

# 半潛式浮式風機拖航過程數值模擬

官彥翔 趙修武<sup>1</sup>

國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系

關鍵詞: 半潛式浮台、浮式風機、數值模擬、拖航、纜繩張力、運動響應

## 摘要

本研究數值模擬搭載SNL 13.2-MW風機的三種半潛式浮式風機在船速5節條件下的拖航行為，並且探討波高、波浪週期以及風速對於浮式風機運動響應以及纜繩張力的關係，其中三種半潛式浮台設計分別為圓碟型、圓柱型及駁船型浮台。考慮新竹外海的波浪條件，取總發生機率大於97%的六種海況進行模擬，假設風、浪、流向相同，浮式風機以拖航速度5節分別頂浪、側浪以及隨浪前進。首先以ANSYS AQWA預測基於勢流理論的浮式風機水動力特性，接著使用STAR-CCM+預測浮式風機浮台受到氣流以及海流作用下的阻力與力矩，並計算浮式風機在六自由度運動的阻力係數，然後使用ORCAFLEX模擬不同海況下半潛式浮式風機的運動響應以及纜繩張力，並檢核浮式風機的傾角是否符合拖航過程中風機傾角不能超過5°之規範。數值計算結果顯示，駁船型、圓柱型、圓碟型浮式風機分別具有最大傾角1.77°、6.29°、10.43°以及最大單一纜繩張力分別為3.74 kN、4.27 kN、4.83 kN。說明在這六種海況下，使用圓碟型以及圓柱型浮台的浮式風機應使用較低的拖航速度以滿足法規要求，使用駁船型浮台的浮式風機應具備使用更高的拖航速度的潛力。

---

<sup>1</sup>chausw@ntu.edu.tw

## 前言

目前全球能源轉型成為各國關注的議題之一，能夠降低二氧化碳排放的綠色能源成為趨勢，離岸風力發電也順勢成為各國綠能的發展重點。而臺灣海峽具有良好風力發電的潛力，也成為政府重點研究及開發的地點。我國預定於2026年後開發水深50 m以上之海域[1]，而在全球均致力於開發風力發電的大環境下，具有很大風能潛力的臺灣海峽，成為我國在發展離岸風電上的先天優勢[2]。浮式風機在水深及成本考量上都是非常適合於臺灣海峽水深大於50 m海域發展的風機系統。其安裝與施工相對簡單且快速。固定式風機首先以施工船舶進行支撐結構施工，然後將風機運輸至場址，在已完成的支撐結構上逐步組裝風機，所以需要相當長的施工作业時間，也導致施工容易受到海氣象條件的影響。浮式風機則採取在或船塢製作浮式平台並直接組裝風機的做法，再由拖船將組裝完畢的浮式風機拖至預定場址佈放，隨後連接繫泊系統以及電纜，經測試後便可進行商轉發電。在佈放浮式風機的過程中，最大的挑戰來自拖航過程中浮式風機沒有繫泊系統限制，因此運動幅度會加大進而對浮式風機系統的安全造成隱患。

## 浮式風機系統設計

本研究使用SNL 13.2-MW風機，詳細風機規格如表 1所示。浮式風機系統設計參數及幾何尺寸如表 2及圖 2所示。本研究使用3條長度為300 m、直徑為8.4 cm的纜繩進行半潛式浮式風機的拖航模擬，其斷裂張力為5.16 MN，纜繩參數及佈置如圖 1及表 3所示。

表 1 SNL13.2-MW離岸風機規格 [3]

額定功率 (MW)	13.2
轉子方向/配置	迎風/3葉片
塔柱高度 (m)	133.5
切入/額定/切出風速 (m/s)	3 / 11.3 / 25
切入/額定轉子速度 (rpm)	4.34/7.44
懸伸 (m)	8.16
轉軸傾斜 / 葉片前傾角度 (°)	5 / 2.5
轉子及機艙質量 (t)	1452
塔柱質量 (t)	554

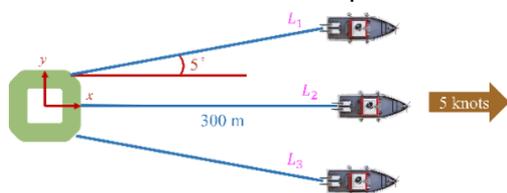


圖 1 拖航纜繩布置示意圖

表 2 浮式風機系統設計參數

	駁船型	圓碟型	圓柱型	
排水體積 ( $m^3$ )		35000		
重心 (m)	(0, 0, 5.90)	(0, 0, -10.09)	(0, 0, -23.46)	
對重心	$I_{xx}$	3.97	6.73	6.47

慣性矩( $10^{10} kg \cdot m^2$ )	$I_{yy}$	4.05	6.73	6.47
	$I_{zz}$	2.60	5.72	3.29

表 3 纜繩設計參數

長度 (m)	300
直徑 (cm)	8.4
單位重 (kg/m)	159.8
斷裂張力 (MN)	5.16

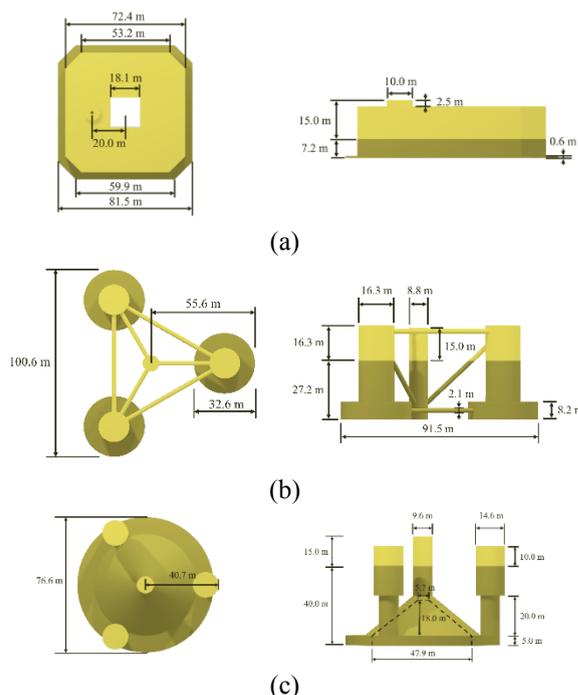


圖 2 浮式風機幾何尺寸:(a) 駁船型、(b) 圓柱型、(c) 圓碟型

## 研究方法

### 1. 浮式風機系統模擬

本研究使用ORCAFLEX軟體計算運動方程式，以預測浮式風機系統在各自由度的運動響應、浮式風機以及纜繩受力的時域結果。

$$\sum_{j=1}^6 (M_{ij} + A_{ij}) \ddot{x}_j + B_{ij} \dot{x}_j + C_{ij} x_j = F_e + F_o \quad (1)$$

其中 $M_{ij}$ 為浮式風機系統質量， $A_{ij}$ 為附加質量， $B_{ij}$ 為阻尼， $C_{ij}$ 為浮體剛性， $x_j$ 、 $\dot{x}_j$ 和 $\ddot{x}_j$ 分別為運動位移、速度和加速度， $F_e$ 為波激振力， $F_o$ 為浮式風機系統受海流、風力及繫纜等其他外力。 $i, j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ 分別對應六自由度運動。 $F_o$ 由OrcaFlex計算，以有限元素法求得繫纜受力。 $A_{ij}$ 、 $B_{ij}$ 、 $C_{ij}$ 及 $F_i$ 由ANSYS-AQWA求得。

## 2. 非黏性流模擬

本研究使用ANSYS-AQWA [4]，以基於三維勢流理論的小板法並假設線性低振幅波，求得浮式風機系統無黏性影響下的水動力係數。流場中的速度勢 $\Phi$ 可表示為：

$$\Phi(x, y, z, t) = \Phi(x, y, z)e^{-i\omega_w t}, \quad (2)$$

其中 $\Phi(x, y, z)$ 為速度勢的空間獨立項， $\omega_w$ 為波浪頻率， $t$ 為時間。 $\Phi(x, y, z)$ 可寫成：

$$\Phi(x, y, z) = \Phi_I + \Phi_D + \sum_{j=1}^6 \Phi_{Rj} x_j, \quad (3)$$

其中 $\Phi_I$ 為入射波速度勢， $\Phi_D$ 為繞射波速度勢， $\Phi_{Rj}$ 為 $j$ 自由度下的單位運動所產生的輻射波速度勢， $x_j$ 為 $j$ 自由度的運動振幅。在勢流理論假設下，速度勢會滿足拉普拉斯方程式：

$$\nabla^2 \Phi(x, y, z) = 0, \quad (4)$$

在線性理論下自由液面邊界條件為：

$$-\omega_w^2 \Phi + g \frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0 \text{ on } z = 0, \quad (5)$$

其中 $g$ 為重力加速度。海床邊界條件為：

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0 \text{ on } z = -h, \quad (6)$$

其中 $h$ 為水深。浮體表面邊界條件為：

$$\frac{\partial \Phi_R}{\partial n} = -i\omega_w n_j, \quad (7)$$

$$\frac{\partial \Phi_D}{\partial n} = -\frac{\partial \Phi_I}{\partial n}, \quad (8)$$

其中 $n_j$ 為浮體表面單位法線向量 $j$ 自由度的分量。而遠場速度勢為0。

## 3. 黏性流模擬

本研究使用計算流體力學軟體STAR-CCM+模擬浮式風機系統在不同海況下的阻力以及力矩。假設流體為不可壓縮，需滿足平均連續方程如式(9)，平均動量方程如式(10) [5]：

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial z_i} = 0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial \rho \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial (\rho \bar{u}_i \bar{u}_j)}{\partial z_j} = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial z_i} + \rho g_i + \frac{\partial}{\partial z_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial z_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial z_i} \right) \right] - \frac{\partial \rho \bar{u}_i \bar{u}_j}{\partial z_j}, \quad (10)$$

其中 $\bar{u}_i$ 為 $z_i$ 方向上平均速度的分量， $\bar{p}$ 為流體平均壓力， $\mu$ 為流體黏度， $\bar{u}_j$ 為 $z_j$ 方向上紊流速度的分量， $g_i$ 為 $z_i$ 方向上的重力項，下標 $j$ 分別表示為 $x$ 、 $y$ 和 $z$ 方向。接著使用SST  $k$ - $\omega$ 紊流模型如式(11,12)求解其紊流動能 $k$ 及消散率 $\omega$ ，以求得式(10)中的雷諾應力 $-\rho \bar{u}_i \bar{u}_j$ 。

$$\frac{\partial (\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho \bar{u}_j k)}{\partial z_j} = \tau_{ij} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial z_j} - \beta^* \rho \omega k + \frac{\partial}{\partial z_j} \left[ \left( \mu + \sigma_k \mu_t \right) \frac{\partial k}{\partial z_j} \right], \quad (11)$$

$$\frac{\partial (\rho \omega)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho \bar{u}_j \omega)}{\partial z_j} = \frac{\rho \gamma}{\mu_t} \tau_{ij} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial z_j} - \beta \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial z_j} \left[ \left( \mu + \sigma_\omega \mu_t \right) \frac{\partial \omega}{\partial z_j} \right] + 2 \left( 1 - F_1 \right) \frac{\rho \sigma_{\omega_2}}{\omega} \frac{\partial k}{\partial z_j} \frac{\partial \omega}{\partial z_j}, \quad (12)$$

其中 $\tau_{ij}$ 為剪應力、 $\mu_t$ 為紊流黏度， $\beta^*$ 、 $\sigma_k$ 、 $\beta$ 、 $\sigma_\omega$ 、 $F_1$ 及 $\sigma_{\omega_2}$ 為紊流模型係數。根據[6]，在模擬中浮台所受到海流以及風力的阻力及力矩可以用以下公式表示。

$$f_i = \frac{1}{2} C_i \rho V^2 A_i, \quad i = 1, 2, 3 \quad (13)$$

$$m_i = \frac{1}{2} C_i \rho V^2 A M_i, \quad i = 4, 5, 6 \quad (14)$$

其中下標 $i$ 分別表示六自由度運動， $f_i$ 表示受力， $m_i$ 表示受到的力矩， $C_i$ 為阻力或阻力矩係數， $V$ 為垂直受力方向的流體速度， $A_i$ 為該方向受力的截面積， $A M_i$ 可以簡化為該方向受力的體積[7]。

## 海況條件

表 4 新竹外海波況機率散布表[8]

$T_z$ (s) \ $H_s$ (s)	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5
0.5	14.79	41.96	5.49	0.44	0.02
1.5	0.31	12.23	18.31	0.70	-
2.5	-	0.02	4.35	0.90	0.04
3.5	-	-	-	0.35	0.02
4.5	-	-	-	0.04	0.02

本研究採用新竹外海的每小時海況統計資料，如表 4所示。使用發生機率大於4%的六個波浪條件，如表 4中的紅字所示，即涵蓋超過97%發生機率，設定流速為60km/hr [9]，海流速度0.93m/s。假設波向、風向及流向一致，考慮頂浪、隨浪及側浪三種航向與流向關係，並將拖航速度設為5節。根據各海況與航向的模擬結果，依據規範[10]所規定之最大橫傾角 $\phi_{max} < 5^\circ$ ，以及考慮拖航纜繩張力，評估三種半潛式浮式風機的性能優劣。

## 研究結果

### 1. 頂浪

圖 3為頂浪狀態下浮式風機的最大傾角。在六種海況下，駁船型浮式風機的最大傾角介於1.53°及1.77°之間，圓柱型浮式風機的最大傾角介於5.84°及6.29°之

間，圓碟型浮式風機的最大傾角介於 $9.32^\circ$ 及 $10.43^\circ$ 之間，其中圓碟型以及圓柱型在六種海況下皆不滿足 $\phi_{max} < 5^\circ$ 之規範。

圖 4 (a)為頂浪狀態下 $L_1$ 纜繩最大張力。在六種海況下駁船型浮式風機的 $L_1$ 纜繩最大張力介於1.58 MN及3.53 MN之間，圓柱型浮式風機的 $L_1$ 纜繩最大張力介於3.26MN及3.72 MN之間，圓碟型浮式風機的 $L_1$ 纜繩最大張力介於3.25 MN及3.74MN之間，三種浮式風機的 $L_1$ 纜繩最大張力皆小於斷裂張力5.16 MN。

圖 4 (b)為頂浪狀態下 $L_2$ 纜繩最大張力。在六種海況下駁船型浮式風機的 $L_2$ 纜繩最大張力介於1.63 MN及3.74 MN之間，圓柱型浮式風機的 $L_2$ 纜繩最大張力介於3.77MN及4.27MN之間，圓碟型浮式風機的 $L_2$ 纜繩最大張力介於4.50 MN及4.83MN之間，三種浮式風機的 $L_2$ 纜繩最大張力皆小於斷裂張力5.16 MN。

圖 4 (c)為頂浪狀態下 $L_3$ 纜繩最大張力。在六種海況下駁船型浮式風機的 $L_3$ 纜繩最大張力介於1.58 MN及3.61 MN之間，圓柱型浮式風機的 $L_3$ 纜繩最大張力介於3.27MN及3.73MN之間，圓碟型浮式風機的 $L_3$ 纜繩最大張力介於3.26 MN及3.75MN之間，三種浮式風機的 $L_3$ 纜繩最大張力皆小於斷裂張力5.16 MN。

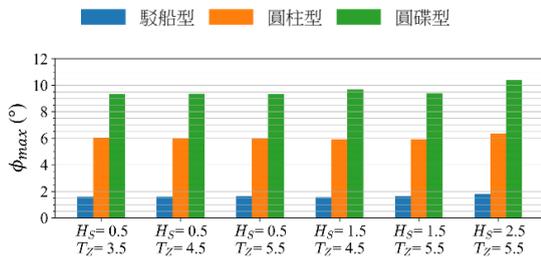
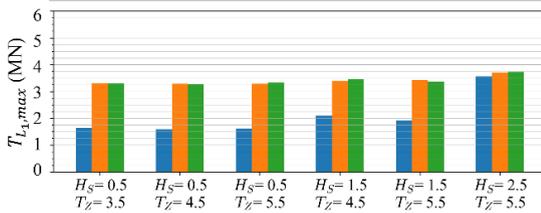
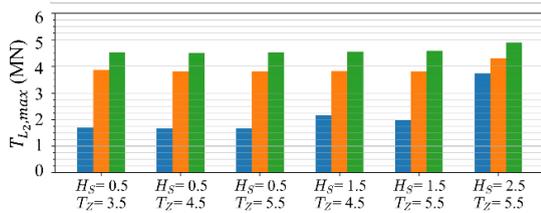


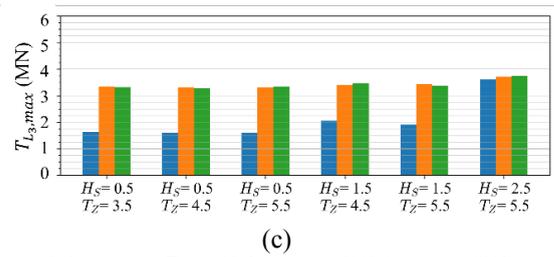
圖 3 頂浪情況下浮式風機最大傾角



(a)



(b)



(c)

圖 4 頂浪情況下最大張力: (a)  $L_1$ 纜繩、(b)  $L_2$ 纜繩、(c)  $L_3$ 纜繩

## 2. 側浪

圖 5 為側浪狀態下浮式風機的最大傾角。在六種海況下，駁船型浮式風機的最大傾角介於 $0.77^\circ$ 及 $0.91^\circ$ 之間，圓碟型浮式風機的最大傾角介於 $4.03^\circ$ 及 $4.21^\circ$ 之間，圓柱型浮式風機的最大傾角介於 $7.24^\circ$ 及 $7.42^\circ$ 之間，其中圓碟型在六種海況下皆不滿足 $\phi_{max} < 5^\circ$ 之規範。

圖 6 (a)為側浪狀態下 $L_1$ 纜繩最大張力。在六種海況下駁船型浮式風機的 $L_1$ 纜繩最大張力介於0.31 MN及0.40 MN之間，圓柱型浮式風機的 $L_1$ 纜繩最大張力介於0.48 MN及0.50 MN之間，圓碟型浮式風機的 $L_1$ 纜繩最大張力介於0.92 MN及0.98MN之間，三種浮式風機的 $L_1$ 纜繩最大張力皆小於斷裂張力5.16 MN。

圖 6 (b)為側浪狀態下 $L_2$ 纜繩最大張力。在六種海況下駁船型浮式風機的 $L_2$ 纜繩最大張力介於0.50 MN及0.53 MN之間，圓柱型浮式風機的 $L_2$ 纜繩最大張力介於3.12 MN及3.27 MN之間，圓碟型浮式風機的 $L_2$ 纜繩最大張力介於2.91 MN及3.08MN之間，三種浮式風機的 $L_2$ 纜繩最大張力皆小於斷裂張力5.16 MN。

圖 6 (c)為側浪狀態下 $L_3$ 纜繩最大張力。在六種海況下駁船型浮式風機的 $L_3$ 纜繩最大張力介於1.75 MN及3.61 MN之間，圓柱型浮式風機的 $L_3$ 纜繩最大張力介於2.95 MN及3.20 MN之間，圓碟型浮式風機的 $L_3$ 纜繩最大張力介於2.00 MN及2.02 MN之間，三種浮式風機的 $L_3$ 纜繩最大張力皆小於斷裂張力5.16 MN。

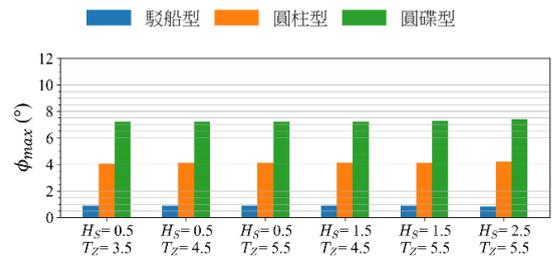


圖 5 側浪情況下浮式風機最大傾角

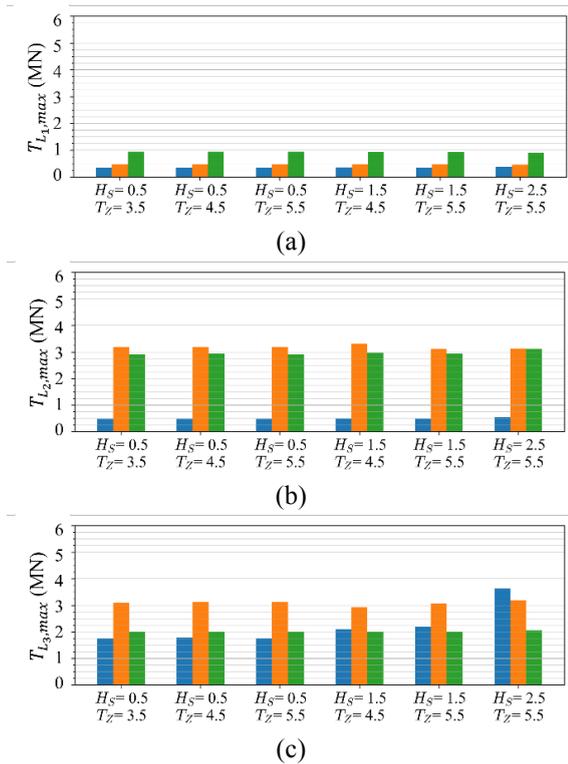


圖 6側浪情況下最大張力: (a)  $L_1$  纜繩、(b)  $L_2$  纜繩、(c)  $L_3$  纜繩

### 3. 隨浪

圖 7 為隨浪狀態下浮式風機的最大傾角。在六種海況下，駁船型浮式風機的最大傾角介於  $0.80^\circ$  及  $1.00^\circ$  之間，圓碟型浮式風機的最大傾角介於  $3.83^\circ$  及  $3.99^\circ$  之間，圓柱型浮式風機的最大傾角介於  $6.05^\circ$  及  $6.11^\circ$  之間，其中圓碟型在六種海況下皆不滿足  $\phi_{max} < 5^\circ$  之規範。

圖 8 (a) 為隨浪狀態下  $L_1$  纜繩最大張力。在六種海況下駁船型浮式風機的  $L_1$  纜繩最大張力介於  $0.25$  MN 及  $0.27$  MN 之間，圓柱型浮式風機的  $L_1$  纜繩最大張力介於  $0.52$  MN 及  $0.53$  MN 之間，圓碟型浮式風機的  $L_1$  纜繩最大張力介於  $0.71$  MN 及  $0.73$  MN 之間，三種浮式風機的  $L_1$  纜繩最大張力皆小於斷裂張力  $5.16$  MN。

圖 8 (b) 為隨浪狀態下  $L_2$  纜繩最大張力。在六種海況下駁船型浮式風機的  $L_2$  纜繩最大張力介於  $0.22$  MN 及  $0.25$  MN 之間，圓柱型浮式風機的  $L_2$  纜繩最大張力介於  $0.51$  MN 及  $0.53$  MN 之間，圓碟型浮式風機的  $L_2$  纜繩最大張力介於  $0.69$  MN 及  $0.71$  MN 之間，三種浮式風機的  $L_2$  纜繩最大張力皆小於斷裂張力  $5.16$  MN。

圖 8 (c) 為隨浪狀態下  $L_3$  纜繩最大張力。在六種海況下駁船型浮式風機的  $L_3$  纜繩最大張力介於  $0.22$  MN

及  $0.23$  MN 之間，圓柱型浮式風機的  $L_3$  纜繩最大張力介於  $0.52$  MN 及  $0.53$  MN 之間，圓碟型浮式風機的  $L_3$  纜繩最大張力介於  $0.68$  MN 及  $0.70$  MN 之間，三種浮式風機的  $L_3$  纜繩最大張力皆小於斷裂張力  $5.16$  MN。

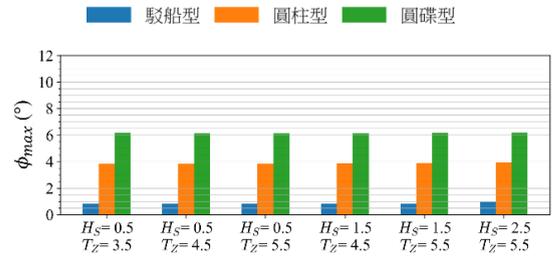
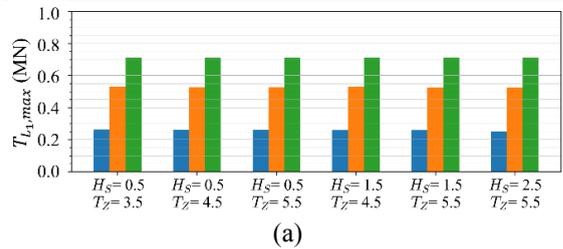
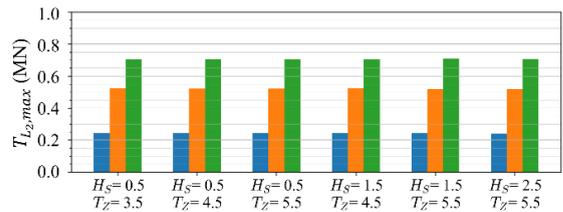


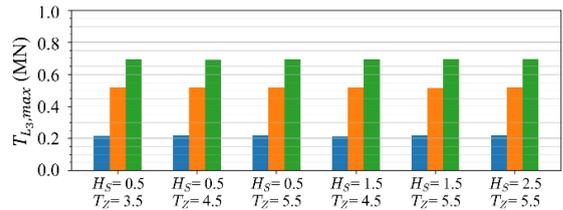
圖 7隨浪情況下浮式風機最大傾角



(a)



(b)



(c)

圖 8 隨浪情況下最大張力: (a)  $L_1$  纜繩、(b)  $L_2$  纜繩、(c)  $L_3$  纜繩

### 結論

本研究模擬搭載 SNL 13.2 MW 風機的駁船型、圓柱型以及圓碟型三種半潛式浮式風機在船速 5 節條件下的拖航行為。考慮新竹外海的波浪條件，取總發生機率大於 97% 的六種海況進行模擬，假設風、浪、流向相同，浮式風機頂浪、側浪以及隨浪前進。以 ANSYS AQWA 預測基於勢流理論的浮式風機水動力特性，並以 STAR-CCM+ 預測浮式風機浮台受到氣流以及海流作用下阻力係數，然後使用 ORCAFLEX 模擬半潛式風機的運動響應以及纜繩張力，並檢核浮式風機的傾角不能超過  $5^\circ$  之規範。

在頂浪情況下，駁船型、圓柱型、圓碟型浮式風機最大傾角分別為 $1.77^\circ$ 、 $6.29^\circ$ 、 $10.43^\circ$ ，表示駁船型浮式風機可以耐受更嚴峻的海況或能使用更快的拖航速度，而圓柱型及圓碟型浮式風機需要更低的拖航速度以滿足安全性規範。在側浪情況下，駁船型、圓柱型、圓碟型浮式風機最大傾角分別為 $0.91^\circ$ 、 $4.21^\circ$ 、 $7.42^\circ$ ，表示駁船型及圓柱型浮式風機可以耐受更嚴峻的海況或能使用更高的拖航速度，而圓碟型浮式風機需要更低的拖航速度以滿足安全性規範。在隨浪情況下，駁船型、圓柱型、圓碟型浮式風機最大傾角分別為 $1.00^\circ$ 、 $3.99^\circ$ 、 $6.11^\circ$ ，表示駁船型及圓柱型浮式風機可以耐受更嚴峻的海況或能使用更快的拖航速度，而圓碟型浮式風機需要更低的拖航速度以滿足安全性規範。從上述結果得知，在這六種海況條件以及風向與航向的條件下，駁船型浮式風機在拖航過程中最為穩定，其次為圓柱型，而圓碟型的穩定性在三者中最差。

### 參考文獻

- 1 Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs, "Four-Year Plan of Promotion for Wind Power," Taipei, Taiwan, 2019.
- 2 Industrial Technology Research Institute, "Wind Resource Assessment Handbook," Hsinchu, Taiwan, 2011.
- 3 Griffith, D.T., "The SNL100-02 Blade: Advanced Core Material Design Studies for the Sandia 100-meter Blade," Sandia National Laboratories, 2013.
- 4 *Aqwa Theory Manual*, ANSYS, inc., Pennsylvania, USA, 2024.
- 5 *Simcenter STAR-CCM+ User Guide, ver. 2310*, Siemens, Berlin, Germany, 2023.
- 6 *OrcaFlex Documentation Version 11.4c*, Orcina, Cumbria, UK, 2024.
- 7 Oil Companies International Marine Forum, "Prediction of Wind and Current Loads on VLCCs," London, 1994.
- 8 黃瑋華，水深變化對於浮動式風機淺水繫纜的設計影響，成功大學水利及海洋工程學系碩士論文，2020。
- 9 Gerwick, B.C., *Construction of Marine and Offshore Structures*, 3rd edition CRC Press, Boca Raton, FL., 2007
- 10 Marine operations and marine warranty, DNV-ST-N001, DNV, Norway, 2021.

## Numerical Simulation of Semi-Submersible Floating Offshore Wind Turbine in Towing Operation

Y. H. Kuan and S. W. Chau

Department of Engineering Science and Ocean Engineering, National Taiwan University

*Keywords: Semi-submersible Floating Platform, Floating Offshore Wind Turbine, Numerical Simulation, Towing, Towline Tension, Motion Response*

### ABSTRACT

This study investigates the towing behavior of three types of semi-submersible floating offshore wind turbine systems equipped with a SNL 13.2 MW wind turbine at the towing speed of 5 knots. It also explores the impact of wave height, wave period, and wind speed on the motion response and towline tension. Three examined semi-submersible floating platform designs are barge, column and disk types. Six metocean conditions of the Hsinchu offshore area with total occurrence possibility over 97% is selected. Under the assumption of wind, wave, and current sharing the same direction, the floating wind turbine system travels at a towing speed of 5 knots. First, the hydrodynamic properties of the floating offshore wind turbine based on potential flow theory are predicted using ANSYS AQWA. Then, the drag force and drag moment acting on the floating platform contributed by wind and currents are predicted using STAR-CCM+. Subsequently, the motion response of the semi-submersible floating offshore wind turbine and the tension of towlines are predicted under various sea conditions using ORCAFLEX, where the floating wind turbine has to comply with the regulation that the tilt angle during towing should not exceed  $5^\circ$ . Numerical results shows that the maximum inclination angle of barge, column and disk type floating offshore wind turbine is  $1.77^\circ$ ,  $6.29^\circ$  and  $10.43^\circ$ , respectively. The maximum tension of single towline is 3.74 kN, 4.27 kN and 4.83 kN, respectively. It indicates that under the studied conditions the floating wind turbine with a disk or column type platform is possible to use a lower towing speed to meet the regulation, while the floating wind turbine with a barge-shaped platform has the potential to utilize a higher towing speed.