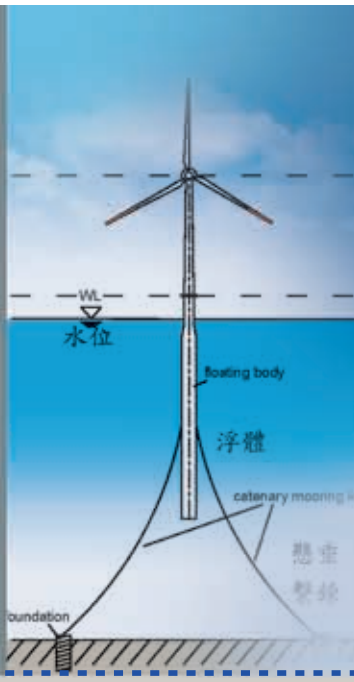
離岸風力電場設計技術準則初擬與引用

關鍵詞：最終極限狀態(ULS)、疲勞極限狀態(FLS)、偶發極限狀態(ALS)、使用極限狀態(SLS)、

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／技術經理／張欽森 ❶
台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／副理／林俶寬 ❷
台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／工程師／張景程 ❸

摘 要 ABSTRACT

為配合經濟部能源局規劃在2030年前將建置600架海上風力發電機組之能源政策，國內產官學界莫不投入眾多資源，希望結合國內既有或發展中之產業，以開拓新的產業供應鏈，促進國內經濟發展。然離岸風力發電機組從設計、製造到現場安裝所面對之環境較一般工程更加嚴峻，工程技術之困難度更高，為求工程品質與精密度符合安全與營運需求，必須建立一套完整之工程技術準則，讓所有參與人員，包括上游之現場調查到下游之製造安裝，皆有所依循。然綜觀國內文獻，目前並無有關離岸風電之工程技術準則或規範可資依循。因此，本文乃蒐集國外既有相關工程技術準則或規範，並參考國內既有之颱風、地震等相關研究或設計準則等資料，作一初步分析比較，以期拋磚引玉，讓更多有意願參與本項工作之業者，在後續從事相關作業時便於參考。



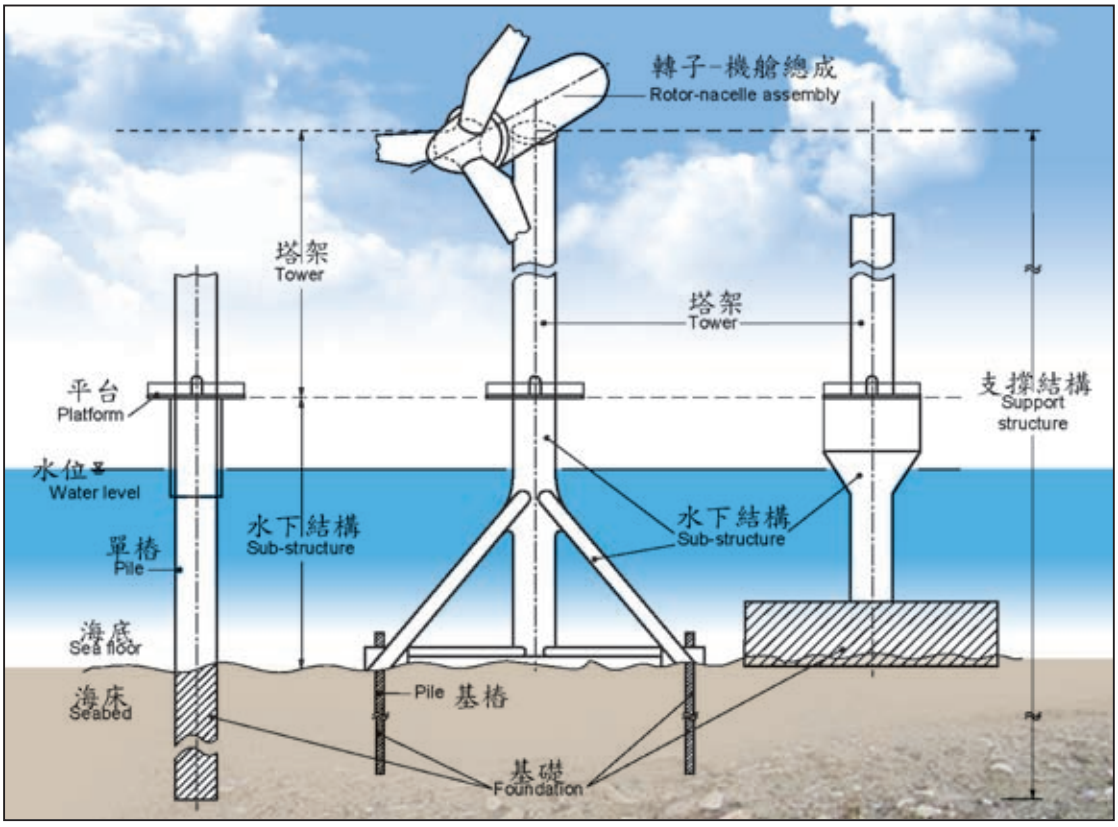
壹、前言

離岸風力電場之設置，係將風力機組裝設於海域結構基礎上而形成陣列式排列擷取風能，並透過海底電纜將風力機組所產生之電源輸送至陸地，再併入陸域電網供電。故在單一離岸風力機之構造上，可概分為(1)風力機組，包含塔架；(2)水下支撐結構、基礎；(3)電力系統包括海纜、陸纜變電站及電網等。其中風力機組部分(Turbine)包括機艙(Nacelle)、葉片(Rotor with blades)與輪轂(Hub)，大部分皆由國外廠商負責設計、製造及組裝，且整機輸出，其相關設計與規範皆屬各廠商之商業機密，且國際上皆已明訂相關技術規範及適用範圍。僅水下支撐結構、基礎及電力系統因地制宜，需配合風場當地特性而定。

一般準則研訂之目的，係為提供參與者包括執行端與審查端執行業務時之參考基準。是以，本文之目的乃針對離岸風力發電之風力機下部支撐結構、基礎，研擬相關設計原則、技術準則及程序需求，以作為國內離岸風場開發單位、規劃設計單位與單位審核作業時之依據，至於電力系統海纜部分，因在中華技術95期已有所討論與分析，本期不再贅述。

貳、水下支撐結構與基礎型式

離岸風力機之水下支撐結構，係將作用於上部風力機及結構之外力轉換至海底土層，而離岸風力電場之水下安裝支撐結構型態，可以由其性質與構造、安裝方法、結構配置與結構材料選擇等加以分類，不同類型之基礎構造，概述如圖1～2所示，該離岸水下支撐結構之基本型態包括：



資料來源：IEC 61400-3,2009

圖1 離岸風力機之固定式支撐構造概略圖

一、基樁結構(piled structures)

二、重力基底結構(gravity-based structures)

三、套裙與套筒結構(skirt and bucket structures)

四、浮式結構(moored floating structures)

參、水下支撐結構與基礎設計原則與方法

離岸風電機組之水下支撐結構設計，係考量結構動力學模式以預測設計負載效應，並依據特定現場之外部條件與設計情況，考慮所有相關組合。整體設計流程如圖3所示。虛線部分則屬風機製造廠商設計過程必須探討之內容，故由圖3可知，離岸風電之設計必須結合風機製造商及當地顧問公司才能完成。

一、設計考量重點

離岸風電機組之水下支撐結構與基礎設計所需考量與一般陸域結構物或岸邊結構物有所不同，其設計時考量之極限狀態包括如下：

(一)最終極限狀態(ULS)：相當於最大負載阻抗。

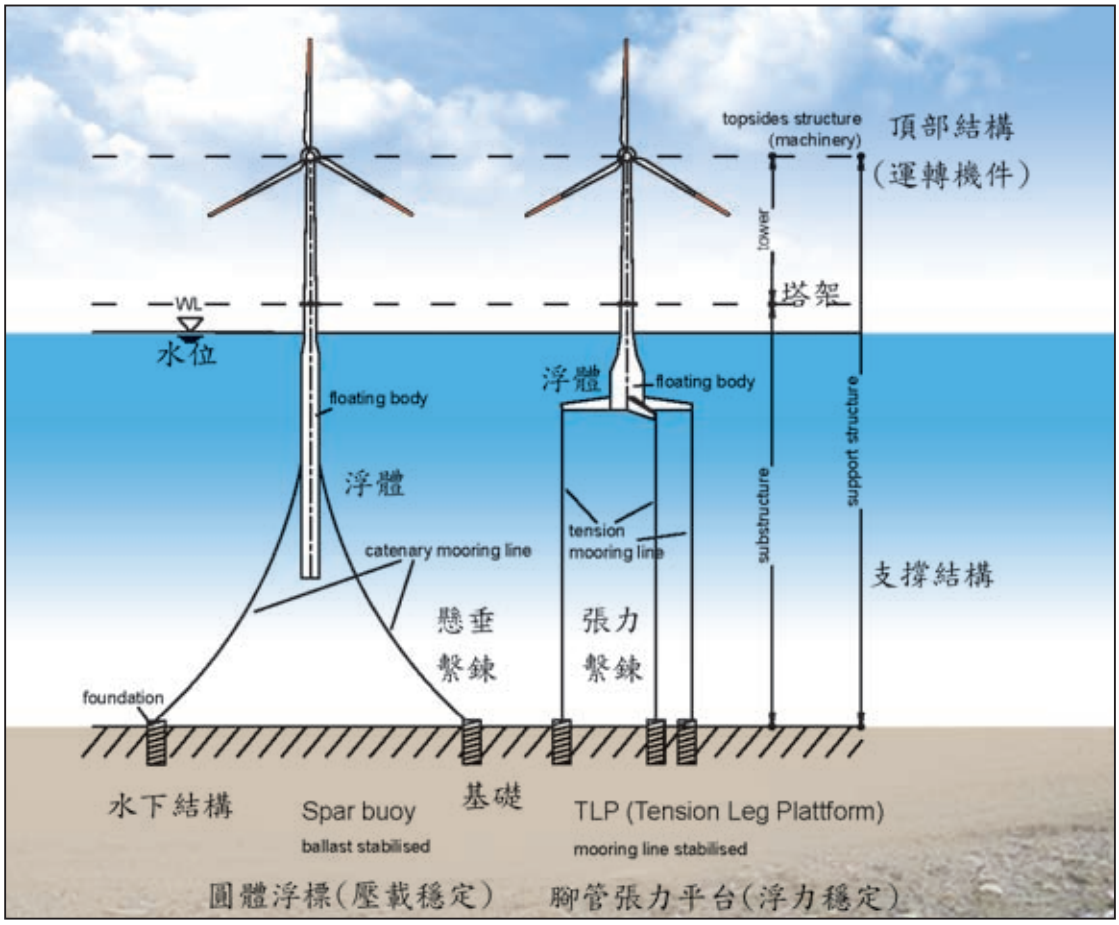
(1)結構阻抗(過度屈伏和挫屈)之損害。

(2)元件脆性斷裂之破壞。

(3)視為剛體結構或部分結構之靜態平衡損害，例如翻轉、傾覆。

(4)由於超過極限阻抗（某些情況下係由於重複負載而退化）或元件終極變形，造成結構關鍵元件破壞。

(5)結構轉化為崩潰或過度變形之機制行為。



資料來源：Guideline for the Certification of Offshore Wind Turbines；GL, DEC.2012

圖2 離岸風力機之浮式構造概略圖

(二)疲勞極限狀態(FLS)：相當於因循環負載效應導致之破壞，即反覆負載累積的破壞。

(三)偶發極限狀態(ALS)：相當於偶發(罕見)負載之最大承載能力或意外受損後結構之整體性損害。

(1)第1類型：由偶發負載造成之結構性損壞。

(2)第2類型：損壞結構之極限阻抗，或局部損壞後結構整體性之損害。

(四)使用極限狀態(SLS)：相當適用於正常使用之容差標準。

(1)撓度可能會改變作用力效應。

(2)變形可能會改變剛性支撐物件和支撐結構間之負載分佈。

(3)過度振動產生之不適或非結構性元件之影響。

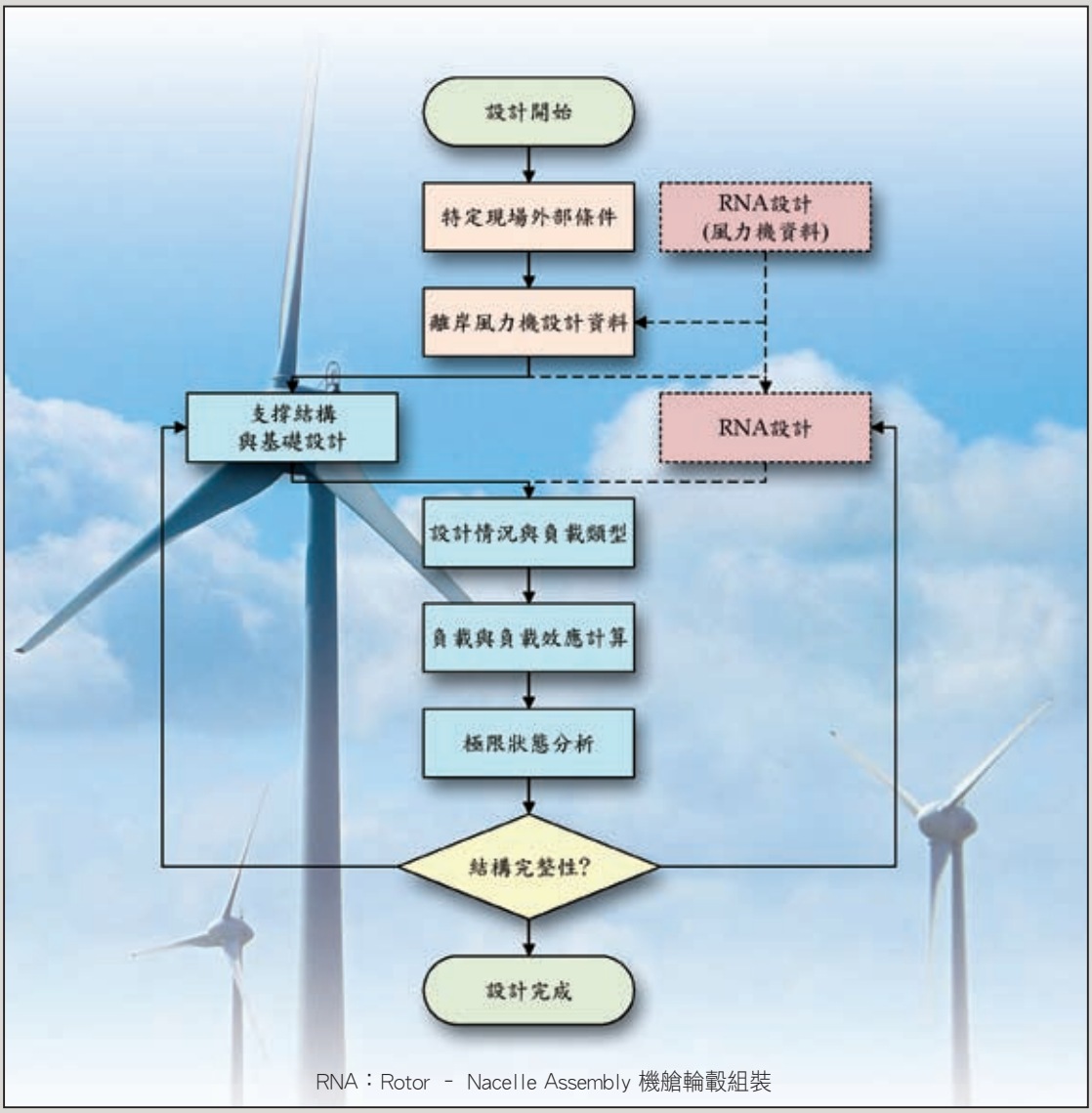
(4)超過設備限度之運轉。

(5)基礎土壤之差異沉陷造成風力機無法容忍之傾斜。

(6)溫度誘導之變形。

二、風力機等級

離岸風力機組設置時，其外力條件基本上由安裝場地或場地類型決定。而風力機組之等級取決於風速和擾流參數，其基本參數詳表1所示。



資料來源：IEC 61400-3，本文編修。

圖3 離岸風力機之整體設計流程

表1 風力機等級之基本參數

風力機等級	I	II	III	S
V_{ref} (m/s)	50	42.5	37.5	由設計者規定各參數
A I_{ref} (—)	0.16			
B I_{ref} (—)	0.14			
C I_{ref} (—)	0.12			

表中各數值應用於輪轂高度：

Vref 表示基準風速10分鐘之平均值，

A 表示較高擾流特性級，

B表示中等擾流特性級，

C表示較低擾流的性級

Iref表示在 15m/s 時擾流密度之期望值。

資料來源：IEC 61400-3，本文編修。

三、外力(負載)條件

進行風力機基礎設計所考量之外在環境條件，可劃分為風力條件、海洋條件(波浪、海流、水位、海生物、海床變動及淘刷)和其他環境條件。電力條件係指電力電網條件；另設計時需考慮場地之土壤特性，包含海床變動、淘刷及其他海床不穩定因素所引起之時序列變化，另外與其他構造物不同處，必須再加上風力機本身之頻譜。

四、設計負載之組合

依前述離岸風力機之極限狀態，考量設計負載時必須涵蓋離岸風力機所可能遭遇的最主要運轉條件。包括(1)常態階段之設計條件：電力穩定生產條件、惰轉狀態(idling)、停機狀態(standstill)；(2)短暫條件：開機(start-up)、停機(shutdown)、轉向(yawing)及故障(faults)等。這些特徵負載在選擇時，通常參考表2之基準予以選定。經選定特徵負載條件後，再依照風力機之不同設計狀況，如轉子及塔架上之風力負載等選擇如表3所示之若干負載條件(Load cases)，以計算分析各種不同之設計狀況可能主支承結構與基礎中之不同設計元件之受力情形。並一一檢核其安全係數是否符合IEC61400、DNV OS-J101、ABS等相關設計規定。

表2 運轉設計條件下選擇特徵負載及負載效應之基準

	極限狀態—運轉設計條件				
負載分類	ULS	FLS	ALS		SLS
			完整結構	受損結構	
正常負載 (G)	預期值				
功能負載 (Q)	特定值				
環境負載 (E)	年度最大負載或負載效益之98%分位數(迴歸期50	預期負載歷程或預期負載效應歷程	不適用	負載或負載效應之迴歸期不低於一年	特定值
偶發負載 (A)			特定值		
異常風力機負載	特定值				
變形負載 (D)	預期極端值				

資料來源：”Design of Offshore Wind Turbine Structures” DNV-OS-J101, JAN.2013

表3 組合數種環境條件之設計負載條件

設計工況	DLC	風力條件：風候(Wind climate，$U_{10,hub}$)或風速(U_{hub})	波浪條件：海象(Sea state，Hs)或獨立波高(Individual wave height，H)供組合	風與波浪方向	海流	水位	其它條件	極限狀況
1. 運轉組態	1.1	NTM(9) $V_{in}<U_{10,hub}<V_{out}$	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$	單向同向	風趨流	MWL	預測作用於RNA之極端負載與塔架之介面	ULS

NTM: Normal Turbulence Model(常時擾流模式)
NSS: Normal Sea State(常時海況)
ETM: Extreme Turbulence Model(極端擾流模式)
ECD: Extreme Coherent Gust with Direction Change(極端陣風向改變)
EWS: Extreme Wind Shear Model(極端風切模式)
EOG: Extreme Operating Gust(極端運轉瞬間風速)

設計工況	DLC	風力條件：風候(Wind climate，$U_{10,hub}$)或風速(U_{hub})	波浪條件：海象(Sea state，Hs)或獨立波高(Individual wave height，H)供組合	風與波浪方向	海流	水位	其它條件	極限狀況
1. 運轉組態	1.2	NTM(9) $V_{in}<U_{10,hub}<V_{out}$	NSS H_s根據H_s、T_p、$U_{10,hub}$之聯合機率分佈	單向同向	(5)	在1年迴歸期極端水位之上下限間		FLS
	1.3	ETM(9) $V_{in}<U_{10,hub}<V_{out}$	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$	單向同向	風趨流	MWL		ULS
	1.4	ECD $U_{10,hub}=V_r-2m/s, V_r, V_r+2m/s$	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$ 或NWH $H=E[H_s\|U_{10,hub}]$ (3)	錯位	風趨流	MWL		ULS
	1.5	EWS(9) $V_{in}<U_{10,hub}<V_{out}$	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$ 或NWH $H=E[H_s\|U_{10,hub}]$ (3)	單向同向	風趨流	MWL		ULS
	1.6a	NTM $V_{in}<U1_{0,hub}<V_{out}$	SSS $H_s=H_{s,50\text{-}yr}$ (詳2.5節)	單向同向	風趨流	1年迴歸期極端水位(4)		ULS
	1.6b	NTM $V_{in}<U_{10,hub}<V_{out}$	SWH $H=H_{50\text{-}yr}$ (詳2.5節)	單向同向	風趨流	1年迴歸期極端水位(4)		ULS
2. 運轉+電網失常	2.1	NTM $V_{in}<U_{10,hub}<V_{out}$	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$	單向同向	風趨流	MWL	控制系統故障或電力失去連接	ULS
	2.2	NTM $V_{in}<U_{10,hub}<V_{out}$	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$	單向同向	風趨流	MWL	防護系統或先前之內部電氣故障	ULS異常
	2.3a	EOG $U_{10,hub}=V_{out}$與$V_r\pm2m/s$	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$ 或NWH $H=E[H_s\|U_{10,hub}]$ (3) (6)	單向同向	風趨流	MWL	外部或內部電氣故障，包括電網喪失連接	ULS異常
	2.3b (8)	NTM $V_{in}<U_{10,hub}<V_{out}$	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$ 或NWH $H=E[H_s\|U_{10,hub}]$ (3)	單向同向	風趨流	MWL	外部或內部電氣故障，包括電網喪失連接	ULS
	2.4	NTM $V_{in}<U_{10,hub}<V_{out}$	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$	單向同向	(5)	在1年迴歸期極端水位之上下限間	控制、保護或電氣系統故障，包括電網喪失連接	FLS

NWP: Normal Wind Profile(常時風剖面)
EDC: Extreme Direction Change(極端方向改變)
ESS: Extreme Sea State(極端海況)
RWH: Reduced Wave Height(折減波高)
EWH: Extreme Wave Height(極端波高)

設計工況	DLC	風力條件：風候(Wind climate，$U_{10,hub}$)或風速(U_{hub})	波浪條件：海象(Sea state，Hs)或獨立波高(Individual wave height，H)供組合	風與波浪方向	海流	水位	其它條件	極限狀況
3.啟動	3.1	NWP $v_{in}<U_{10,hub}<v_{out}$ +正常風力剖面以尋找穿越轉子掃掠區域（swept zone）之平均垂直風切(wind shear)	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$ 或NWH H=E[Hs|U10,hub] (3)	單向同向	(5)	在1年迴歸期極端水位之上下限間		FLS
	3.2	EOG $U_{10,hub}=v_{in}$,v_{out}與v_r±2m/s	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$ 或NWH $H=E[H_s\|U_{10,hub}]$ (3)	單向同向	風趨流	MWL		ULS
	3.3	EDC $U_{10,hub}=v_{in}$,v_{out}與v_r±2m/s	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$ 或NWH $H=E[H_s\|U_{10,hub}]$ (3)	錯位	風趨流	MWL		ULS
4.正常關機	4.1	NWP $v_{in}<U_{10,hub}<v_{out}$ +正常風力剖面以尋找穿越轉子掃掠區域（swept zone）之平均垂直風切(wind shear)	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$ 或NWH $H=E[H_s\|U_{10,hub}]$ (3)	單向同向	(5)	在1年迴歸期極端水位之上下限間		FLS
	4.2	EOG $U_{10,hub}$=vout與v_r±2m/s	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$ 或NWH $H=E[H_s\|U_{10,hub}]$ (3)	單向同向	風趨流	MWL		ULS
5.緊急關機	5.1	NTM $U_{10,hub}=v_{out}$與v_r±2m/s	NSS $H_s=E[H_s\|U_{10,hub}]$	單向同向	風趨流	MWL		ULS
6.暫停或空轉	6.1a	EWM擾流風力模型 $U_{10,hub}=U_{10,50\text{-}yr}$ （風速特徵標準差 $\sigma_{U,c}=0.11U_{10,hub}$）	ESS $H_s=H_{s,50\text{-}yr}$ (1)	錯位多向	50年迴歸期極端海流	50年迴歸期極端水位		ULS
	6.1b	EWM 穩定風力模型 $U_{hub}=1.4U_{10,50\text{-}yr}$	RWH $H=\Psi H_{50\text{-}yr}$ (2)	錯位多向	50年迴歸期極端海流	50年迴歸期極端水位		ULS
	6.1c	RWM 穩定風力模型 $U_{hub}=1.1U_{10,50\text{-}yr}$	EWH $H=H_{50\text{-}yr}$	錯位多向	50年迴歸期極端海流	50年迴歸期極端水位		ULS

RWM: Reduced Wind Speed Model(折減風速模式)
MWL: Mean sea water level(平均海水面)

設計工況	DLC	風力條件：風候(Wind climate，$U_{10,hub}$)或風速(U_{hub})	波浪條件：海象(Sea state，Hs)或獨立波高(Individual wave height，H)供組合	風與波浪方向	海流	水位	其它條件	極限狀況
6. 暫停或空轉	6.2a	EWM 擾流風力模型 $U_{10,hub}=U_{10,50\text{-}yr}$ （風速特徵標準差 $\sigma_{U,c}=0.11U_{10,hub}$）	ESS $H_s=H_{s,50\text{-}yr}$ (1)	錯位多向	50年迴歸期極端海流	50年迴歸期極端水位	電網喪失連接	ULS異常
	6.2b	EWM 穩定風力模型 $U_{hub}=1.4U_{10,50\text{-}yr}$	RWH $H=\Psi H_{50\text{-}yr}$ (2)	錯位多向	50年迴歸期極端海流	50年迴歸期極端水位	電網喪失連接	ULS異常
	6.3a	EWM 擾流風力模型 $U_{10,hub}=U_{10,1\text{-}yr}$ （風速特徵標準差 $\sigma_{U,c}=0.11U_{10,hub}$）	ESS $H_s=H_{s,1\text{-}yr}$ (1)	錯位多向	1年迴歸期極端海流	1年迴歸期極端水位	極端轉向錯位	ULS
	6.3b	EWM 穩定風力模型 $U_{hub}=1.4U_{10,1\text{-}yr}$	RWH $H=\Psi H_{1\text{-}yr}$ (2)	錯位多向	1年迴歸期極端海流	1年迴歸期極端水位	極端轉向錯位	ULS
	6.4	NTM $U_{10,hub}<0.7U_{10,50\text{-}yr}$	NSS H_s根據H_s、T_p、$U_{10,hub}$之聯合機率分佈	同向多向	(5)	在1年迴歸期極端水位之上下限間		FLS
7. 暫停+失誤條件	7.1a	EWM 擾流風力模型 $U_{10,hub}=U_{10,1\text{-}yr}$ （風速特徵標準差 $\sigma_{U,c}=0.11U_{10,hub}$）	ESS $H_s=H_{s,1\text{-}yr}$ (1)	錯位多向	1年迴歸期極端海流	1年迴歸期極端水位		ULS異常
	7.1b	EWM 穩定風力模型 $U_{hub}=1.4U_{10,1\text{-}yr}$	RWH $H=\Psi H_{1\text{-}yr}$ (2)	錯位多向	1年迴歸期極端海流	1年迴歸期極端水位		ULS異常
	7.1c	RWM 穩定風力模型 $U_{hub}=0.88U_{10,50\text{-}yr}$	EWH $H=H_{1\text{-}yr}$	錯位多向	1年迴歸期極端海流	1年迴歸期極端水位		ULS異常
	7.2	NTM $U_{10,hub}<0.7U_{10,50\text{-}yr}$	NSS H_s根據H_s、T_p、$U_{10,hub}$之聯合機率分佈	同向多向	(5)	在1年迴歸期極端水位之上下限間		FLS

設計工況	DLC	風力條件：風候(Wind climate，$U_{10,hub}$)或風速(U_{hub})	波浪條件：海象(Sea state，Hs)或獨立波高(Individual wave height，H)供組合	風與波浪方向	海流	水位	其它條件	極限狀況
8. 運儲及維護	8.2a	EWM 穩定風力模型 $U_{hub}=1.4U_{10,1\text{-}yr}$	ESS $H_s=H_{s,1\text{-}yr}$ (1)	同向 單向	1年迴歸期極端海流	1年迴歸期極端水位		ULS 異常
	8.2b	RWM 穩定風力模型 $U_{hub}=0.88U_{10,50\text{-}yr}$	EWH $H=H_{1\text{-}yr}$	同向 單向	1年迴歸期極端海流	1年迴歸期極端水位		ULS 異常
	8.3	NTM $U_{10,hub}<0.7U_{10,50\text{-}yr}$	NSS H_s根據 H_s、T_p、$U_{10,hub}$之聯合機率分佈	同向 多向	(5)	在1年迴歸期極端水位之上下限間		FLS

註：

(1)倘若負載響應模擬時其示性波高Hs之模擬周期較基準週期為小，示性波高需轉換為與模擬週期相等之基準週期。此外，應於示性波高加上一放大因子(inflation factor)以確保較短之模擬周期可獲得原始基準週期可達到之最大波高。當基準週期為3小時而模擬周期為1小時，在波浪分佈滿足Rayleigh分佈之情況下，3小時之波數為1000，組合轉換後之放大因子為1.09。同樣地，若模擬週期較平均風速之平均週期為長，則應於U10加上一縮小因子(deflation factor)，當模擬週期為1小時而平均週期為10分鐘時，其縮小因子可採0.95。

(2)對於離岸構造物，實務上可採用Ψ=H5-yr/H50-yr，其中H5-yr及H50-yr分別代表5年及50年迴歸期之獨立波高，水深越淺，通常Ψ將越大。

(3)此負載條件並非由波浪所控制，風力負載是否應與獨立波高或與海況組合不是必要之要求。

(4)假如極端波高被水深所限制，水位應採較大之50年迴歸期水位。

(5)原則上，因為海流將影響水動力係數，而相對於該條件之疲勞負載並未包含海流影響，分析時應納入海流與設計狀況並存之情況；然而在許多狀況下海流影響甚小故可忽略，如波浪負載受慣性力主控或流速甚小之情況等。

(6)就極端運轉陣風與獨立波高組合而與非海況組合之情況而言，其造成之負載應在與陣風之時間剖面相關之獨立波浪剖面上最不利之位置進行計算。

(7)當波浪負載與波列(wave train)或波浪負載之時間序列等有關連之特定負載條件相關時，對於模擬產生之負載效應時間序列所造成之最大負載效應，影響最大之組合負載效應應予以說明。

(8)DLC 2.3b與DLC2.3a可考量兩者擇一，對於U10之考量值而言，應進行12次之反應模擬，名義上之極端反應可由12次模擬之平均加上3倍反應值之標準差估計，DLC 2.3b之特徵負載反應則可由觀測得到之U10獲得名義上之極端反應決定其極端值。

(9)在大風力電場中，應採用在風力電場內周遭風速之特徵標準差 $\sigma_{Ua,c}$取代特徵標準差 $\sigma_{U,c}$。

資料來源：”Design of Offshore Wind Turbine Structures” DNV-OS-J101, JAN.2013

肆、耐震分析

由於標準等級風力機並無對抗地震的要求，但台灣位處於亞洲環太平洋地震帶，對於地震條件之評估需特別考量，因此有關離岸風力機設計需求基本上依照國內現有相關地震規範，初步研擬適合我國海域離岸風電結構物之耐震評估準則以資參考。

一、地震評估

風力機結構安裝地區之地震活動評估，

基本上係根據既有地震活動紀錄所表示的發生頻率和嚴重程度進行評估，惟國內目前並無海域離岸區域地震紀錄，故僅能參考鄰近陸域行政區相關地震資料。對於負載評估而言，地震負載係依據當地規範所規定之地面加速度和反應譜要求進行評估。倘如當地規範不可用或者並未確認地面加速度和反應譜時，須再對工址加速度係數選用；地質條件包括地質分類參數選用、液化潛能；構造物重要程度(Exposure level，分L1、L2及L3，離岸風機基礎設計建議採L2或L3)；及基礎構造所選用材料(鋼材、混凝土等材料牽涉seismic reserve capacity factor部分)等參數進行必要之評估。

二、耐震設計之目標

設計地震之地面加速度係按475年迴歸期進行評估(亦即預期使用50年壽期內，發生更大地震之超越機率為10 %)。於此地震水準下，結構物不得產生嚴重損壞，以避免造成嚴重的人命及財產損失。對具韌性材料之構造物而言，其結構物產生的韌性比不得超過其容許韌性容量。迴歸期475年之地震發生時，在不影響主要使用功能且其損壞得以在短時間內修護的前提下，其容許損壞程度參考表4所示。

表4 風力機基礎於475年迴歸期地震作用下功能性容許損壞值

結構物本體	整體沉陷量：依據風力機廠商要求 傾　　斜：0.5° 差異變形量：依據風力機廠商要求

資料來源：本文彙整

考量國內風能較優之離岸風場位置，幾乎都在地震影響範圍內，亦即風機運轉期間仍可能有地震發生，故分析時地震負載應疊加於作業負載上，故作業負載應選擇以下兩種負載之較大值為設計準則。

(一)平均壽期內正常發電期間之負載。

(二)於一特定選擇風速下緊急關機時之負載，所選之風速，在關機前的負載需等於上述(一)之負載。

設計時所有負載分量之負載安全係數取1.0；地震負載之評估可採用頻域法(Frequency Domain Methods)，於該情況下，作業負載可以直接加在地震負載上；另地震負載之評估也可採用時域法(Time-domain Methods)，於此情況下，則進行充分模擬，以確保作業負載能代表前述負載於時間之平均值。

如使用前述任一方法評估塔架固有振動模式，建議依據同一公認之地震規範來選擇。如果並無該等規範，則可採用總模態質量占總質量85%的連續模式來模擬之。對於細部結構阻抗之評估則以假設彈性反應或韌性能量損耗進行分析。惟對特定之結構類型，尤其是格狀結構(Lattice Structures)和螺栓接頭(Bolted Joints)，則建議使用時域法評估比較準確。

由於海底斷層資料欠缺，現階段僅能參考陸域資料；另離岸風機使用壽命一般為25年，且離岸又有一段距離，對生命安全並無立即性影響，是否需以陸上標準設計，亦是值得深思探討之議題。

伍、結論

由於國內已頒布實行之規範，大部分係適用於陸域工程，而交通部頒「港灣構造物設計基準」多規範近海結構物，至於離岸風力機設置所需之設計準則基本上須參考國外相關設計規範及準則。因此，本文於初擬風力機下部支撐構造、基礎設計準則之範圍、原理、技術需求及安全條件等設計依據，係參考國外

IEC61400、DNV OS-J101、ABS，並依據中華民國國家標準(CNS)，國外相關標準(Standards)、準則(Guidelines)及協定(Conventions)，再依據國內之外部環境條件及相關規範編擬。

雖然台灣海峽西北部海域之風場風能條件相當良好，但由於台灣地區地域特性與北歐地區截然不同，有許多關鍵問題，例如每年夏、秋二季有颱風侵襲，不論何時何地又常有地震發生，離岸風力機組之支撐結構與基礎之設計困難度更甚於歐洲北海地區。然而這些特殊條件在目前國際規範或準則中並無相關之規定，將有賴國內專家學者投入更多心力去研究後，方能擬定出適用於台灣之相關規範準則。

其次，台灣沿海之海域資料包括生態環境基本資料庫尚未建置完整，在離岸風電設計條件中有關海生物附著所產生之影響，以及海上施工時對魚類或鯨豚類之影響，還需進一步深入研究，方能在未來離岸風場開發之經濟與環境間取得平衡。

參考文獻

1. ABS ”Offshore Wind Turbine Installations”, 2010
2. BS-EN 61400-3 “Design requirements for offshore wind turbines”, BSI, 2009
3. DNV-OS-J101 ”Design of Offshore Wind Turbine Structures”, JAN.2013
4. GL ”Guideline for the Certification of Offshore Wind Turbines”, DEC.2012
5. IEC 61400-1 ”International Standard Wind turbines - Part 1: Design requirements”, 2005
6. IEC 61400-3 “International Standard Wind turbines - Part 3: Design requirements for offshore wind turbines”, 2009
7. NORSOK STANDARD N-004 “Design of Steel Structures”, ANNEX K, Special Design Provisions for Jackets, Apr. 2012
8. 中華民國國家標準(CNS)15176-1「風力機 - 第1部：設計規定」，經濟部標準檢驗局，民國97年9月30日公布
9. 中華民國國家標準(CNS)15177「風力發電機組詞彙」，經濟部標準檢驗局，民國97年9月30日公布
10. 交通部「港灣構造物設計基準—碼頭設計基準及說明」
11. 交通部「港灣構造物設計基準—防波堤設計基準及說明」
12. 內政部營建署「建築物耐震設計規範與解說」