

本計畫以 SMC (Coastal Modeling System) 數值模式進行沿岸流模擬分析，以了解大膽島碼頭配置方案甲及方案乙所承受流況之影響程度，以為方案選定之參考。

(一) 沿岸流數值模擬

本計畫使用 SMC (Coastal Modeling System) 數值模式之水深平均流場模組 (Copla)，其理論說明如下：

波浪所衍生之近岸流流場，可由 Navier-Stokes Equation 經水深積分處理，將三維流場簡化為二維流場，得到之水深積分的連續方程式 (continuity equation) 和動量方程式 (momentum equation) 來描述。其中連續方程式 (continuity equation)：

$$\frac{\partial \bar{\eta}}{\partial t} + \frac{\partial(UH)}{\partial x} + \frac{\partial(VH)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$\eta = \eta(x, y, t)$ 為水位函數， $\bar{\eta}$ 為平均水位， $H = \eta + h$ ， U 為 x 方向之平均流速， V 為 y 方向之平均流速；其中沿岸與向離岸方向之動量方程式 (Momentum equation) 可分別以式(2)與(3)表示。

x ：沿岸方向 (Long-shore direction)

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{\rho H} \frac{\partial}{\partial x} (S_{xx}) + \frac{1}{\rho H} \frac{\partial}{\partial y} (S_{xy}) \\ + \frac{gU}{c^2 H} (U^2 + V^2)^{1/2} - \varepsilon \left[\left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) \right] = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

y ：向離岸方向 (Cross-shore direction)

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{1}{\rho H} \frac{\partial}{\partial x} (S_{xy}) + \frac{1}{\rho H} \frac{\partial}{\partial y} (S_{yy}) \\ + \frac{gV}{c^2 H} (U^2 + V^2)^{1/2} - \varepsilon \left[\left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) \right] = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

式(2)與(3)中 ε 為動量傳輸係數， g 為重力加速度

($g \approx 9.81 \text{m/sec}^2$)， ρ 為密度， c 為 Chezy 係數， $\varepsilon[(\partial^2 U / \partial x^2) + (\partial^2 U / \partial y^2)]$ 與 $\varepsilon[(\partial^2 V / \partial x^2) + (\partial^2 V / \partial y^2)]$ 分別表示 x 和 y 方向之側向混合力， $[gU / (c^2 H)](U^2 + V^2)^{1/2}$ 與 $[gV / (c^2 H)](U^2 + V^2)^{1/2}$ 分別表示為 x 和 y 方向之底床摩擦，而 $(\partial S_{xx} / \partial y) / \rho H$ 、 $(\partial S_{xy} / \partial y) / \rho H$ 與 $(\partial S_{yy} / \partial y) / \rho H$ 分別表示 x 和 y 方向之輻射應力項。另 S_{xx} 、 S_{xy} 與 S_{yy} 為輻射應力之分量，依照 Longnet Higgins 和 Steward (1964) 可以式(4)~(6)表示。

$$S_{xx}(x, y) = E \left(n \cos^2 \theta + n - \frac{1}{2} \right) \quad (4)$$

$$S_{yy}(x, y) = E \left(n \sin^2 \theta + n - \frac{1}{2} \right) \quad (5)$$

$$S_{xy}(x, y) = E \sin \theta \cos \theta \quad (6)$$

式中 θ 為波向角

$$n = C_g / C = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right]$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H_1^2 \quad \text{為波浪能量，} H_1 \text{ 為波高。}$$

另在不規則波之情況下，波浪之輻射應力表示如下：

$$S_{xx}(x, y) = \frac{1}{2} \rho g \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{i=1}^{N_\theta} |A_{ji}|^2 \left[n_j (1 + \cos^2 \theta_{ji}) - \frac{1}{2} \right] \quad (7)$$

$$S_{yy}(x, y) = \frac{1}{2} \rho g \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{i=1}^{N_\theta} |A_{ji}|^2 \left[n_j (1 + \sin^2 \theta_{ji}) - \frac{1}{2} \right] \quad (8)$$

$$S_{xy}(x, y) = \frac{1}{4} \rho g \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{i=1}^{N_\theta} |A_{ji}|^2 n_j \sin(2\theta_{ji}) \quad (9)$$

其中 $n_j = \frac{C_g}{C} = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right]$ ， θ_{ji} 表示不規則波之波向角，下標 j 表示頻率之分量，下 i 標表示方向之分量。

(二)模擬結果分析

大膽島配置方案開口略朝北向，故本計畫模擬以冬季季風波浪作用下，分別就碼頭現況、方案甲及方案乙配置下探究沿岸流狀況，結果如附圖 2-1~2-3 所示。由成果圖顯示，由於方案甲及方案乙配置規模差異不大，伸入外海之防波堤長度差異僅 40m，航道附近水域之流速流向差異並不大，說明如下：

1.現況

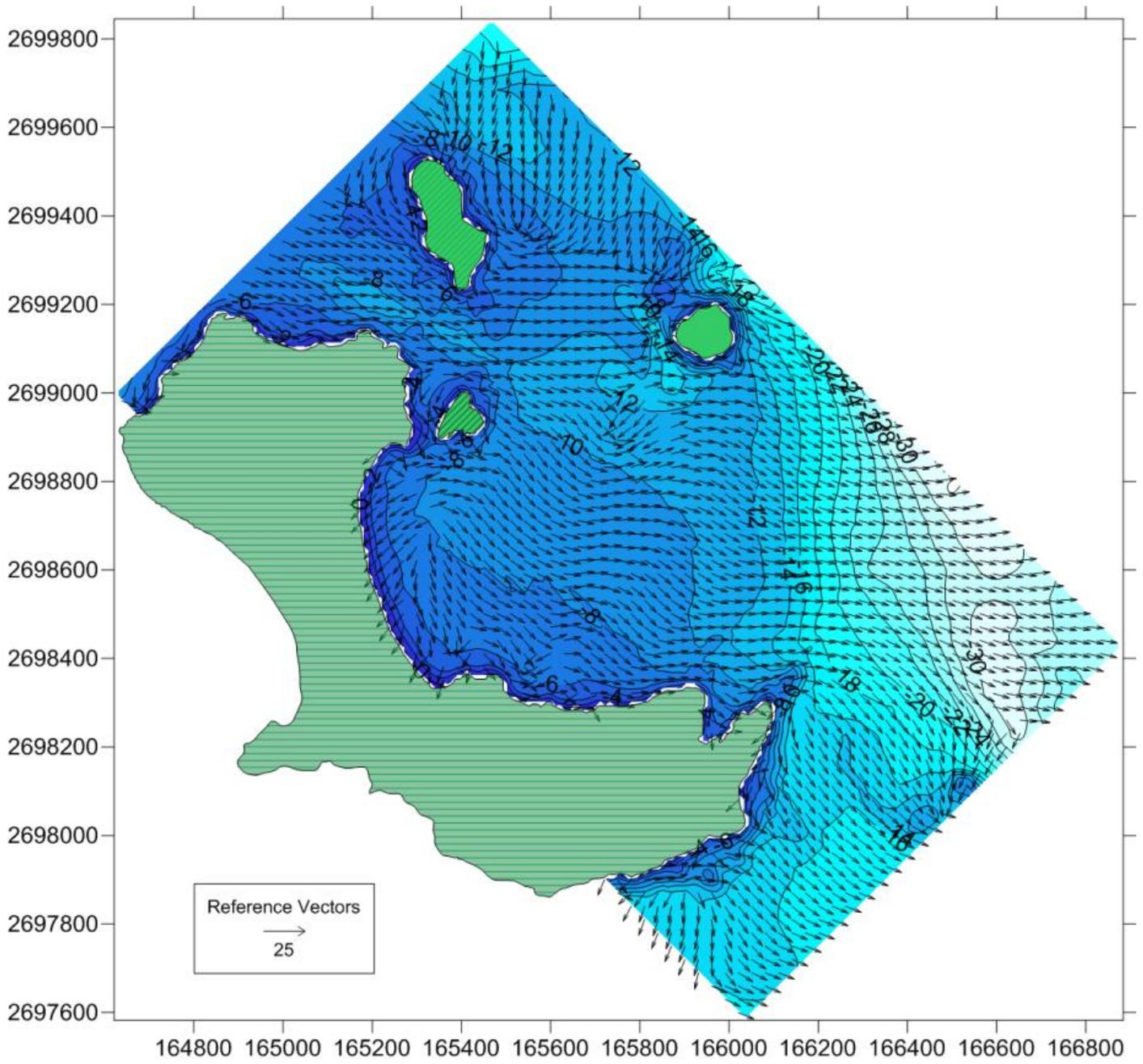
整個區域沿岸流流速都不大，流速大小分布於 1~48cm/s 間，流向由左側上游灣澳流至碼頭區灣澳，主要沿岸流沿左側岬頭流至灣澳外，部分則流入灣澳內，再沿灣澳左側流至右側出灣澳，流速主要分布於 1~3.8cm/s 間，如附圖 2-1 所示。

2.方案甲

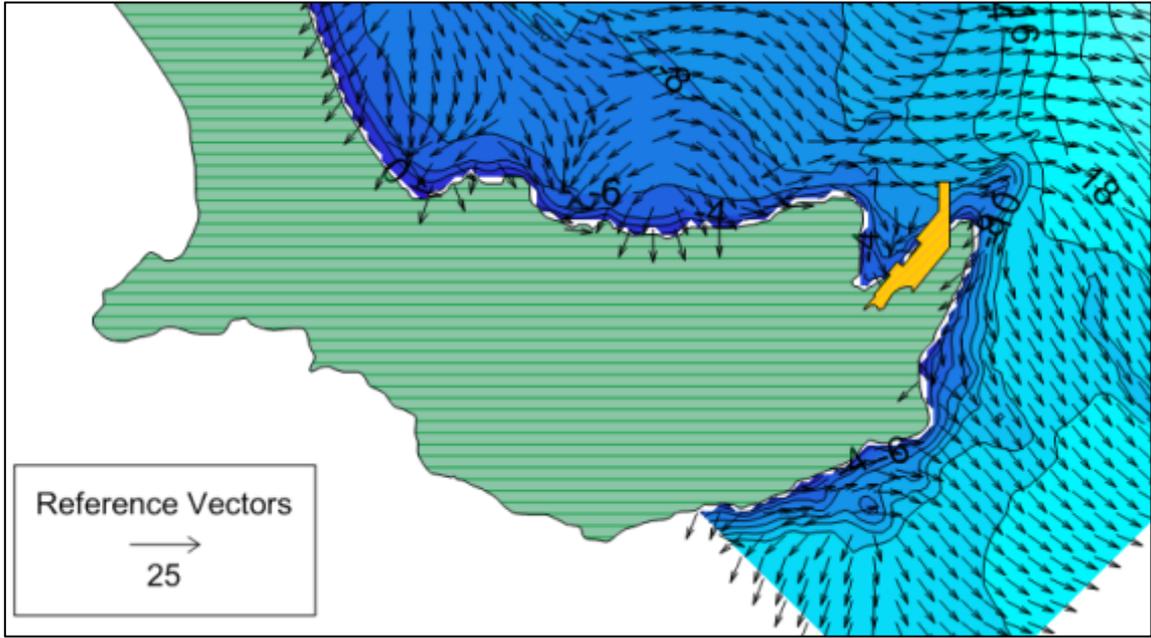
整個區域沿岸流流速大小及分布，與現況情形相近，但在碼頭工址附近，興建碼頭(方案甲配置)後流速分布較現況稍大，流速主要分布於 1~9.5cm/s 間，如附圖 2-2 所示。

3.方案乙

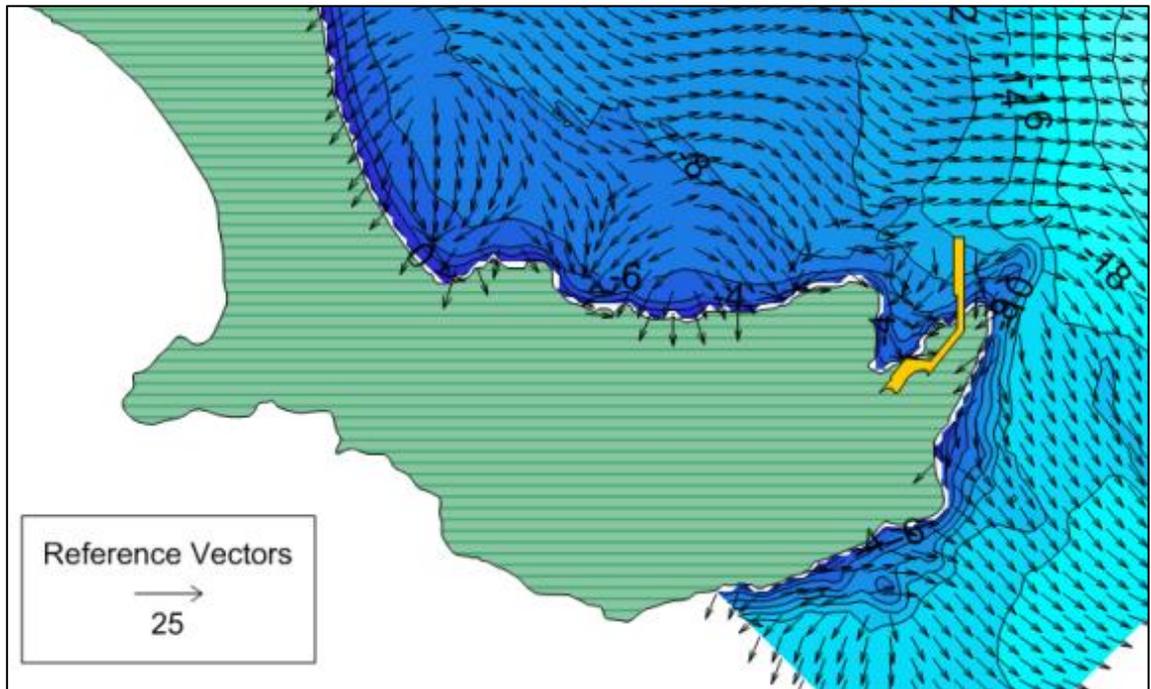
整個區域沿岸流流速大小及分布，與現況情形相近，於碼頭工址附近，興建碼頭(方案乙配置)後流速分布較現況稍大，較方案甲稍小，但差異不大，流速主要分布於 1~8.9cm/s 間，如附圖 2-3 所示。



附圖2-1 大膽碼頭附近海域冬季風浪沿岸流分布圖



附圖2-2 大膽碼頭配置方案甲冬季風浪沿岸流分布圖



附圖2-3 大膽碼頭配置方案乙冬季風浪沿岸流分布圖