

半潛式浮式風力發電平台之水動力特徵試驗分析

陳彤琳* 李珍邑* 林宗岳*¹

*國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系暨研究所
¹台大能源研究中心

關鍵詞：浮式風力發電，半潛式浮台，水動力係數，自由衰減試驗

國科會計畫編號：NSTC 112-2218-E-002-049

摘要

浮式風力發電機的性能取決於系統的運動特徵，運動系統的自然頻率和阻尼比之識別對於外型設計相當關鍵。本研究探討半潛式浮台在垂直方向三個運動自由度，起伏、橫搖、縱搖，之水動力係數。浮台外型使用臺大團隊針對 5MW 風力發電機設計。模型試驗為 1:100 的幾何縮尺模型進行自由衰減試驗，給定初始運動量並量測數據，依運動情況可得自然頻率，再求解運動方程式，以獲得附加質量與阻尼。實驗使用非線性阻尼運動方程式進行擬合，以提取各項水動力係數。實驗結果與基於黏性流體 STAR-CCM+ 的數值模擬比對，並探討其中的差異和相關因素，以利後續實驗或模擬上的改善。實驗結果用於預估浮台搭配風力發電機在實際海域中的運動和受力情況，進而確保系統運動穩定性。

前言

科學證實氣候變遷造成的影響已經相當緊急，氣候議題引發國際高度重視，各國紛紛提出能源轉型政策，國際再生能源總署 (IRENA) 對能源轉型的定義是，全球逐步、穩定改變以化石做為能源來源的習慣，並於 2050 年前打造零碳系統。各國政府期望在本世紀中前，減少化石燃料當作能源使用所產生的二氧化碳排放量，汰換成以再生能源為電力來源的技術，並將全球升溫幅度控制在工業化前水準的 1.5°C 以內，進而緩解對環境的衝擊。運用再生能源來實現能源轉型至關重要，因其效益不僅限於解決氣候危機。根據 IRENA 指出，能源轉型可以：1. 創造工作機會、帶動經濟成長 2. 促進永續發展 3. 減少污染，進而改善健康。

我國政府自 105 年 5 月啟動能源轉型，以「減煤、增氣、非核、展綠」為發展方向，完整擘劃我國再生能源發展路徑及策略，明訂 114 年再生能源裝置容量 29 GW 之政策目標，以太陽光電 (20 GW) 及離岸風電 (5.6 GW) 為推動主軸，同時積極布局前瞻能源發展 (如地熱、生質能、海洋能、氫能等)，另分別於 108 年及 112 年修正《再生能源發展條例》，優化推動法制環境，以確保電力穩定供應，兼顧降低空污及減碳，加速我國達成淨零轉型願景。離岸風電發展部分，我國政府規劃了三個階段來進行，至 112 年 11 月 5 日止，已完成 270 座離

岸風機安裝，累計設置量達 2.12 GW。為配合 2050 年淨零碳排政策，達成我國離岸風電目標，且海域空間有限，隨著開發水深上升，我國經濟部能源局決定投入浮動式風場開發驗證，透過示範計畫規劃我國推動浮動式離岸風電之法規、技術、基礎建設等面向之推動策略，風場規劃完工併網年度為 2028 年。

目前浮動式風機所使用的浮台形式以浮筒式 (Spar-buoy)、半潛式 (Semi-submersible) 及張力腿式 (Tension-leg) 三種為主流。浮筒式浮台是依靠圓筒狀的浮台與在結構下半部分的壓艙物來穩定整個平台，因此整體重心偏低，結構吃水深，僅適用於水深深度超過 100 公尺的水域；半潛式的浮台是由數個浮筒與圓柱相互連接，再由繫纜系統將浮台固定於指定區域搭配，所適用的水深廣。張力腿式的基礎是依靠具有張力的繫纜來維持平台的穩定，其錨碇只適用於特定的海床條件，錨鍊也須承受較高的負荷。考量臺灣海峽的水深和地質條件，浮筒式浮台和張力腿式浮台的適用性相對較低。相較之下，半潛式浮台更有潛力成為可行的選擇。

浮台在風波流的影響下，會產生六種運動自由度，包含縱移 (Surge)、橫移 (Sway)、起伏 (Heave)、橫搖 (Roll)、縱搖 (Pitch) 及平擺 (Yaw)，進而影響風機的發電效率，透過識別運動系統的自然頻率和阻尼得知浮台運動特徵，這對於浮台外型設計相當關鍵。本研究之浮台外型使用臺大團隊針對 5 MW 風

¹ 聯絡作者 林宗岳 (tylin110@ntu.edu.tw)

力發電機的設計，對於垂直方向三個運動自由度進行自由衰減試驗，以及基於黏性流體的 STAR-CCM+數值模擬，分析其水動力特性，並將兩者進行比對，探討其中的差異及因素，以利後續實驗或模擬上的改善。

浮台模型

1. 模型製作

本研究所使用的模型為 1:100 的幾何縮尺模型，其主要尺寸列於表 1 中，吃水為 12.3 公分、排水體積為 11619.32469 立方公分。模型的製作中，主體材料選擇壓克力，由於連結處流線型部份幾何外型較複雜，故選用熱熔式 3D 列印技術搭配聚乳酸塑膠 (PLA) 材料製作，模型外觀如圖 1。

2. 重心量測

為了評估浮台運動特性，必須準確測定其重心位置。本研究將兩臺電子秤水平置放，與浮台欲測量之座標軸垂直，量測各自之重量，依據式(1)計算該方向的重心位置，進而得到模型的重心位置。

$$G_i = \frac{m_2}{m_1+m_2}L \quad (1)$$

其中 G_i 為未壓載浮台之重心， m_1 為左側電子秤數值， m_2 為右側電子秤數值， L 為浮台置於兩電子秤之間的距離。

浮台加壓載之總重心透過式(2)得出，最終重心位置 (30.44, -0.06, 7.30) cm，座標系定義如圖 2 所示。

$$G = \frac{\sum_{i=0}^n m_i \cdot x_i}{\sum_{i=0}^n m_i} \quad (2)$$

其中 G 為整體重心， m_i 為壓載重量， x_i 為壓載重心位置。

表 1 浮台尺寸

	實尺寸	1/100 縮尺	實際模型
長	79.32 m	79.32 cm	79.2 cm
寬	93.45 m	93.45 cm	92.9cm
高	30 m	30 cm	29.9 cm



圖 1 浮台模型

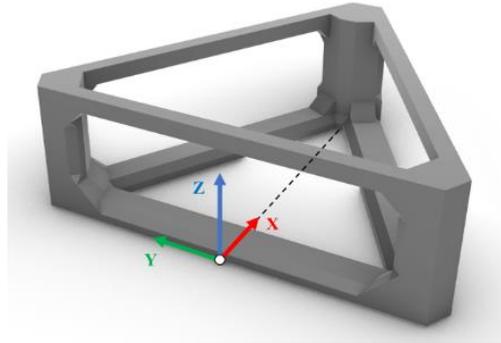


圖 2 座標方向定義

3. 轉動慣量量測

轉動慣量是指一個物體對於其旋轉運動的慣性大小。物體對於某轉軸的轉動慣量決定對於此物體繞著轉軸進行某種角加速度運動所需要施加的力矩。

量測浮台轉動慣量的方法採用雙線擺[4]方式，如圖 3 所示，Michael Koken 提到在進行轉動慣量前，需先透過單擺試驗進行確認，試驗結果透過式(3)所算得之重力值 g 與實際值夠接近，便可以對物體施予小角度的轉動，並透過式(4)算出浮台的轉動慣量。

$$g = \frac{4\pi^2 h}{T^2} \quad (3)$$

$$I = \frac{MgD^2 T^2}{16\pi^2 h} \quad (4)$$

其中， h 為繩長， T 為擺盪週期， M 為浮台重量， D 為繩間距離。

浮台加壓載之總轉動慣量透過式(5)得出，試驗所得出的重力值、誤差與轉動慣量如表 2 所示，可見誤差值均於 5% 內，屬可接受範圍。

$$I = I_0 + \sum_{n=1}^n m_i r^2 \quad (5)$$

自由衰減試驗

自由衰減試驗是給定模型初始位移或角度，釋放後讓其自然運動，由於受水動力特性影響，運動量會逐漸減小歸於平穩，依量測數據，可得自然頻率，再求解運動方程式，以獲得附加質量與阻尼。由於錨鍊及錨碇系統尚未完成，本研究未考慮水平三個運動自由度，只考慮垂直方向三個運動自由度，起伏、橫搖、縱搖。

表 2 轉動慣量量測結果

	重力值(m/s ²)	誤差值(%)	轉動慣量(kg*m ²)
I_{xx}	10.13	3.24	0.67
I_{yy}	10.28	4.75	0.51
I_{zz}	9.87	0.61	1.00

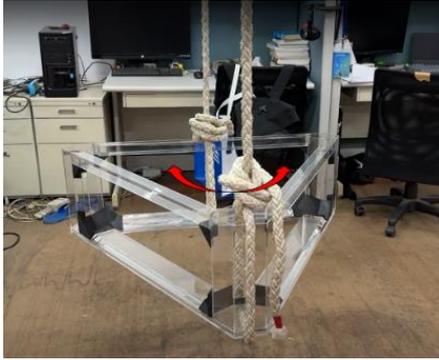


圖 3 雙線擺試驗

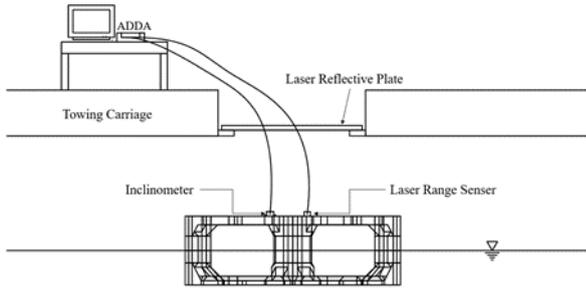


圖 4 實驗設置

實驗測量儀器使用一個雷射測距儀測量起伏之運動量，以及一個二軸傾角儀量測橫搖與縱搖之運動角度，並透過有線傳輸將實驗數據經數位類比轉換器，輸出至電腦，實驗設置如圖 4 所示。

1. 線性阻尼運動方程式分析方法

假設阻尼為線性，分析方法如下，起伏方向運動方程式為式(6)，其中， m 為附加質量， C_z 為起伏之阻尼係數， k_z 為起伏之彈簧係數， x_z 為起伏運動量。起伏之彈簧係數 k_z 為式(7)，其中 ρ 為水密度， A_w 為浮台之水線面面積。起伏之阻尼比 ζ_z 為式(8)，其中， z_i 為最大振幅。起伏之自然頻率 ω_z 為式(9)，其中， T_d 為衰減週期。由式(9)可得出附加質量 m ，如式(10)。定義起伏之臨界阻尼係數 C_{zc} 為式(11)，即可得出起伏之阻尼係數 C_z 為式(12)。

$$(M + m)\ddot{x}_z + C_z\dot{x}_z + k_zx_z = 0 \quad (6)$$

$$k_z = \rho g A_w \quad (7)$$

$$\zeta_z = \frac{\ln \frac{z_i}{z_{i+1}}}{\sqrt{(\ln \frac{z_i}{z_{i+1}})^2 + 4\pi^2}} \quad (8)$$

$$\omega_z = \frac{2\pi}{T_d \sqrt{1 - \zeta_z^2}} = \sqrt{\frac{k_z}{M + m}} \quad (9)$$

$$m = \frac{k_z}{\omega_z^2} - M \quad (10)$$

$$C_{zc} = 2\sqrt{k_z(M + m)} \quad (11)$$

$$C_z = \zeta_z \times C_{zc} \quad (12)$$

橫搖及縱搖運動也能依同樣方法分析，假設橫搖及縱搖之運動方程式如式(13)，其中， I 為模型轉動慣量， I_θ 為附加轉動慣量， C_θ 為橫搖或縱搖之阻尼係數， k_θ 為橫搖或縱搖之彈簧係數， θ 為橫搖或縱搖之轉動角度。橫搖或縱搖之彈簧係數 k_θ 為式(14)，其中， \overline{GM} 為定傾中心至重心的距離。轉動之阻尼比 ζ_θ 為式(15)，其中， θ_i 為最大振幅。轉動之自然角頻率 ω_θ 為式(16)，由式(16)可得出附加轉動慣量 I_θ ，如式(17)。定義起伏之臨界阻尼係數 $C_{\theta c}$ 為式(18)，即可得出起伏之阻尼係數 C_θ 為式(19)。

$$(I + I_\theta)\ddot{\theta} + C_\theta\dot{\theta} + k_\theta\theta = 0 \quad (13)$$

$$k_\theta = Mg\overline{GM} \quad (14)$$

$$\zeta_\theta = \frac{\ln \frac{\theta_i}{\theta_{i+1}}}{\sqrt{(\ln \frac{\theta_i}{\theta_{i+1}})^2 + 4\pi^2}} \quad (15)$$

$$\omega_\theta = \frac{2\pi}{T_d \sqrt{1 - \zeta_\theta^2}} = \sqrt{\frac{k_\theta}{I + I_\theta}} \quad (16)$$

$$I_\theta = \frac{k_\theta}{\omega_\theta^2} - I \quad (17)$$

$$C_{\theta c} = 2\sqrt{k_\theta(I + I_\theta)} \quad (18)$$

$$C_\theta = \zeta_\theta \times C_{\theta c} \quad (19)$$

2. 二階非線性阻尼運動方程式分析方法

起伏二階非線性阻尼運動方程式如式(20)，其中 C_z' 為線性輻射阻尼， C_z'' 為二階黏性阻尼。橫搖及縱搖之二階非線性阻尼運動方程式如式(21)，其中 C_θ' 為線性輻射阻尼， C_θ'' 為二階黏性阻尼。使用一階尤拉步進法計算位移與速度，如式(22)-(25)， \dot{x} 與 $\dot{\theta}$ 則由式(22)及式(23)求出。

$$(M + m)\ddot{x}_z + C_z'\dot{x}_z + C_z''x_z|\dot{x}_z| + k_zx_z = 0 \quad (20)$$

$$(I + I_\theta)\ddot{\theta} + C_\theta'\dot{\theta} + C_\theta''\dot{\theta}|\dot{\theta}| + k_\theta\theta = 0 \quad (21)$$

$$x_{n+1} = x_n + \dot{x}_n \times \Delta t \quad (22)$$

$$\dot{x}_{n+1} = \dot{x}_n + \ddot{x}_n \times \Delta t \quad (23)$$

$$\theta_{n+1} = \theta_n + \dot{\theta}_n \times \Delta t \quad (24)$$

$$\dot{\theta}_{n+1} = \dot{\theta}_n + \ddot{\theta}_n \times \Delta t \quad (25)$$

將步進法結果與實驗數據的誤差平方，再以 GRG 非線性規劃求解方法[5]，使誤差平方加總為最小值，求得變數 m 、 I_θ 、 C_z' 、 C_z'' 、 C_θ' 及 C_θ'' 。

數值方法

數值模擬採用基於黏性流體的 STAR-CCM+，求解暫態雷諾平均納維－斯托克斯方程 (RANS)，以獲得流體動力特性。為與實驗結果比較，將模擬條件與實驗設置相同，匯入 1:100 幾何縮尺模型於流場中，流場條件為臺大工海水槽，測試區域長 12 米、寬 8 米、水深 4 米。邊界條件除底面假設為牆，其餘皆為速度入口，其中初始速度定為 0，物理條件設置為尤拉多項流和暫態，採 VOF 法及 k - ε 模型。針對自由液面及物體進行加密，網格如圖 5 所示，將浮心定義為座標原點，轉動中心定義於重心。

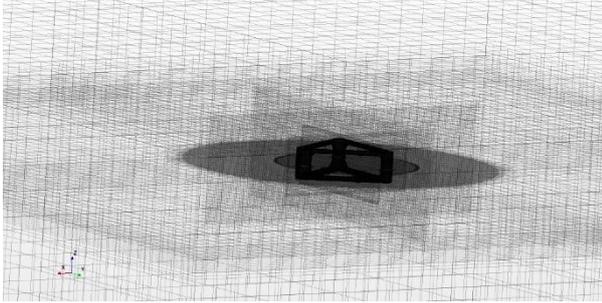


圖 5 數值模擬之網格設置

對浮式平台進行強制運動，給定初始速度 V_z 為式(26)，其中 β 為運動振幅。進而得知運動為簡諧之起伏力 F_{ZE} 為式(27)，其中， α 為 F_E 之運動振幅， ψ 為 x_z 與 F_E 的相位差。

$$V_z = \beta \omega_z \cos(\omega_z t) \quad (26)$$

$$F_{ZE} = \alpha \sin(\omega_z t + \psi) \quad (27)$$

強制運動分析方如下，假設起伏運動分程式為式(28)，其中 x_z , \dot{x}_z , \ddot{x}_z 分別為強制運動之位移、速度、加速度。根據尤拉方程，式(28)可改寫成式(29)，經過推導後，可得 β 與 ψ 。透過模擬之數據 F_{ZE} 帶入解聯立方程，便可得數值方法之 m 及 C_z 。

$$F_{ZE} = (M + m)\ddot{x}_z + C_z\dot{x}_z + k_z x_z \quad (28)$$

$$\beta e^{i\omega_z t} (-M\omega_z^2 + iC_z\omega_z + k_z) = \alpha e^{i\psi} e^{i\omega_z t} \quad (29)$$

$$\beta = \frac{\alpha}{\sqrt{(k_z - (M+m)\omega_z^2)^2 + (C_z\omega_z)^2}} \quad (30)$$

$$\psi = \tan^{-1} \frac{C_z\omega_z}{k_z - (M+m)\omega_z^2} \quad (31)$$

同理分析橫搖與縱搖，給定初始速度 V_θ 為式(32)，其中 B 為轉動振幅。假設強制轉動之受力為式(33)，其中， A 為 $F_{\theta E}$ 之運動振幅， ϕ 為 θ 與 $F_{\theta E}$ 的相位差。強制轉動方程式如式(34)。經過一樣的推導後，可得 B 與 ϕ 。解聯立方程可得數值方法之 I_θ 及 C_θ 。

$$V_\theta = B\omega_\theta \cos(\omega_\theta t) \quad (32)$$

$$F_{\theta E} = A \sin(\omega_\theta t + \phi) \quad (33)$$

$$F_{\theta E} = (I + I_\theta)\ddot{\theta} + C_\theta\dot{\theta} + k_\theta\theta \quad (34)$$

$$B = \frac{A}{\sqrt{(k_\theta - (I + I_\theta)\omega_\theta^2)^2 + (C_\theta\omega_\theta)^2}} \quad (35)$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{C_\theta\omega_\theta}{k_\theta - (I + I_\theta)\omega_\theta^2} \quad (36)$$

自由衰減運動實驗結果探討

本次實驗對三個垂直方向分別採用三組不同壓載，各進行三次自由衰減試驗，以確保結果的可靠性，起伏運動如圖 6，橫搖運動如圖 7，其結果如圖 8，原始數據如表 3 及表 4，其中運動振幅為第一峰值與第二峰值之平均。由於縱搖與起伏為耦合運動，在三個柱體外型不一的情況下，縱搖運動受起伏運動影響更加劇，本次實驗模型恰好為此狀況，由圖 8 之縱搖運動可見，然而本研究未針對耦合運動進行分析，故縱搖之水動力係數分析結果不予探討。

以線性阻尼運動方程式分析之結果，起伏運動之附加質量為 23.57 kg，橫搖運動之附加轉動慣量為 1.41 kg*m²。由於附加質量及附加轉動慣量受自然頻率影響，故分析之各組數據相近，而阻尼係數與初始運動振幅相關，線性阻尼趨勢線如圖 9 及圖 10 所示，可見運動振幅越大，阻尼係數也越大，兩者呈現正相關，由於分析之阻尼比並非定值，因此推論阻尼運動方程式為二階方程式。

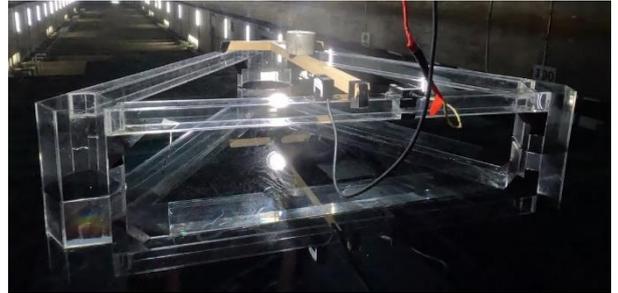


圖 6 起伏自由衰減試驗

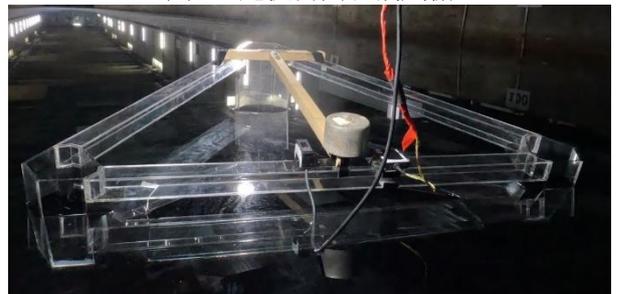


圖 7 橫搖自由衰減試驗

以二階非線性阻尼運動方程式分析之結果，起伏運動之附加質量為 22.62 kg，橫搖運動之附加轉動慣量為 1.35 kg*m²，起伏運動及橫搖運動各別之線性輻射阻尼 C_z' 及 C_θ' 、高階黏性阻尼 C_z'' 及 C_θ'' 分析結果如表 5 及表 6。

表 3 起伏實驗平均初始數據

運動振幅(cm)	ω_z (rad/s)	m (kg)	C_z (kg*m)
2.522	2.762	23.283	9.379
3.575	2.783	22.909	28.414
4.202	2.757	23.511	31.971

表 4 橫搖實驗平均初始數據

運動振幅(deg)	ω_θ (rad/s)	I_θ (kg*m ²)	C_θ (kg*m ² /s)
3.558	3.371	1.414	5.474
4.320	3.373	1.413	7.489
6.371	3.374	1.396	10.984

表 5 起伏運動之二階阻尼分析結果

初始振幅(cm)	m (kg)	C_z' (kg*m)	C_z'' (kg/m)
2.87	21.907	19.02	0.60
4.85	23.641	21.61	1.24
6.14	23.618	18.09	2.13

表 6 橫搖運動之二階阻尼分析結果

初始振幅(deg)	I_θ (kg*m ²)	C_θ' (kg*m ² /s)	C_θ'' (kg*m)
4.89	1.390	0.97	0.14
6.67	1.396	1.23	0.12
10.79	1.277	3.12	0.03

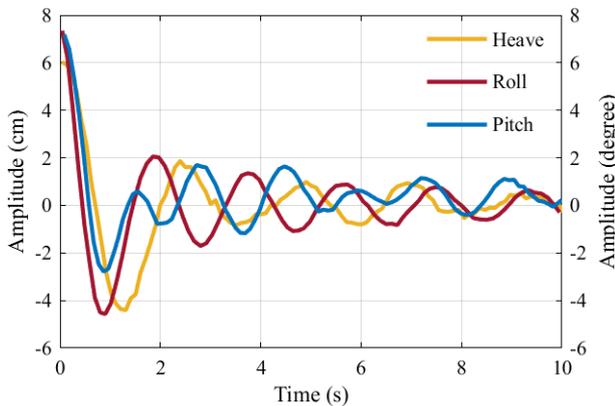


圖 8 振幅及角度隨時間衰減

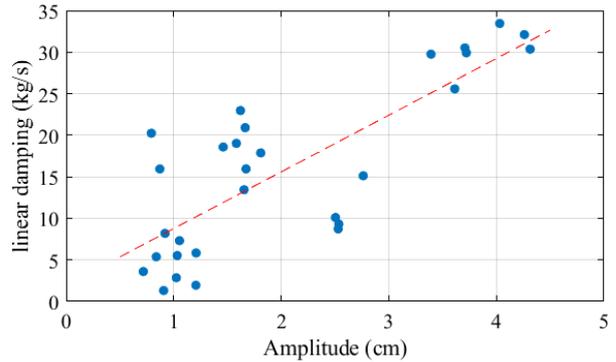


圖 9 起伏運動之線性阻尼趨勢線

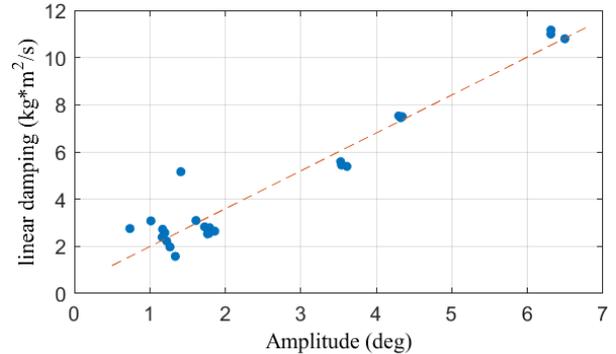


圖 10 橫搖運動之線性阻尼趨勢線

計算模擬結果探討

計算模擬對三個自由度進行強制運動，自然頻率採實驗分析結果之平均，由表 3 及表 4 得知，並監測其運動，各自由度運動之水面波型圖如圖 11 及圖 12，原始數據如表 7 及表 8。

計算模擬強制運動分析之結果，起伏運動之附加質量為 18.83 kg，橫搖運動之附加轉動慣量為 1.19 kg*m²。透過表 7 及表 8 之振幅與阻尼數據，以最小平方方法繪出線性假設下之起伏運動振幅阻尼趨勢線如圖 13 所示，橫搖運動振幅阻尼趨勢線如圖 14 所示，趨勢線之截距為線性輻射阻尼 C' ，斜率為二階黏性阻尼 C'' 與自然頻率 ω 的乘積。結果可得起伏運動之 C_z' 為 14.93， C_z'' 為 1.33；橫搖運動之 C_θ' 為 0.44， C_θ'' 為 0.54。線性輻射阻尼即為興波阻尼，從物理意義角度來看，起伏方向之造波現象會較明顯，而分析結果起伏運動之 C' 較大，符合此現象，為合理結果。

表 7 Heave 模擬之初始數據

運動振幅(cm)	ω_z (rad/s)	m (kg)	C_z (kg*m)
1.600		18.992	25.271
3.434	2.767	19.134	52.478
5.384		18.613	81.751

表 8 Roll 模擬之初始數據

運動振幅(deg)	ω_{θ} (rad/s)	I_{θ} (kg*m ²)	C_{θ} (kg*m ² /s)
1.769		1.310	1.341
3.538	3.373	1.344	2.056
6.429		1.367	3.380

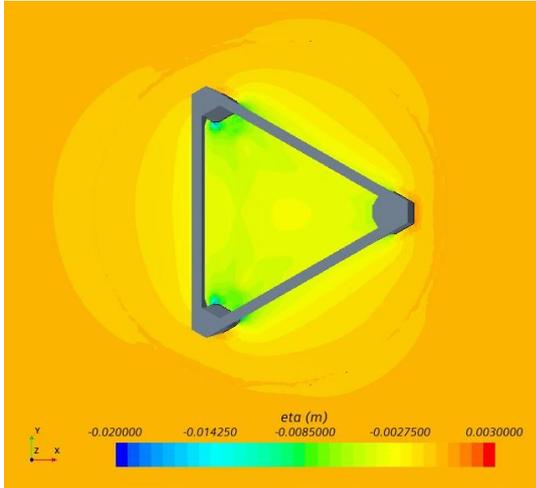


圖 11 起伏強制運動之水面波型圖

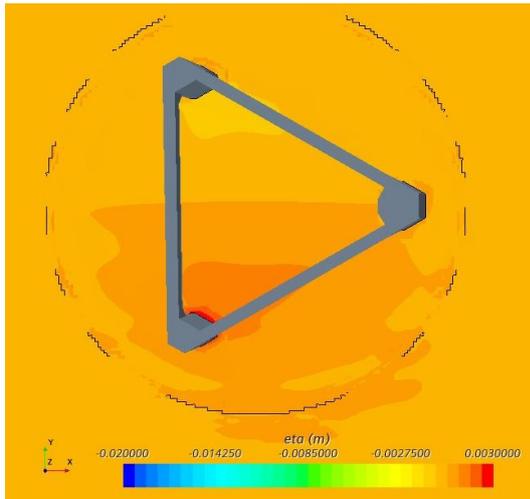


圖 12 橫搖強制運動之水面波型圖

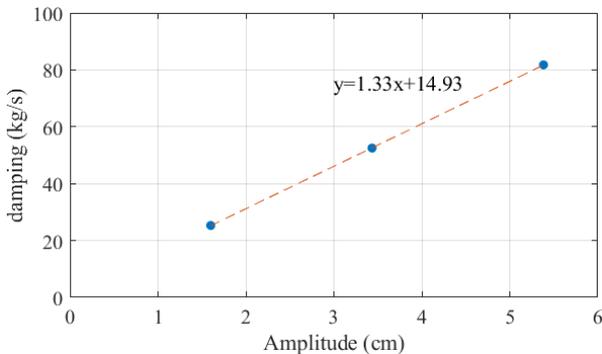


圖 13 起伏運動之振幅阻尼趨勢線

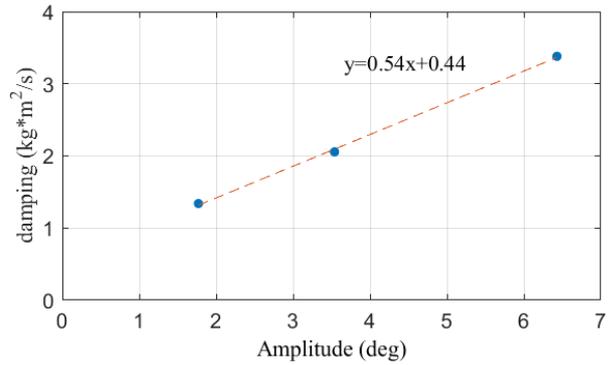


圖 14 橫搖運動之振幅阻尼趨勢線

結論

本研究針對 5MW 風力發電機設計之台大浮台以 1/100 縮尺模型進行自由衰減運動實驗與以 STAR-CCM+ 計算模擬，比較兩者之水動力係數。結果顯示，對於附加質量與附加轉動慣量，實驗兩種分析方法差距約 4%，屬可接受範圍，然而與計算差距約 20%，推測其原因為實驗採自由衰減運動，與計算設置之強制運動不同。阻尼方面，自由衰減線性分析能看出振幅與阻尼呈正相關；以二階非線性分析之結果可見一階及二階阻尼非定值，仍受初始振幅影響，推論阻尼運動方程式應為更高階之方程式，而其結果也無法與計算模擬比對。若要探討此問題，應將實驗方式與計算模擬設置相同，同時計算模擬也可增加數據量。

本研究後續可往以下方向發展，縱搖與起伏之耦合運動分析，進行浮台強制運動試驗，以利探討浮式平台之運動。

參考文獻

1. 經濟部能源局，“淨零 12 項關鍵戰略行動計劃(草案) 關鍵戰略 1-風電/光電”，Electronic copy at: https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=6BA5CC3D71A1BF6F (2023).
2. 經濟部能源局，浮動式離岸風電示範計畫第 2 次草案說明會，112 年 1 月 18 日，Electronic copy at: https://www.moeaea.gov.tw/ECW/populace/news/Board.aspx?kind=3&menu_id=57&news_id=29297
3. 再生能源資訊網，“深海區之風力發電技術 浮動式風力發電介紹”，Electronic copy at: <https://www.re.org.tw/knowledge/more.aspx?cid=201&id=2271> (2018)
4. Koken, M., “The experimental determination of the moment of inertia of a model airplane,” Williams Honors College, Honors Research Projects, Vol. 585 (2017).

5. Leon S. LASDON, Richard L. Fox and Margery W. RATNER. Nonlinear optimization using the generalized reduced gradient method. *Revue française d'automatique, informatique, recherche opérationnelle. Recherche opérationnelle*, tome 8, no V3, p. 73-103. (1974)
6. 蘇富丞, TaidaFloat 半潛式浮臺耐海性能試驗之研究, 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學研究所碩士論文, (2023)
7. 蔡進發、林柏松、蘇富丞, “台大浮式風機平台耐海性能實驗”, 中國造船暨輪機工程學刊, Vol. 42, (2023)
8. Malta, E. B., Gonçalves, R. T., Matsumoto, F. T., Pereira, F. R., Fajarra, A. L., & Nishimoto, K. (2010, January). Damping coefficient analyses for floating offshore structures. In *International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering* (Vol. 49095, pp. 83-89)
9. ITTC. (2021). Floating offshore platform experiments. In *ITTC – Recommended Procedures and Guidelines*, 7.5-02-07-03.1, Revision 03.

EXPERIMENT ON HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SEMI-SUBMERSIBLE FLOATING PLATFORM

T.-L. Chen C.-I. Lee* T.-Y. Lin*¹*

* Department of Engineering Science and Ocean Engineering, National Taiwan University

¹NTU Energy Research Center

Keywords: Floating Offshore Wind, Semi-submersible Platform, Hydrodynamic Coefficient, Free Decay

ABSTRACT

Performance of floating wind turbines depends on the motion characteristics of the system. Identification of the natural frequency and damping ratio for the motion system is important to the design. This study discusses the hydrodynamic coefficients of a semi-submersible floating platform with three vertical degrees of freedom motions, heave, roll, and pitch, while the other three directions are not considered yet. The geometry of the floating platform was designed by National Taiwan University team for a 5MW wind turbine. The model tests were conducted using a 1:100 scaled model for free decay tests. The experiment utilizes the nonlinear damping motion equation for obtaining added mass, linear and quadratic damping. The results are compared with numerical simulations using the viscous flow code STAR-CCM+. Differences and possible cause are discussed. The experimental results will be used to predict the motions and forces of the floating platform with wind turbine in the open sea, ensuring the stability of the motion system.