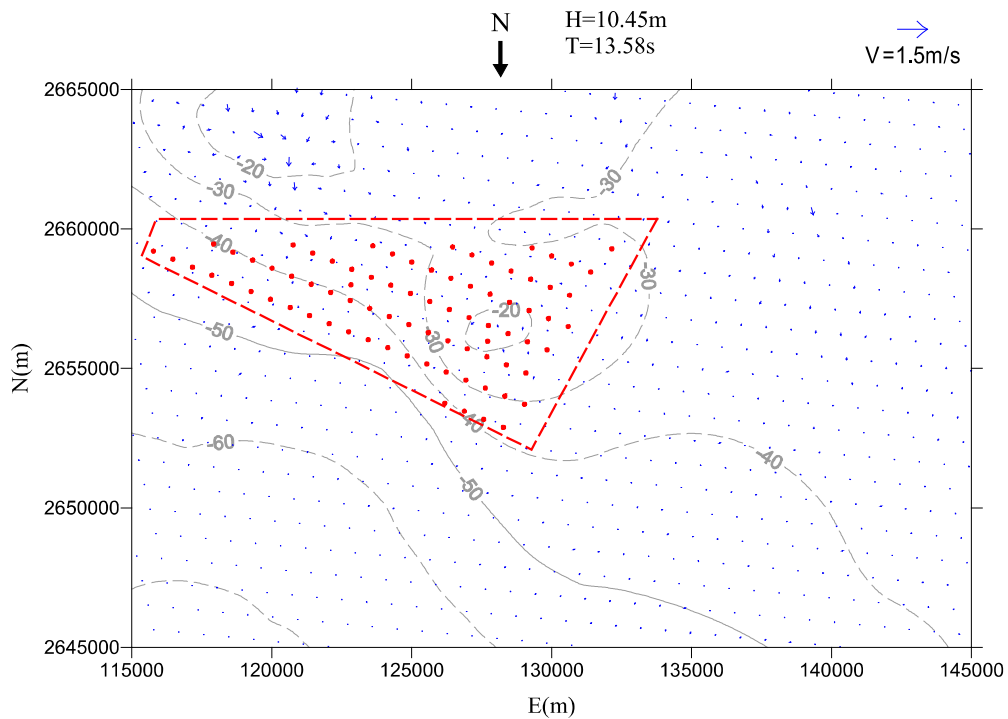
(b) 離岸風場區域

(外海波高10.55公尺、週期13.64秒、波向NNE)

圖7.1.1-15 設置後(6MW)50年重現期颱風流場分佈圖



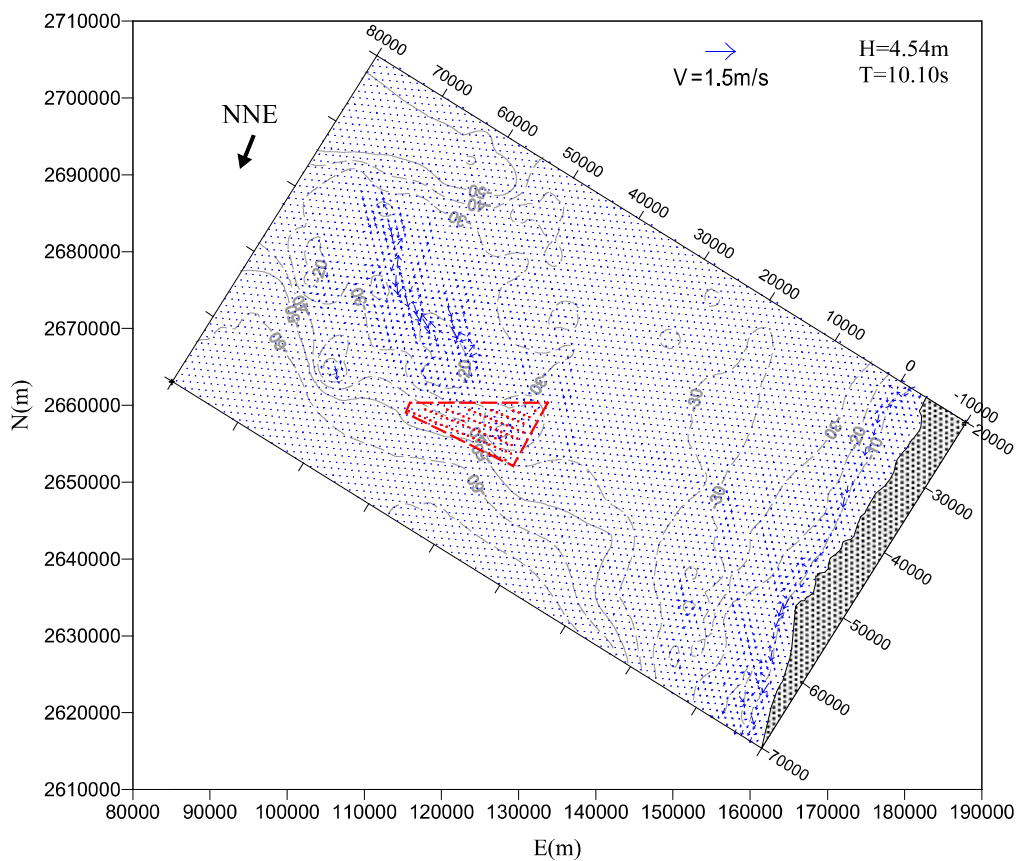
(a) 全域



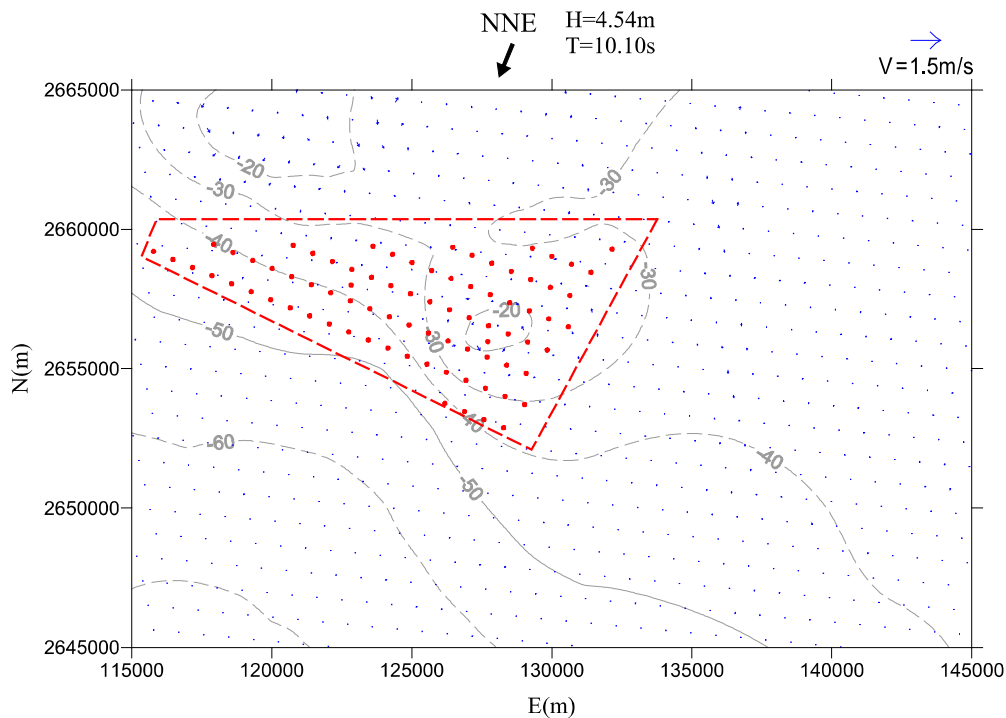
(b) 離岸風場區域

(外海波高10.45公尺、週期13.58秒、波向N)

圖7.1.1-16 設置後(6MW)50年重現期颱風流場分佈圖



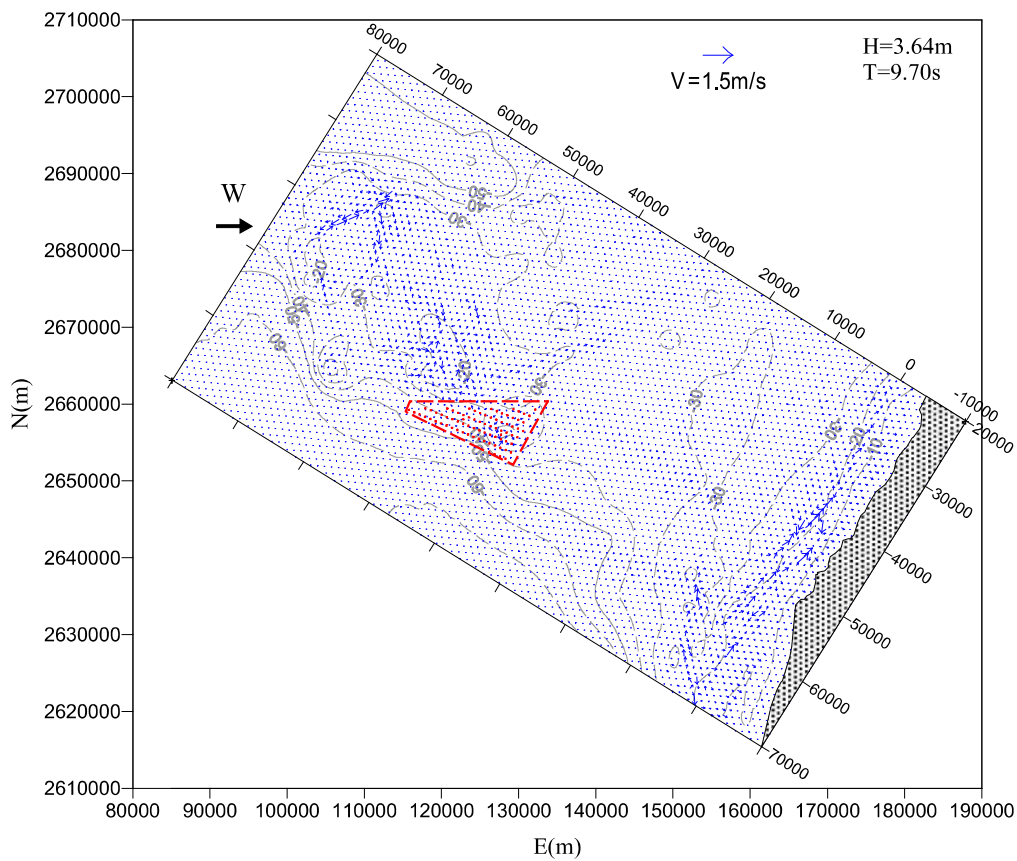
(a) 全域



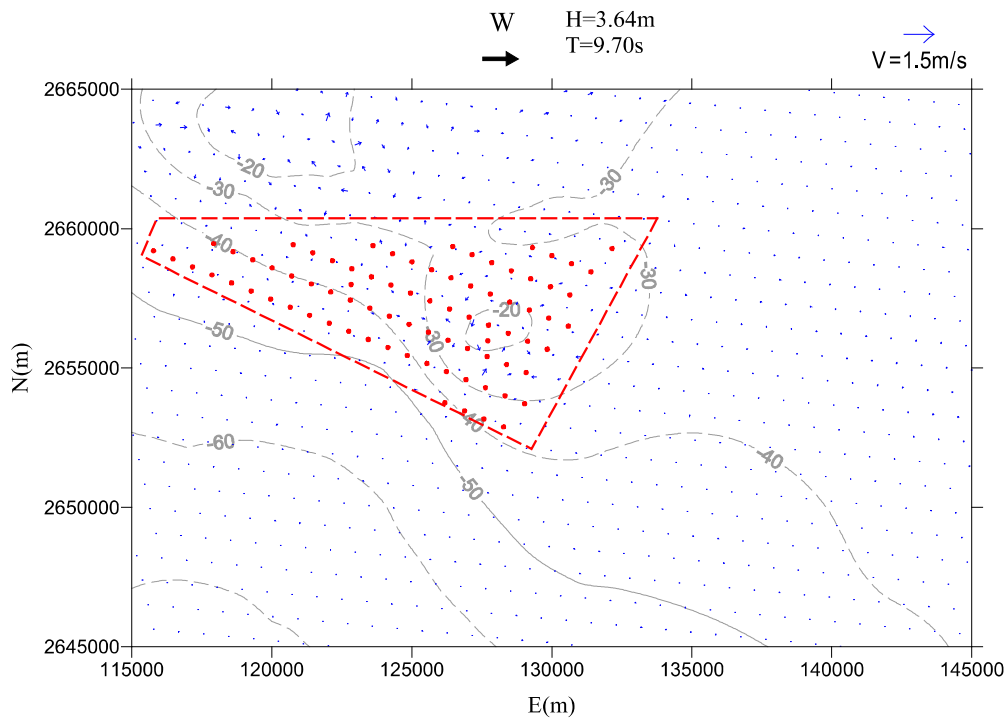
(b) 離岸風場區域

(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

圖7.1.1-17 設置後(6MW)冬季季風流場分佈圖



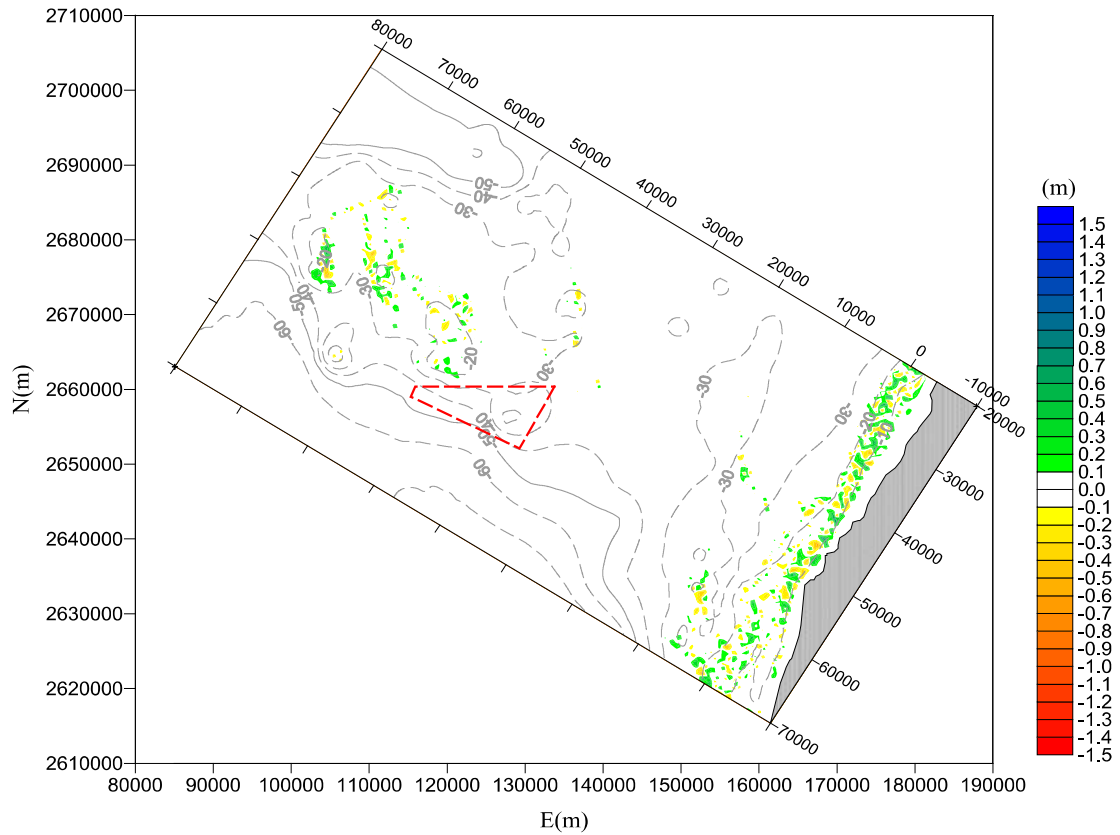
(a) 全域



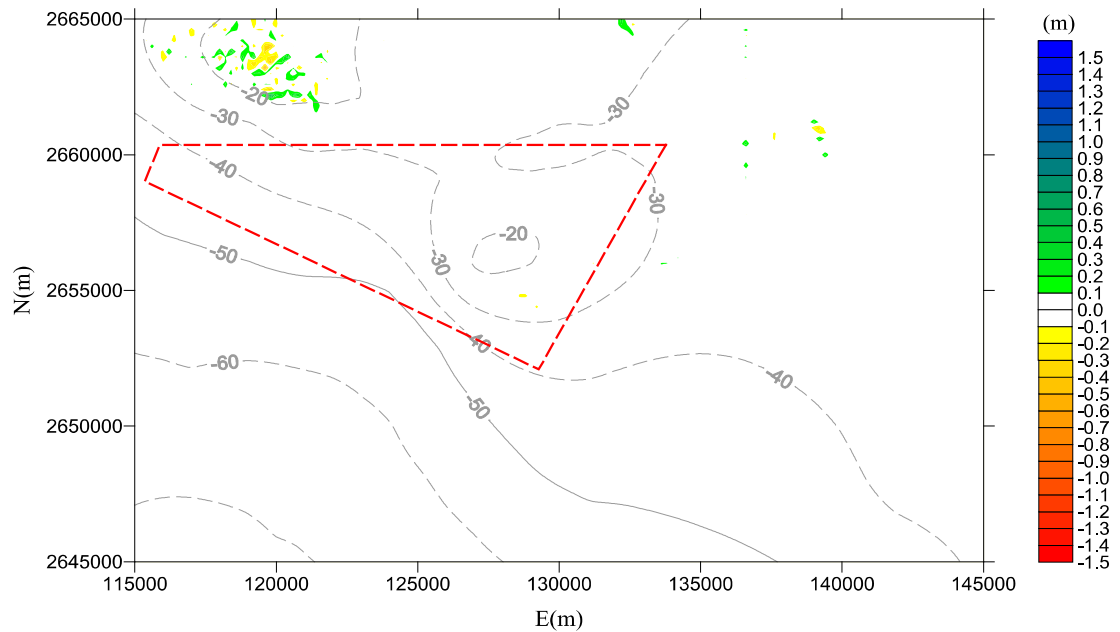
(b) 離岸風場區域

(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

圖7.1.1-18 設置後(6MW)夏季季風流場分佈圖

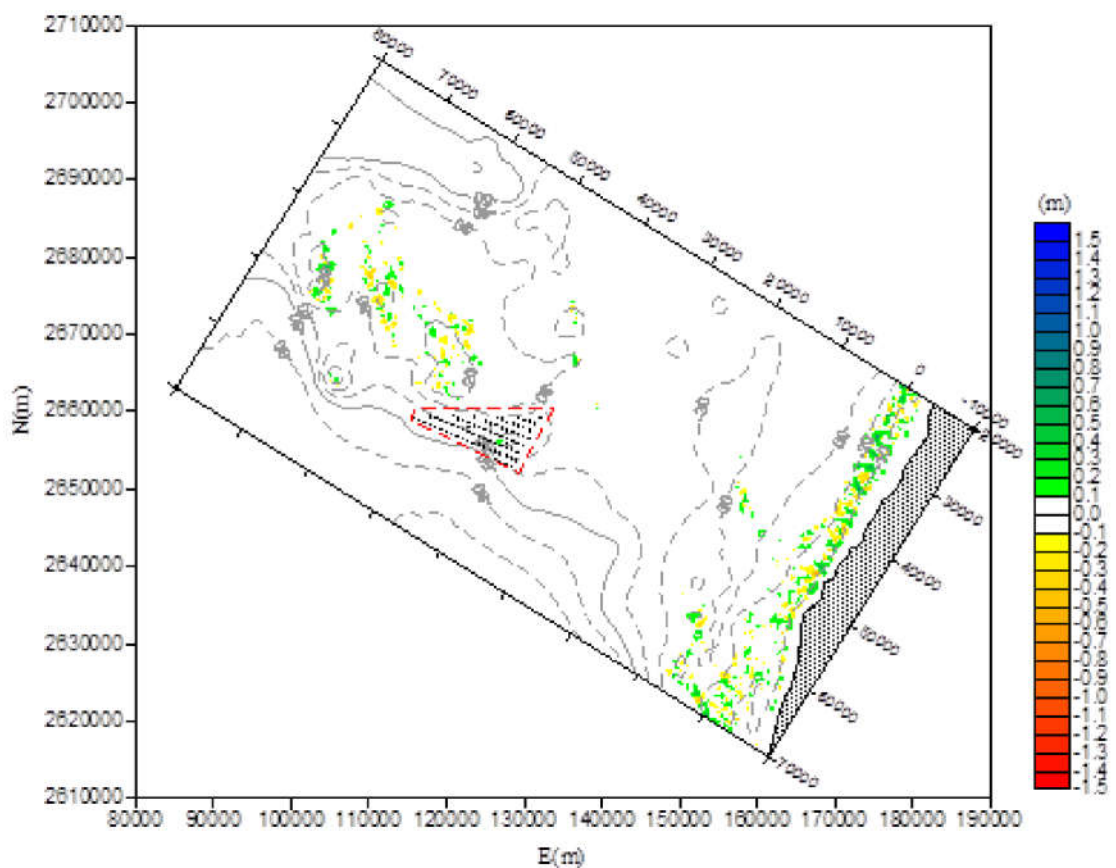


(a) 全域

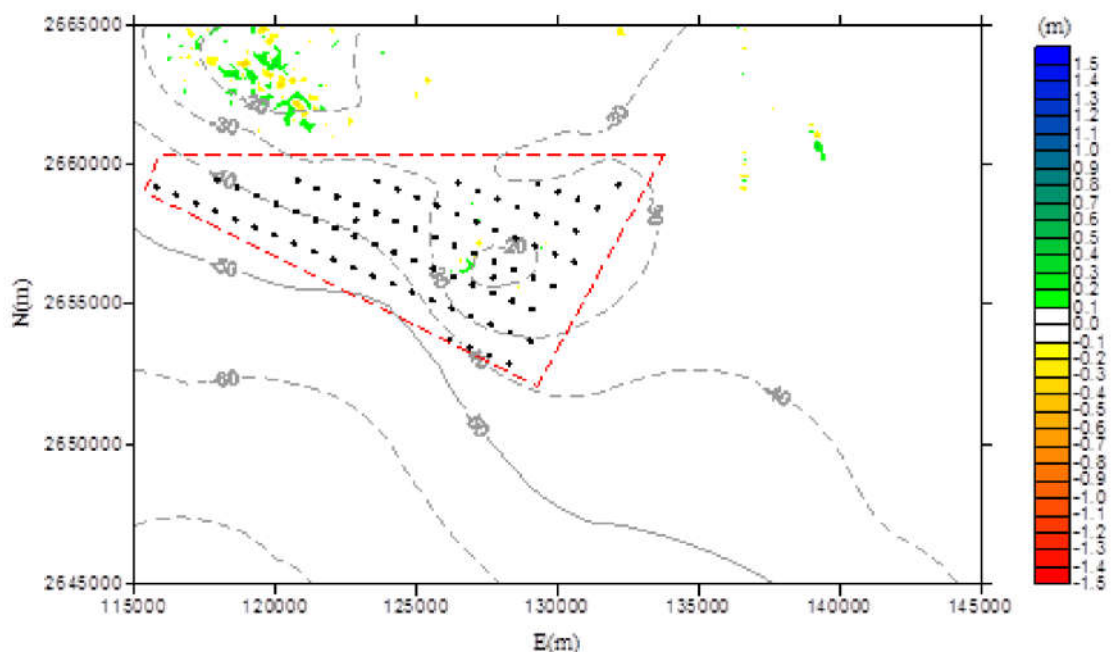


(b) 離岸風場區域

圖7.1.1-19 本計畫風場設置前附近海域數值模擬地形1年侵淤變化圖



(a) 全域



(b) 離岸風場區域

圖7.1.1-20 本計畫風場設置後(6MW)附近海域數值模擬地形1年侵淤變化圖

2. 風場設置後基樁附近地形變動分析

本研究主要探討本計畫風場開發對海洋環境所造成的影響，其中以風機支撐基礎於離岸風場設置後，海底床的侵蝕造成地形變動，對鄰近海域環境及海岸地形可能造成影響。數值模式計算的條件為參考五十年重現期颱風波浪條件及風機基礎之參數設定，模擬在 50 年重現期颱風波浪條件之波、流場作用及不同基礎配置下，支撐基礎四周地形所受之影響，進而了解風機基礎對於離岸風場海底地形變遷之影響以進一步提供環境影響評估之具體分析成果。本計畫針對離岸風場進行三維數值模擬，採用國立中央大學水文與海嘯科學研究所吳祚任教授所發展之 Splash3D 模式進行模擬。

為評估風機基樁對於離岸風場地形之影響，以本計畫風場五十年重現期颱風波浪條件(表 7.1.1-6)，及風機基礎之初步設置圖(圖 7.1.1-21 及圖 7.1.1-22)及本計畫風場位置。依據上述資料進行情境模擬，水深方面分別為 30 公尺、40 公尺及 50 公尺水深。套筒基樁設置則為未補樁及補樁兩種設置，基礎之設置以圖 7.1.1-21 為基樁進行建模，套筒式基礎旁之補樁尺寸及位置則參考圖 7.1.1-22 設置。波浪條件方面則依不同風場區域而有兩種波浪條件。流況為波浪與海流同時存在之情況。本研究探討本計畫風場於兩種水深條件下，風機周圍之地形變遷情況，並比較未補樁及補樁時之地形變遷差異。

表 7.1.1-6 本計畫風場五十年重現期颱風於各水深之波浪條件

水深 (m)	30.00	40.00	50.00
波高 (m)	10.55	10.55	10.55
週期 (sec)	13.64	13.64	13.64
波向	NNE	NNE	NNE

(1) 本計畫風場之風機周圍沖刷評估

本研究先探討不同水深條件下地形變遷之情況，而後探討未補樁及補樁時風機周圍之沖刷分布。模擬之海流流速因考量安全係數之關係設定為 2.0 公尺/秒；波浪條件參考表 7.1.1-6 設定為波高 10.55 公尺，週期 13.64 秒。圖 7.1.1-23 及圖 7.1.1-24 為模擬設置圖，總模擬範圍 $X=0.0$ 至 $X=1,500.0$ ； $Y=-100.0$ 至 100.0 ； $Z=-5.0$ 至 $Z=70.0$ 。於 $Z=-5.0$ 至 0.0 設置底泥。風機基礎周圍之範圍， $X=375.0$ 至 $X=425.0$ ， $Y=-25.0$ 至 $Y=25.0$ 及 $Z=-5.0$ 至 $Z=70$ ，網格解析度為 1.0 公尺。上游邊界為海流入流邊界，流速為 2.0 公尺/秒，並配合內造波機。下游邊界前設置消波區域以消除波浪之反彈，下游邊界則為靜水壓邊界。底床邊界為 No-Slip，上邊界為 $P=0$ 開放邊界。於 $Z=-5.0$ 至 0.0 設置底泥。

圖 7.1.1-25 為本計畫風場水深 30 公尺時之風機基礎周圍地形變化圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。當 46.0 秒時風機基礎周圍有沖刷深度約 0.1 公尺之沖刷分布；後 58 秒至 69 秒時風機周圍之沖刷分布無明顯改變。

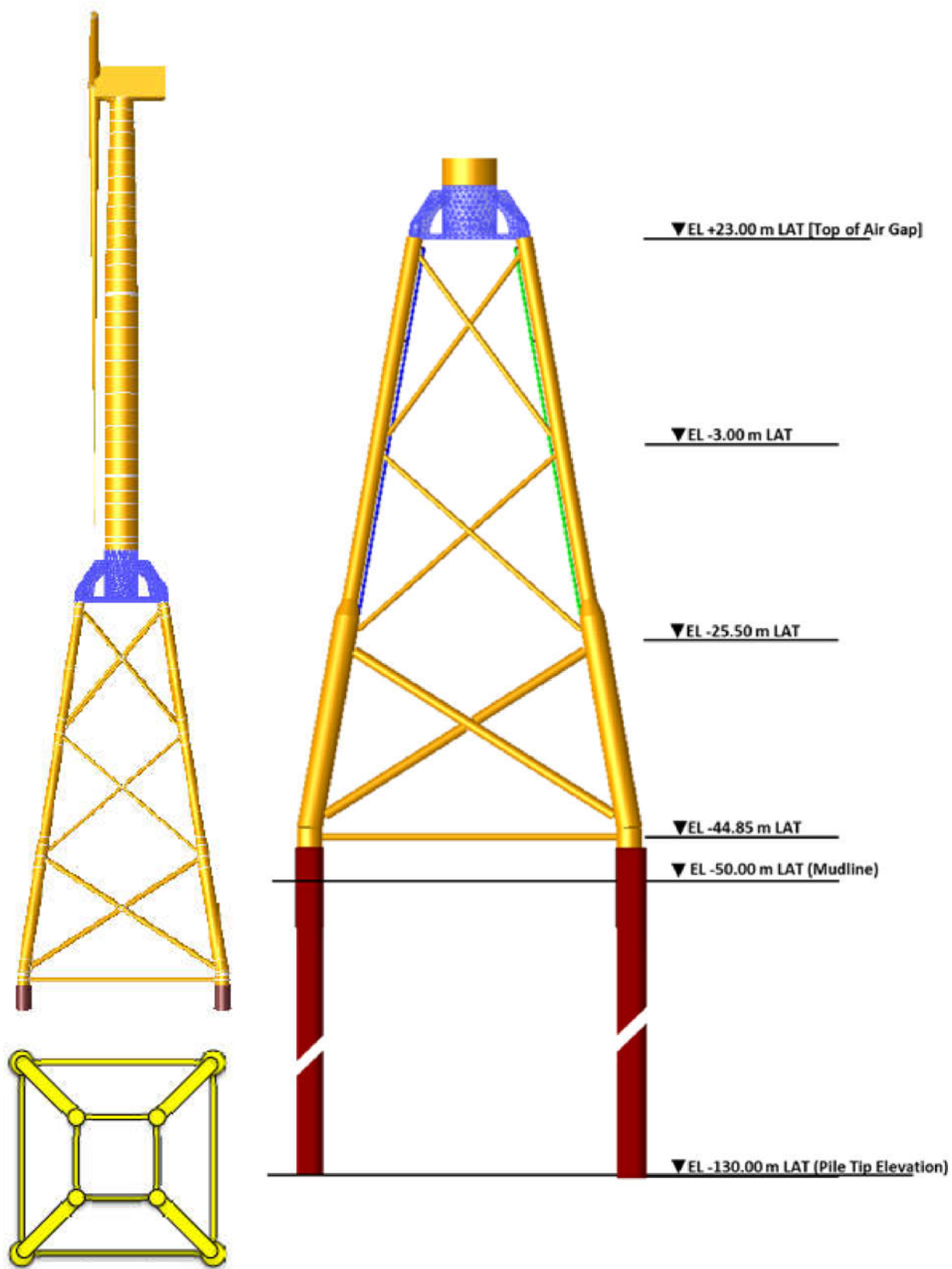


圖7.1.1-21 未補樁之套筒式基礎設置圖

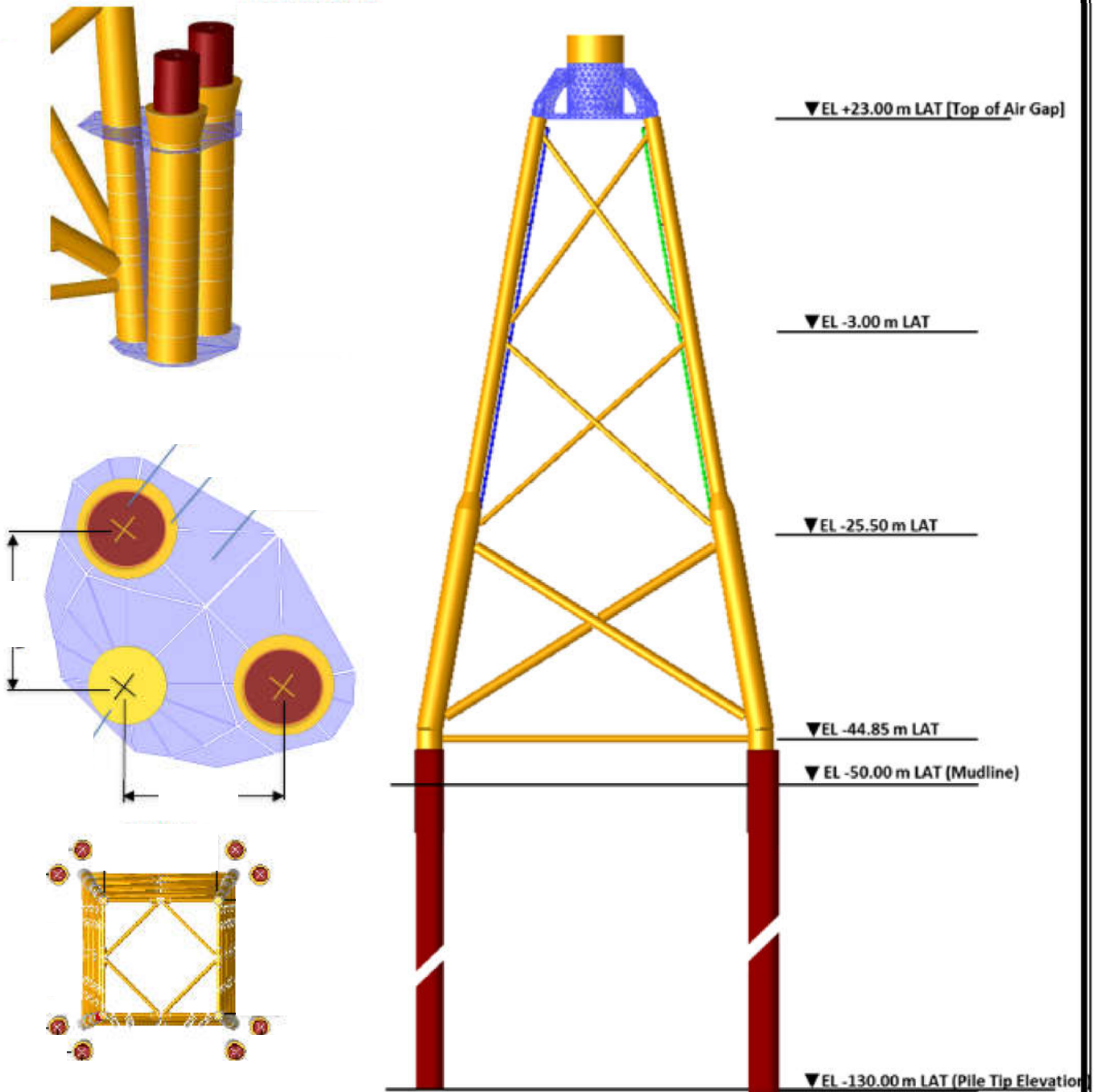


圖7.1.1-22 補樁之套筒式基礎示意圖

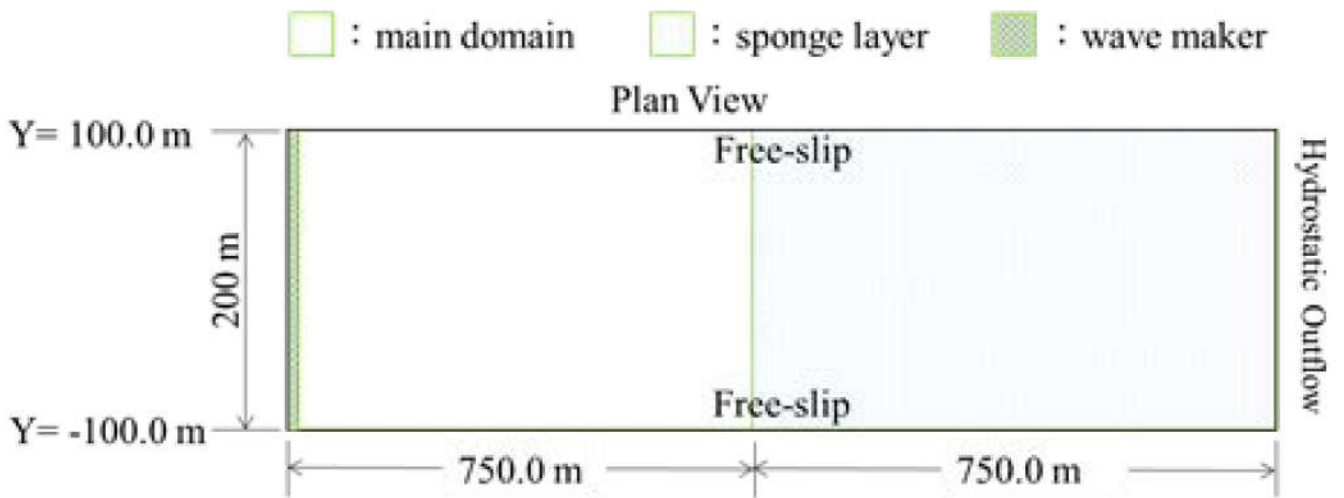


圖7.1.1-23 考慮波浪及海流之模擬上視圖

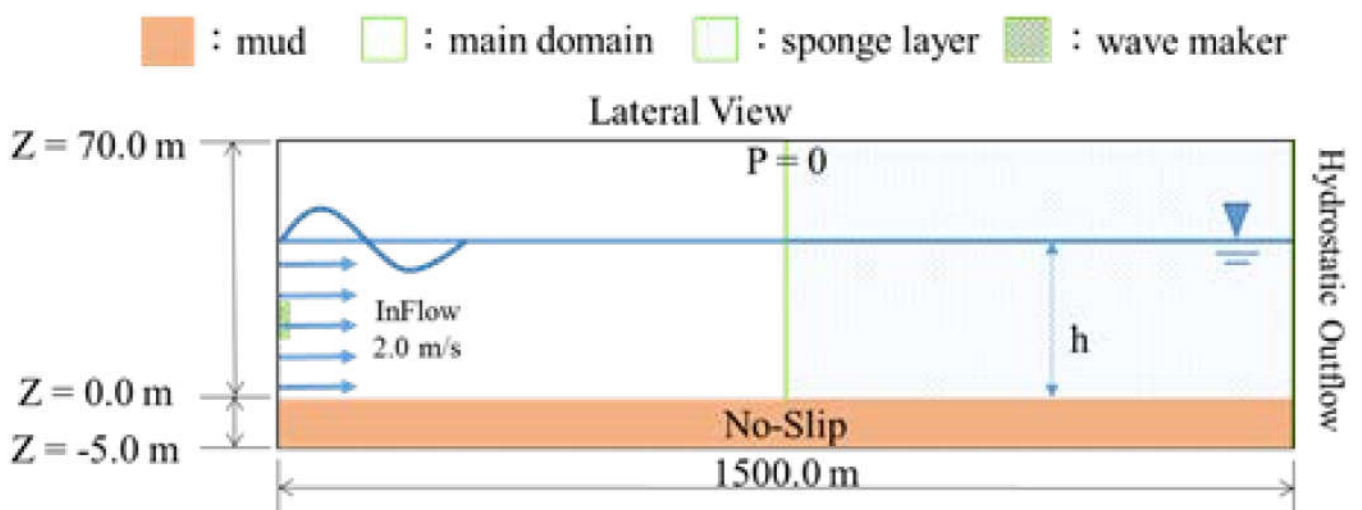
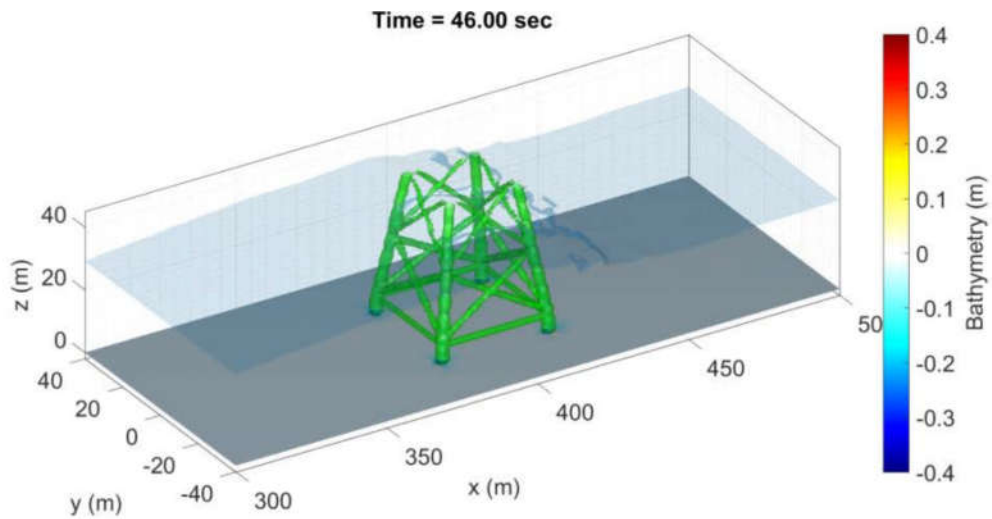
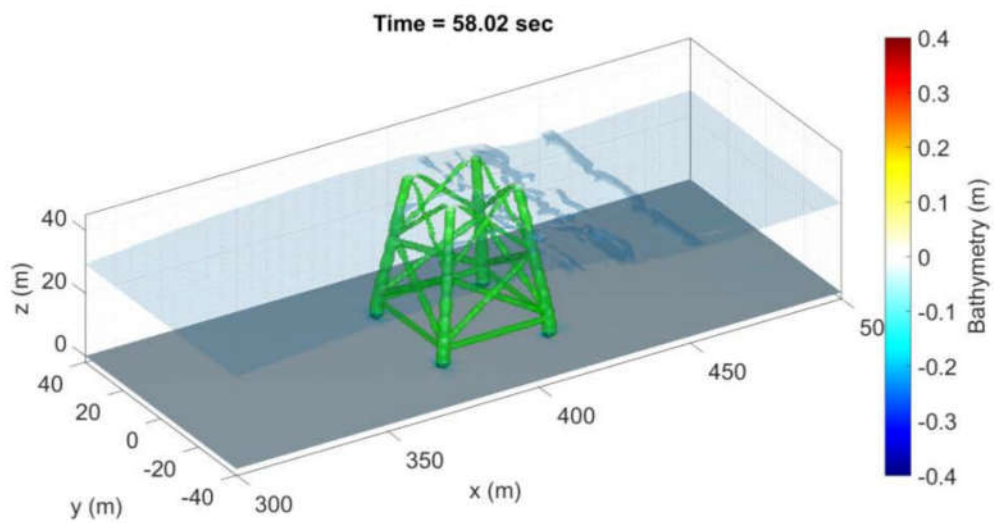


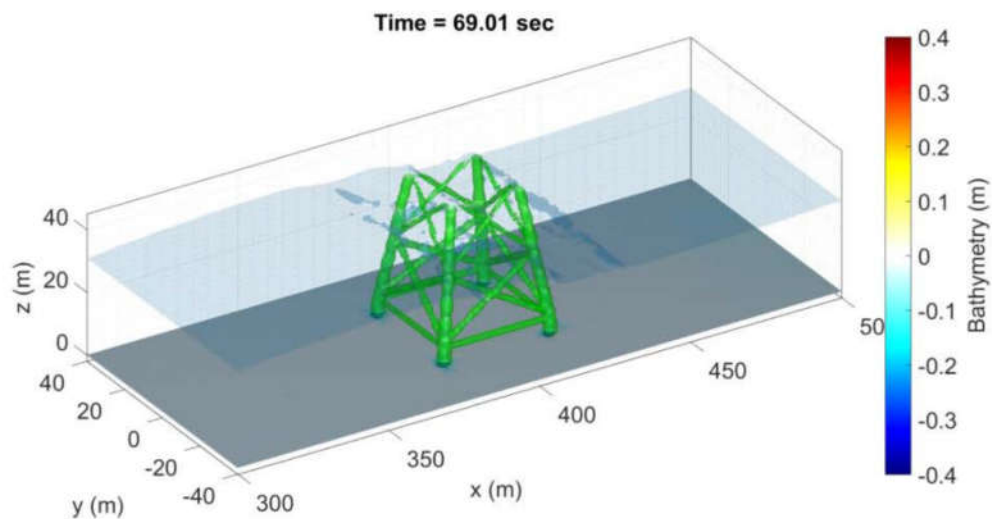
圖7.1.1-24 考慮波浪及海流之模擬側視圖



(a)



(b)



(c)

註：圖中色階為地形高程，單位m。半透明平面為水面。

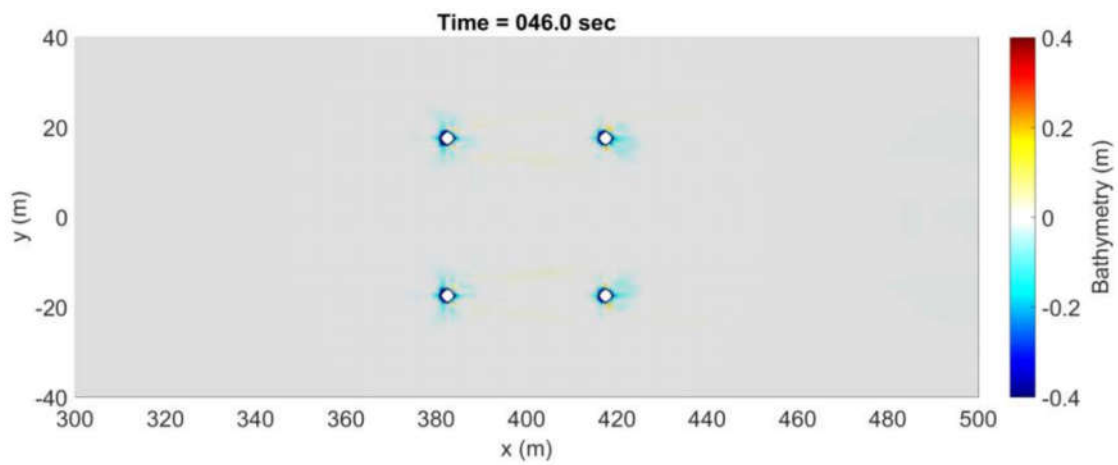
圖7.1.1-25 本計畫風場30 m水深地形冲刷圖

圖 7.1.1-26 為以俯視角度觀看之地形沖刷分布圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。於 46.0 秒時，以風機基礎為中心向其四周延伸約 2 公尺長之沖刷分布，沖刷深度約 0.1 公尺，所占面積約為 4.0 平方公尺。上游側之風機基礎後方 $X=382.5$ 至 $X=415.0$ ， $Y=19.0$ 至 21.0 及 $Y=16.0$ 至 14.0 有不明顯之堆積分布，堆積高度約 0.05 公尺；下游側之風機基礎後方之有面積約 18.0 平方公尺之沖刷區域，沖刷深度約 0.1 公尺。58.0 秒時，風機基礎前方沖刷分布變化不明顯；上游側風機基礎後方之堆積範圍無明顯改變，但堆積高度變為難以觀測。69.0 秒時，上游側風機基礎前方之沖刷區域範圍逐漸由 $X=381.0$ 至 $X=382.0$ 移至 $X=382.0$ 至 $X=383.0$ ，沖刷深度約為 0.1 公尺。風機基礎後方之堆積近乎消失。下游側風機基礎後方之沖刷區域由 46 秒時之 $Y=20.0$ 至 15.0 及 $Y=-15.0$ 至 -20.0 縮小為 $Y=15.0$ 至 $Y=17.0$ 及 $Y=-15.0$ 至 $Y=-17.0$ 。

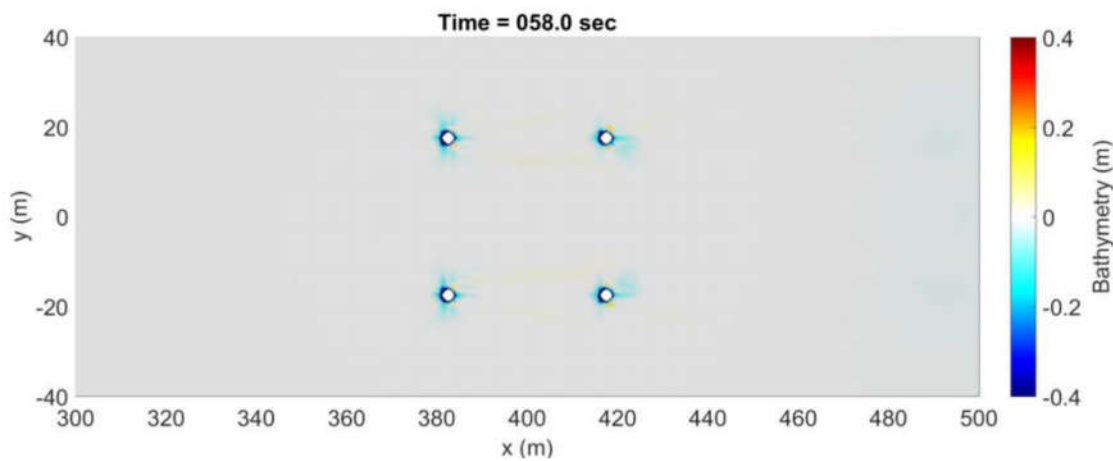
圖 7.1.1-27 為本計畫風場水深 40 公尺時之風機基礎周圍地形變化圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。當 46.0 秒時風機基礎後方有沖刷深度約 0.1 公尺之沖刷區域；58.0 秒時上游側基礎前方有深約 0.1 公尺之沖刷區域。基礎外側之位置則有 0.4 公尺之堆積區；下游側基礎前方有深約 0.2 公尺之沖刷區域。基礎後方則有深約 0.1 公尺之沖刷區域。69.0 秒時，上游側基礎前方之沖刷範圍無明顯變化，沖刷深度約為 0.4 公尺，基礎後方之沖刷區則變為不明顯。堆積分布區域增為基礎兩側；下游側基礎前方沖刷區之沖刷深度約為 0.5 公尺。基礎側邊有堆積高度 0.4 公尺之堆積分布。

圖 7.1.1-28 為俯視角度觀看之地形沖刷分布圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時，上游側基礎前方 $X=380.0$ 至 $X=381.2$ ， $Y=15.0$ 至 20.0 及 $Y=-15.0$ 至 -20.0 處有約 0.2 公尺之沖刷分布。基礎後方 $X=383.8$ 至 $X=386.4$ ， $Y=16.5$ 至 19.0 及 $Y=-16.5$ 至 $Y=-19.0$ 處，有沖刷分布，沖刷深度約為 0.2 公尺。基礎兩側 $X=382.5$ 至 $X=384.0$ ， $Y=18.8$ 至 $Y=20.0$ 、 $Y=15.8$ 至 $Y=16.2$ 、 $Y=-15.8$ 至 $Y=-16.2$ 及 $Y=-18.8$ 至 $Y=-20.0$ 處，有堆積高度約為 0.1 公尺之堆積區域；下游側基礎前方 $X=413.6$ 至 416.2 ， $Y=16.0$ 至 19.0 及 $Y=-16.0$ 至 -19.0 處，有沖刷深度。

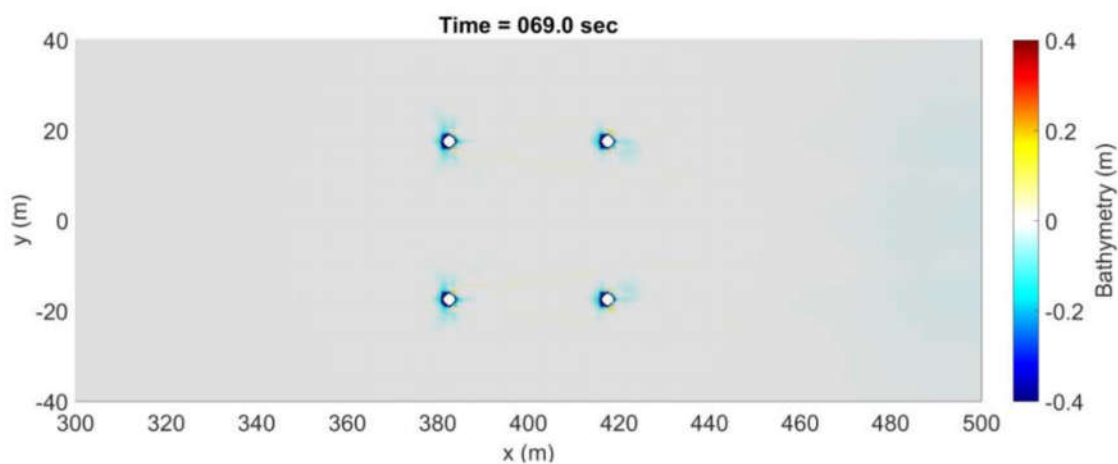
約 0.1 公尺之沖刷分布。基礎後方 $X=418.8$ 至 421.4 ， $Y=13.6$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-13.6$ 至 $Y=-20.0$ 處，有扇形之沖刷分布，沖刷深度約為 0.1 公尺。基礎兩側 $X=417.0$ 至 $X=418.0$ ， $Y=18.8$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-18.8$ 至 $Y=-20.0$ 處有堆積區域，堆積高度約為 0.1 公尺。58.0 秒時，上游側基礎前方沖刷區域無明顯變化。基礎兩側之堆積區域 X 方向範圍無變化。 $Y=15.8$ 至 $Y=16.2$ 及 $Y=-15.8$ 至 $Y=-16.2$ 基礎內側之堆積區域無明顯改變。但 $Y=18.8$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-18.8$ 至 $Y=-20.0$ 基礎外側之堆積區域，堆積高度增至 0.4 公尺。基礎後方之沖刷分布無明顯變化；下游側基礎前方之沖刷區域範圍變為 $X=413.1$ 至 416.2 ， $Y=16.0$ 至 19.0 及 $Y=-16.0$ 至 -19.0 ，沖刷深度約 0.2 公尺。基礎兩側之堆積範圍， X 方向改為 $X=413.1$ 至 416.2 ， Y 方向範圍無改變，堆積高度約 0.2 公尺。基礎後方之沖刷分布 X 方向範圍未改變， Y 方向範圍縮小為 $Y=13.6$ 至 $Y=17.5$ 及 $Y=-13.6$ 至 $Y=-17.5$ ，沖刷深度約為 0.1 公



(a)



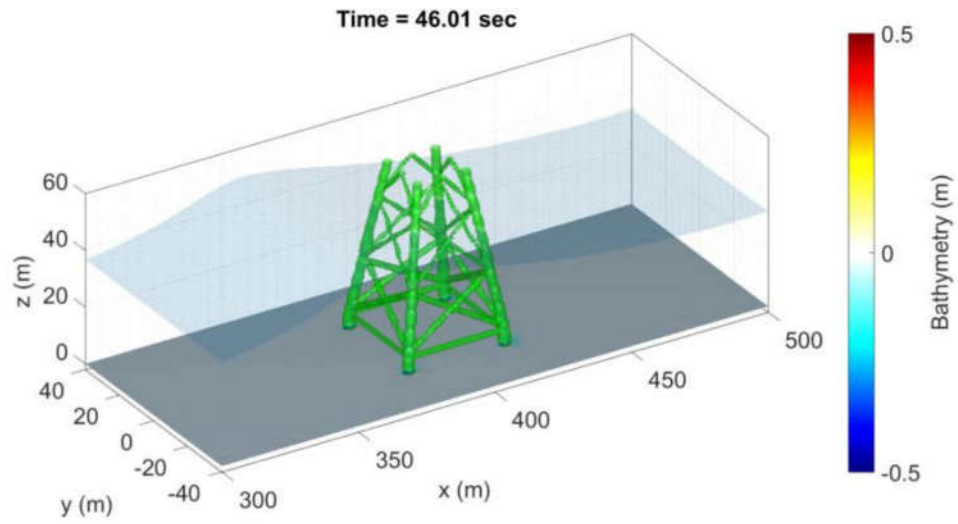
(b)



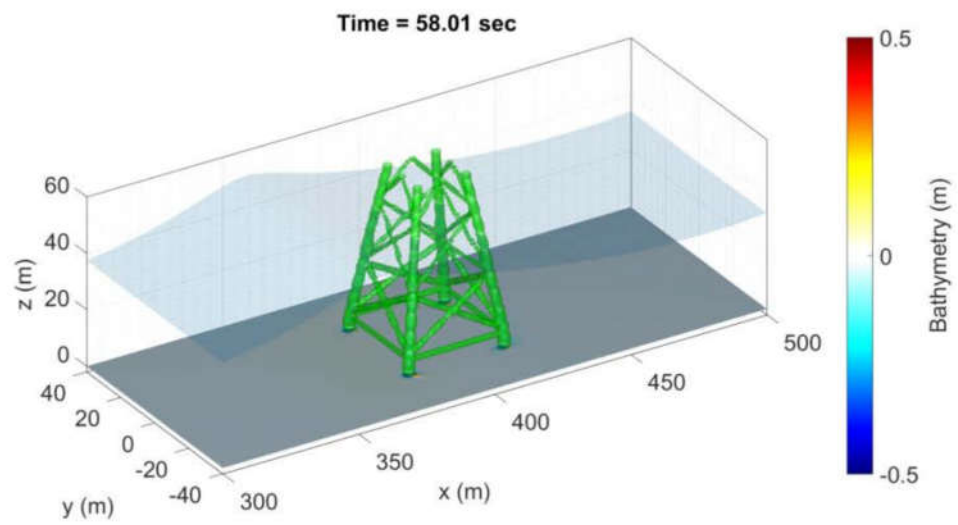
(c)

註：圖中色階為地形高程，單位m。

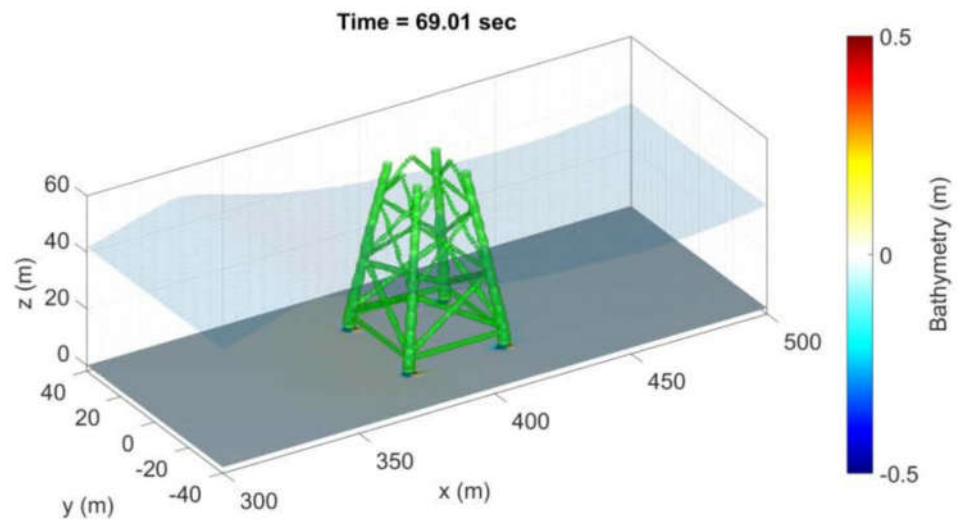
圖7.1.1-26 本計畫風場30 m水深地形沖刷上視圖



(a)



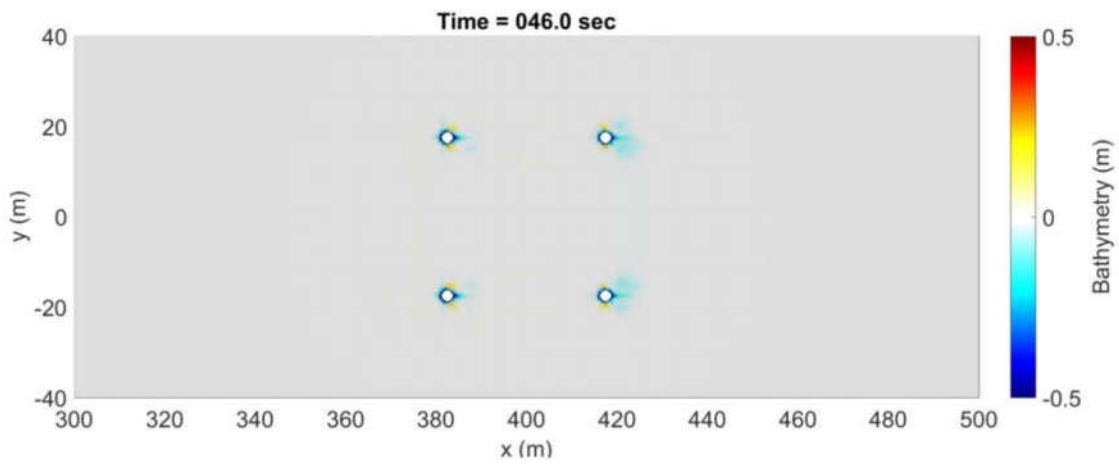
(b)



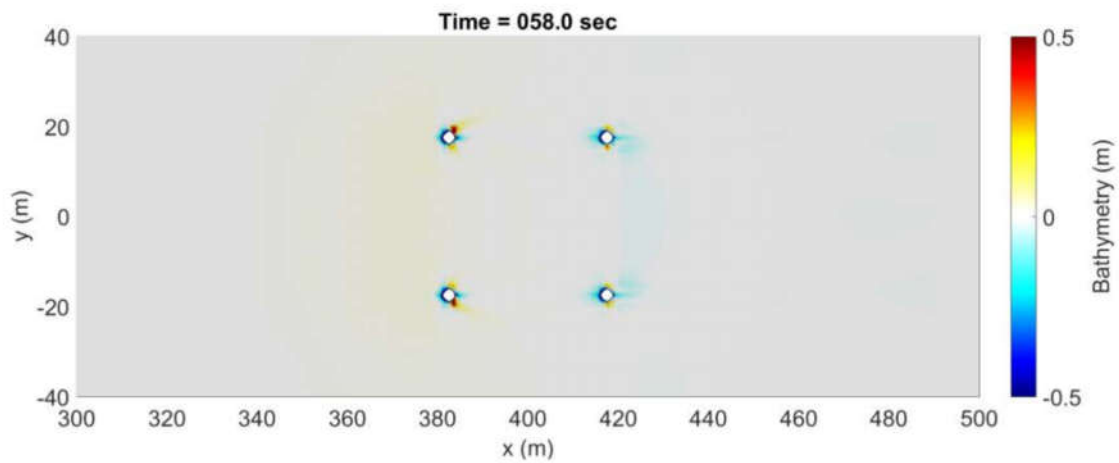
(c)

註：圖中色階為地形高程，單位m。半透明平面為水面。

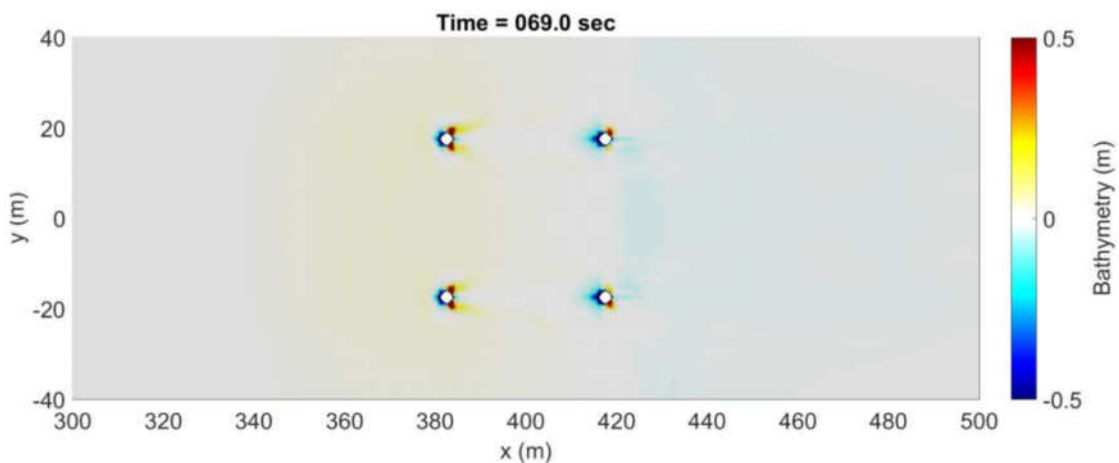
圖7.1.1-27 本計畫風場40 m水深地形冲刷圖



(a)



(b)



(c)

註：圖中色階為地形高程，單位m。

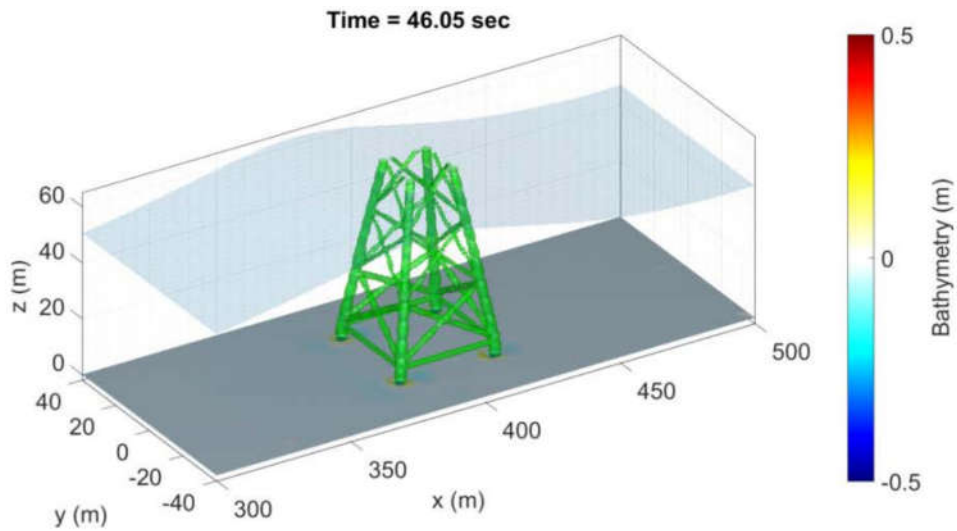
圖7.1.1-28 本計畫風場40 m水深地形沖刷上視圖

尺。69.0 秒時，上游側基礎前方之沖刷區域範圍不變，沖刷深度約為 0.4 公尺，基礎後方之沖刷區域則變為不明顯，面積為原本之 25%，深度低於 0.1 公尺。兩側之堆積區域範圍無變化，堆積高度則兩側皆約為 0.4 公尺；下游側基礎前方之沖刷區域範圍無改變，沖刷深度約 0.4 公尺。後方之沖刷分布無明顯變化，沖刷深度低於 0.1 公尺。基礎外側 $X=417.5$ 至 $X=418.8$ ， $Y=17.5$ 至 $Y=18.8$ 及 $Y=-17.5$ 至 $Y=-18.8$ 則有堆積高度 0.4 公尺之堆積區。

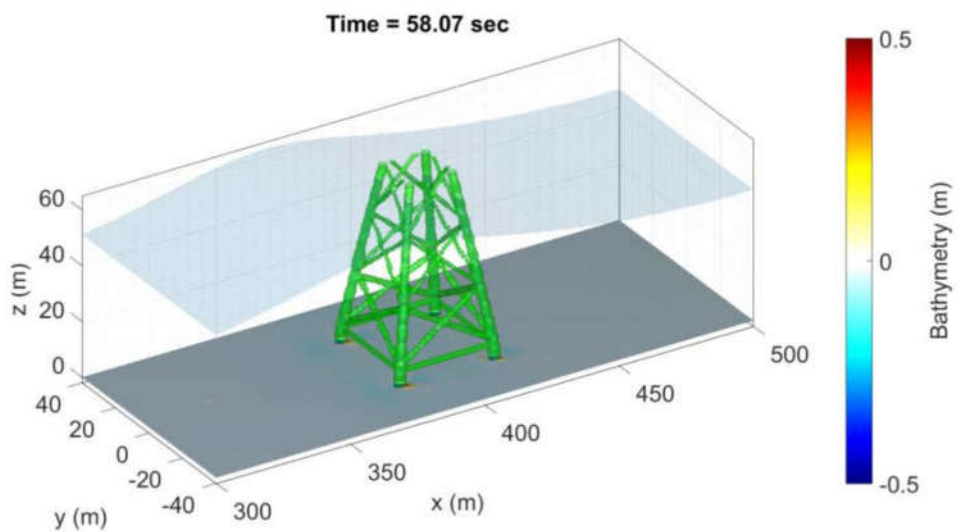
圖 7.1.1-29 為本計畫風場水深 50 公尺時之風機基礎周圍地形變化圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。46.0 秒時，上游側風機基礎周圍有堆積高度約 0.2 公尺之堆積區域圍繞於基礎周圍。基礎前方堆積區域之前還有沖刷深度約 0.1 公尺之沖刷分布。基礎後方，有扇形之沖刷分布，沖刷深度約為 0.2 公尺；下游側基礎前方有堆積高度 0.2 公尺之堆積區，後方亦可觀察到沖刷深度 0.2 公尺之沖刷區域。58.0 秒時上游側基礎前方之堆積區域消失，變為沖刷深度 0.1 公尺之沖刷分布。基礎側邊則有堆積高度約 0.4 公尺之堆積分布，於基礎後方之沖刷分布無明顯改變。下游側基礎側邊亦出現堆積高度約 0.4 公尺之堆積分布，後方之沖刷分布無明顯變化。69.0 秒時，沖刷分布無明顯變化。基礎側邊之堆積分布位置與 58.0 秒時比較，略微偏向下游。

圖 7.1.1-30 為本計畫風場 50 公尺水深時之地形沖刷上視圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時，上游側風機基礎周圍有約 0.2 公尺之堆積區域圍繞於基礎周圍，唯獨基礎前 $X=380.8$ 至 $X=381.2$ 有 0.2 公尺之沖刷分布。基礎前方 $X=374.2$ 至 $X=377.2$ ， $Y=15.0$ 至 20.0 及 $Y=-15.0$ 至 -20.0 處有約 0.1 公尺之沖刷分布。基礎後方 $X=383.8$ 至 $X=389.8$ ， $Y=15.0$ 至 20.0 及 $Y=-15.0$ 至 $Y=-20.0$ 處，有扇形之沖刷分布，沖刷深度約為 0.2 公尺；下游側基礎方面則是前方 $X=413.2$ 至 416.2 ， $Y=16.0$ 至 19.0 及 $Y=-16.0$ 至 -19.0 處，有堆積高度約 0.2 公尺之堆積分布。58.0 秒時，上游側基礎前方 $X=380.2$ 至 $X=374.2$ ， $Y=14.0$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-14.0$ 至 $Y=-21.0$ 處，為沖刷深度 0.1 公尺之沖刷區域。基礎兩側有堆積高度約 0.5 公尺之堆積區。基礎後方之沖刷分布無明顯變化；下游側基礎前方之堆積高度降為 0.1 公尺，堆積範圍於 X 方向無改變於 Y 方向則僅剩約一半之寬度。基礎側邊靠外側區域則有堆積高度約 0.4 公尺之堆積分布。基礎後方之沖刷分布無變化。69.0 秒時，上游側基礎兩側之堆積區域，與 58.0 秒時相比，X 方向長度向下游延伸約 0.5 公尺，Y 方向寬無明顯變化，堆積高度仍約為 0.5 公尺；下游側基礎前方之堆積區域消失，變為兩側皆有堆積區域，外側之堆積區，堆積高度約 0.5 公尺，於內側之堆積區，所處面積約為外側堆積區之 0.5 倍，堆積高度為 0.4 公尺。後方之沖刷分布仍無明顯變化。

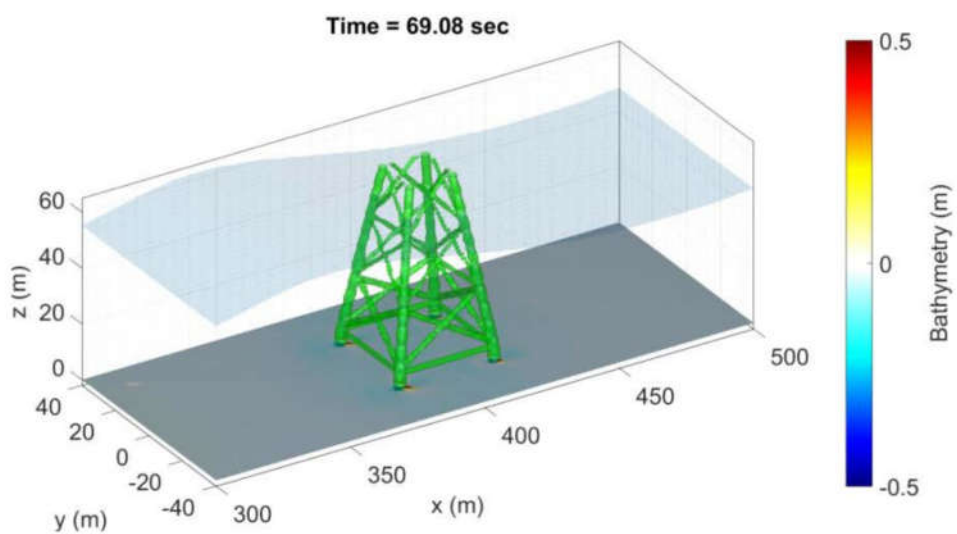
圖 7.1.1-31 為本計畫風場水深 30 公尺補樁後之地形沖刷圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。圖中半透明平面為水面。46.0 秒時，基礎前方有堆積高度約 1.0 公尺之堆積區，基礎後方則有沖刷深度約 0.5 公尺之沖刷分布。58.0 秒時，沖刷及堆積之分布位置，無顯著改變。但基礎前方之堆積區，堆積高度降至 0.75 公尺。69.0 秒時，基礎前方之堆積區域，堆積高度已低於 0.5 公尺。



(a)



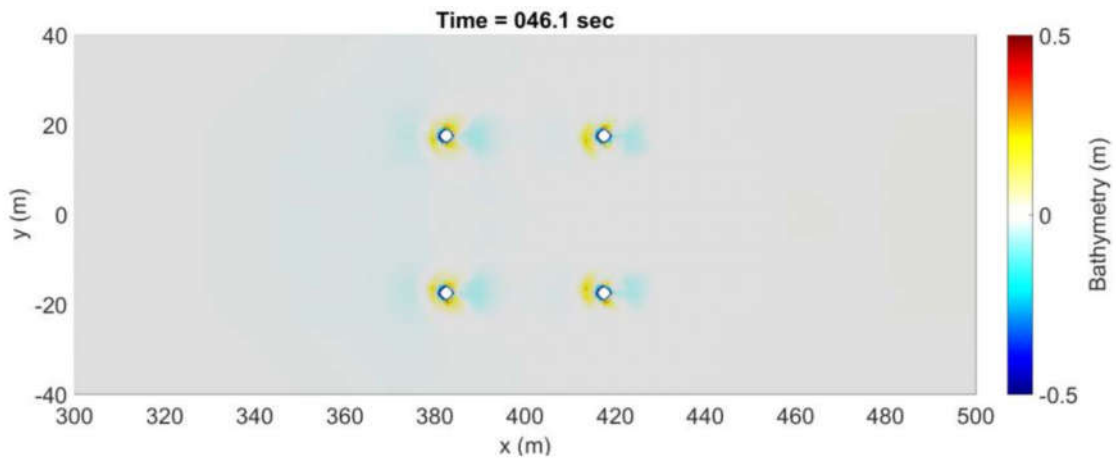
(b)



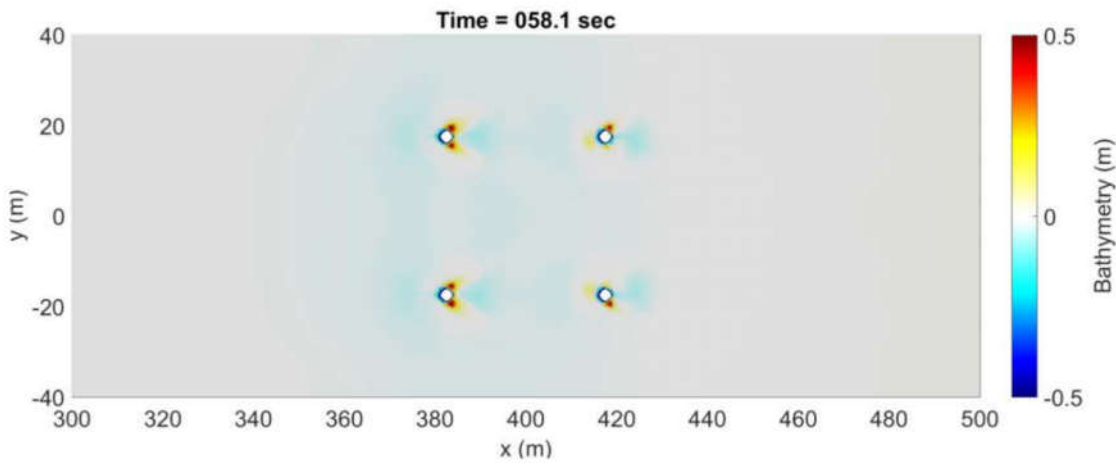
(c)

註：圖中色階為地形高程，單位m。半透明平面為水面。

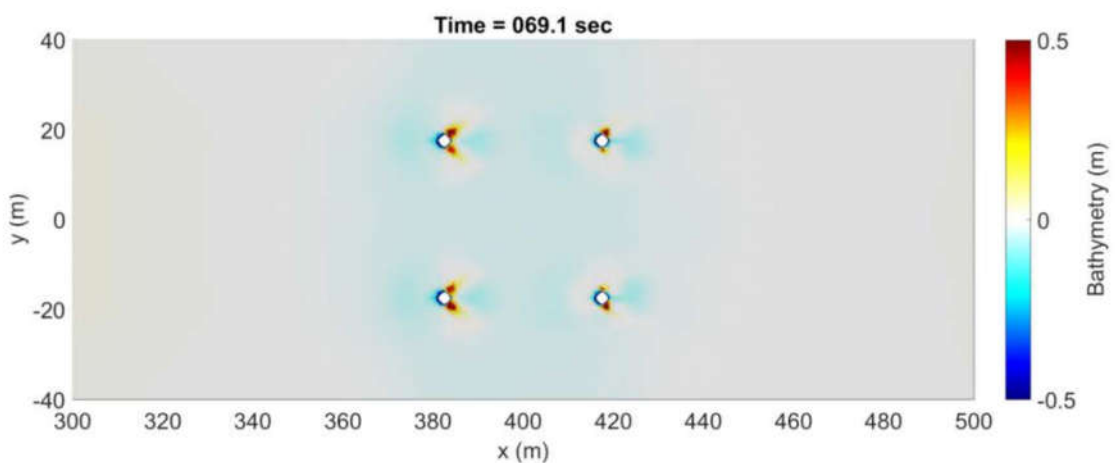
圖7.1.1-29 本計畫風場50 m水深地形冲刷圖



(a)



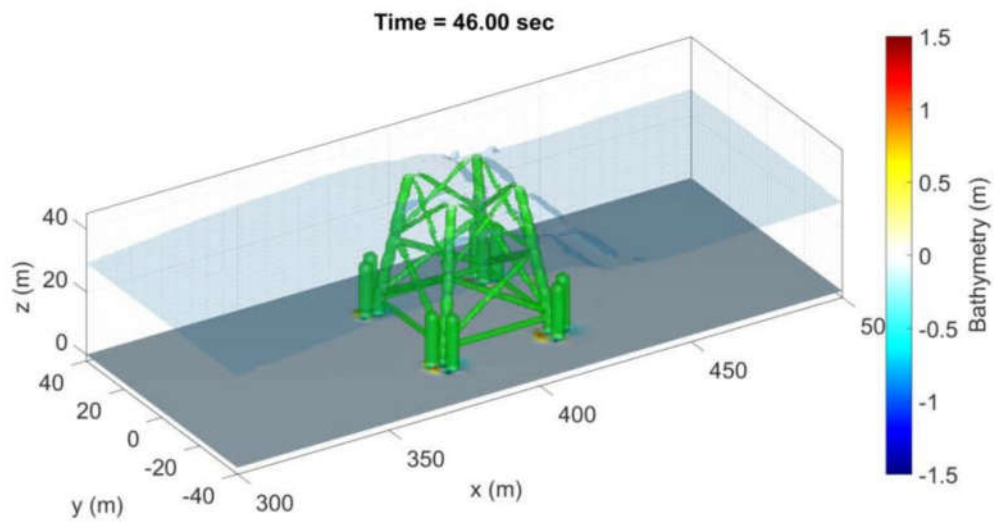
(b)



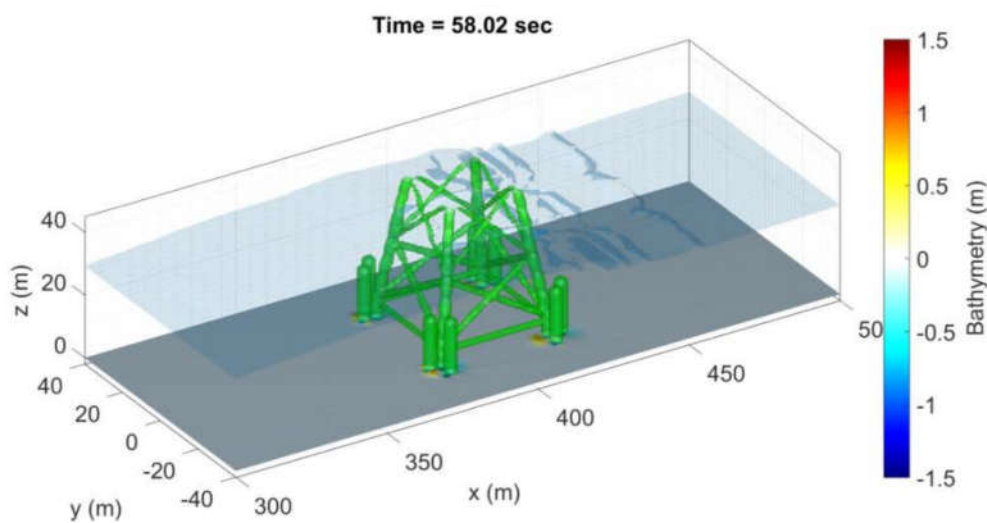
(c)

註：圖中色階為地形高程。

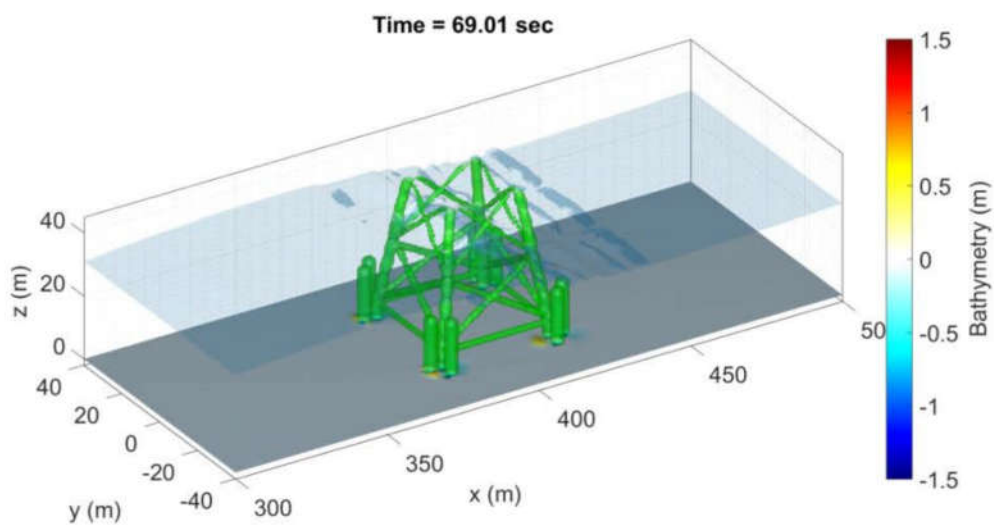
圖7.1.1-30 本計畫風場50 m水深地形沖刷上視圖



(a)



(b)



(c)

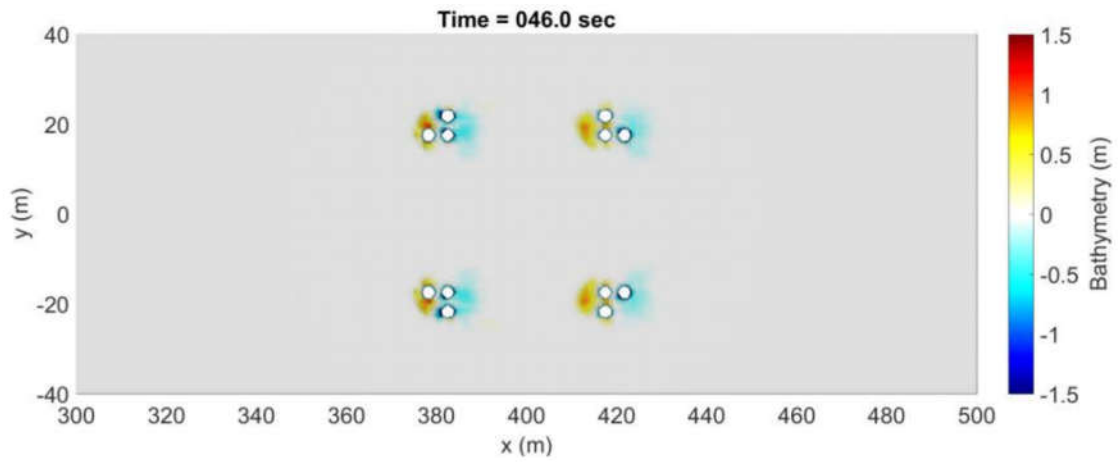
註：圖中色階為地形高程，單位m。半透明平面為水面。

圖7.1.1-31 本計畫風場30 m水深補樁後地形沖刷圖

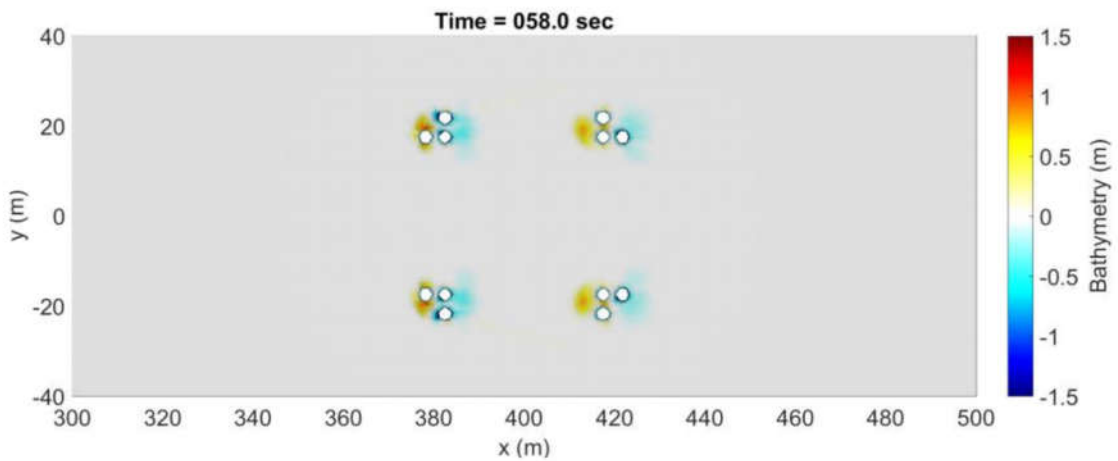
圖 7.1.1-32 為本計畫風場 30 公尺水深條件下補樁後之地形沖刷上視圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時上游側基礎前方 $X=375.0$ 至 $X=378.5$ ， $Y=18.0$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-18.0$ 至 -20.0 處，有堆積區域，堆積高度約為 1.0 公尺。上游側基礎後方 $X=383.8$ 至 386.8 ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有沖刷分布，沖刷深度約 0.5 公尺；下游側基礎前方 $X=413.2$ 至 $X=416.2$ ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有堆積高度約 0.75 公尺。下游側基礎後方 $X=418.8$ 至 $X=421.8$ ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有沖刷深度約 0.25 公尺之沖刷分布。58.0 秒時沖刷及堆積之分布位置無明顯改變。但堆積之高度略微減少，上游側基礎前之堆積高度降至 0.75 公尺；下游側之堆積高度則介於 0.5 公尺至 0.75 公尺之間。69.0 秒時，上游側基礎前方堆積區之堆積高度，已降至 0.5 公尺至 0.75 公尺間；下游側基礎前方之堆積區，堆積高度介於 0.5 公尺至 0.75 公尺間。

圖 7.1.1-33 為本計畫風場水深 40 公尺補樁後之地形沖刷圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。圖中半透明平面為水面。46.0 秒時，上游側基礎前方有堆積高度約 0.5 公尺之堆積區，基礎後方則有沖刷深度約 0.5 公尺之沖刷分布；下游側基礎前方有堆積區，堆積高度約 0.75 公尺。基礎後則有沖刷深度 0.5 公尺之沖刷區域。58.0 秒時，沖刷及堆積之分布，無顯著改變。69.0 秒時，基礎前方之堆積區域，堆積高度低於 0.5 公尺，各基礎前方之堆積範圍與 46.0 秒時相比範圍約減少 30%。

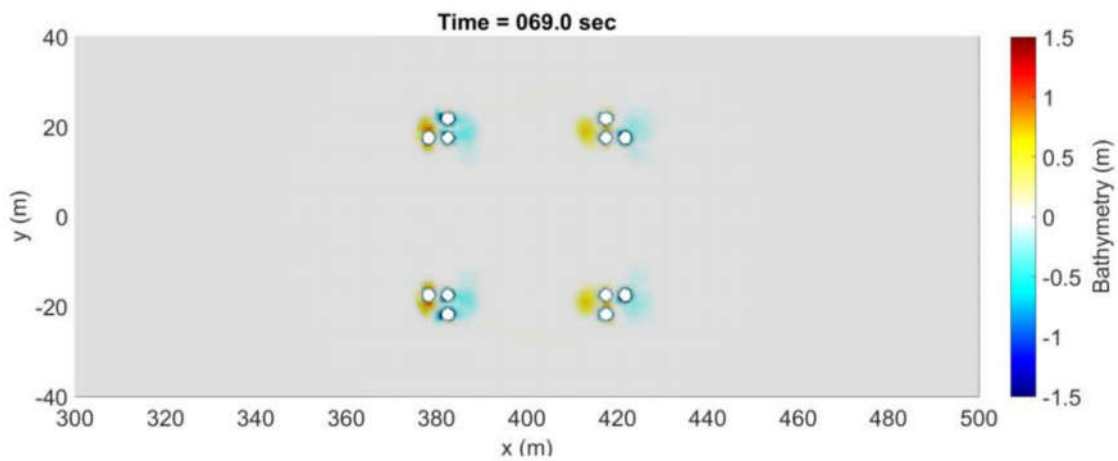
圖 7.1.1-34 為本計畫風場 40 公尺水深條件下補樁後之地形沖刷上視圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時上游側基礎前方 $X=378.5$ 至 $X=375.0$ ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 -21.0 處，有堆積區域，堆積高度約為 0.5 公尺。上游側基礎後方 $X=383.8$ 至 386.8 ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有深度約 0.5 公尺之沖刷分布；下游側基礎前方 $X=416.2$ 至 413.2 ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有堆積區，堆積高度約 0.75 公尺。下游側基礎後方 $X=418.8$ 至 $X=421.8$ ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有沖刷深度約 0.5 公尺之沖刷分布。58.0 秒時沖刷及堆積之分布位置無明顯改變，但堆積之高度略微減少，上游側基礎前方之堆積高度約 0.5 公尺；下游側之堆積高度約 0.5 公尺。沖刷區域無明顯變化。69.0 秒時，上游側基礎前方堆積區之堆積高度與 58.0 秒時相近，範圍縮小為 $X=378.5$ 至 $X=377.0$ ， $Y=19.0$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-19.0$ 至 -20.0 。並於 $X=378.5$ 至 $X=381.0$ ， $Y=20.0$ 至 $Y=22.0$ 及 $Y=-20.0$ 至 $Y=-22.0$ 處，有深度約 0.75 公尺之沖刷分布。於上游側基礎後方之沖刷區域 X 方向長度雖未改變，但 Y 方向寬度為 46.0 秒時之 25%，沖刷深度已小於 0.5 公尺；下游側基礎周圍之沖刷及堆積分布不變。但下游側基礎後方之沖刷區域，沖刷深度已低於 0.5 公尺。



(a)



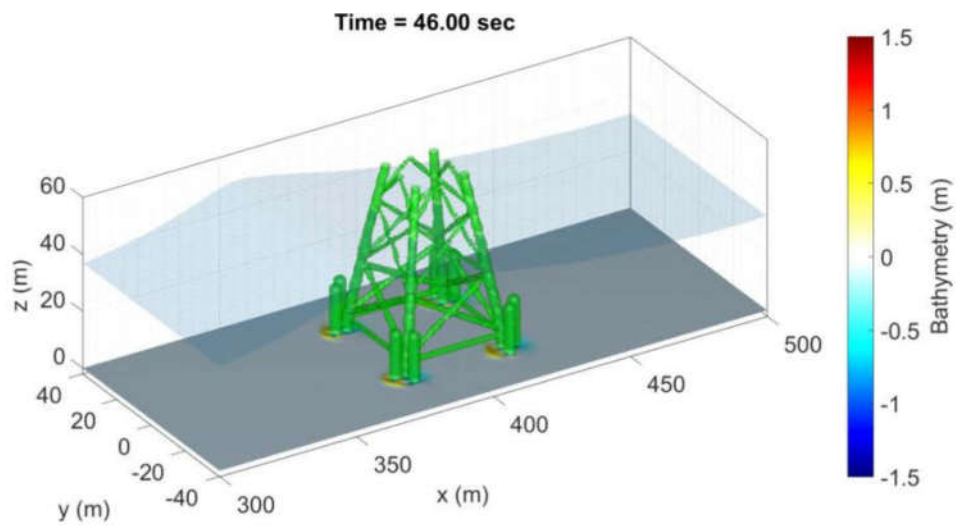
(b)



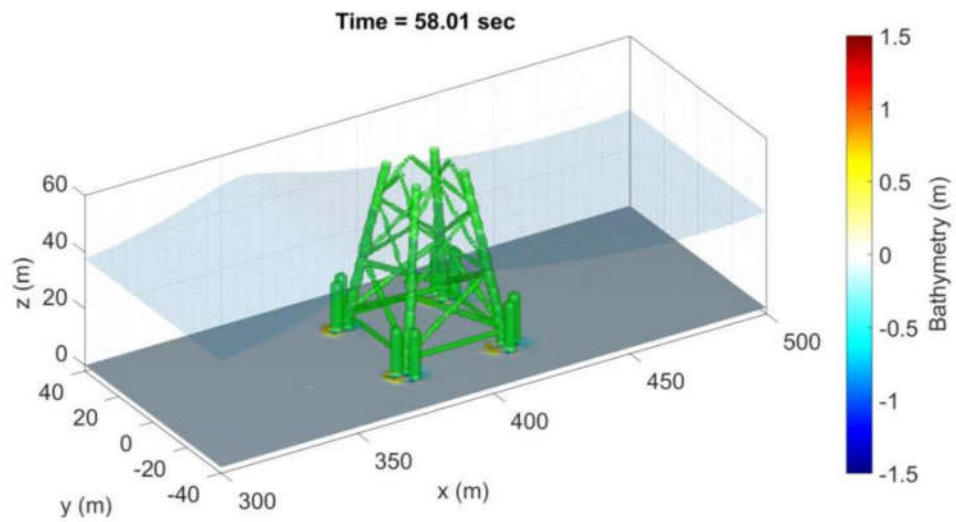
(c)

註：圖中色階為地形高程。

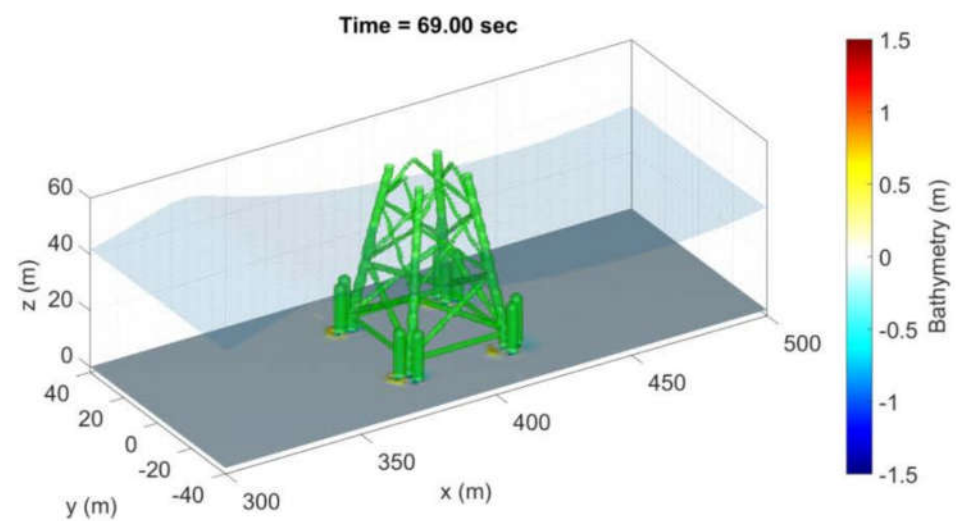
圖7.1.1-32 本計畫風場30 m水深補樁後地形沖刷上視圖



(a)



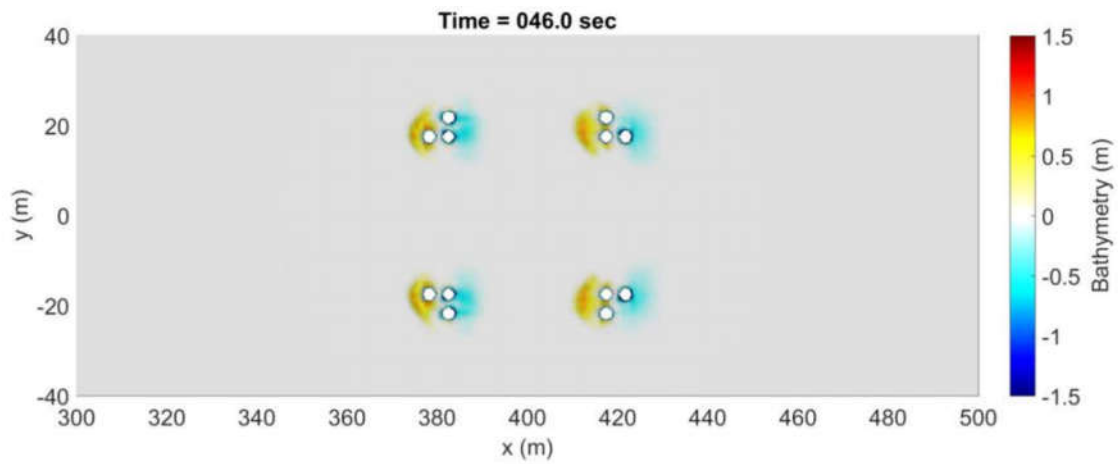
(b)



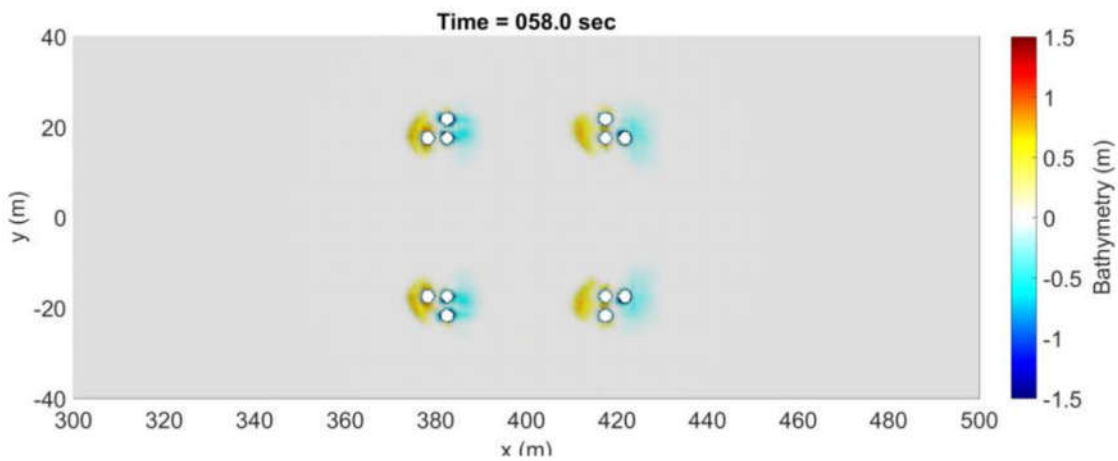
(c)

註：圖中色階為地形高程，單位m。半透明平面為水面。

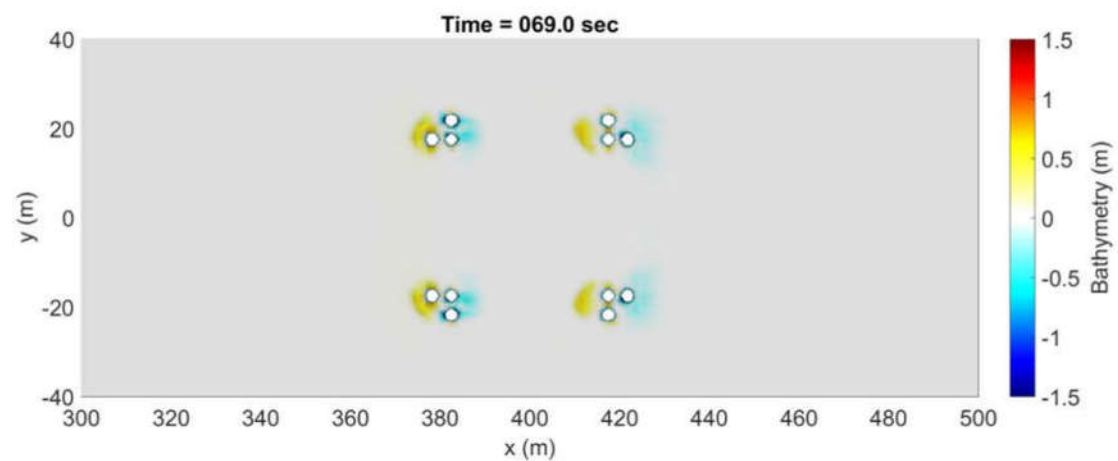
圖7.1.1-33 本計畫風場40 m水深補樁後地形沖刷圖



(a)



(b)



(c)

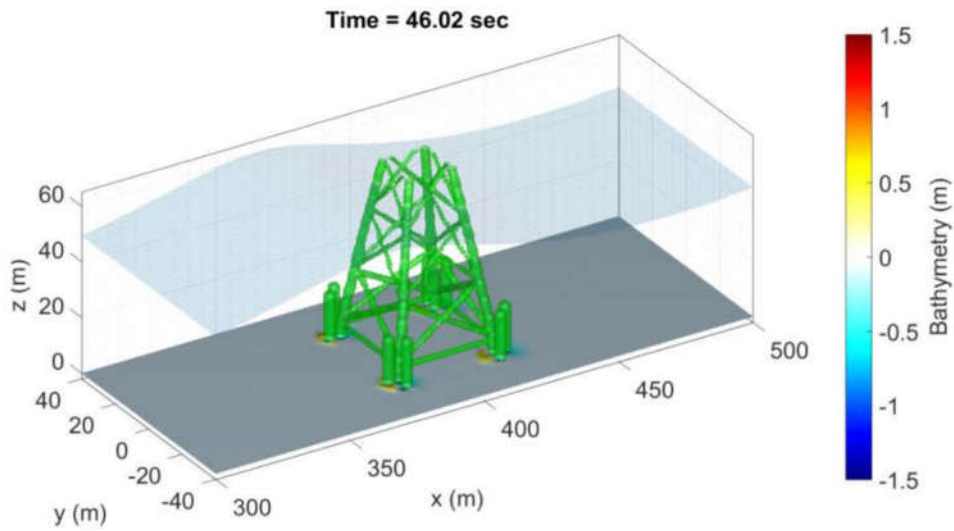
註：圖中色階為地形高程。

圖7.1.1-34 本計畫風場40 m水深補樁後地形沖刷上視圖

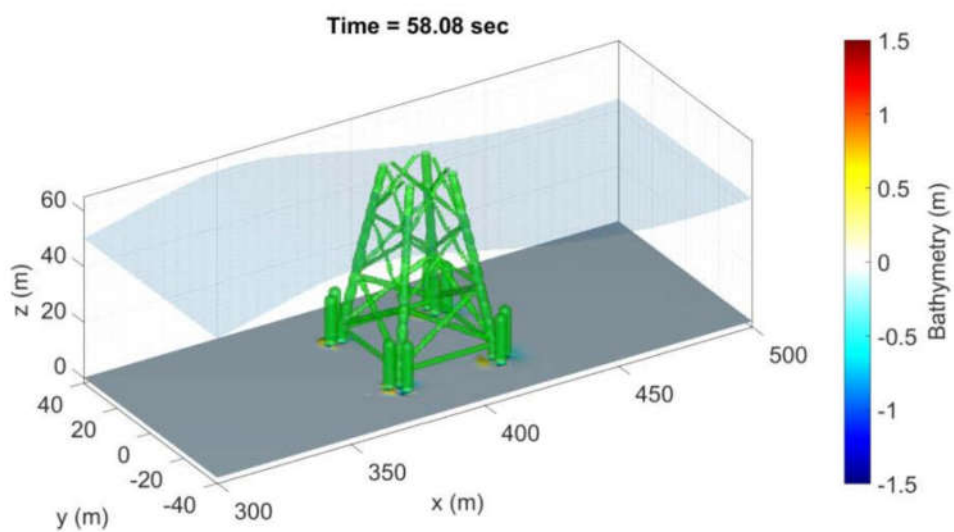
圖 7.1.1-35 為本計畫風場水深 50 公尺補樁後之地形沖刷圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。圖中半透明平面為水面。46.0 秒時，基礎前方有堆積高度約 0.75 公尺之堆積區，基礎後方則有沖刷深度約 0.5 公尺之沖刷分布。58.0 秒時，沖刷及堆積之分布，無顯著改變。69.0 秒時，基礎前方之堆積區域，堆積高度已低於 0.5 公尺，其中上游基礎前方之堆積範圍明顯減少。

圖 7.1.1-36 為本計畫風場 50 公尺水深條件下補樁後之地形沖刷上視圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時上游側基礎前方 $X=378.5$ 至 $X=375.0$ ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 -21.0 處，有堆積區域，堆積高度約為 0.75 公尺。上游側基礎後方 $X=383.8$ 至 386.8 ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有深度約 0.5 公尺之沖刷分布；下游側基礎前方 $X=416.2$ 至 413.2 ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有堆積區，堆積高度介於 0.5 公尺至 0.75 公尺間。下游側基礎後方 $X=418.8$ 至 $X=421.8$ ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有沖刷深度約 0.5 公尺之沖刷分布。58.0 秒時沖刷及堆積之分布位置無明顯改變，但堆積之高度略微減少，上游側基礎前方之堆積高度以介於 0.5 公尺至 0.75 公尺之間；下游側之堆積高度約 0.5 公尺。沖刷區域無明顯變化。69.0 秒時，上游側基礎前方堆積區之堆積高度，介於 0.5 公尺至 0.75 公尺，範圍縮小為 $X=378.5$ 至 $X=377.0$ ， $Y=19.0$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-19.0$ 至 -20.0 。並於 $X=378.5$ 至 $X=381.0$ ， $Y=18.0$ 至 $Y=23.0$ 及 $Y=-18.0$ 至 $Y=-23.0$ 處，有深度約 0.75 公尺之沖刷分布。於上游側基礎後方之沖刷區域 X 方向長度雖未改變，但 Y 方向寬度為 46.0 秒時之 25%，沖刷深度已小於 0.5 公尺；下游側基礎周圍之沖刷及堆積分布不變。但下游側基礎後方之沖刷區域，沖刷深度已低於 0.5 公尺。

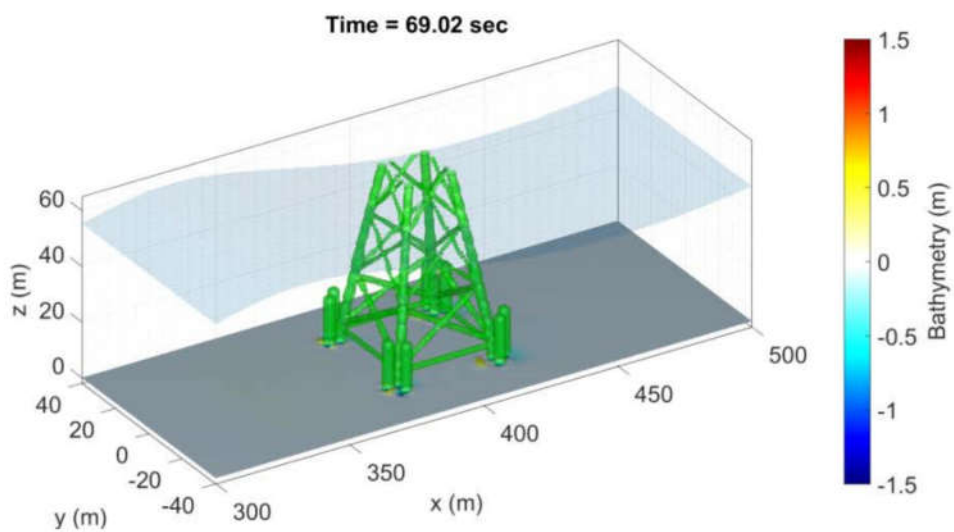
由上述之模擬結果觀察，46.0 至 69.0 秒間，未補樁情況下，水深 30 公尺時風機基礎周圍無明顯之堆積分布，沖刷區域之沖刷深度約為 0.2 公尺。水深 50 公尺時，於基礎前方有沖刷深度約 0.25 公尺之沖刷分布，基礎後方則有 0.5 公尺之堆積分布。於補樁之情況下，30 公尺及 50 公尺水深條件時，皆會先於基礎前方產生堆積區域，並隨時間增加堆積高度逐漸降低。



(a)



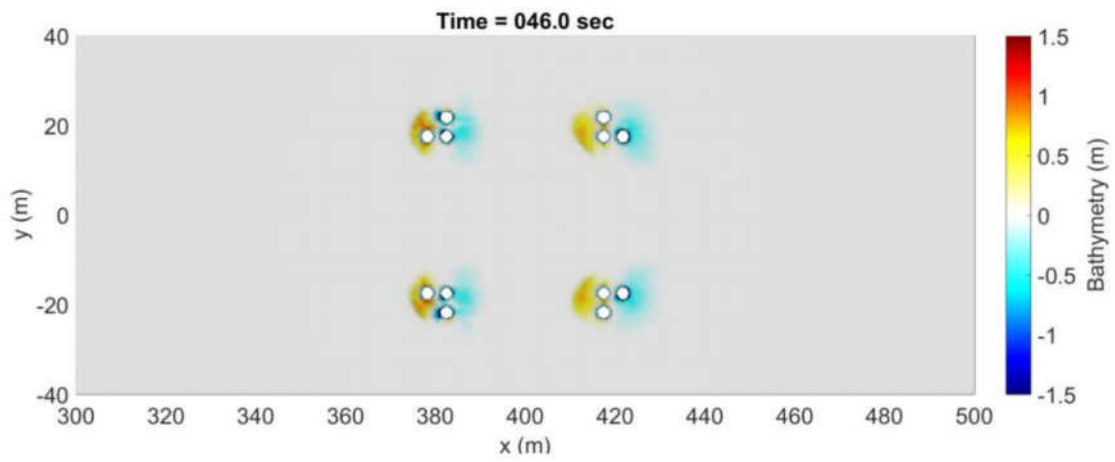
(b)



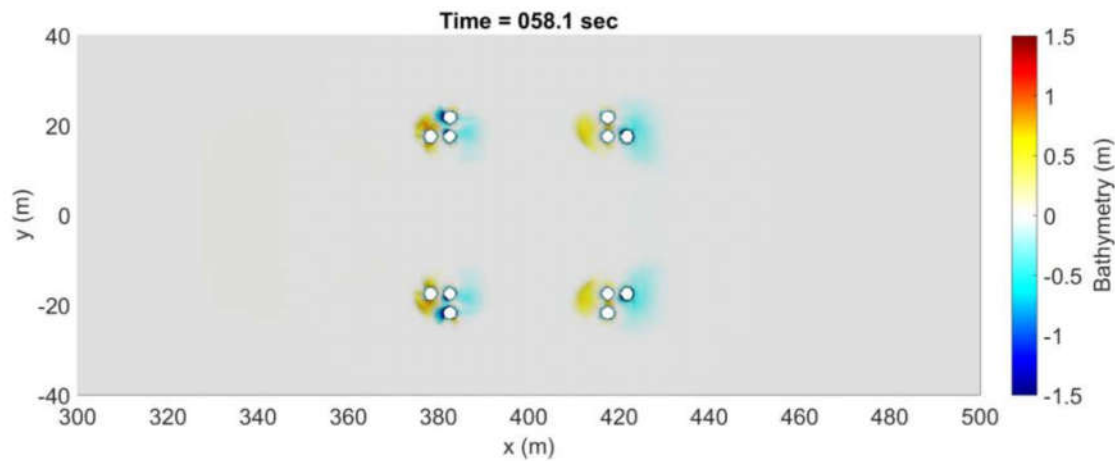
(c)

註：圖中色階為地形高程，單位m。半透明平面為水面。

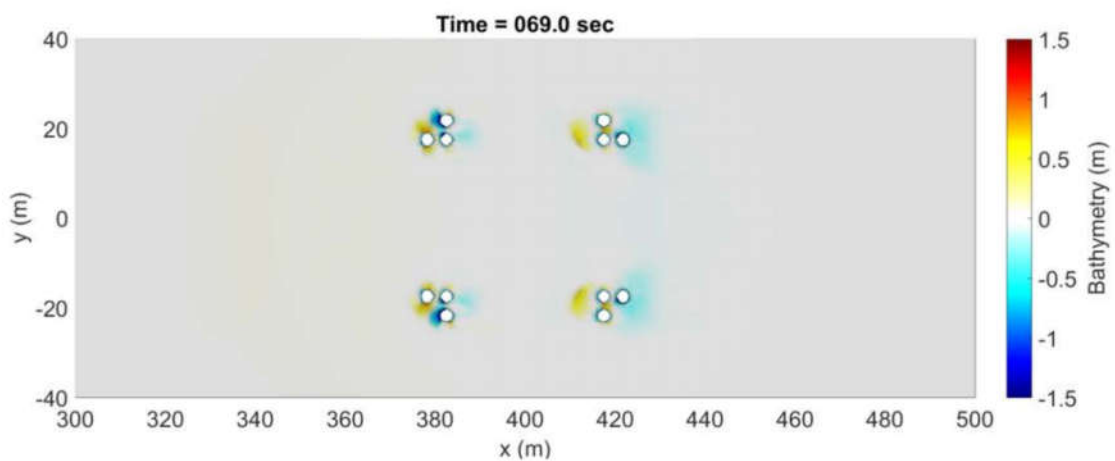
圖7.1.1-35 本計畫風場50 m水深補樁後地形沖刷圖



(a)



(b)



(c)

註：圖中色階為地形高程。

圖7.1.1-36 本計畫風場50 m水深補樁後地形沖刷上視圖

(2) 小結

本研究為進行本計畫風場海底地形受離岸風機之影響評估。模擬時波浪條件參考表 7.1.1-6，海流流速因安全係數之考量設定為 2.0 公尺/秒。並探討於風機基礎於 30 公尺、40 公尺、50 公尺水深條件下，周圍之地形變遷情況。

本計畫風場離岸風場，未補樁之情境下。30.0 公尺水深，第四個波浪到達風機基礎位置為 69.0 秒，此時上游側風機基礎前方之沖刷區域範圍為 $X=382.0$ 至 $X=383.0$ ， $Y=15.0$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-15.0$ 至 $Y=-20.0$ ，沖刷深度約為 0.1 公尺；下游側風機基礎周圍之沖刷區域分布於 $X=416.2$ 至 $X=415.2$ 公尺及 $X=418.8$ 至 $X=421.0$ ， $Y=15.0$ 至 $Y=17.0$ 及 $Y=-15.0$ 至 $Y=-17.0$ 處，沖刷深度約 0.1 公尺。

40 公尺水深，69.0 秒時，上游側基礎前方 $X=380.0$ 至 $X=381.2$ ， $Y=15.0$ 至 20.0 及 $Y=-15.0$ 至 -20.0 有沖刷區域，沖刷深度約 0.4 公尺。基礎後方 $X=383.8$ 至 $X=386.4$ ， $Y=17.2$ 至 $X=17.8$ 及 $Y=-17.2$ 至 $Y=-17.8$ 處，有沖刷分布，沖刷深度小於 0.1 公尺。堆積區域分布於基礎兩側 $X=382.5$ 至 $X=384.0$ ， $Y=18.8$ 至 $Y=20.0$ 、 $Y=15.8$ 至 $Y=16.2$ 、 $Y=-15.8$ 至 $Y=-16.2$ 及 $Y=-18.8$ 至 $Y=-20.0$ 處，堆積高度約 0.4 公尺；下游側基礎前 $X=413.1$ 至 416.2 ， $Y=16.0$ 至 17.5 及 $Y=-16.0$ 至 -17.5 處，有沖刷深度 0.4 公尺。下游側基礎後方 $X=418.8$ 至 421.4 ， $Y=13.6$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-13.6$ 至 $Y=-20.0$ 處，有沖刷深度小於 0.1 公尺之沖刷分布。堆積區域分布於 $X=417.0$ 至 $X=418.0$ ， $Y=18.8$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-18.8$ 至 $Y=-20.0$ 處，堆積高度約 0.4 公尺。

50.0 公尺水深，69.0 秒時，上游側基礎前方 $X=381.2$ 至 $X=370.0$ ， $Y=10.0$ 至 $Y=25.0$ 及 $Y=-10.0$ 至 $Y=-25.0$ 處有沖刷深度約 0.1 公尺之沖刷分布。基礎後方 $X=383.8$ 至 $X=389.8$ ， $Y=15.0$ 至 $Y=17.5$ 及 $Y=-15.0$ 至 $Y=-17.5$ 處有沖刷深度約 0.1 公尺之沖刷分布。堆積分布則分布於基礎兩側 $X=382.5$ 至 $X=385.0$ ， $Y=18.0$ 至 $Y=19.0$ 、 $Y=16.0$ 至 $Y=17.0$ 、 $Y=-16.0$ 至 -17.0 及 $Y=-18.0$ 至 -19.0 共四處堆積高度約 0.5 公尺；下游側基礎方面於前方 $X=415.8$ 至 $X=416.2$ ， $Y=16.0$ 至 18.0 及 $Y=-16.0$ 至 -18.0 有沖刷深度 0.1 公尺之沖刷區域。基礎後方 $X=418.8$ 至 $X=424.8$ ， $Y=15.0$ 至 $Y=17.5$ 及 $Y=-15.0$ 至 $Y=-17.5$ 處有沖刷深度約 0.05 公尺之沖刷分布。堆積區域分布於基礎兩側， $X=417.5$ 至 $X=418.0$ ， $Y=18.5$ 至 $Y=19.0$ 、 $Y=15.9$ 至 $Y=16.2$ 、 $Y=-15.9$ 至 $Y=-16.2$ 及 $Y=-18.5$ 至 $Y=-19.0$ ，堆積高度約為 0.5 公尺。

補樁後，30 公尺水深條件下，第四次波浪傳至風機基礎時，上游側基礎後方 $X=383.8$ 至 386.8 ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有沖刷分布，沖刷深度約 0.5 公尺。堆積區域分布於 $X=375.0$ 至 $X=378.5$ ， $Y=18.0$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-18.0$ 至 -20.0 處，堆積高度介於 0.5 公尺至 0.75 公尺；下游側基礎後方 $X=418.8$ 至 $X=421.8$ ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有沖刷深度約 0.25 公尺之沖刷分布。堆積區域分布於， $X=413.2$ 至 $X=416.2$ ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，堆積高度介於 0.5 公尺至 0.75 公尺。

40 公尺水深，第四次波浪到達時，上游側基礎 $X=378.5$ 至 $X=381.0$ ， $Y=20.0$ 至 $Y=22.0$ 及 $Y=-20.0$ 至 $Y=-22.0$ 處，有深度約 0.75 公尺之沖刷分布，基礎後方 $X=383.8$ 至 386.8 ， $Y=17.5$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-17.5$

至 $Y=-21.0$ 處，有深度 0.5 公尺以下之沖刷分布。 $X=378.5$ 至 $X=377.0$ ， $Y=19.0$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-19.0$ 至 -20.0 有堆積區域，堆積高度約 0.5 公尺；下游側基礎後方 $X=418.8$ 至 $X=421.8$ ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有沖刷深度低於 0.5 公尺之沖刷分布。下游側基礎前方 $X=416.2$ 至 413.2 ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有堆積區，堆積高度約 0.75 公尺。

50 公尺水深，第四次波浪到達風機基礎時，上游側基礎前方 $X=378.5$ 至 $X=381.0$ ， $Y=18.0$ 至 $Y=23.0$ 及 $Y=-18.0$ 至 $Y=-23.0$ 處，有深度約 0.75 公尺之沖刷分布。基礎後方 $X=383.8$ 至 386.8 ， $Y=17.0$ 至 $Y=18.0$ 及 $Y=-17.0$ 至 $Y=-18.0$ 處，有深度小於 0.5 公尺之沖刷分布。堆積區域分布於基礎前方 $X=378.5$ 至 $X=377.0$ ， $Y=19.0$ 至 $Y=20.0$ 及 $Y=-19.0$ 至 -20.0 處，堆積高度介於 0.5 公尺至 0.75 公尺；下游側基礎後方 $X=418.8$ 至 $X=421.8$ ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，有沖刷深度小於 0.5 公尺之沖刷分布。堆積區域分布於基礎前方 $X=416.2$ 至 413.2 ， $Y=16.2$ 至 $Y=21.0$ 及 $Y=-16.2$ 至 $Y=-21.0$ 處，堆積高度低於 0.5 公尺。

3. 本計畫風場分析評估結果

本計畫主要目的在探討本計畫風場之風力發電機基礎設置後對於海岸地形變動的影響，首先建立適合彰化海域的波流場數值模擬計算，同時統計出極端氣候下的波浪條件，作為更進一步的討論。由分析出的基本海象條件當作數值模式的輸入，討論在波流場作用力下海岸地形變動分佈情形，提供環境影響評估之具體分析成果，根據本計畫所進行之分析與研究成果作以下之結論：

- (1) 本計畫風場的離岸風機設置未設置之前，風場附近海域 50 年迴歸期颱風波浪分佈約在 2~12 公尺之間，季風波浪分佈約在 0.5~5 公尺之間，當離岸風場設置之後，入射波浪碰撞到風機支撐結構時發生折繞射效應，使得波高有下降的趨勢發生，而風機支撐結構上游處則因反射效應波高略有增加，離岸風場內 50 年迴歸期颱風波浪分佈約為 2~12 公尺，季風波浪分佈約在 0.5~5 公尺之間。波浪經過離岸風場的影響後，位於風場下游處海域波高分佈有比未設置離岸風場之前略為降低；唯本案離岸風場距離海岸很遠，近岸海域之波高分佈並未因風場設置而有明顯的波高變化。
- (2) 本計畫風場的離岸風機設置後對流場影響，在近岸流場的部分所造成的影響幾乎可以說是微乎其微，比較有影響的部分反而在風機本身附近的海域，由於風機的基礎與支撐結構的影響，使得風機附近的流場有些許的改變，但只是局部性的影響，對整個大環境的流場來說並沒因風場設置後有太大的變化。
- (3) 本計畫風場風機設置後對地形侵淤變化的影響程度並不大，主要影響海岸地形變化的原因還是以近岸流為主。風場範圍距海岸線很遠，基本上流場對海岸地區地形變化的影響幾可忽略。
- (4) 位於風場範圍之海域，在風場設置前後其地形變化幾乎無改變(低於 ± 0.1 公尺)，僅局部極小區域有約 ± 0.3 公尺之間之地形變遷，基本上流場對風場範圍地形變化的影響幾可忽略。
- (5) 對於風機支撐基礎受波浪及海流的影響，波流對於地形變遷之影響範

圍，主要分布於風機基礎周圍。

- (6) 未補樁情形下，水深 30.0 公尺之最大沖刷深度約為 0.2 公尺；堆積並不明顯，其最大堆積高度約為 0.05 公尺。水深 50.0 公尺之最大沖刷深度約為 0.25 公尺，最大堆積高度約為 0.5 公尺。
- (7) 補樁情形下，水深 30.0 公尺之最大沖刷深度約為 0.5 公尺，其最大堆積高度約為 0.75 公尺。水深 50.0 公尺之最大沖刷深度約為 0.75 公尺，最大堆積高度約為 0.75 公尺。
- (8) 基礎設計對周圍之地形變動影響，整體而言，當波流通過支撐結構後對海底地形變動影響較大的範圍在墩後方向。依據結果整理，其最遠可能影響範圍約為基礎上游 80 公尺；下游 80 公尺；左右兩側各 20 公尺處附近，但最大之沖刷深度及堆積高度均小於 1 公尺，而本計畫海域流速並不會超過 2.0 公尺/秒，且風機設置之間的間隔遠大於此影響範圍，可推論各個風機淘刷機制並不會相互影響。

(三)海龍(18、19 號風場)群樁效應評估

在沒有設置風場情形下，地形侵淤變化模擬結果，可以看到整個計算範圍侵淤深度分佈約在 ± 0.3 公尺之間，主要地形侵淤範圍約在水深 10~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域。

風場設置後地形侵淤變化，侵淤深度分佈依舊保持在 ± 0.3 公尺之間，主要地形侵淤範圍亦在水深 10~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域，地形變化趨勢並無明顯的改變。

比較風場設置前、後之海域波場分佈圖，波浪經過離岸風場的影響後，風場下游處海域波高分佈有比未設置離岸風場之前略為降低；唯本計畫離岸風場距離海岸很遠，近岸海域之波高分佈並未因風場設置而有明顯的波高變化，近岸地區波高沒有明顯變化表示風場設置後對海岸侵蝕的威脅沒有增加。另外，比較風場設置前、後之海域流場分佈圖，流場速度分佈僅在風場設置區有些許的改變，在水深 10~20 公尺主要地形侵淤範圍的海域，以及 0~10 公尺水深範圍的海域，流場速度並未有明顯的改變，其原因是流場變化主要發生在各風機基樁 10~15 倍樁徑以內的範圍(平均約 100 公尺)，超過此範圍將回復至入流之流況。

當 18、19 號風場所有風機均設置後，波浪經過離岸風場風場下游處海域波高分佈會比未設置離岸風場之前略為降低，本案離岸風場距離海岸很遠，近岸海域之波高分佈即使有變化，其波高分佈會比未設置離岸風場之前略為降低，近岸地區波高降低表示對海岸侵蝕的威脅降低。另外，因流場變化主要發生在各風機基樁 10~15 倍樁徑以內的範圍(平均約 100 公尺)，超過此範圍將回復至入流之流況，流場速度分佈改變的影響範圍僅在風場設置區外 100 公尺，受風機基樁擾動的流超過 100 公尺後會回復至入流之流況，本計畫各風機基樁間距均超過 500 公尺，大於基樁對流場改變影響範圍 5 倍以上，原則上流場不會因風機設置後產生明顯的群樁效應；另本計畫離岸風場距離海岸很遠，即使 18、19 號風場所有風機均設置，對於近岸地區的流況並不會有明顯影響。由於近岸漂沙與地形變遷主要受波、流大小的影響，上述波、流比較結果亦說明在沒有設置風場的情形下，海岸自然狀況的地形變遷影響已遠遠大過因設置風場之影響。

(四)海龍、大彰化、海鼎案(第 11~19 區)群樁效應評估

1. 離岸風場建置前後海域波場數值模擬分析

(1) 離岸風場設置前

圖 7.1.1-37 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示在颱風期間以波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE 為波浪入射條件時，模式計算所得彰化離岸風場(第 11~19 區)位置附近的波高介於 1~12 公尺之間。圖 7.1.1-38 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.70 公尺、週期 13.74 秒、波向 N)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示於風場位置附近的波高則介於 2~12 公尺之間。圖 7.1.1-39 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示於風場位置附近的波高則介於 1.0~5 公尺之間。圖 7.1.1-40 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示於風場位置附近的波高則介於 1.5~5 公尺之間。

(2) 離岸風場設置後(最密配置)

圖 7.1.1-41 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示在颱風期間以波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE 為波浪入射條件時，模式計算所得彰化離岸風場(第 11~19 區)位置附近的波高介於 1~12 公尺之間。圖 7.1.1-42 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.70 公尺、週期 13.74 秒、波向 N)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示在風場位置附近的波高介於 1~12 公尺之間。圖 7.1.1-43 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示於風場位置附近的波高則介於 1.5~5 公尺之間。圖 7.1.1-44 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示於風場位置附近的波高則介於 2.0~5 公尺之間。

(3) 綜合評估

在彰化離岸風場(第 11~19 區)的離岸風機設置未設置之前，風場附近海域 50 年迴歸期颱風波浪分佈約在 1~12 公尺之間，季風波浪分佈約在 1.0~5 公尺之間；當 11~19 區離岸風場設置之後，入射波浪碰撞到風機支承結構時發生折繞射效應，使得波高有略為下降的趨勢發生，而風機支承結構上游處則因反射效應波高略有增加，離岸風場內 50 年迴歸期颱風波浪分佈約為 1~12 公尺，季風波浪分佈約在 1.5~5 公尺之間。波浪經過離岸風場的影響後，位於風場後方下游處海域波高分佈有比未設置離岸風場之前略為降低；本案離岸風場距離海岸很遠，近岸海域之波高分佈即使有變化，其波高分佈會比未設置離岸風場之前略為降低，近岸地區波高降低表示颱風期間對海岸侵蝕的威脅降低。

2. 離岸風場建置前後海域流場數值模擬分析

(1) 離岸風場設置前

圖 7.1.1-45 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-46 為 50 年重現期颱風

風波浪(外海波高 10.70 公尺、週期 13.74 秒、波向 N)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-47 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-48 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面流場分佈圖。整體結果顯示在颱風波浪作用下近岸流明顯區域大約在水深 0~20 公尺之間。本案風場範圍因水深有 20~55 公尺深，近岸流場均不明顯，僅局部地區有較大的流速，但均都小於 0.5 m/s。

A. 離岸風場設置後(最密配置)

圖 7.1.1-49 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-50 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.70 公尺、週期 13.74 秒、波向 N)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-51 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-52 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面流場分佈圖。整體結果顯示在颱風波浪作用下近岸流明顯區域大約在水深 0~20 公尺之間，本案風場範圍因水深有 20~55 公尺深，近岸流場均不明顯，僅局部地區有較大的流速，但均都小於 0.5 m/s。受到風機基柱對波浪遮蔽的影響，風場範圍內部分區域流場流向受風機影響改變，流速大小有略小於離岸風場未設置前的情形。

B. 綜合評估

在彰化離岸風場(第 11~19 區)的離岸風機設置後，於風機本身附近的海域，由於風機的基礎與支承結構的影響，使得風機附近的流場有些許的改變，流速大小有略小於離岸風場未設置前的情形，但只是局部性的影響，離開風場設置範圍之後會回復至入流之流況，流速大小則略為降低，主要因流場變化發生在各風機基樁 10~15 倍樁徑以內的範圍(平均約 100 公尺)，流場速度分佈改變的影響範圍僅在風場設置區外 100 公尺，受風機基樁擾動的流超過 100 公尺後會回復至入流之流況(依據海龍、海鼎環說書有關單樁三維掏刷模擬說明整理)。本案所有風場風機基樁間距超過 400 公尺~1000 公尺，大於基樁對流場改變影響範圍 4 倍以上，原則上流場因風機設置後各基樁產生的流的交互影響並不明顯。至於在水深 0~20 公尺之近岸流卓越區域，波浪受到 11~19 區風場基樁遮蔽使得部分近岸海域波高比未設置離岸風場前略為降低，由波浪所引致的近岸流速大小亦略有降低。近岸地區的流速降低表示海岸侵蝕與淤積的程度會降低。

3. 離岸風場建置前後海域地形變遷數值模擬分析

(1) 離岸風場設置前

圖 7.1.1-53 為彰化離岸風場設置前數值模式模擬計算領域之地形侵淤變化的結果，整個計算範圍侵淤深度分佈約在 ± 0.3 公尺之間，主要地形侵淤範圍約在水深 0~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域。

(2) 離岸風場設置後(最密配置)

圖 7.1.1-54 為彰化離岸風場(第 11~19 區)風機設置後數值模式模擬計算領域之地形侵淤變化的結果。從模擬結果可以看到侵淤變化分佈的情形，整個計算範圍侵淤深度分佈約在 ± 0.3 公尺之間，主要地形侵淤範圍約在水深 0~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域，但大於 ± 0.1 公尺的侵

淤範圍較離岸風場設置前小。

(3) 綜合評估

在彰化離岸風場(第 11~19 區)風機設置後對地形侵淤變化的影響，由模擬結果可以看到影響的程度並不大，本案風場範圍距海岸線很遠，風機對流的干擾主要在風場範圍 100 公尺後會回復至入流之流況，主要影響海岸地形變化的原因還是以近岸流為主：(1)有關風場設置對鄰近海岸地區地形變遷的影響，在水深 0~20 公尺之近岸地區的侵淤程度有降低的情形，大於 ± 0.1 公尺(小於 ± 0.3 公尺)的侵淤範圍比離岸風場設置前小，顯示第 11~19 區離岸風場以最密配置全部設置後可以減緩近岸地區的地形侵淤程度；(2)位於風場範圍之海域，在風場設置前後其地形變化趨勢改變很小(低於 ± 0.1 公尺)，僅局部極小區域有約 ± 0.3 公尺之間之地形變遷，基本上流場對風場範圍整體地形變化的影響可以忽略。

4. 結論

本計畫主要目的在探討彰化離岸風場第 11 至第 19 區全域為對象之風力發電機基礎設置後對於海岸地形變動的影響，首先進行彰化海域的波流場數值模擬計算，並討論在波流場作用力下海岸地形變動分佈情形，提供環境影響評估之具體分析成果，根據本計畫所進行之分析與研究成果作以下之結論：

- (1) 在彰化離岸風場(第 11~19 區)的離岸風機設置未設置之前，風場附近海域 50 年迴歸期颱風波浪分佈約在 1~12 公尺之間，季風波浪分佈約在 1.0~5 公尺之間，當離岸風場設置之後，入射波浪碰撞到風機支承結構時發生折繞射效應，使得波高有略為下降的趨勢發生，而風機支承結構上游處則因反射效應波高略有增加，離岸風場內 50 年迴歸期颱風波浪分佈約為 1~12 公尺，季風波浪分佈約在 1.5~5 公尺之間。波浪經過離岸風場的影響後，位於風場後方下游處海域波高分佈有比未設置離岸風場之前略為降低；本案離岸風場距離海岸很遠，近岸海域之波高分佈即使有變化，其波高分佈會比未設置離岸風場之前略為降低，近岸地區波高降低表示颱風期間對海岸侵蝕的威脅降低。
- (2) 在彰化離岸風場(第 11~19 區)的離岸風機設置後對流場影響，於風機本身附近的海域，由於風機的基礎與支承結構的影響，使得風機附近的流場有些許的改變，流速大小有略小於離岸風場未設置前的情形，但離開風場設置範圍之後會回復至入流之流況，原則上流場因風機設置後各基樁產生的流的交互影響並不明顯。至於在水深 0~20 公尺之近岸流卓越區域，波浪受到 11~19 區風場基樁遮蔽使得部分近岸海域波高比未設置離岸風場前略為降低，由波浪所引致的近岸流速大小亦略有降低。近岸地區的流速降低表示海岸侵蝕與淤積的程度會降低。
- (3) 在彰化離岸風場(第 11~19 區)風機設置後對地形侵淤變化的影響程度並不大，主要影響海岸地形變化的原因還是以近岸流為主，水深 0~20 公尺之近岸地區大於 ± 0.1 公尺的侵淤範圍比離岸風場設置前小，顯示第 11~19 區離岸風場全部離岸風場設置後可以減緩近岸地區的地形侵淤程度。
- (4) 位於風場範圍之海域，在第 11~19 區離岸風場設置前後其地形變化趨勢改變很小(低於 ± 0.1 公尺)，僅局部極小區域有約 ± 0.3 公尺之間之地形變遷，基本上流場對風場範圍整體地形變化的影響可以忽略。

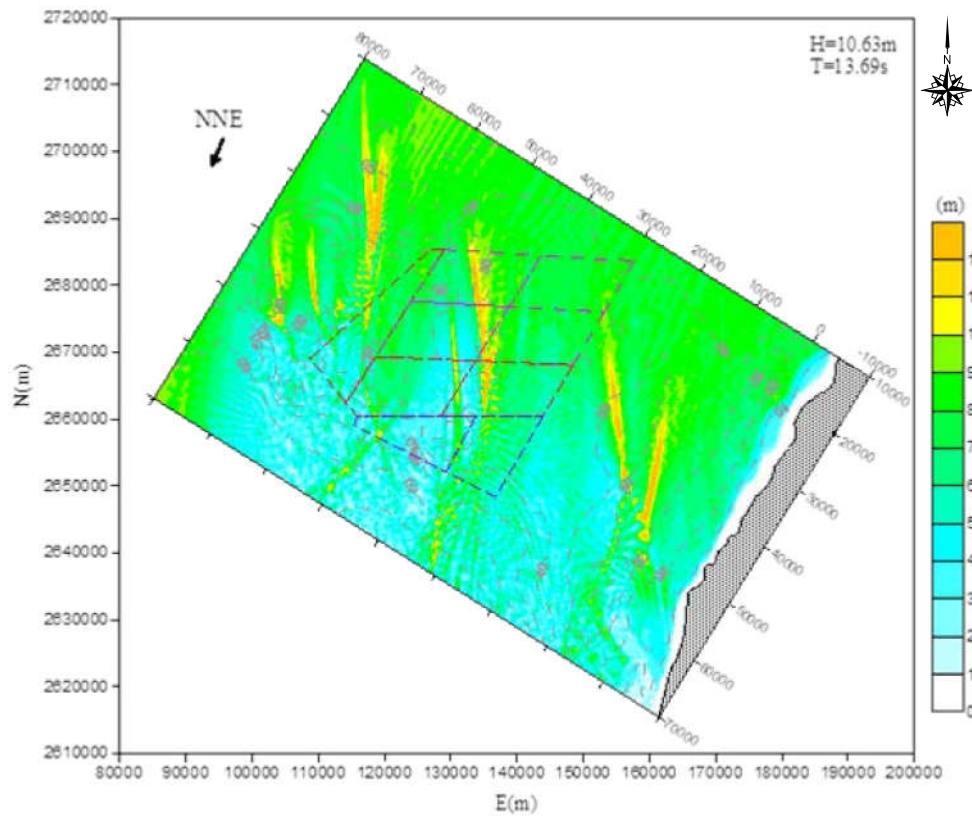


圖7.1.1-37 11~19號風場設置前50年重現期颱風波浪場分佈圖(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)

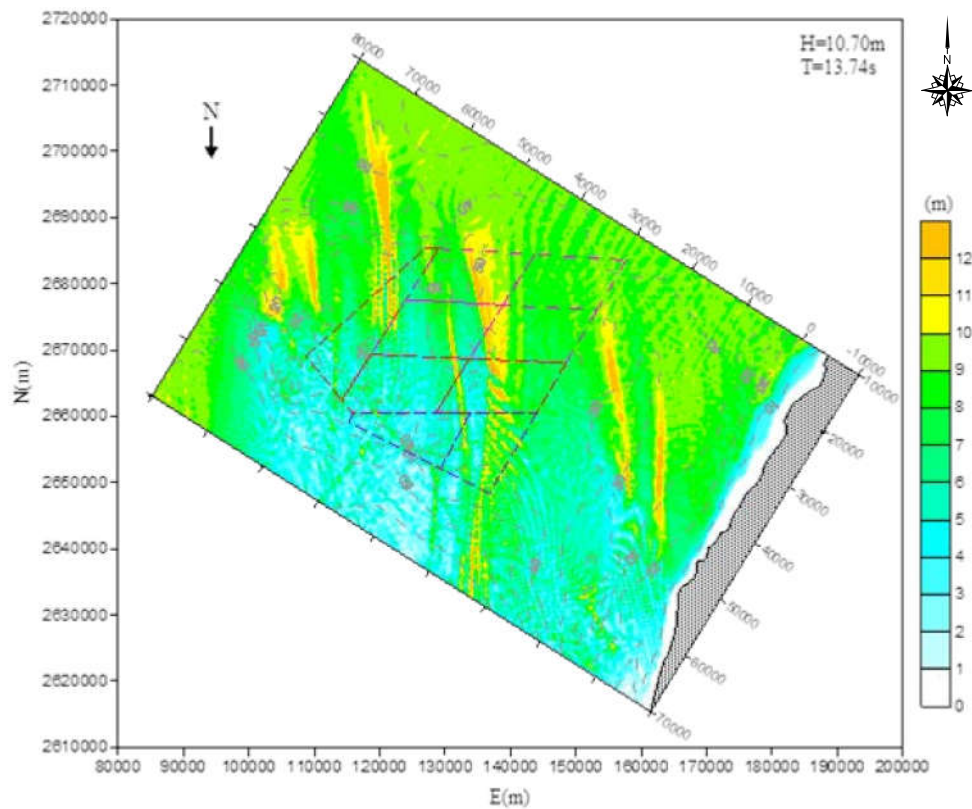


圖7.1.1-38 11~19號風場設置前50年重現期颱風波浪場分佈圖(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)

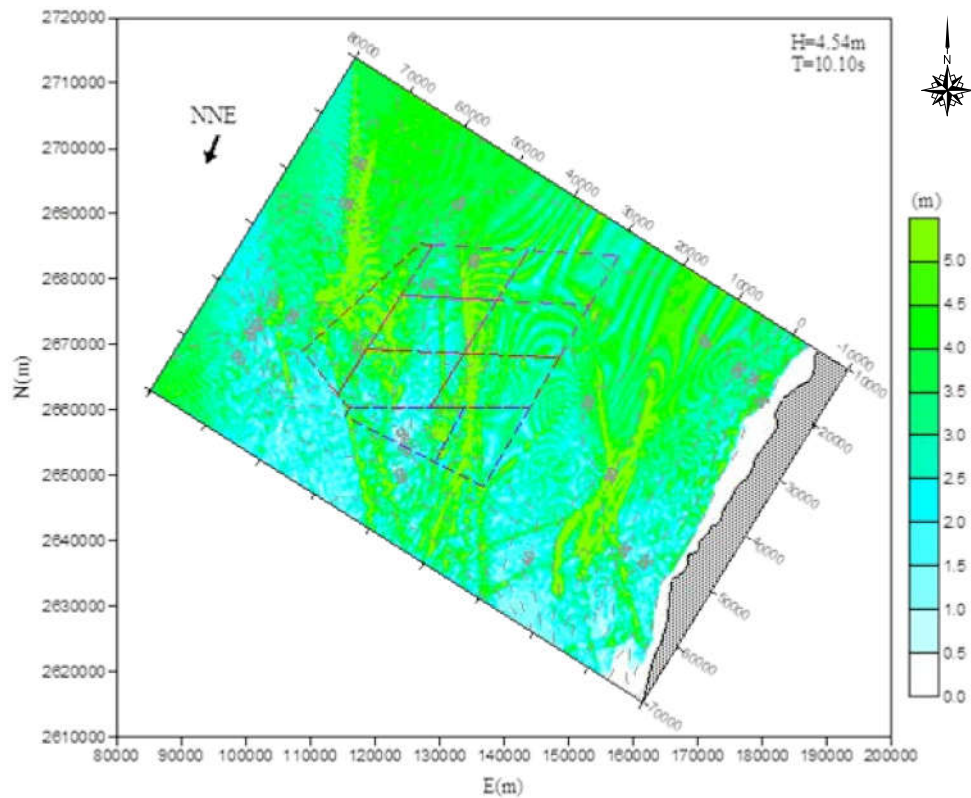


圖7.1.1-39 11~19號風場設置前冬季季風波浪場分佈圖(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

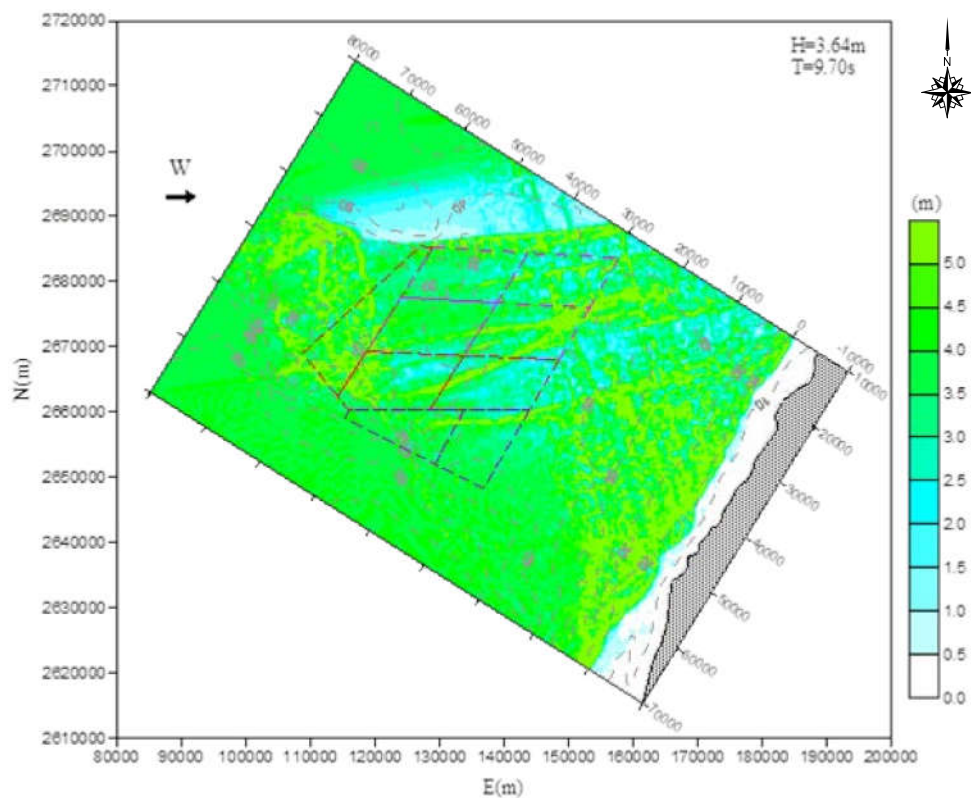


圖7.1.1-40 11~19號風場設置前夏季季風波浪場分佈圖(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

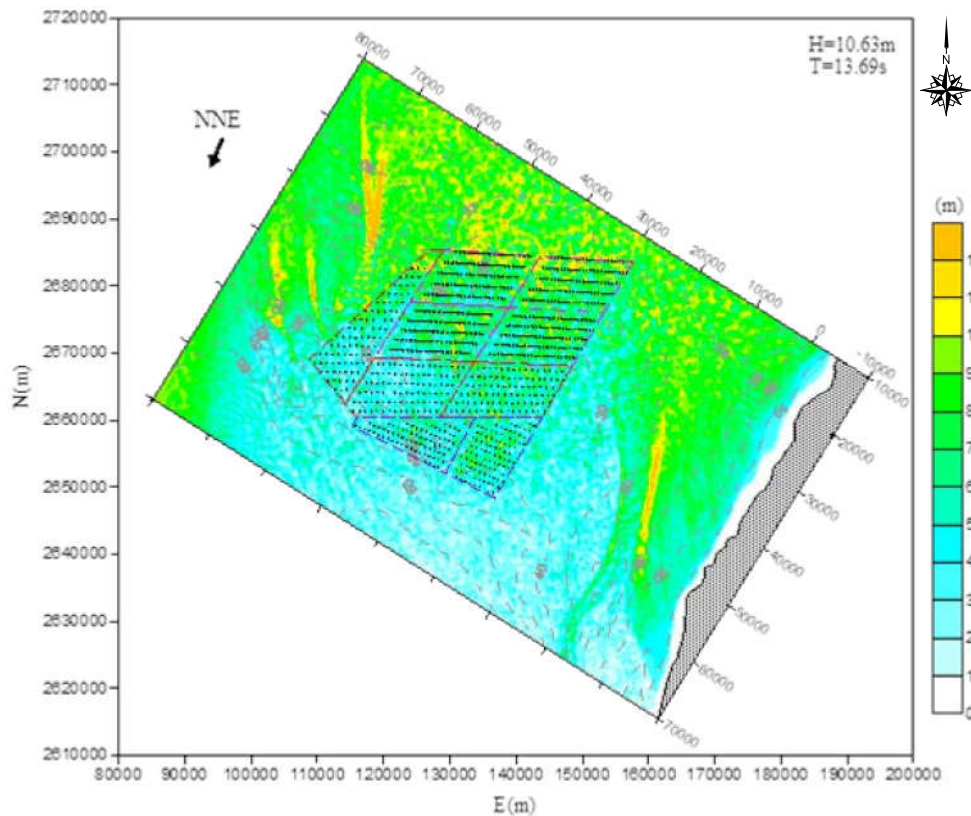


圖7.1.1-41 11~19號風場設置後50年重現期颱風波浪場分佈圖(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)

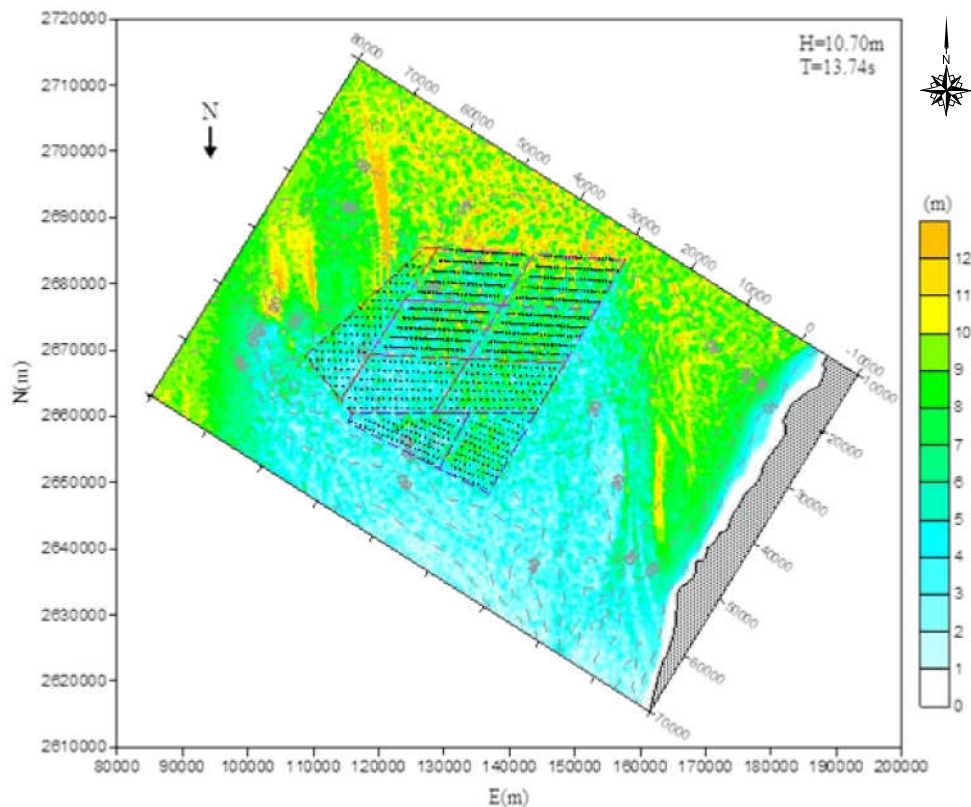


圖7.1.1-42 11~19號風場設置後50年重現期颱風波浪場分佈圖(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)

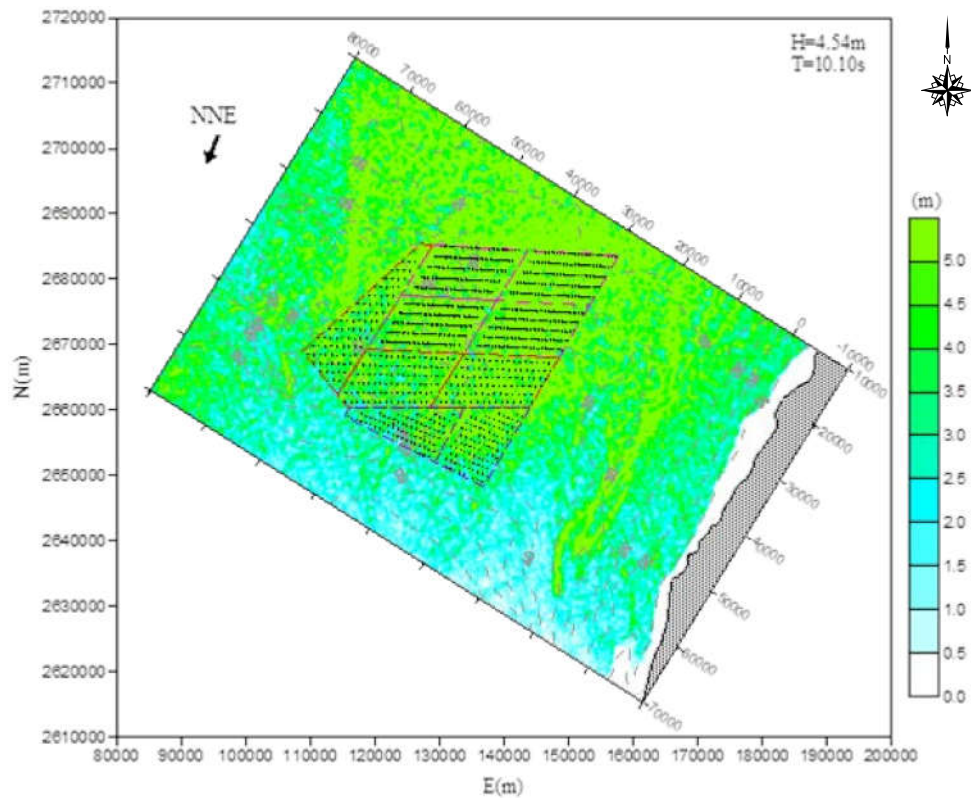


圖7.1.1-43 11~19號風場設置後冬季季風波浪場分佈圖(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

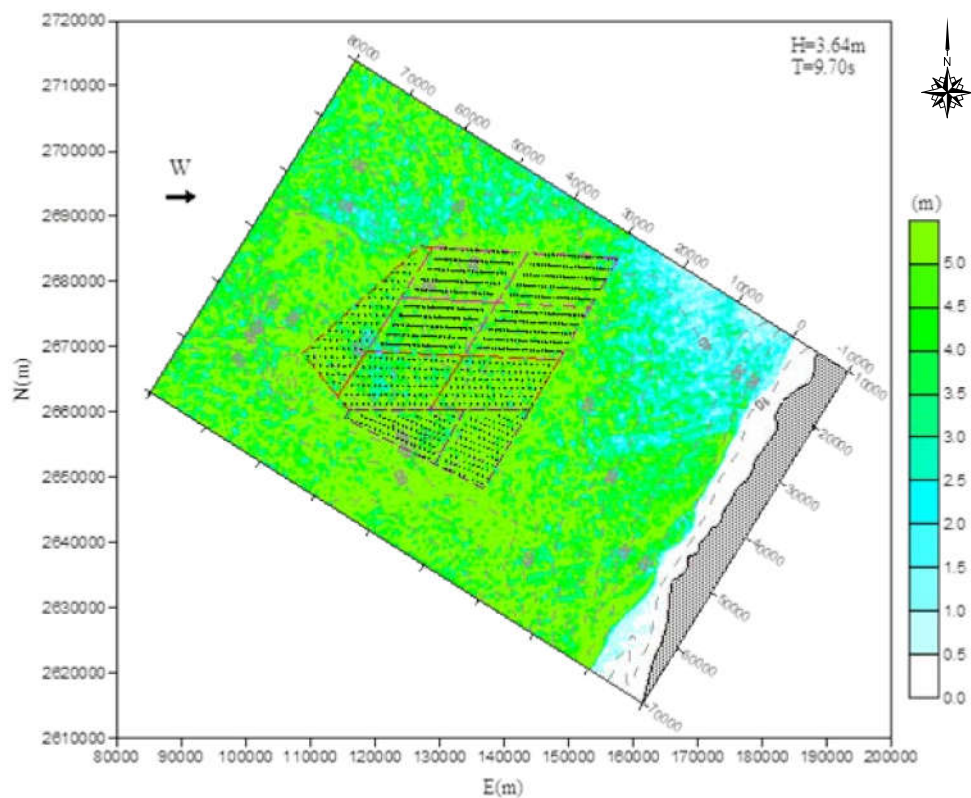


圖7.1.1-44 11~19號風場設置後夏季季風波浪場分佈圖(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

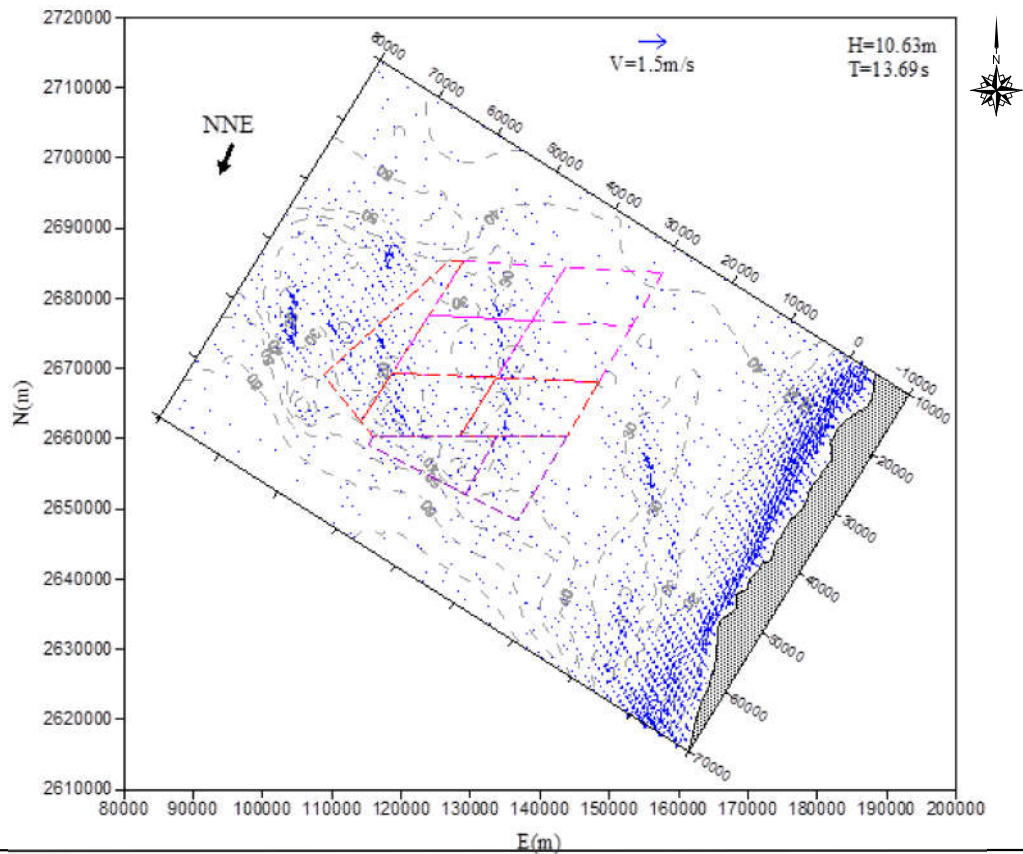


圖7.1.1-45 11~19號風場設置前50年重現期颱風流場分佈圖
(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)

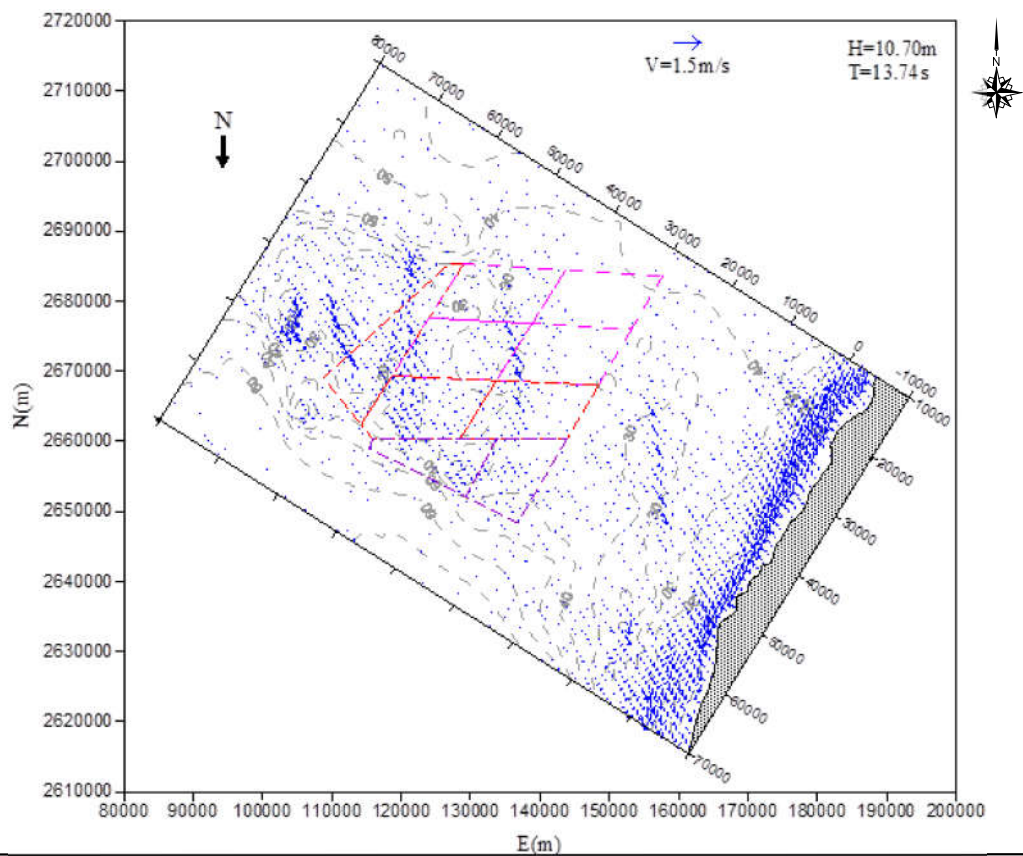


圖7.1.1-46 11~19號風場設置前50年重現期颱風流場分佈圖
(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)

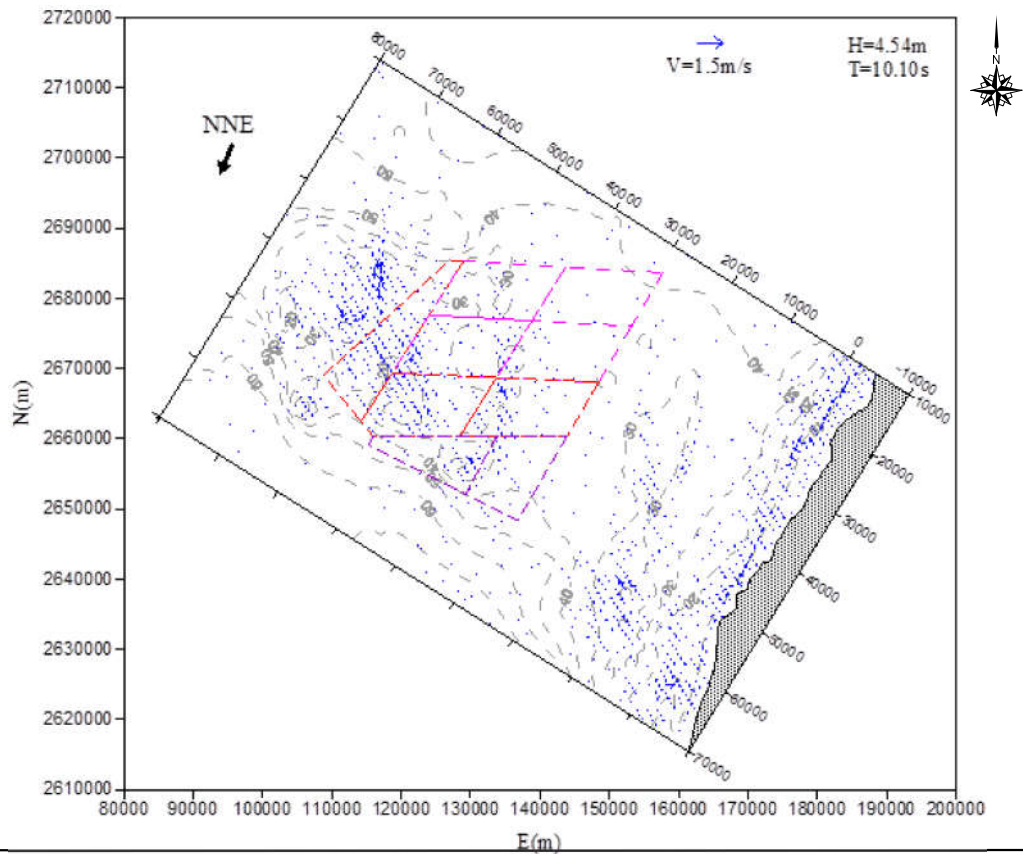


圖7.1.1-47 11~19號風場設置前冬季季風流場分佈圖(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

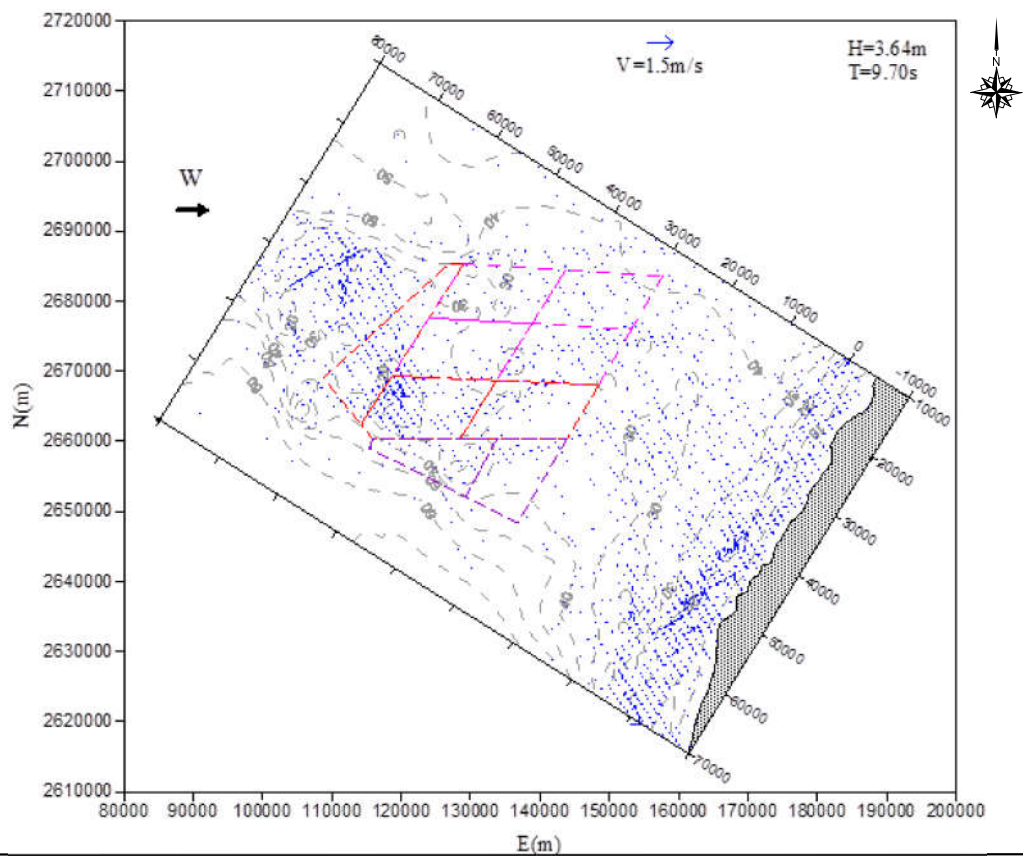


圖7.1.1-48 11~19號風場設置前夏季季風流場分佈圖(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

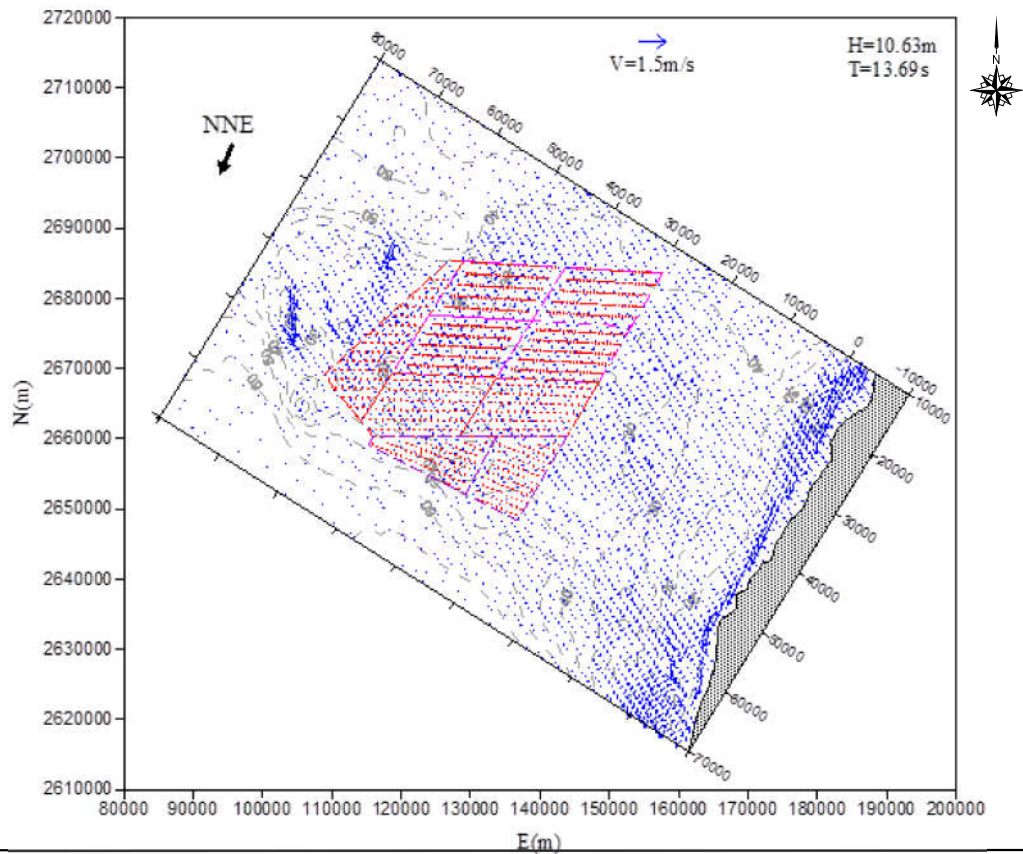


圖7.1.1-49 11~19號風場設置後50年重現期颱風流場分佈圖
(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)

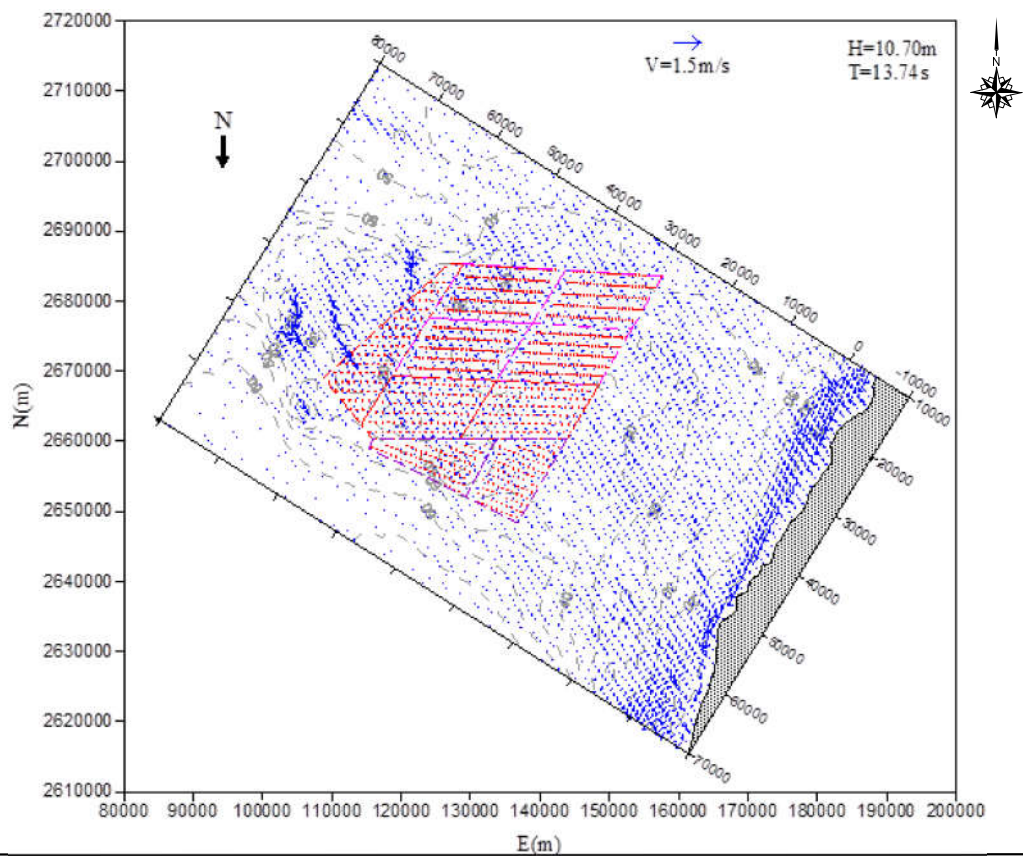


圖7.1.1-50 11~19號風場設置後50年重現期颱風流場分佈圖
(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)

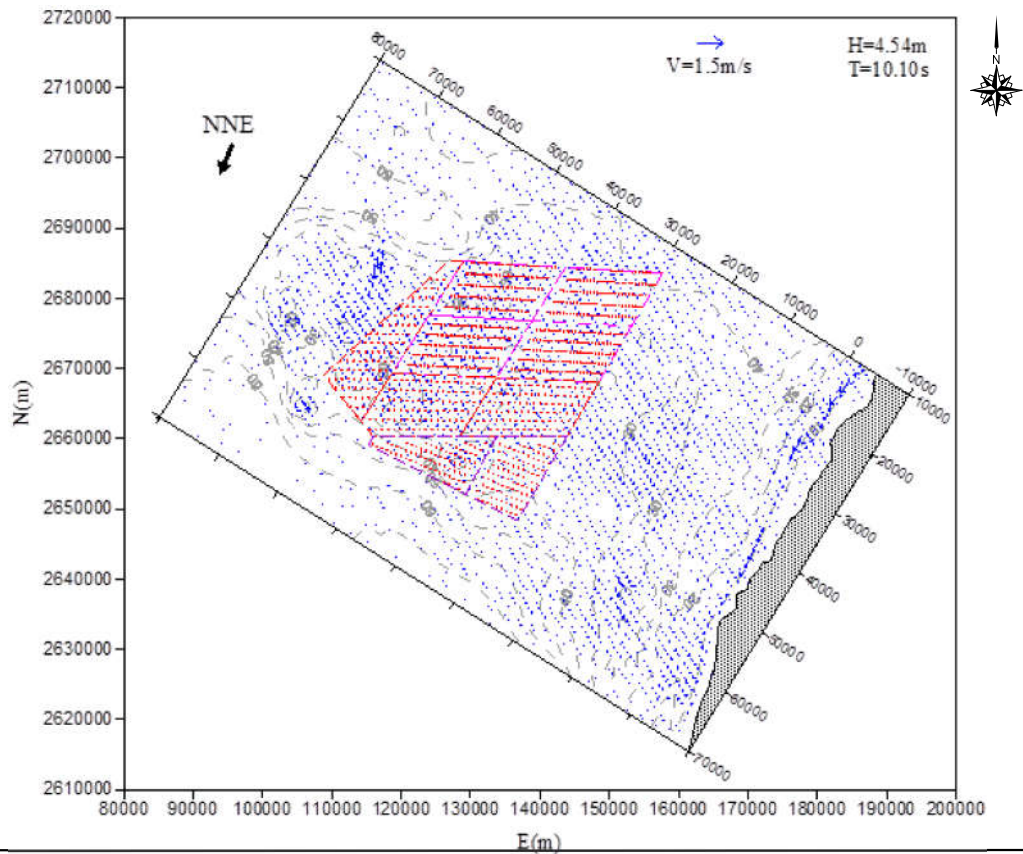


圖7.1.1-51 11~19號風場設置後冬季季風流場分佈圖(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

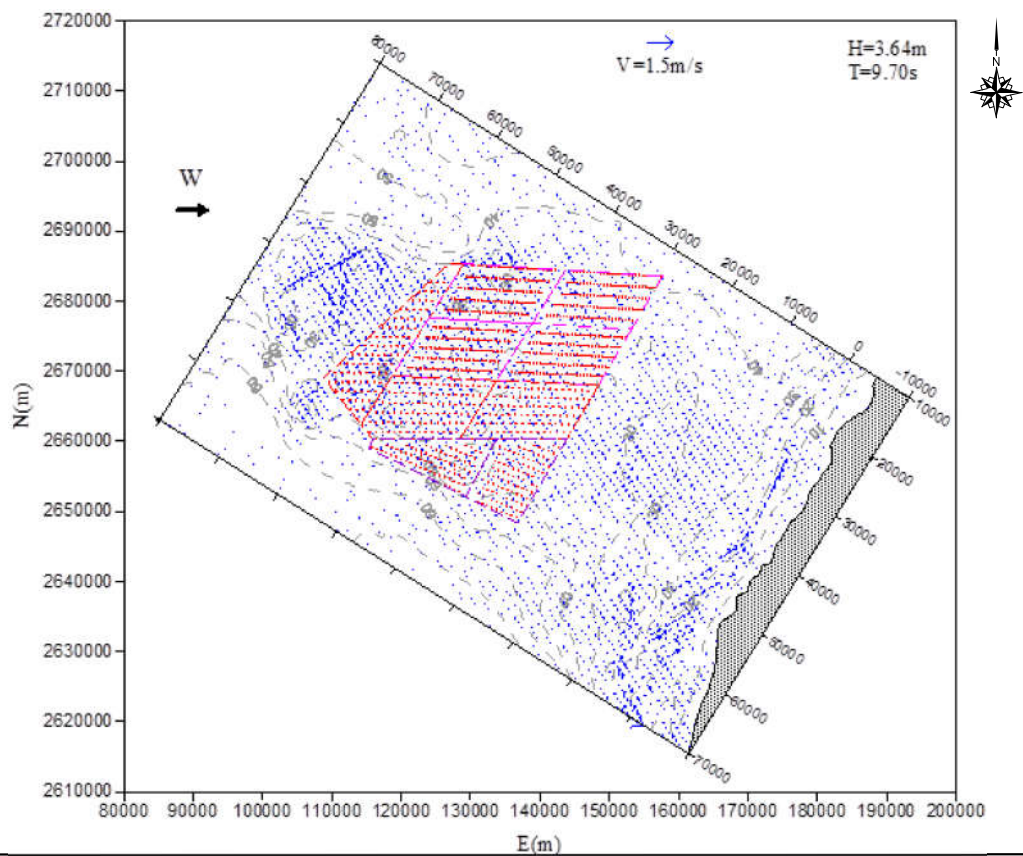


圖7.1.1-52 11~19號風場設置後夏季季風流場分佈圖(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

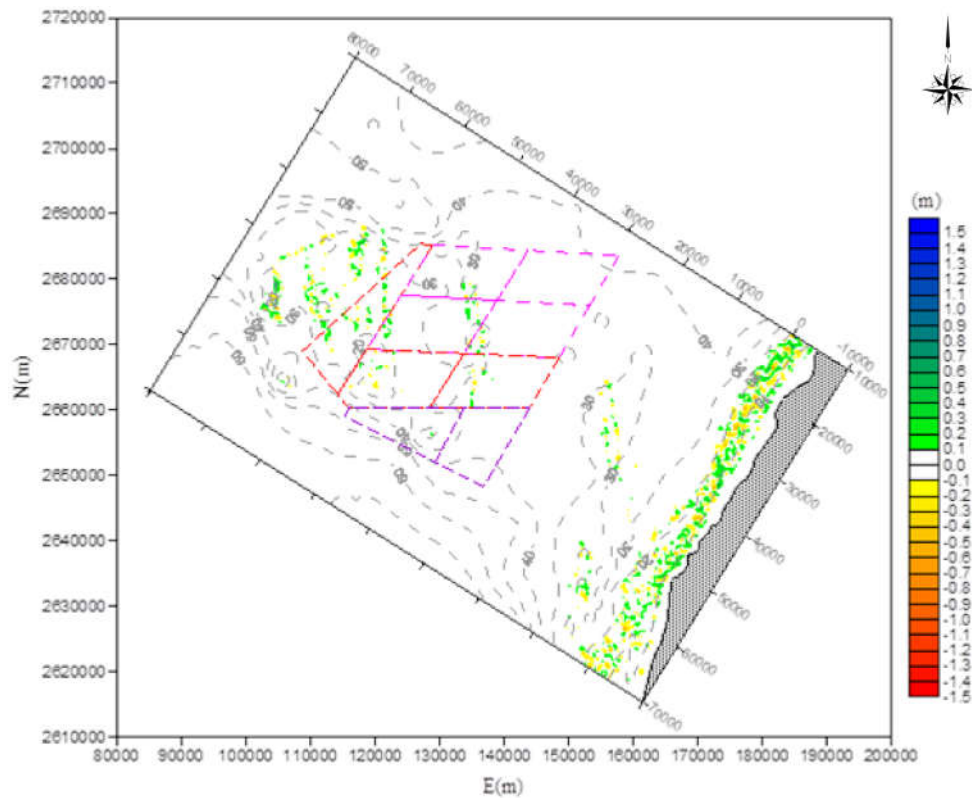


圖7.1.1-53 11~19號風場設置前附近海域數值模擬地形1年侵淤變化圖

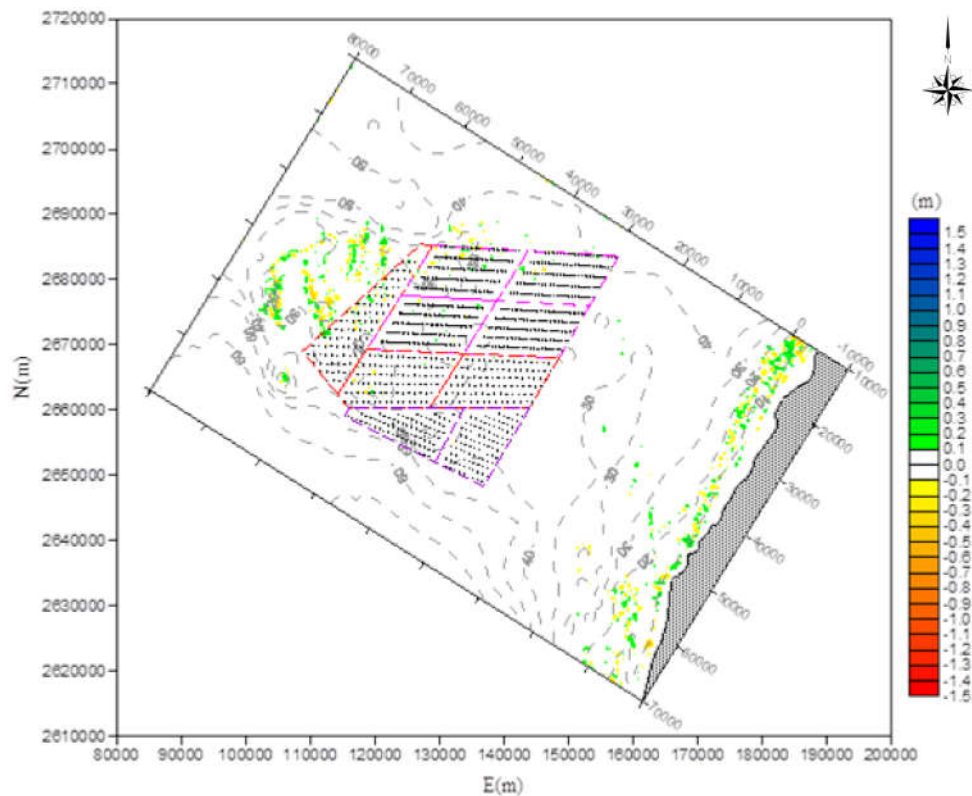


圖7.1.1-54 11~19號風場設置後附近海域數值模擬地形1年侵淤變化圖

二、地質

依據本計畫於 2016 年完成的第一次全區域海床測繪工作，在高解析的淺層地質震測調查作業中（Boomer 調查），並未觀察到可清楚辨識的斷層特徵。

(一) 地震與斷層

1. 第一次（2016 年）海域調查結果及過去調查資料

本計畫蒐集在開發區域內的其它地球物理資料，如：多頻道反射震測資料...等。依據過去調查結果，在開發區域內的深部地層（末次冰期不整合面以下），的確有多組斷層構造存在，但這些斷層構造並未有明顯切穿淺層地層（末次冰期不整合面以上）的證據存在。因此就初步的分析結果顯示，風機區位內的確有斷層或斷裂帶構造發生，但在末次冰期結束後（即約 10,000 年前至現今）的時間尺度內，並未有明顯的大規模相關構造發生，因此這些深部斷層構造應已長時間未再活動，對風機開發工作的致災影響可能性較低。另外，就中央氣象局自 1991 年以來於臺灣地震觀測網所進行全面性更新後的地震記錄而言，在臺灣中部的西側外海區域，特別是彰濱外海至澎湖的臺灣海峽東部區域，地震事件的記錄相當稀少，幾乎都是在規模 4 以下的地震事件，且在該海域也無任何的災害性地震事件發生；而以 1991 年以後在臺灣海峽中部所發生唯一一次的「大」地震事件記錄，發生在 2013 年 10 月，位在澎湖北方約 75 公里的海域，其規模也僅止於 4.7，且並未造成任何明顯災害。結合這些反射震測與地震資料，顯示在近數十年的尺度下，開發區域內發生大地震的機率，以及致災的可能性都相當低。

2. 第二次（2017 年）海域調查執行狀況

由於本計畫於 2016 年完成的第一次全區域海床測繪工作，其淺地層剖面是透過單聲爆炸器(Boomer)系統收集，其目的是為了收集高解析的地層資料，所以該系統採用的高頻訊號對地層的穿透力便相對有限。因此本計畫於今年（2017 年）再進行第二次開發區域內的海床測繪作業。今年與去年最大的不同點為採用穿透力較佳的火花放電式淺層地質震測調查作業（海床面下 100 公尺範圍內），同時搭配於 19 號風場內進行三孔鑽探取樣與試驗工作（深度 80 公尺以上），以及將於其中兩孔內進行海床下 30 公尺深度範圍內的震測圓錐貫入試驗（Seismic CPT），這些現場調查工作的執行將彌補初步調查作業不足的部分，建立完整之地質剖面模型，以利判定有無斷層或斷裂帶存在，同時可作為評估高潛勢土壤液化特性，透過上述鑽探採樣進行土壤分析及相關室內試驗，做為未來風機基礎設計與選位的重要參考依據。目前，現場調查作業已完成 85%，已收集到的資料仍在處理中，而該批資料將較去年之成果更為精確且更具參考價值，將作為基礎設計之依據；倘若仍有不足，將另行規劃第三次之海域補充調查。

本計畫結構設計施工前階段首先將進行詳細的機率型地震危害度分析以符合 API RP 2EQ 規範中 L3 的暴露等級並據以進行液化潛能分析。這些分析將包含所有台灣鄰近斷層對海龍場址的影響以及產生的機率危害曲線。

本計畫接著將進行 SHAKE 軟體分析，以獲得受當地土壤影響的局部設計頻譜。這些結果也將用於確認液化潛能，並基於比較兩個變量進行評估，分別為由預期地震荷載引起的循環應力比（CSR）；以及給定數量的加載循環中開始液化所需的循環應力比的循環液化阻力比（CRR）。此外，前期與後期的 CPT 資

料將用於計算 CRR 變化，以確定設計地震條件下的液化層。

透過上述地震分析的輸入，結構設計階段將去除局部土壤彈簧剛度來考慮分析中的液化層，地震分析將按照國際規範 IEC 61400-1 進行。

(二) 土壤液化

本計畫陸上降壓站及陸纜設計時將依現地高程及土壤調查結果納入設計考量以防範淹水、地層下陷甚至液化之情形發生。

本計畫在目前規劃階段初步採用的設計地震之控制斷層為彰化斷層。初步依「建築物耐震設計規範及解說」之構造物耐震設計考慮之設計基準地震(DBE)以 475 年再現週期之強地動水準為標的，即考慮使用年限為 50 年以下，超越機率 10% 的強地動水準；最大考量地震(MCE)則以 2500 年再現週期之強地動水準為標的，即考慮使用年限為 50 年以下，超越機率 2% 的強地動水準。

依據前述規範，地表水平向加速度值為短週期譜加速度值之 0.4 倍，故本工址 475 年再現週期(DBE)及 2500 年再現週期(MCE)之水平向地表加速度值分別為 0.22g 及 0.28g。地表垂直向 PGA 值亦依照規範一般震區規定，取為水平向值之 1/2，故為 0.11g 及 0.14g。

經由評估本場址地質特性，場址有發生土壤液化之可能，最大液化深度為海床面以下 20 公尺。以上的控制斷層、G-level、土壤液化潛能等資料將於工程結構設計前再依臺灣活躍的地質構造背景進行更詳細評估後確定。依據以上初步資料，基樁設計深度為海床面以下 65 到 100 公尺。

本計畫於後續土壤液化分析中除了考慮鄰近斷層及其產生的地震力進行地震危害度分析之外，亦會針對颱風波浪引致的海床土壤液化進行分析，除將參考波浪引致之海床土壤液化國外已有相關文獻，採用 Nataraja & Gill 簡易經驗法，針對海浪引起海床下土壤發生液化之潛能進行分析。根據海洋氣象報告中之建議，採用場址之設計回歸週期之顯著波高及其顯著波週期、波長等資訊進行評估。以了解海床土壤在颱風波浪影響下之液化發生程度。

三、初步結構設計安全分析

本計畫現階段已針對風場海域進行側掃聲納調查、底質剖面調查、鑽探取樣及圓錐貫入試驗(1 處鑽探孔及 4 處深海圓錐貫入試驗)、漂砂與底質等調查作業，已可初步掌握場址海域地形(貌)及地質狀況，並據以進行初步結構設計安全分析。

- (一) 風場位於地震活動度相對低之區域，且附近未有已知的活動斷層。
- (二) 本計畫是採用樁基礎規劃，設計時將海床長時間之變化量納入基礎細部設計考量，可不致影響風機結構安全。
- (三) 風機施工期間，透過基礎傾斜儀表監控，亦可使用預打樁，水下測量和夾墊片來調整基礎傾斜度。而風機運轉期間，也將藉由傾斜沉陷觀測即時監控。

本計畫基礎型式採用套筒式基礎，係依據彰化海域的地質、海象條件，同時考量颱風引起的暴潮和波浪及地震對海底基礎結構造成的影響，並以最大水深 50.0 公尺為設計基礎水深，另波浪對基礎沖刷採 5.0 公尺的普遍性沖刷。在波浪設計條件則以迴歸期 50 年最大波高 10.96 公尺為設計基準；設計水流亦採迴歸期 50 年流速 2.45 公尺/秒為設計基準(依據鹿港潮位站與台中港海象測站觀測統計資料分析結果)，風機的極端風力負荷亦採和波浪與水流同一方向；地震作用力則依 ISO 19901:2 之極端水準為標的進行基準

地震耐震設計，採用迴歸期 475 年加速度為 0.22G 及回歸期 2,500 年加速度為 0.28G 為設計基準，另地震對基礎沖刷以迴歸期 50 年最大沖刷達 8.5 公尺。在設計時已將海域的地質、海象、颱風及地震等極端氣候條件考量在內，並符合 ISO 19901:2 的耐震設計規範，以因應極端氣候所帶來之影響，以確保工程施工安全性。

本計畫後續細部設計階段將針對每一處風機及海纜設置/鋪設位置進行更高密度的調查，並依調查結果進行土壤液化、永久旋轉傾斜角度、最大樁載能力等詳細分析，以進行下部結構設計，及選用合適的風機基礎。風機基礎規格除將依循相關設計標準及規範外，亦將考量所有海床地形地貌及其他環境條件(如地震、颱風及極端氣候等)。因此，風機傾斜沈陷情況、土壤液化風險等，皆將被限制在可接受的範圍內。

7.1.2 水文及水質

一、地表水質

(一) 施工期間

1. 地表逕流

(1) 逕流係數(C)值

依據「水土保持技術規範」第 18 條之逕流係數之選擇參考表，採用逕流係數值如下：

- A. 本計畫陸上降壓站用地面積約為 13,200 平方公尺，無新闢施工道路，因此未來增加地表逕流之區域將僅限於降壓站之設施用地，因現況為草生地，逕流係數採用 0.45，施工階段逕流係數保守則採用 1.0。
- B. 本計畫組裝工作碼頭及後線工作腹地位於台中港，目前為既有之碼頭，現況地表為鋼筋混凝土鋪面，因此未來施工期間將不會增加地表逕流。

(2) 降雨強度(I)值

合理化公式中之降雨強度(I)推估依據「水土保持技術規範」第 16 條，公式如下：

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H \log T) \frac{A}{(t + B)^c}$$

$$I_{60}^{25} = \left(\frac{P}{25.29 + 0.094P} \right)^2 \quad A = \left(\frac{P}{-189.96 + 0.31P} \right)^2$$

$$B = 55 \quad C = \left(\frac{P}{-381.71 + 1.45P} \right)^2$$

$$G = \left(\frac{P}{42.89 + 1.33P} \right)^2 \quad H = \left(\frac{P}{-65.33 + 1.836P} \right)^2$$

式中，

T：重現期距(年)

t：降雨延時或集流時間(分)

I_t^T ：重現期距 T 年，降雨延時 t 分鐘之降雨強度(公釐/小時)

I_{60}^{25} ：重現期距 25 年，降雨延時 60 分鐘之降雨強度(公釐/小時)

P：年平均降雨量(公釐)

A、B、C、G、H：係數

取集流時間 10 分鐘，重現時距為 25 年，梧棲氣象測站民國 95~104 年之 10 年間年平均降雨量 1,385.90 公釐，代入上述公式計算後可求得彰化地區降雨強度 I_{10}^{25} 值為每小時 99.26 公釐。

(3)逕流量分析結果

合理化公式如下：

$$Q_p = \frac{1}{360} CIA$$

式中，

Q_p ：洪峰流量(立方公尺/秒)，

C：逕流係數(無單位)，

I：降雨強度(公釐/小時)，

A：集水區面積(公頃)。

將以上推估參數代入合理化公式後，可求得開發前降壓站工區總地表逕流量 Q_0 為 0.164 CMS；施工中逕流量 Q_1 為 0.364CMS，施工中較開發前增加 0.200 CMS 之逕流廢水。由於本計畫土地非屬農田水利會灌溉事業區域範圍，施工逕流廢水應無流入灌溉渠道之虞。

2.生活污水

本計畫之施工區將分為陸域輸電系統施工區及台中港碼頭施工區 2 處。評估依據係參考內政部營建署公告之「建築物污水處理設施設計技術規範」，住宿每人每日產生廢污水以 225 公升估算，非住宿每人每日產生廢污水以 100 公升估算。

陸域輸電系統施工區部分，因採階段性施工，尖峰時段施工人員僅約 30 人，且不會有駐紮施工場址之人員，故以每人每日產生廢污水 100 公升估算結果，最大污水產生量約 3.00CMD。

台中港碼頭施工區部分，尖峰時段施工人員約 30 人，其中駐紮工作碼頭人員以不超過 10 人為原則，則施工期間施工人員產生之污水量約為 4.25CMD。

若兩處工區同時施工，最大污水產出量亦僅約 7.25CMD，增量非常輕微。施工人員生活廢水皆將租用流動廁所處理或至鄰近既有建築物使用，不會恣意排入地面水體，本計畫施工期間施工人員污水對附近承受水體應無影響。

(二) 營運期間

本計畫離岸風力發電營運期間陸域輸電設施僅有少數操作維修人員及維修活動，且不抽取地下水，因此本計畫營運期間對地表水文水質及地下水水文水質無任何影響。

二、地下水

本計畫陸域輸電系統工程由於開挖深度有限，因此施工期間無需進行地下水抽水降壓，且降壓站開挖深度最大為 1~3 公尺，開挖深度不深且施工期間不長，不會造成任何地下水湧出之狀況，施工期間因地表逕流入滲影響對於地下水位雖會造成短期些微影響，但於施工結束後即可自然恢復，對本地區整體地下水文影響輕微。

本計畫開挖施工期間使用混凝土進行灌漿工作，並選用既有道路做為施工便道，