

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

第三名

030503

臺灣海峽自然環境對離岸風機穩固度的影響

學校名稱：臺北市立蘭雅國民中學

作者：	指導老師：
國二 張朝瑾	郭青鵬
國二 陳建名	陳政儀
國二 張朝瑞	

關鍵詞：風力、臺灣海峽沉積物、穩固度

摘要

此研究是探討臺灣海峽沉積物種類、風力大小及風機的水下結構等因素，進行對風機穩固度的分析。

預設在地震五弱時，臺灣灘北側及東側，位於 $24.0\sim 24.5^{\circ}\text{N}$ 、 $118.2\sim 120.5^{\circ}\text{E}$ 沉積物粒徑大於 0.5mm ，對單樁式及螺距 2mm 的螺紋式風機穩固度影響較大。

蒲福風級6級風，在海峽中線到馬祖的部分大約位於 $25.0\sim 26.3^{\circ}\text{N}$ 、 $119.3^{\circ}\text{E}\sim 120.0^{\circ}\text{E}$ ，對風機的穩固度影響甚鉅，比5級風的傾斜角多約12倍；在新竹、苗栗外海至海峽中線大約位於 $24.0\sim 25.3^{\circ}\text{N}$ 、 $120.0^{\circ}\text{E}\sim 120.5^{\circ}\text{E}$ ，傾斜角度隨著風力級數增加而逐漸變大呈正相關的態式；在臺灣灘北側及東側大約位於 $24.0\sim 24.5^{\circ}\text{N}$ 、 $118.2\sim 120.5^{\circ}\text{E}$ ，風級在6級以下就對風機穩固度沒有影響。且我們發現風機發電機艙重量，模擬在120克重時，風機為最穩定；在比較四種不同的螺距，發現螺距和旋轉次數於地震五弱（150RPM）時對穩固度影響較小。

壹、前言

一、研究動機：

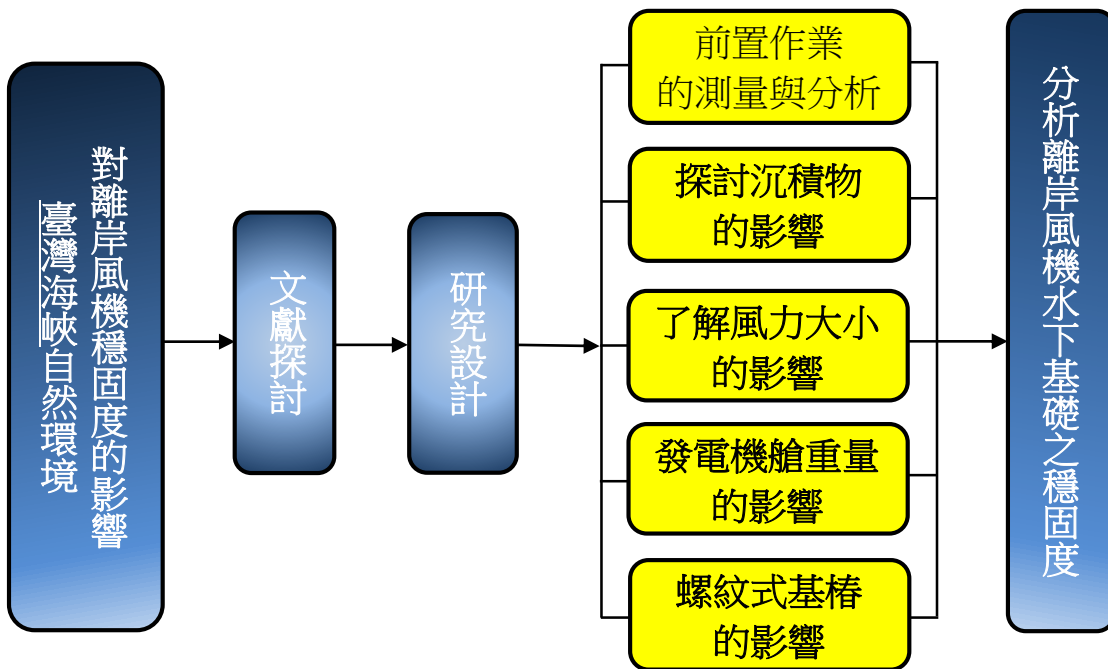
去年學長姐曾就離岸風機的水下基礎的優化做出一系列的研究，引起我們好奇是否可以用另一種角度去研究影響風機穩固度的因素，我們自主學習許多關於離岸風機架設的概念，進一步想要了解臺灣海峽的自然環境是如何影響離岸風機的設置。

我們將臺灣海峽用沉積物的粒徑大致分三個區域探討，分別為臺灣西側新竹苗栗外海至海峽中線再到馬祖附近和臺灣灘的北、東兩側。我們好奇在東北季風發達的月份，平均風速高達每秒8公尺，且平均浪級5~6級，是否會對我們風機穩固度有影響。最終我們希望能藉由此次的研究，更了解臺灣海峽的自然環境對離岸風機穩固度的影響。

二、研究目的：

- (一) 探討臺灣海峽沉積物對離岸風機穩固度的影響
- (二) 了解臺灣海峽風力大小對離岸風機穩固度的影響
- (三) 模擬發電機艙重量對風機穩固度的影響
- (四) 分析螺紋式水下基礎對風機穩固度的影響

三、研究流程圖：



四、文獻回顧及探討：

文獻探討將介紹臺灣海峽海底地形、臺灣海峽沉積物來源、臺灣海峽沉積物類型及分布、臺灣海峽風場和臺灣海峽的風浪。

(一) 臺灣海峽海底地形：

臺灣海峽位於臺灣島西側，北側與東海相接，南側與南海相鄰，由北至南可區分為觀音凹陷、烏坵凹陷、雲彰沙脊、澎湖水道及臺灣灘等區域，除澎湖水道深度可超過 100 公尺外，其餘地區水深皆小於 100 公尺，因此可說臺灣海峽為大陸棚地形，如圖1。

(二) 臺灣海峽沉積物來源：

根據前人研究臺灣海峽的沉積物主要由臺灣及中國東南沿岸的河流提供，且沉積物傳輸受到海底地形與洋流流場的影響。臺灣北部河流帶來的沉積物，進入觀音凹陷後再往北傳輸並進入東海；臺灣南部河流帶來的沉積物，則是進入澎湖水道，隨著黑潮支流向北流動，在雲彰沙脊受到地形的阻擋而沉積。中國東南沿岸河流帶來的沉積物，由中國沿岸流進入臺灣海峽後沉積。

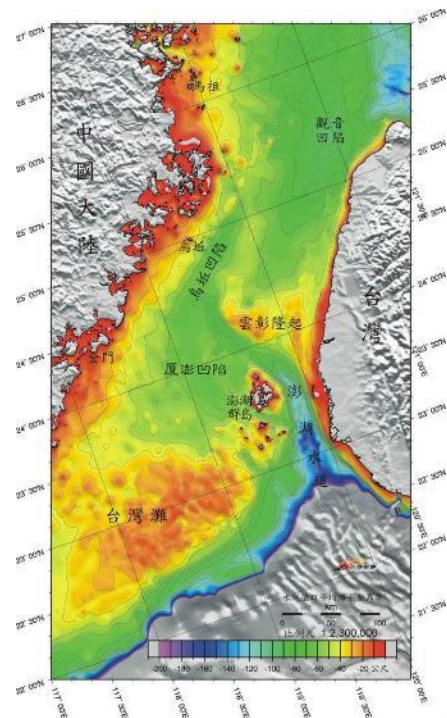
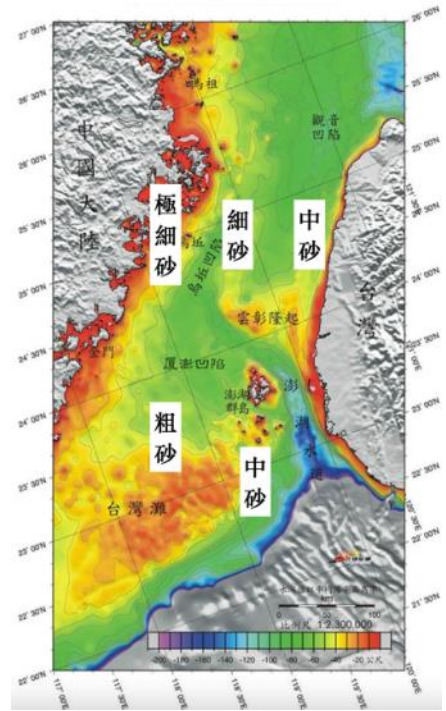


圖 1. 臺灣海峽海底地形圖
取自國科會海洋資料庫

(三) 臺灣海峽沉積物類型及分布：

臺灣海峽沉積物以砂質沉積物為主，沉積物在澎湖以北地區大致呈現由西往東顆粒越來越粗的變化，靠近中國的一側為極細砂，海峽中央的雲彰沙脊和濁水溪河口以細砂為主，靠近臺灣一側則為細砂與中砂。而澎湖以南的臺灣灘附近沉積物由中砂至極粗砂皆有，臺灣灘北側以粗砂為主，臺灣灘東側和南側則以中砂為主，如圖2。



(四) 臺灣海峽風場：

臺灣海峽受到周圍臺灣島的山脈及福建武夷山形成一個狹窄通道的影響，臺灣海峽整年的平均風級為4級風，風向除6~8月以西南風為主，其餘時間皆以東北風為主，如表1。根據研究指出臺灣海峽的風能密度可達1000w/m²，且臺灣海峽為大陸棚地形，沉積物以砂質沈積物為主，因此臺灣海峽是非常適合發展離岸風力發電的區域。

圖2. 臺灣海峽沉積物類型及分布

表1、新竹、七美、馬祖浮標近四年風向風速觀測統計資料

浮標地點	年度	觀測次數	平均風速	平均風級	最多風向	日平均風			
						四級	五級	六級	七級以上
新竹	105	8779	6.7	4	NE	62%	19%	14%	5%
	106	8759	7.0	4	NE	57%	20%	18%	5%
	107	8743	6.7	4	NE	60%	21%	14%	5%
	108	8341	7.1	4	NE	55%	25%	15%	5%
七美	105	5251	6.8	4	NNE	60%	21%	14%	4%
	106	8165	6.3	4	NNE	67%	20%	12%	1%
	107	5170	6.8	4	NNE	62%	17%	14%	6%
	108	8669	6.8	4	NNE	64%	20%	12%	4%
馬祖	105	7277	7.0	4	NNE	61%	23%	14%	2%
	106	8139	7.1	4	NNE	58%	28%	12%	1%
	107	6177	7.0	4	NNE	61%	23%	14%	2%
	108	8384	7.2	4	NNE	56%	28%	15%	1%

(五) 蒲福風級：

蒲福風級是英國海軍蒲福(Beaufort)在1805年提出，他根據風對戰艦風帆的影響而訂定，將風力由小到大分成0~12級，但並未對風速有直接連結。1906年時，辛普森(Simpson)進行了蒲福風級與風速對應的關係。1927年德國船長彼得森(Peterson)結合海面狀況的描述，逐漸成為我們今天使用的蒲福風級。表2是節錄自2012年WMO(世界氣象組織)公布的標準(颱風的風級是12級以上)

級數	風速(m/s)	波浪高度(m)	
		一般	最大
0	0~0.2		
1	0.3~1.5	0.1	0.1
2	1.6~3.3	0.2	0.3
3	3.4~5.4	0.6	1.0
4	5.5~7.9	1.0	1.5
5	8.0~10.7	2.0	2.5
6	10.8~13.8	3.0	4.0
7	13.9~17.1	4.0	5.5
8	17.2~20.7	6.0	7.5
9	20.8~24.4	7.0	10.0
10	24.5~28.4	9.0	12.5
11	28.5~32.6	11.5	16.0
12	32.7~36.9	14.0	

(六) 臺灣海峽的風浪：

根據中央氣象局的年報指出臺灣海峽整年的平均風速為 8m/s，相當於蒲福風級中的五級風，依照七美浮標、馬祖浮標及新竹浮標的統計結果，如圖 3。一年裡約有 95%的天數，每日平均風速在六級風以下，而波浪高度則有 90%的天數波浪高度不到 2.5 公尺，且有將近一半的天數波浪高度屬於小浪的 0.6~1.5 公尺之間。

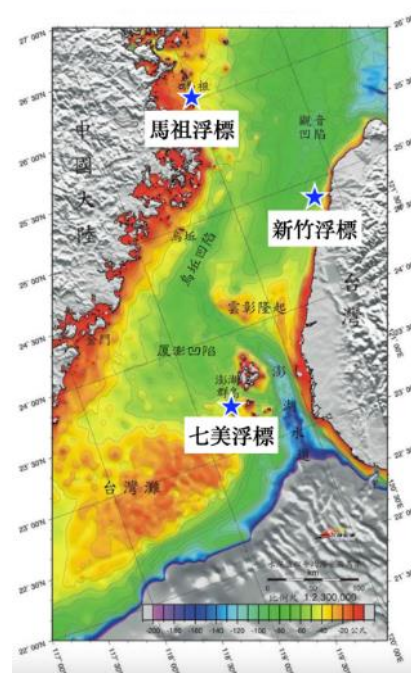


圖 3.關於我們研究的三個浮標數據，在臺灣海峽中的位置示意圖。

貳、研究方法與結果

一、前置作業：

(一) 模型列印

1. 運用製圖軟體 tinkercad 繪製 3D 模擬圖。
2. 以 stl 檔匯出到 creality slicer 控制 3D 列印機運作，列印出不同結構的風機及每一個部位的模型，如圖4。

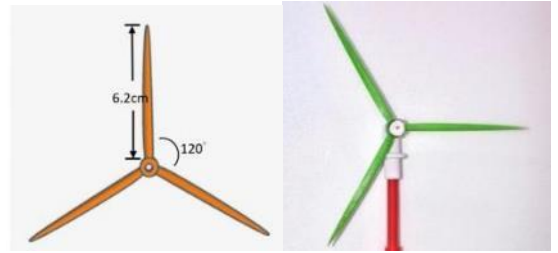


圖4.扇葉尺寸及模型

(二) 以負載模擬發電機艙的重量

1. 利用銅線纏繞於扇葉轉接器上，模擬發機艙與扇葉重量，如圖5。
2. 計算出發電機艙及扇葉與基樁重量比例。

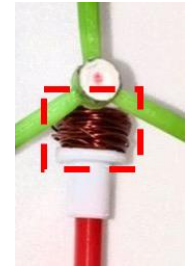


圖5.扇葉轉接器上纏繞銅線

$$\frac{1100 + 40(\text{發電機艙} + \text{扇葉})}{1800(\text{基樁重量})} = \frac{3.35(\text{轉接器} + \text{扇葉重量}) + x(\text{銅線負載})}{6.15(\text{基樁重量})}$$

X=0.56g，就是銅線轉接器上纏繞0.56克後，可以來模擬發機艙與扇葉重量。

(三) 角度計算

1. 將影片匯入 tracker，如圖9、10、11。
2. 設定座標軸將 x 軸設為水平放置影片下方，y 軸為垂直並貼齊中央黑線，如圖6。
3. 用 tracker 追蹤扇葉中央紅點的座標，並用電腦計算出搖晃角度，如圖7、9。

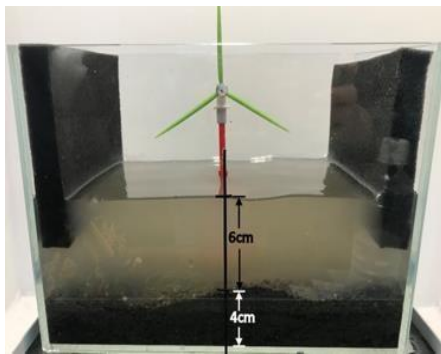


圖6.觀察箱中央黑線



圖7.扇葉中央紅點

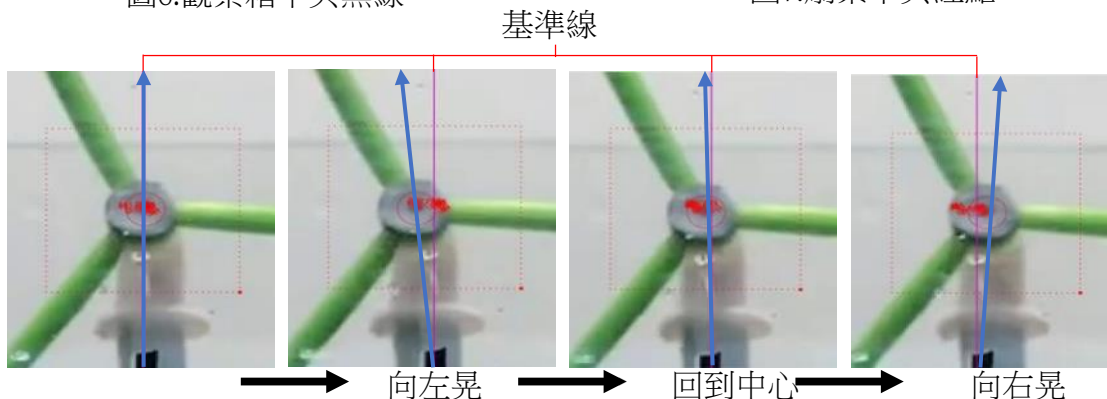


圖8.搖晃時角度的變化

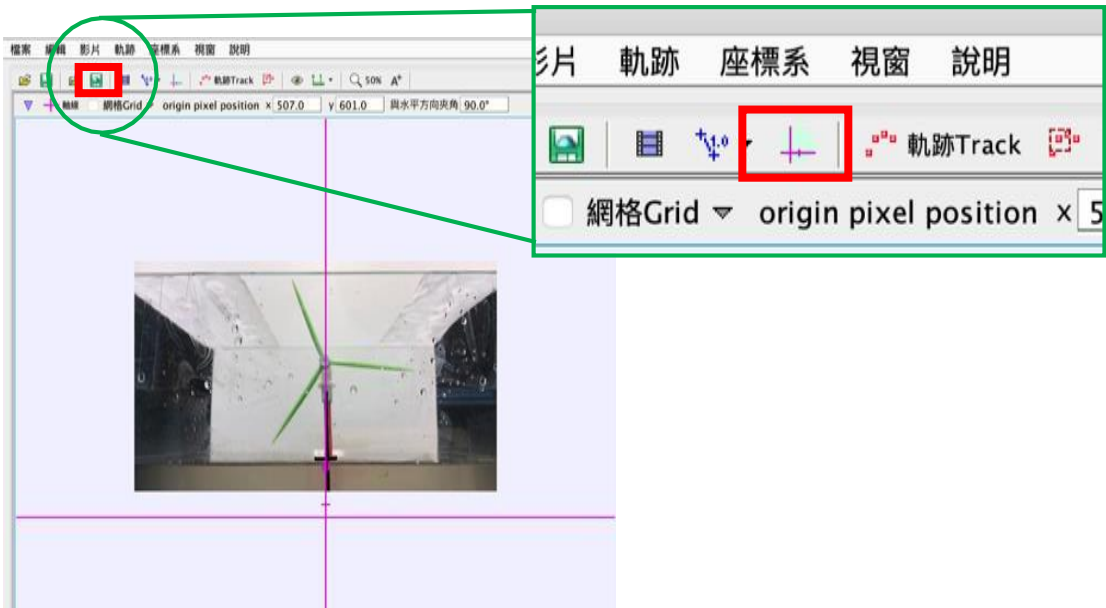


圖9.步驟一，將匯入的影片加上座標軸且鎖定

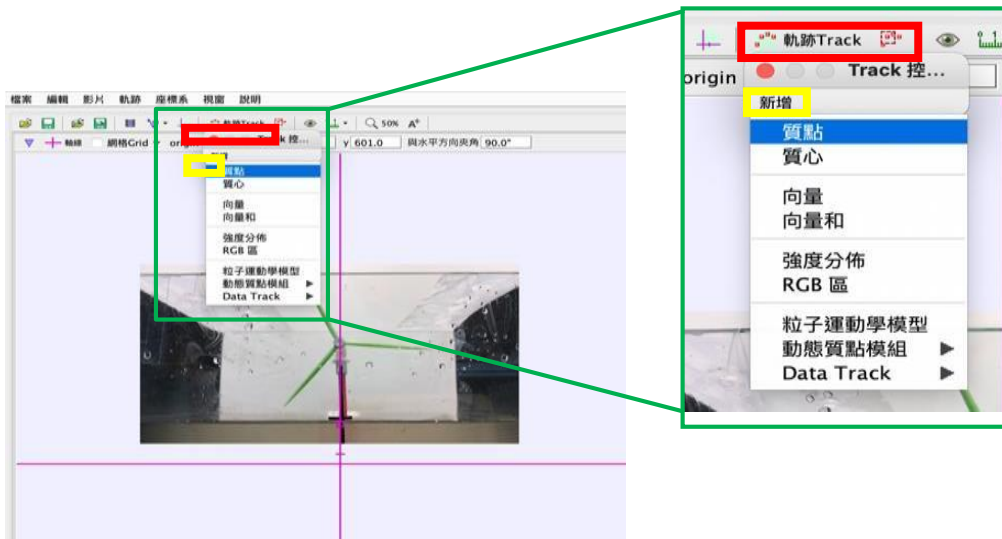


圖10.步驟二，從「軌跡 Track」中新增質點以用來自動追蹤

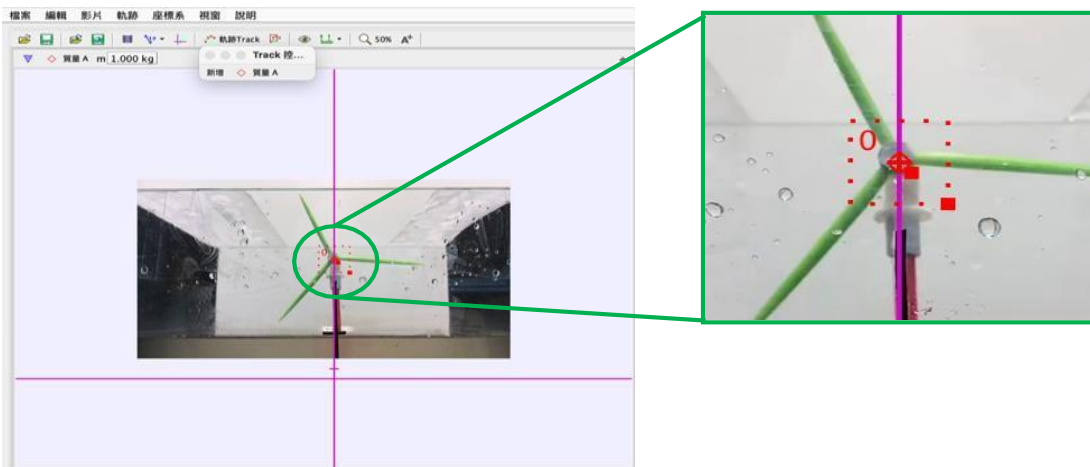


圖11.步驟三，將質點標記在扇葉中央的紅點用來辨識要追蹤的目標

(四) 風力模擬

我們使用風洞來增加風扇的流速，因為風洞內的氣體流量為定值，也就是 $Q \text{ 流量} = A \text{ 截面積} \times V \text{ 流速} = \text{定值}$ ，在圖 12 中，風扇的入風口的截面積為 169cm^2 ，而風洞的出風口截面積為 50.27 cm^2 ，流速與截面積成反比，風洞出風口流速是會大於風扇的流速，我們的風洞是可以將風扇的流速，增加 3 倍左右。

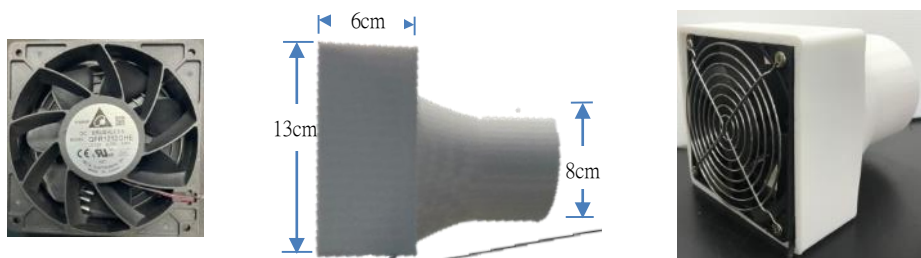


圖 12.風洞構造與尺寸

(五) 沉積物孔隙率計算

1. 先在量筒中先後倒入各5ml的砂石及水
2. 測量量筒中的水位與砂石及水的體積和10ml之差，即為砂石孔隙的多寡。
3. 再將砂石孔隙除以砂石體積就等於砂石的孔隙率

粒徑小於0.25mm砂石，用來模擬馬祖列島附近沉積物的孔隙率，如圖13。

$$\frac{10 - 7.3}{5} \times 100\% = 54\%$$

粒徑0.25~0.5mm砂石，用來模擬新竹苗栗外海附近沉積物的孔隙率，如圖14。

$$\frac{10 - 7.6}{5} \times 100\% = 48\%$$

粒徑大於0.5mm砂石，用來模擬臺灣灘北側和東側附近沉積物的孔隙率，如圖15

$$\frac{10 - 7.7}{5} \times 100\% = 46\%$$



圖 13.粒徑小於 0.25mm



圖 14.粒徑介於 0.25~0.5mm



圖 15.粒徑大於 0.5mm

二、探討臺灣海峽沉積物對離岸風機穩固度的影響：

臺灣海峽沉積物以砂質沉積物為主，我們想要模擬在不同沉積物上，如何影響到離岸風機的穩定度，想探究的地區為臺灣西側新竹苗栗外海至海峽中線在到馬祖附近，大約位於24.3~26.0°N、119.3°E~121.3°E，我們將此區域分成兩塊，標示為區域I及II；又在臺灣灘的北、東兩側，大約位於24.0~24.5°N、118.2~120.5°E，標示為區域III，如圖16。

(一) 實驗設計：

我們利用0.25mm及0.5mm孔徑的篩網區分不同種類的沉積物，如圖17、18。區分後發現細砂較多為粒徑小於0.25及0.5mm之間的細砂與極細砂，細砂用來模擬區域II，極細砂用來模擬區域I，而石英砂則是大多為粒徑大於0.5mm的粗砂用來模擬區域III。



圖 16. 實驗模擬區域

照片					
名稱	石英砂	麥飯石	活性碳	細砂	錳砂
粒徑	>0.5mm 100%	>0.5mm 100%	>0.5mm 100%	<0.25 27.11% 0.25~0.5mm 48.7% >0.5mm 24.19%	0.25~0.5mm 100%



圖17. 孔徑為0.25mm的篩網



圖 18. 孔徑為 0.5mm 的篩網

我們將以臺灣海峽這三個區域的風場，對於不同沉積物種類如何在地震震度五弱，沉積物深度4公分、水深6公分的條件下，對離岸風機水下基礎結構的穩固定的影響，來進行實驗設計及探討，如圖19、20。

1. 控制變因：地震震度五弱、沉積物深度、水深、水下基礎結構。
2. 操縱變因：臺灣海峽沉積物種類。
3. 應變變因：水下基礎穩固度。

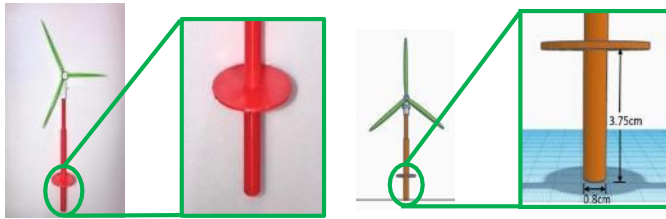


圖19.單樁式水下基礎模型及尺寸



圖20.螺旋式水下基礎模型

(二) 實驗步驟：

1. 在透明水族箱中加入4公分高的砂石，中央插入風機模型，再加入水製造出水深6公分的實驗情境，如圖21。

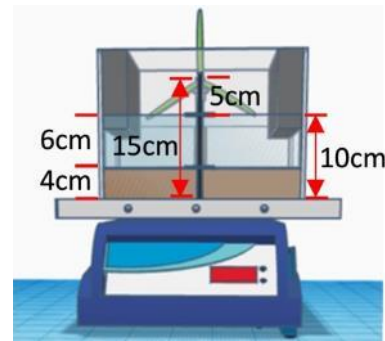
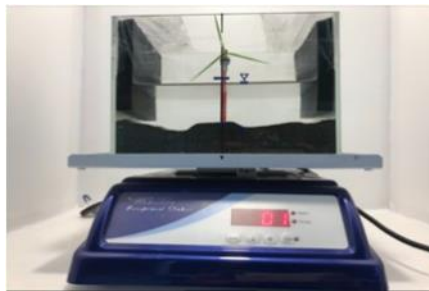


圖21.實驗情境及各種尺寸

2. 使用水平式震盪器在 150RPM，模擬地震震度的為五弱的情況下，搖晃一分鐘，並拍攝整個實驗過程，每次實驗靜置約 30 秒，待水面停止後再做下一個實驗。
3. 利用不同砂石粒徑，模擬區域I、II、III的沉積物狀況，如圖16。
4. 將影片匯入 Tracker，追蹤中間扇葉的點進行角度的量測，如圖9、10、11。
5. 在每次實驗中取出五個最大的傾斜角度做平均，作為此次實驗的數據，總共重複施做20個實驗，最後整理出20個平均數據。
6. 最後再將20個數據整理成表格，並繪製成離散圖及盒鬚圖並列，再標示出中位數，進行後續的分析，如圖22。

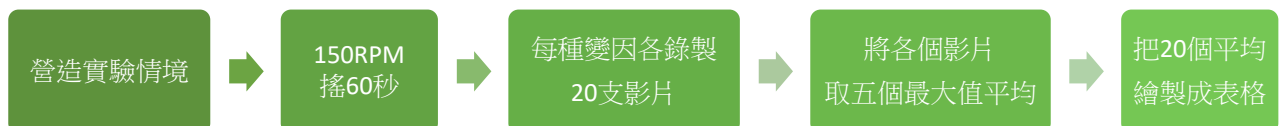


圖22.數據處理流程

(三) 實驗結果-1：臺灣海峽不同沉積物對單樁式風機穩定度的影響

表 3、不同沉積物對單樁式穩固度的影響			
粒徑	<0.25mm	0.25~0.5mm	>0.5mm
1	0.52	0.39	1.39
2	0.37	0.44	1.21
3	0.42	0.41	1.38
4	0.47	0.42	1.40
5	0.47	0.66	1.41
6	0.43	0.44	1.43
7	0.50	0.84	1.42
8	0.51	0.41	1.49
9	0.46	0.45	1.44
10	0.44	0.48	1.50
11	0.40	0.66	1.32
12	0.40	0.57	1.39
13	0.48	0.52	1.40
14	0.41	0.48	1.36
15	0.33	0.39	1.42
16	0.39	0.42	1.33
17	0.37	0.58	1.48
18	0.59	0.44	1.33
19	0.59	0.59	1.39
20	0.46	0.62	1.49
中位數	0.44	0.46	1.40
標準差	0.07	0.09	0.07

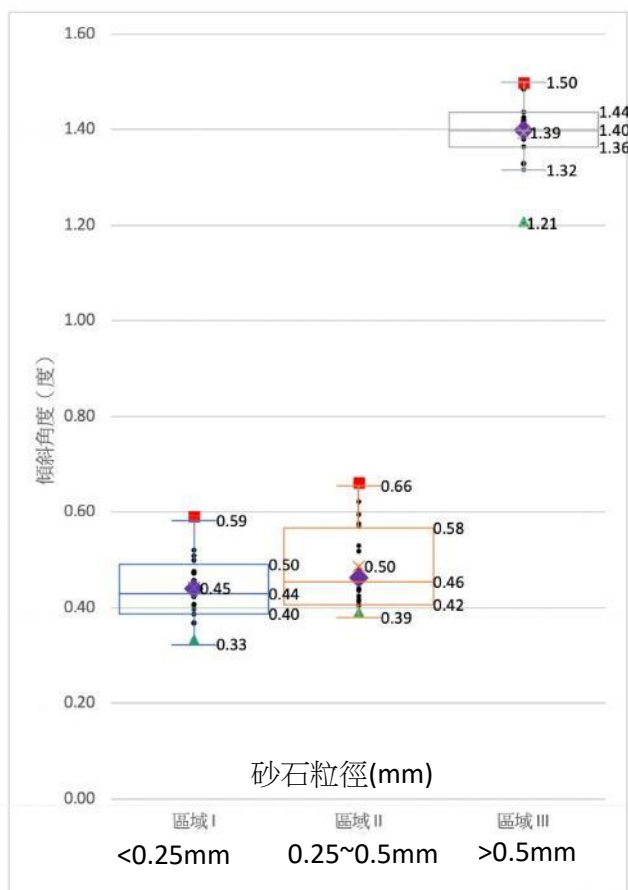


圖 23.沉積物對單樁式風機穩固度影響

(四) 結果分析-1：臺灣海峽不同沉積物對單樁式風機穩固度的影響

從實驗中發現，地震震度五弱時，在區域 I，沉積物粒徑小於 0.25mm 時，傾斜角度中位數為 0.44 度，影響穩固度最小；在區域 II，沉積物粒徑介於 0.25~0.5mm 時，傾斜角度中位數為 0.46 度；在區域 III，沉積物粒徑大於 0.5mm 時，傾斜角度中位數為 1.40 度，影響穩固度最大。還可以發現沉積物粒徑在大於 0.5mm 的傾斜角度是小於 0.5mm 時的三倍，總之當沉積物粒徑在大於 0.5mm 時對單樁式穩固度才有明顯的影響。

(五) 實驗結果-2：不同沉積物對螺距2mm螺紋式風機穩固度的影響

表 4、不同沉積物對螺距 2mm 螺紋式風機穩固度的影響			
粒徑	<0.25mm	0.25~0.5mm	>0.5mm
1	0.43	0.43	1.32
2	0.47	0.43	1.33
3	0.49	0.67	1.22
4	0.38	0.37	1.33
5	0.42	0.41	1.30
6	0.38	0.51	1.25
7	0.40	0.42	1.37
8	0.36	0.48	1.28
9	0.52	0.40	1.29
10	0.57	0.54	1.19
11	0.38	0.54	1.19
12	0.23	0.49	1.34
13	0.29	0.45	1.47
14	0.48	0.55	1.40
15	0.26	0.51	1.40
16	0.39	0.50	1.55
17	0.32	0.52	1.44
18	0.42	0.37	1.54
19	0.55	0.60	1.55
20	0.34	0.38	1.33
中位數	0.40	0.49	1.33
標準差	0.09	0.08	0.11

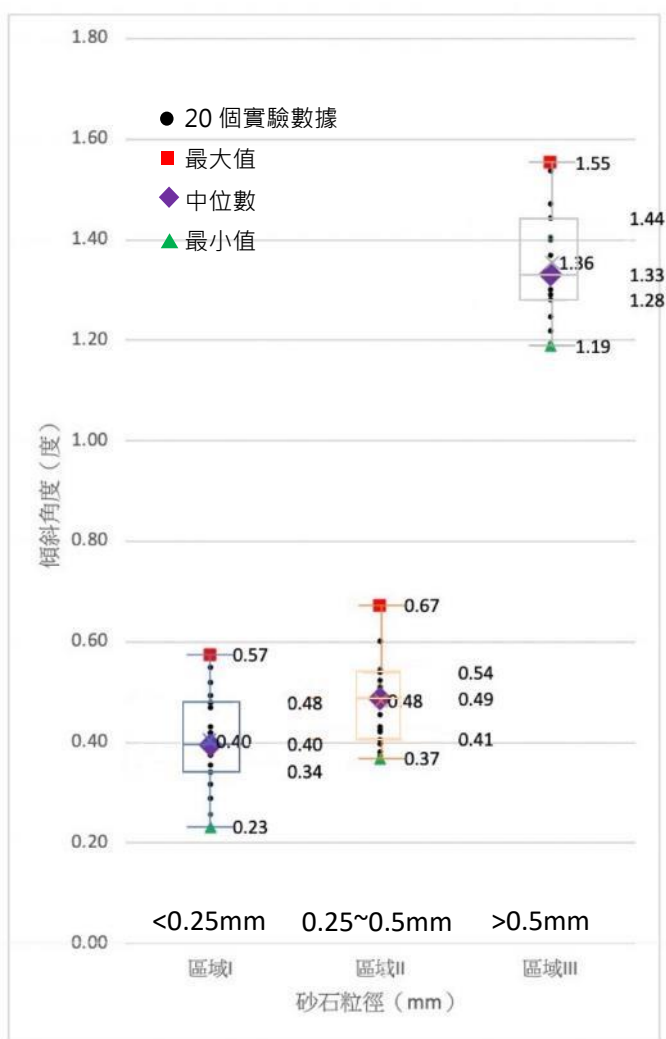


圖 24.沉積物對螺距 2mm 螺紋式穩固度影響

(六) 結果分析-2：不同沉積物對螺距2mm螺紋式風機穩固度的影響

從實驗中發現，地震震度五弱時，在區域 I，沉積物粒徑小於 0.25mm 時，傾斜角度中位數為 0.40 度，影響穩固度最小；在區域 II，沉積物粒徑介於 0.25~0.5mm 時，傾斜角度中位數為 0.49 度；區域 III，沉積物粒徑大於 0.5mm 時，傾斜角度中位數為 1.33 度，影響穩固度最大。還可以發現沉積物粒徑在大於 0.5mm 的傾斜角度是小于 0.5mm 時的三倍，與單樁式的穩固度大致相同，也就是沉積物粒徑為大於 0.5mm 時，不論對單樁式或螺距 2mm 螺紋式，受臺灣海峽沉積物的影響大致相同。

(七) 實驗結果-3：不同沉積物對螺距6mm螺紋式風機穩固度的影響

粒徑	<0.25mm	0.25~0.5mm	>0.5mm
1	0.47	0.56	0.34
2	0.40	0.37	0.37
3	0.58	0.42	0.46
4	0.45	0.47	0.45
5	0.47	0.47	0.56
6	0.47	0.43	0.46
7	0.46	0.50	0.45
8	0.57	0.51	0.41
9	0.45	0.46	0.47
10	0.40	0.44	0.41
11	0.45	0.40	0.40
12	0.41	0.40	0.45
13	0.47	0.48	0.45
14	0.41	0.44	0.57
15	0.45	0.33	0.46
16	0.46	0.39	0.47
17	0.56	0.37	0.45
18	0.45	0.59	0.58
19	0.46	0.46	0.40
20	0.37	0.41	0.40
中位數	0.46	0.44	0.45
標準差	0.05	0.06	0.06

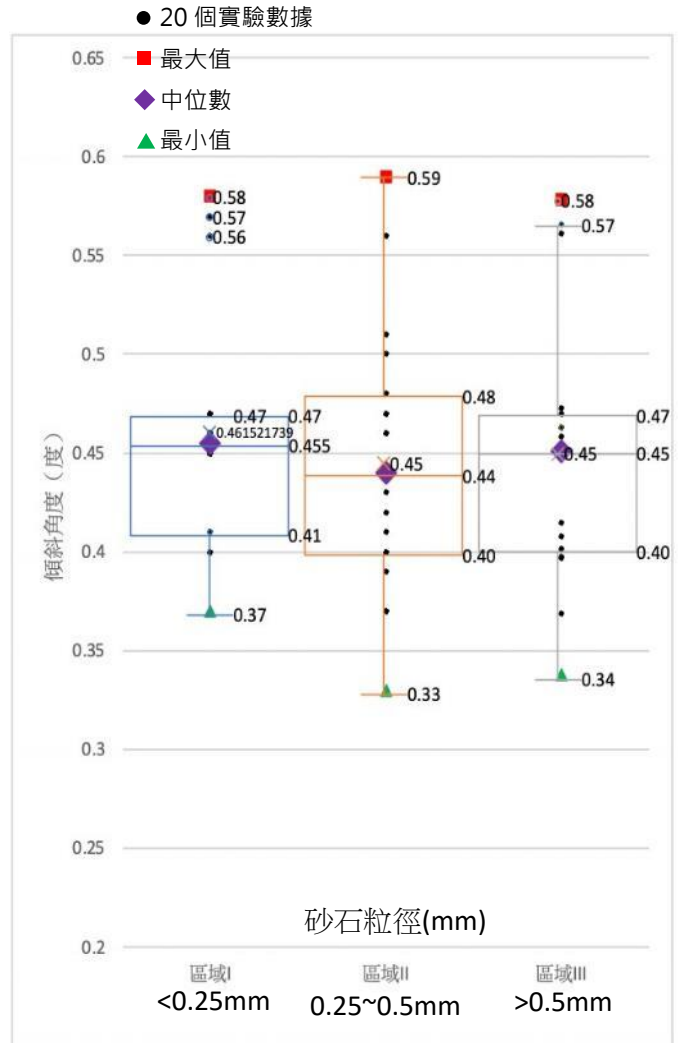


圖 25.沉積物對螺距 6mm 螺紋式穩固度的影響

(八) 結果分析-3：不同沉積物對螺距6mm螺紋式風機穩固度的影響

當螺距變為6mm，地震震度五弱時，在臺灣海峽分析的三個區域I、II、III沉積物，對風機影響傾斜角度的中位數均為0.45度左右，也就是不管沉積物的粒徑如何，對此類風機穩固度的影響均相同。

總結，在區域I、II的沉積物，對三款風機水下結構穩固度的影響均不太大，在圖26可見。

但在區域III時，沉積物對單樁式和螺距2mm的螺紋式風機穩固度影響甚大，傾斜角度為其他區域的三倍左右。

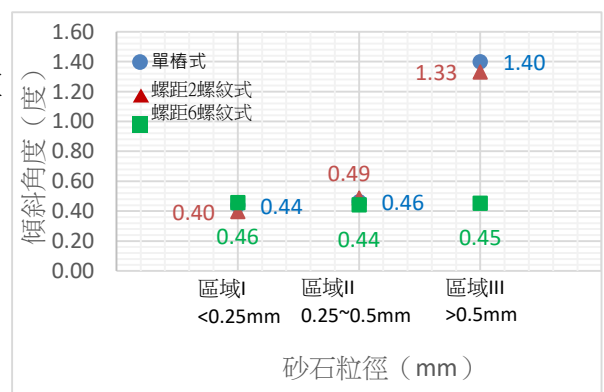


圖 26.沉積物對風機穩固度影響

三、了解臺灣海峽風力大小對離岸風機穩固度的影響：

在擁有臺灣海峽穩定風能的同時，也可能因為風力大小及風所造成的海浪，導致風機傾斜，影響到風機的穩固度，所以我們設計一連串的實驗，首先使用電扇加裝風洞，如圖12、27，來模擬經過臺灣海峽強勁的東北或西南季風，我們參考中央氣象局在三個地方浮標測出的平均風速，發現此三個區域，蒲福風級4、5、6級風，佔比為日平均風的96%，來決定使用的風速，如圖4。



圖 27.測風力大小對風機穩固度影響的實驗架構圖

(一) 實驗設計：

1. 控制變因：臺灣海峽沉積物種類、水深、單樁式水下基礎，如圖19、20。
2. 操縱變因：風力大小。
3. 應變變因：水下基礎穩固度。

(二) 實驗步驟：

1. 在水槽中加入4公分高的砂石，中央插入風機模型，再加入水製造出水深6公分的實驗情境。
2. 使用電扇加裝風洞，從左側持續吹向風機一分鐘，並以手機架架設手機拍攝整個實驗過程。
3. 利用風動模擬出不同種風級，有蒲福式4、5、6級風，如圖27。
4. 將影片匯入軟體 Tracker，追蹤中間扇葉的點進行角度的量測，如圖9~12。
5. 在每次實驗中找出最大的傾斜角度，作為此次實驗的數據，總共重複施做20個實驗獲取20個數據。
6. 最後將20個數據刪除10個極端值整理成表格，並繪製成離散圖及盒鬚圖並列，標示出中位數，進行後續的分析，如圖22。

(三) 實驗結果-1：探討風力大小對區域I風機穩固度的影響

蒲福風級	4 級風	5 級風	6 級風
1	0.30	0.39	2.95
2	0.42	0.31	6.14
3	0.32	0.30	6.60
4	0.40	0.31	4.44
5	0.32	0.34	3.91
6	0.31	0.31	4.52
7	0.36	0.34	5.03
8	0.33	0.37	3.59
9	0.39	0.35	5.83
10	0.43	0.33	4.15
中位數	0.35	0.33	4.48
標準差	0.05	0.03	1.17

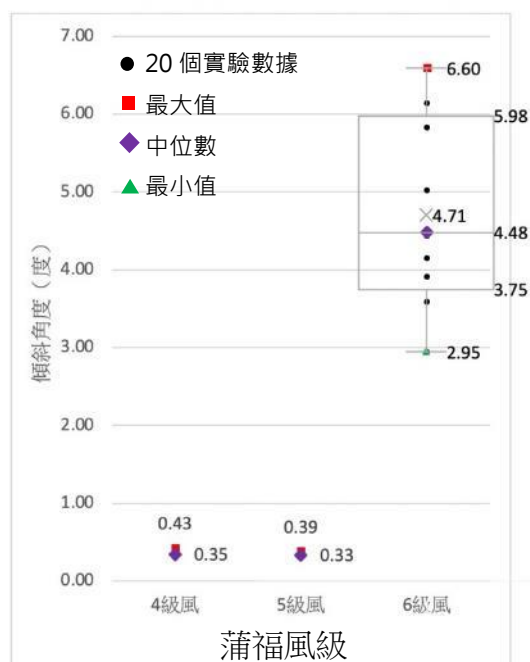


圖 28.風力對區域 I 風機穩固度影響

(四) 結果分析-1：探討風力大小對區域I風機穩固度的影響

從實驗中發現，在區域 I，沉積物粒徑小於 0.25mm，風力在 6 級時穩固度明顯下降，傾斜角度中位數為 4.48 度，在風力 5 級以下時風機的穩固度大致相同，傾斜角度中位數分別為 0.35 度及 0.33 度。

(五) 實驗結果-2：探討風力大小對區域II風機穩固度的影響

風級	4 級風	5 級風	6 級風
1	0.88	3.95	10.49
2	2.94	3.91	6.13
3	0.31	4.31	9.74
4	0.78	2.50	8.18
5	0.57	4.81	8.06
6	0.34	4.32	9.77
7	2.42	4.12	9.17
8	0.51	5.05	7.54
9	2.42	4.81	7.63
10	0.92	3.11	5.59
中位數	0.83	4.22	8.12
標準差	0.99	0.79	1.59

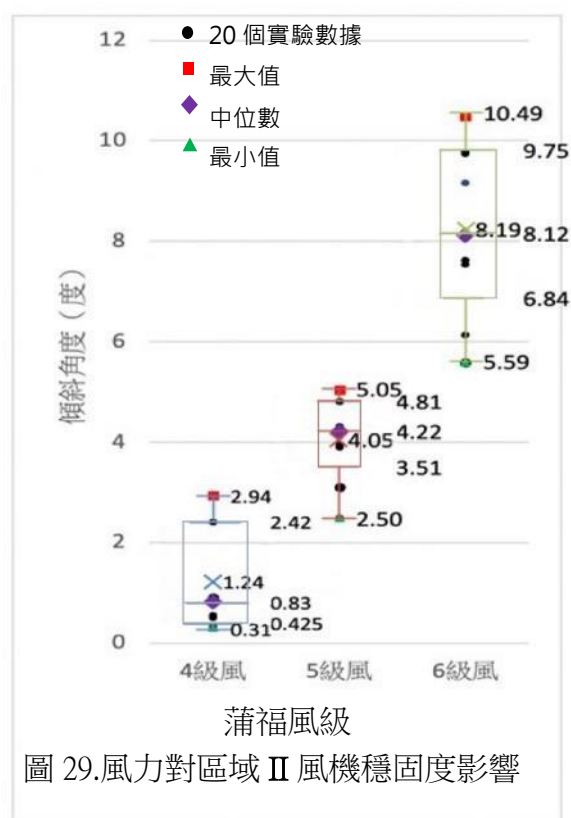


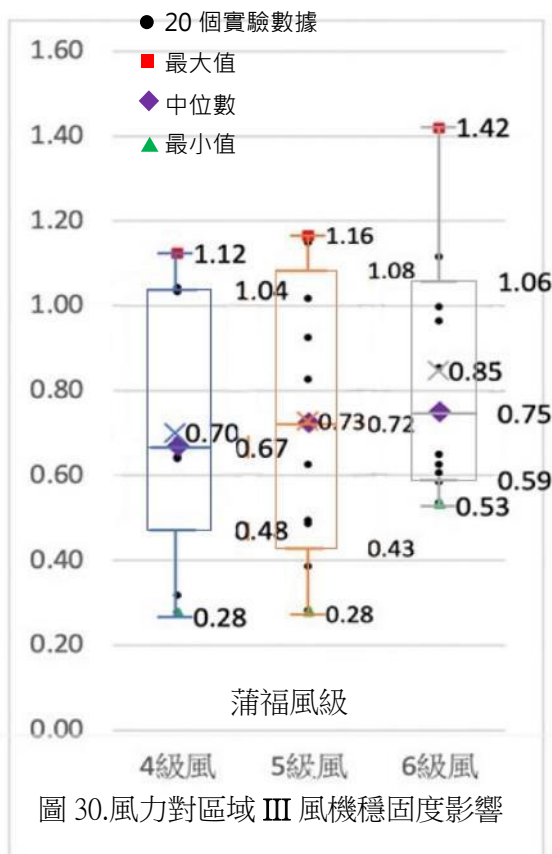
圖 29.風力對區域 II 風機穩固度影響

(六) 結果分析-2：探討風力大小對區域II風機穩固度的影響

從實驗中發現，在區域 II，沉積物粒徑 0.25~0.5mm，風力 6 級時穩固度明顯下降，傾斜角度中位數為 8.12 度，而 5 級也比 4 級時穩固度相差許多，傾斜角度大了 5 倍。

(七) 實驗結果-3：探討風力大小對區域III風機穩固度的影響

風級	4 級風	5 級風	6 級風
1	1.04	0.62	1.42
2	0.67	0.92	0.53
3	0.64	1.15	0.60
4	0.68	1.02	0.96
5	0.28	0.28	0.65
6	1.03	0.82	0.58
7	0.32	0.38	0.85
8	0.67	0.49	1.11
9	1.12	0.48	1.00
10	0.64	1.16	0.63
中位數	0.67	0.72	0.75
標準差	0.29	0.32	0.29



(八) 結果分析-3：探討風力大小對區域III風機穩固度的影響

隨著風力的提升，穩固度似乎有緩緩下降之趨勢，但下降幅度非常小，中位數相差只有 0.05 度左右，我們可以判斷若在臺灣灘的北、東側的區域 III，選址設風機，只要在平均風力在 6 級以下，對風機穩固度影響都不大。

總結，蒲福風級在七美浮標資料得知，年度平均風在 4 級以下達 64%，不論在那一個區域，4 級風均不太影響到風機穩固度。但 5 級風就只對區域 II 風機穩固度有

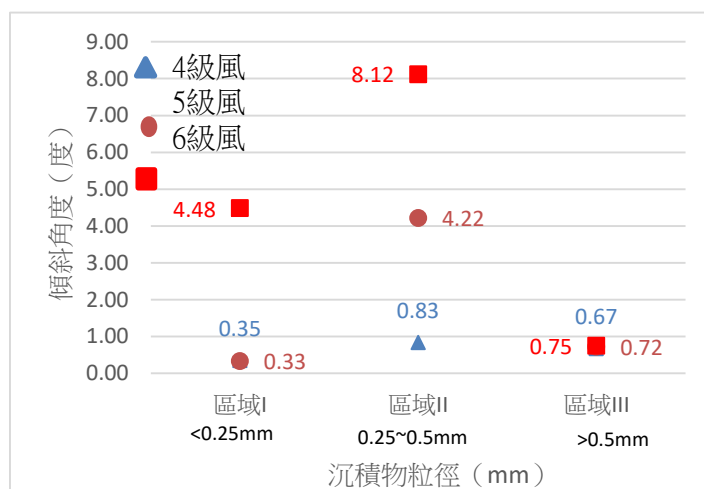


圖 31.風力對三個區域風機穩固度的影響

顯著的影響，比較 4 級風，傾斜角度達 5 倍之多，6 級風在年度平均風只佔 20%。最後 6 級風對在區域 I、II 產生最巨大的影響，但對區域 III，6 級風以下穩固度均沒有變。

四、探討風機在不同設計下對穩固度的影響：

四-1、模擬發電機艙重量對風機穩固度的影響

我們想要研究風機不同發電機艙重量時，是否會對穩固度造成影響。

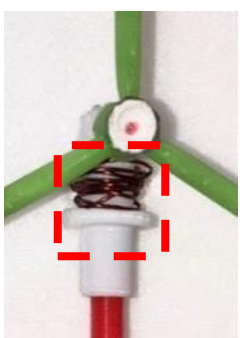
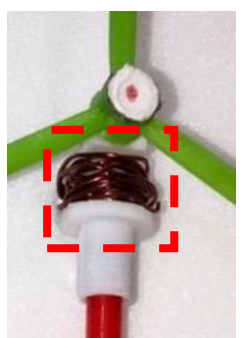
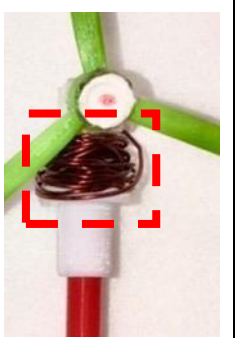
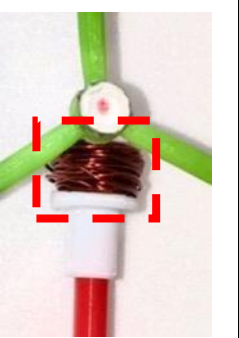
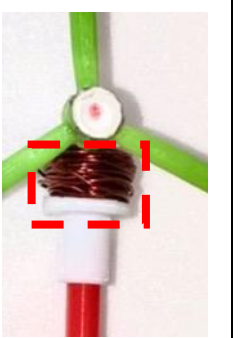
(一) 實驗設計：

1. 控制變因：震度五弱、臺灣海峽沉積物、沉積物深度、單樁式水下基礎
2. 操縱變因：發電機艙重量，如表9。
3. 應變變因：水下基礎穩固度。

(二) 實驗步驟：

1. 在透明水族箱中加入4公分高的砂石，中央插入風機模型，再加入水製造出水深6公分的實驗情境，如圖21。
2. 使用水平式震盪模擬器在 150RPM，也就是模擬地震震度為五弱的情況下，搖晃一分鐘，並以手機架架設手機拍攝整個實驗過程，每次實驗靜置約 30 秒，待水面停止後再做下一個實驗。
3. 利用不同長度銅線模擬不同發電機艙重量，有 30 cm、60 cm、90 cm、120 cm、150 cm。30 cm 的銅線相當於 0.7 gw，依此類推，如表9。

表9、模擬發電機艙重量

銅線 30 cm\0.7 gw	銅線 60 cm\1.4 gw	銅線 90 cm\2.1 gw	銅線 120 cm\2.8 gw	銅線 150 cm\3.5 gw
				

4. 將影片匯入軟體 Tracker，追蹤中間扇葉的點進行角度的量測，如圖9~12。
5. 觀察影片，以實驗一敘述的方式測量，繪製出離散圖及盒鬚圖，找出中位數，如圖 22。

(三) 實驗結果：探討風機在不同發電機艙重量對穩固度的影響

表 10、不同發電機艙重量對穩固度的影響

負載	無配重	30cm=0.7gw	60 cm=1.4gw	90 cm=2.1gw	120 cm=2.8gw	150 cm=3.5gw
1	0.52	0.60	0.42	0.45	0.48	0.45
2	0.44	0.58	0.47	0.45	0.62	0.53
3	0.41	0.48	0.59	0.46	0.37	0.40
4	0.42	0.46	0.59	0.48	0.49	0.50
5	0.49	0.46	0.52	0.55	0.58	0.48
6	0.44	0.47	0.59	0.45	0.51	0.52
7	0.46	0.58	0.57	0.55	0.61	0.51
8	0.41	0.48	0.51	0.43	0.60	0.52
9	0.45	0.49	0.44	0.56	0.41	0.46
10	0.48	0.52	0.51	0.46	0.40	0.49
11	0.51	0.64	0.59	0.46	0.44	0.38
12	0.49	0.52	0.59	0.59	0.55	0.55
13	0.52	0.52	0.55	0.49	0.46	0.42
14	0.48	0.48	0.58	0.50	0.42	0.52
15	0.39	0.51	0.50	0.58	0.41	0.51
16	0.42	0.61	0.40	0.57	0.36	0.51
17	0.50	0.51	0.48	0.50	0.46	0.54
18	0.44	0.50	0.46	0.55	0.36	0.46
19	0.46	0.46	0.56	0.49	0.50	0.51
20	0.49	0.59	0.58	0.42	0.57	0.42
中位數	0.46	0.55	0.54	0.49	0.47	0.51
標準差	0.04	0.06	0.06	0.05	0.08	0.05

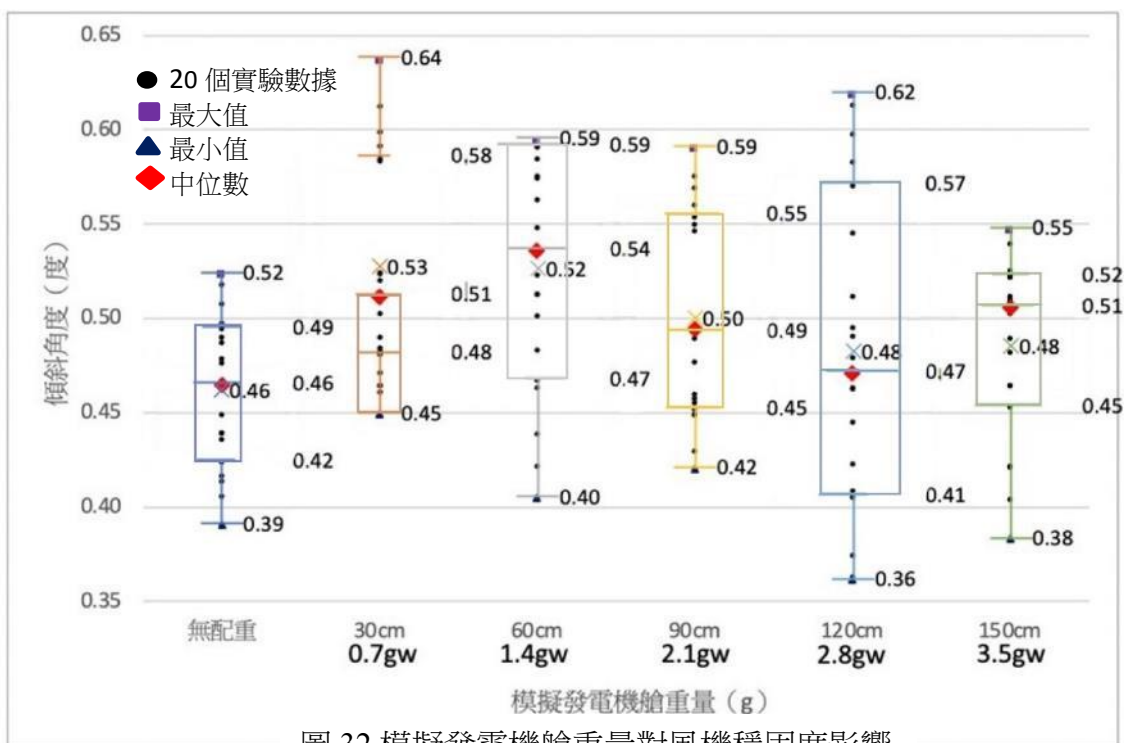


圖 32. 模擬發電機艙重量對風機穩固度影響

(四) 結果分析：不同沉積物對螺距6mm螺紋式風機穩固度的影響

於負載 2.8gw 約為原風機無負載重量 5 倍時，風機穩固度最佳傾斜角度中位數為 0.47 度，但負載超過 3.5gw 約為原風機無負載重量 5 倍時，穩固度卻開始下降，傾斜角度中位數來到 0.51 度。

四-2：分析風機在不同螺紋式螺距下對穩固度的影響

我們想要更加優化水下基礎結構來增加穩固度，由單樁式開始進展，進而研究到螺紋式，螺紋式是在單樁式的基礎上增加螺紋的結構，希望能因為嵌入沉積物使得穩固度提升，首先改變的是螺距大小，如圖33、表9。

(一) 實驗設計：

1. 控制變因：地震震度五弱、臺灣海峽沉積物種類、沉積物深度、水深。
2. 操縱變因：螺紋式水下基礎的螺距。
3. 應變變因：水下基礎穩固度。

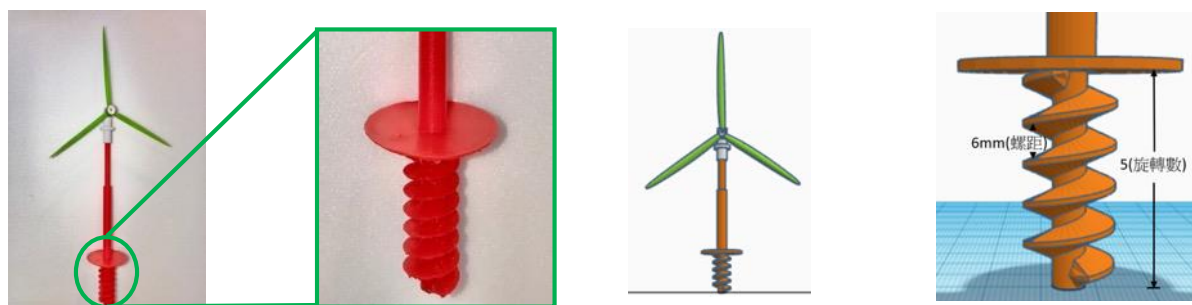


圖 33.螺紋式模型及尺寸

表11、模型尺寸		
基樁模型尺寸	風扇及基樁模型	風扇模型尺寸

(二) 實驗步驟：

1. 在觀察箱中加入4公分高的砂石，中央插入風機模型，再加入水製造出水深6公分的實驗情境。
2. 使用水平式震盪模擬器在 150RPM ，也就是地震震度五弱的情況下，搖晃一分鐘，並以手機支架架設手機拍攝整個實驗過程。
3. 改變螺紋式水下基礎的螺距，分別為 2 mm、4 mm、6 mm、8 mm，旋轉數皆為 5 次，如圖32。
4. 觀察影片，以實驗一敘述的方式測量並找出中位數，如圖22。

(三) 實驗結果-1：探討風機在不同螺紋式螺距下對穩固度的影響

表 12、不同螺紋式螺距下對穩固度的影響

螺距	2mm	4mm	6mm	8mm
1	0.43	0.56	0.63	0.46
2	0.43	0.83	0.61	0.38
3	0.67	0.83	0.39	0.46
4	0.37	0.83	0.46	0.38
5	0.41	0.52	0.59	0.37
6	0.51	0.58	0.38	0.37
7	0.42	0.93	0.40	0.60
8	0.48	0.84	0.52	0.58
9	0.40	0.50	0.51	0.55
10	0.54	0.58	0.48	0.62
11	0.54	0.75	0.38	0.42
12	0.49	0.70	0.23	0.63
13	0.45	0.60	0.29	0.53
14	0.55	0.55	0.48	0.57
15	0.51	0.56	0.39	0.37
16	0.50	0.68	0.39	0.42
17	0.52	0.79	0.32	0.47
18	0.37	0.71	0.42	0.45
19	0.60	0.59	0.61	0.35
20	0.38	0.94	0.43	0.40
中位數	0.49	0.69	0.42	0.45
標準差	0.08	0.14	0.11	0.09

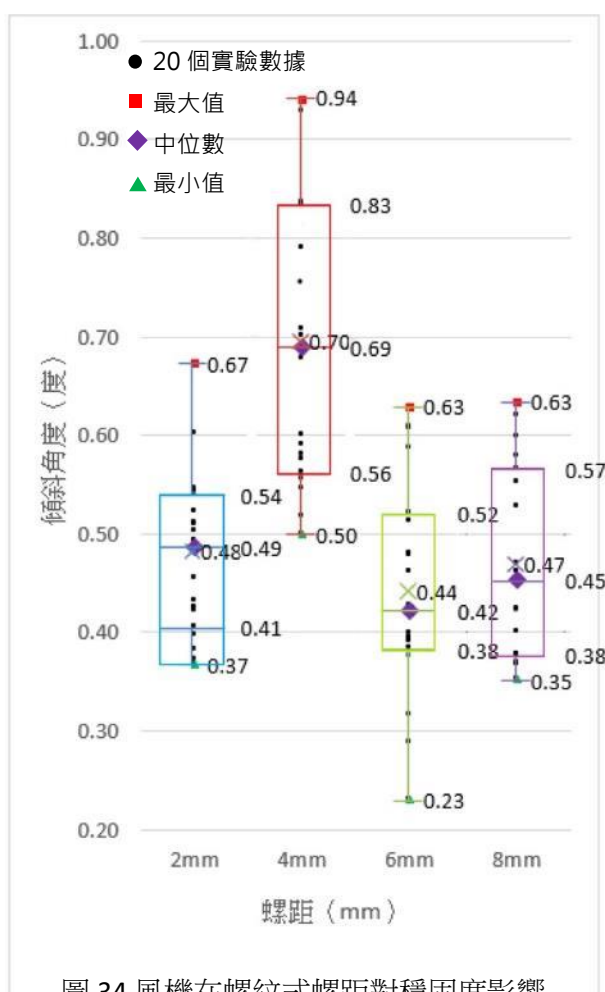


圖 34.風機在螺紋式螺距對穩固度影響

(四) 結果分析：探討風機在不同螺紋式螺距下對穩固度的影響

在實驗中發現四種螺距的穩固度大致相同，4mm 螺距的傾斜角度比起其他的偏大一點，傾斜角度中位數為 0.69 度。

四-3：分析水下基礎在不同螺紋式旋轉數下對風機穩固度之影響

(一) 實驗設計：

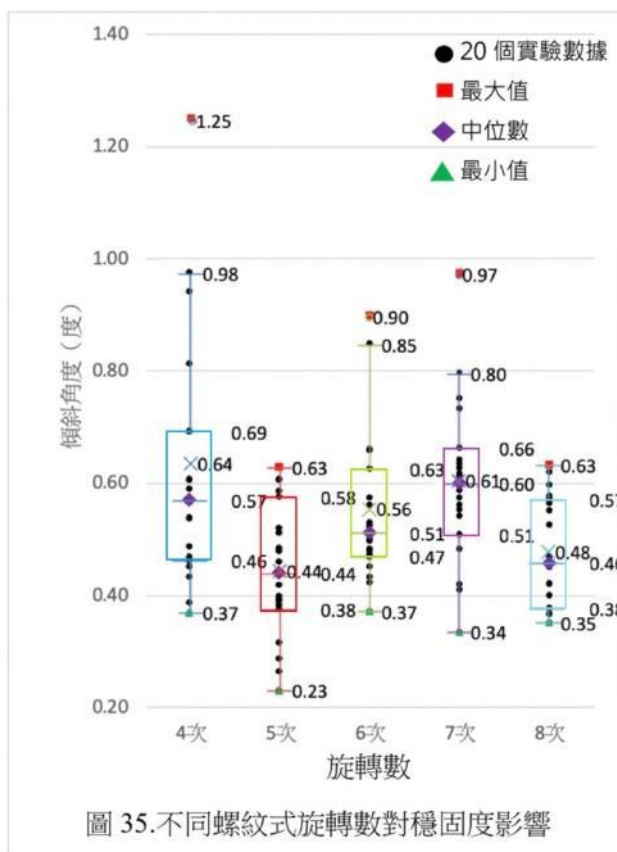
1. 控制變因：地震震度五弱、臺灣海峽沉積物種類、沉積物深度、水深。
2. 操縱變因：螺紋式水下基礎的旋轉數，如圖32。
3. 應變變因：水下基礎穩固度。

(二) 實驗步驟：如四-2

(三) 實驗結果-2：探討風機在不同螺紋式旋轉數下對穩固度的影響

表 13、不同螺紋式旋轉數對穩固度影響

旋轉數	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次
1	0.39	0.63	0.47	0.55	0.46
2	0.69	0.61	0.45	0.54	0.38
3	0.46	0.39	0.50	0.51	0.46
4	0.54	0.46	0.47	0.56	0.38
5	1.25	0.59	0.42	0.62	0.37
6	0.47	0.38	0.90	0.75	0.37
7	0.54	0.40	0.37	0.41	0.60
8	0.49	0.52	0.53	0.63	0.58
9	0.43	0.51	0.53	0.73	0.55
10	0.57	0.58	0.48	0.64	0.62
11	0.37	0.38	0.66	0.80	0.42
12	0.45	0.23	0.63	0.48	0.63
13	0.81	0.29	0.57	0.97	0.53
14	0.69	0.48	0.50	0.58	0.57
15	0.94	0.27	0.48	0.42	0.57
16	0.98	0.39	0.85	0.61	0.42
17	0.57	0.32	0.56	0.59	0.47
18	0.61	0.42	0.43	0.66	0.45
19	0.61	0.61	0.52	0.63	0.35
20	0.59	0.49	0.66	0.34	0.40
中位數	0.57	0.44	0.51	0.60	0.46
標準差	0.22	0.11	0.13	0.14	0.09



(四) 結果分析：探討風機在不同螺紋式旋轉數下對穩固度的影響

在實驗中發現五種旋轉數的穩固度大致相同，相差的傾斜角度較小，可忽略不計。

參、討論

此研究是探討臺灣海峽沉積物種類、風力大小及風機的水下結構等因素，經由各項模擬實驗及Tracker的數據分析，進行對風機穩固度的影響分析。

一、探討臺灣海峽沉積物對離岸風機穩固度的影響：

從實驗結果中可以發現當沉積物粒徑小於0.5mm，就是在區域I時，不論是單樁式或是螺紋式的水下基礎穩固度都是相當好的，但是當沉積物粒徑大於0.5mm，就是在區域III時，螺距較大的水下基礎穩固度明顯優於單樁式及螺距較小的水下基礎，如圖26。

我們認為可能的原因是當地震發生時，沉積物大於0.5mm的地區，因搖晃而產生明顯液化的情況，造成地層與水下基礎間的最大靜摩擦力大幅下降，而導致單樁式風機的基樁穩固度降低，也有部份的原因，是因為粒徑越大，沉積物孔隙率就越小，如圖13~15，導至無法扎實的卡住風機的水下基礎，再加上單樁式無法依靠本身的水下基礎抓牢砂石，進而影響到穩固度，但螺距較大的水下基礎，因其螺距越大，越能限制沉積物搖晃運動的範圍，而使得地層與水下基礎間的最大靜摩擦力並無太大的變化，而穩固度和其他區域一樣，所以當沉積物粒徑小於0.5mm時，也就是在區域I及II時，如圖16，對風機穩固度的影響並不大。

若以6mm螺距的螺紋式風機而言，三種不同粒徑的沉積物均無法對穩固度產生明顯影響，傾斜角均落0.44~0.46之間，我們推測是因為6mm的螺距，有空間可以讓多個大於0.5mm粒徑的沉積物嵌入其中，形成緊密的排列，使得穩固度與其他兩種粒徑的沉積物一樣穩固。

二、了解臺灣海峽風力大小對離岸風機穩固度的影響：

區域 I，風力在 5 級以下時，單樁式風機的穩固度大致相同，我們推測是 5 級以下的風力，及因風而起的浪所帶來的推力，未達到風機與砂石間的最大靜摩擦力，但到達 6 級時超過了最大靜摩擦力，導致風機傾斜角度大幅增加，傾斜角度中位數為 4.48 度，為 4、5 級風造成的傾斜角約 12 倍。但在區域 II，風機的傾斜角度隨著風力加大逐漸變大，在實驗中我們可以發現，4 級風到 5 級風傾斜角增加 5 倍，4 級風到 6 級風傾斜角增加 10 倍，如圖 31。

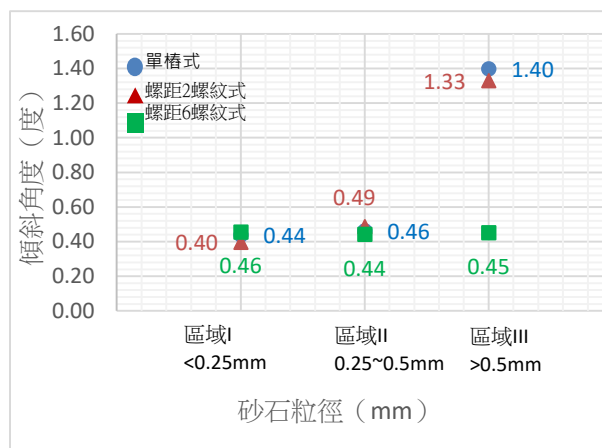


圖 26.不同沉積物對各式風機穩固度的影響

我們推測是因為 4 級的風力，已經超過在粒徑在 0.25mm~0.5mm 沉積物上單樁式風機的最大靜摩擦力，才會隨著風力等量提升。在區域 III，6 級以下幾乎對風機的穩固度影響度不大，且相差微小，我們認為是因為風吹產生的振動跟地層間的振動頻率發生抵銷，兩波源可能產生破壞性干涉，使造成兩種波源間的能量被破壞，而不影響到穩固度。也有可能在風及海浪在振動風機的過程中與海床上的沉積物產生流體阻尼效應，屬於介質與結構阻尼的形式，而讓風機的帳動幅度不大，相對穩定性較高。

三、模擬發電機艙重量對風機穩固度的影響：

我們以轉接器上的纏繞銅線當負載，來模擬發電機艙的重量，由實驗中可見，上端負載不是越多越好，如圖 32。上端有載重時比起原風機無載重時穩固度雖較差，但隨著載重由 0.7gw 增加到 2.8gw 時，風機的穩固度也跟著增加 15%，在纏繞銅線 120cm 負載 2.8gw 時，穩固度為最佳。當我們再試著增加配重到 3.5gw 時，穩固度卻較 2.8gw 時降低了 10%，我們推測是因為增加的重量能夠提升最大靜摩擦力，配重在小於 2.8gw 時，摩擦力還能抵抗增加配重後，水下基礎在搖晃時產生的力矩，但是在配重 3.5gw 時，水下基礎搖晃時產生的力矩大於最大靜摩擦力，而導致穩固度出現下降，此時我們分析出風機所能負載之極限值。

四、分析螺旋式水下基礎對風機穩固度的影響：

（一）在不同螺紋式螺距下：

在實驗中，我們利用增加螺距來觀察穩固度的變化，結果我們發現當螺距從 2mm 增加到 8mm 時風機穩固度大致呈現穩定的狀態，但螺距 4mm 時的穩固度跟其他螺距相較，穩固度表現最差，我們推測可能是因為粒徑 0.25mm 的砂石可以在 2mm 螺距螺紋式的螺紋中形成緊密的排列，而大於 6mm 螺距螺紋式是使用螺紋中的單樁來支撐，4mm 螺距螺紋是則處於兩者之間，導致穩固度較差，或是因為螺距 4mm 時的風機振動的自然頻率跟地震五弱時的頻率發生共振，而導致穩固度降低。

(二) 在不同螺紋式旋轉數下。

在實驗數據的中位數來看，螺紋式旋轉次數的不同對於穩固度的變化，是有些許的提升，但由最大值來看螺紋式旋轉次數的增加，是能大幅提升穩固度。

我們推測是因為在區域I粒徑0.25mm的砂石，可以在2mm螺距螺紋式的螺紋中，形成緊密的排列，可能是地震五弱所帶來的力，比螺紋與砂石間相互咬合的最大靜摩擦力小，而使得傾斜角度都較小，也較為穩固。換句話說，旋轉次數的增加，雖然對整體穩固度的影響不大，但可降低風機較大搖晃發生的可能性。所以我們推論風機的旋轉次數越多，嵌入的砂石也越多，有可能將風機周圍的砂石擠壓的較為緊密，降低孔隙率，減少晃動的幅度。

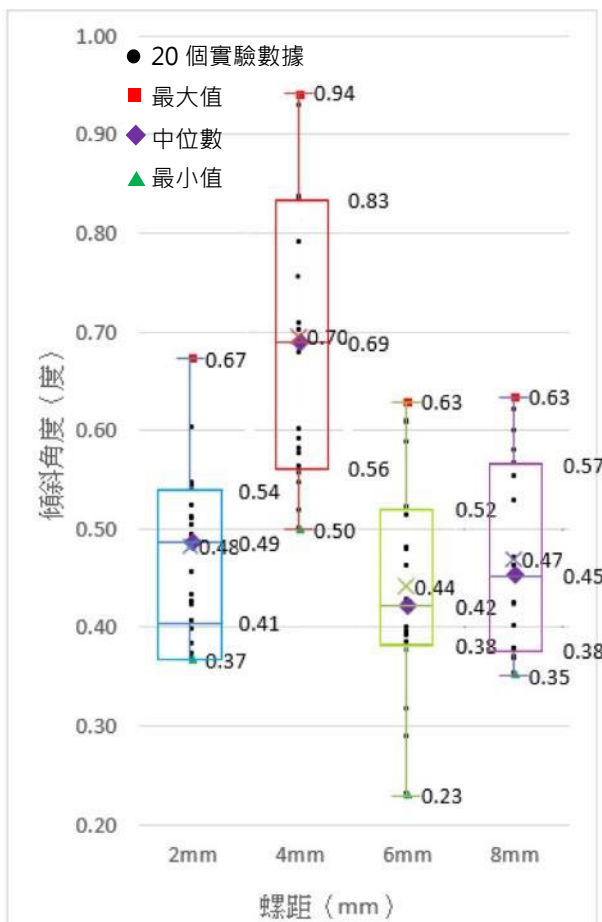


圖 34.風機在螺紋式螺距對穩固度影響

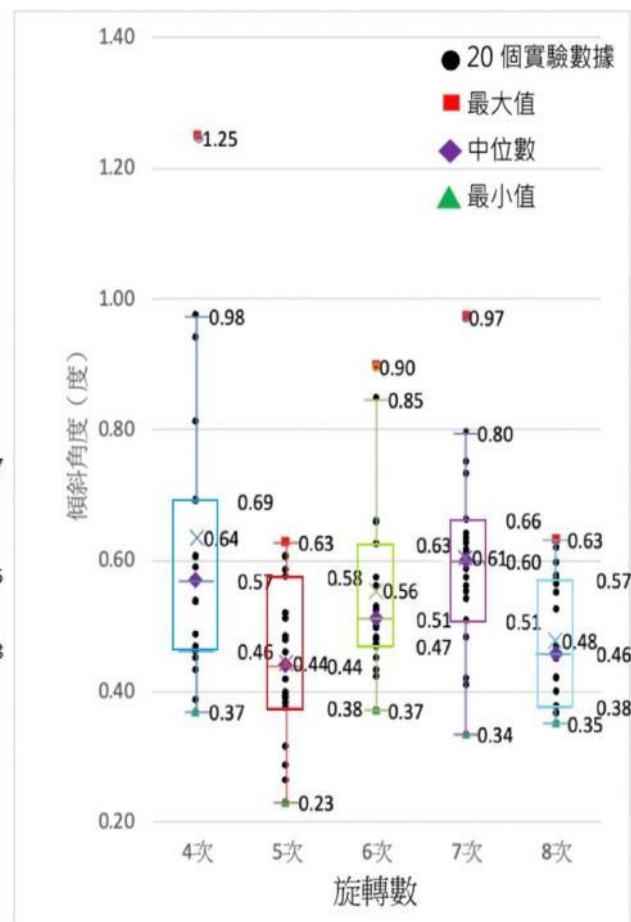


圖 35.不同螺紋式旋轉數對穩固度影響

肆、結論與未來展望

本研究是探討臺灣海峽沉積物種類、風力大小及風機的水下結構等因素，進行對風機穩固度的影響分析，我們做出以下幾點結論，以對未來離岸風機選址方向給出建議。

一、探討臺灣海峽沉積物對離岸風機穩固度的影響：

在臺灣西側新竹苗栗外海至海峽中線再到馬祖附近，大約位置在 24.3~26.0°N、119.3°E~121.3°E，沉積物粒徑小於 0.5mm，此區域 I 的沉積物，對臺灣目前設置的單樁式離岸風機穩固度影響最小，非常適合在此區域設置風機。

而臺灣灘的北、東兩側，大約位於 24.0~24.5°N、118.2~120.5°E，標示為區域 III，此區域沉積物粒徑大於 5mm，只對以優化的水下基礎 6mm 螺距螺紋式風機穩固度影響不大，但對其他種類風機穩固度影響較大，所以建議不適合在此設置臺灣目前常見的單樁式離岸風機。

二、了解臺灣海峽風力大小對離岸風機穩固度的影響：

在區域 I 受到蒲福風級在 6 級風力時，對單樁式風機穩固度的影響較大，所造成的傾斜角為受到 5 級以下風力的 12 倍，但會產生 6 級風的年度日平均只 12%，所以還是可以在此地設置單樁式離岸風機；在區域 II 就難抵禦蒲福風級在 5 級以上的風力，但會產生 5 級風以上的年度日平均佔 36%，所以較不適合設立單樁式風機；在區域 III，蒲福風級在 6 級以下，且年度日平均佔 96%，幾乎對風機的穩固度影響度不大，有較能抗風的優勢。

根據七美浮標的數據，臺灣風力年度平均落在 4 級左右，單純就風力的因素來討論，其中以區域 I 及 III 較適合設置單樁式風機，若再加上沉積物的因素來考慮，區域 I 就是我們風機最佳選址地點。

三、模擬發電機艙重量對風機穩固度的影響：

上端有載重來模擬發電機艙重量時，會比起原風機無載重時穩固度雖較差，但載重持續提升卻增加了風機的穩固度，從實驗中發現，當發電機艙重量佔整支風機約三分之一的重量時，穩固度最佳，建議可以按照此重量比例進行配重，來設置風機。

四、分析螺旋式水下基礎對風機穩固度的影響：

四種優化水下基礎風機各種螺距的穩固度大致相同，由實驗結果得知區域 II 粒徑 0.25~0.5mm 沈積物，都能使不同螺距穩固設置，可見優化風機水下基礎的螺紋式可增加風機穩固度，較不受任何臺灣海峽沉積物的影響，而且，隨著螺紋的旋轉數越多，所提升的穩固度也逐漸變大，最後可以依成本進行調整來選配設置風機。

五、未來展望：

風機的回收一直以來都是個大問題，考量到成本，現在大多以掩埋的方式處理，掩埋的風機成為了一個環境問題，因此我們想研究為更具穩固且耐用的材質，作為風機無法回收的替代方案。

我們使用了兩種常見的材質進行實驗，分別有 PLA、水泥，我們也改變填充密度進行測試，如圖 36。



圖 36.不同材質的風機

(一) 分析不同材質對離岸風機穩固度的影響

材質	PLA	水泥
1	0.56	0.97
2	0.89	1.98
3	0.68	1.04
4	1.07	0.94
5	0.99	1.12
中位數	0.89	1.04
標準差	0.21	0.44

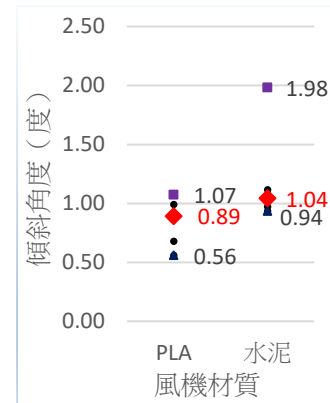


圖 37.不同材質對離岸風機穩固度的影響

在實驗中我們發現，在區域 II，砂石粒徑 0.25~0.5mm 時，材質選用 PLA 較水泥的穩固，傾斜角度相差了 0.15 度。

(二) 了解PLA在不同填充密度對離岸風機穩固度的影響

填充密度	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
1	0.89	0.62	0.56	0.82	1.00	0.89	1.31
2	0.86	0.52	0.89	0.94	1.13	1.24	1.16
3	0.96	1.03	0.68	0.82	1.13	0.85	1.22
4	0.68	0.72	1.07	0.99	1.01	1.16	1.22
5	0.56	0.77	0.99	0.81	1.09	1.31	1.03
中位數	0.86	0.72	0.89	0.82	1.09	1.16	1.22
標準差	0.16	0.19	0.21	0.08	0.06	0.21	0.10

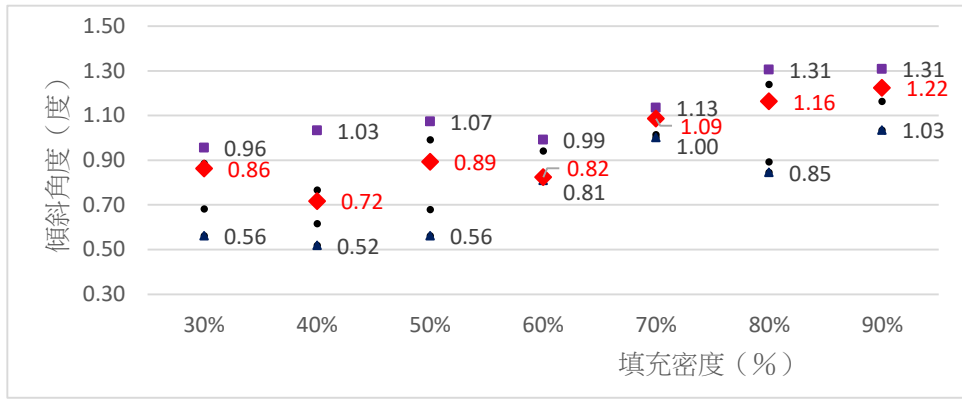


圖 38.PLA 填充密度對離岸風機穩固度的影響

在實驗中我們發現，在區域II，砂石粒徑 0.25~0.5mm 時，填充密度為 50% 以下時穩固度較不穩定，60% 以上則是填充密度越大，穩固度也就越差。

(三) 探究水泥在不同填充密度對離岸風機穩固度的影響

表 16、在不同水泥填充密度對離岸風機穩固度的影響

填充密度	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
1		0.60	0.97	1.22	0.95	0.89	0.72
2		1.07	1.98	1.68	0.89	0.64	1.08
3		0.76	1.04	0.77	0.91	1.25	1.64
4		1.26	0.94	0.98	0.72	1.40	1.27
5		0.98	1.12	0.96	0.66	0.97	1.48
中位數		0.98	1.04	0.98	0.89	0.97	1.27
標準差		0.26	0.44	0.35	0.13	0.30	0.36

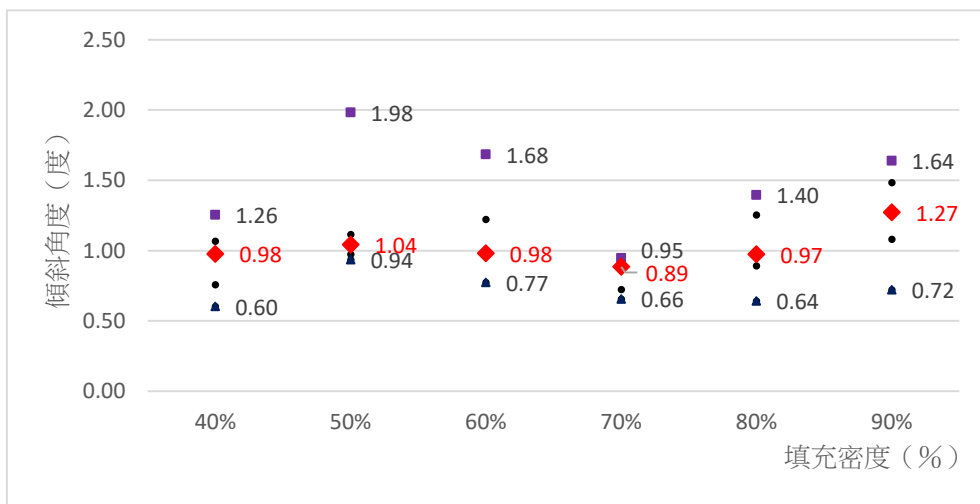


圖 39.在不同水泥填充密度對離岸風機穩固度的影響

在實驗中我們發現，填充密度 30%因容易斷裂，導致實驗無法進行，在區域 II，砂石粒徑 0.25~0.5mm 時，填充密度 80%以下時，穩固度大致相同，超過 80%後穩固度轉為下降。

我們希望未來能朝更多更為環保的材質進行研究，例如：PETG 保特瓶回收的材質等，能讓風機的回收找到新的出路。

伍、參考文獻資料

一、中文部分：

- (一) 張欽森、林淑寬、張上君、李信志、劉新達、陳克維 (民 106) · 離岸風場區塊開發海域環境建構計畫 · 經濟部能源局研究成果報告 (計畫編號：106-D0601)
- (二) 蘇詠晴、朱柏睿、許瑋恩 (民 109) · 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會探究離岸風機水下基礎之穩固度~以雲彰沙脊北側海域為例~
- (三) 張植翔 (民 91) · 臺灣海峽東側海域之海床表層沉積物及其可能的沉積作用。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文
- (四) 林之詠 (民 105) · 臺灣海峽表層沉積物物理及地球化學特性的空間分佈探討。國立中山大學海洋科學系碩士論文
- (五) 中華民國105年資料浮標觀測年報 (民107) · 中央氣象局
- (六) 中華民國106年資料浮標觀測年報 (民108) · 中央氣象局
- (七) 中華民國107年資料浮標觀測年報 (民109) · 中央氣象局
- (八) 中華民國108年資料浮標觀測年報 (民110) · 中央氣象局

二、網頁資料：

- (一) 5 年練兵組「臺灣隊」：2025 年臺灣將成風電王國，還是「下課回家」？ (民 108 年8 月 27 日) · 關鍵評論網 · 取自：
<https://www.thenewslens.com/feature/offshorewind/121223>
- (二) 大彰化離岸風力發電場 (無日期) · 維基百科 · 取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/>
- (三) 大彰化離岸風電計畫 (無日期) · 沃旭能源 · 取自：
<https://orsted.tw/zh/orsted-in-taiwan/our-projects/greater-changhua>
- (四) 中央氣象局地震等震圖 (無日期) · 中央氣象局 · 取自：
<https://scweb.cwb.gov.tw/special/19990921/921isomap.htm> 921

- (五) 地震的規模與震度 (無日期) · 國立中央大學應用地質研究所 · 取自：
<http://gis.geo.ncu.edu.tw/921/teach/地震的規模與震度首頁.htm>
- (六) 何謂等震度線？ (無日期) · 921 地震博物館 · 取自：
<http://921.rel.org.tw/edu-earthquake/edu-earthquake29.html>
- (七) 海上巨型風扇的支撐者——水下結構 (民 108 年 9 月 4) · 科技大觀園 · 取自：
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sT0u.htm>
- (八) 臺灣主要礦物與岩石 (無日期) · 國立中央大學應用地質研究所 · 取自：
<http://gis.geo.ncu.edu.tw/mineral/m63.htm>
- (九) 簡諧運動 (無日期) · 教育部教育雲 · 取自：
http://163.28.10.78/content/vocation/mechanical/tp_st/top2/ch10/htm/ch10-1.htm
- (十) Tracker 軟體的使用方法 (無日期) · 國立東華大學 · 取自：
<http://eip.iner.gov.tw/msn.aspx?datatype=YW5hbHlzaXM=&id=MTc4>
- (十一) Tracker軟體的使用方法 (無日期) · 國立東華大學 · 取自：
<http://faculty.ndhu.edu.tw/~phys-exp/files/Tracker-chinese.pdf>
- (十二) 蒲福風級 (無日期) · 維基百科 · 取自：
<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/蒲福氏風級>
- (十三) 蒲福風級 (無日期) · 台灣颱風資訊中心 · 取自：
http://typhoon.ws/learn/reference/beaufort_scale

【評語】 030503

本研究計劃架構周全，實驗有完整的設計，並根據結果做出相對應的合理推論，結果具社會應用參考價值。建議未來須考慮模擬風機本身重量和基樁固定方式的關係，是否符合實際風機裝置現況，另外，須注意真實情況下的應用，水深、沈積物厚度與沈積物已膠結，是否能如此簡化實驗，另也須考慮尺度的問題。

作品簡報

臺灣海峽自然環境

對離岸風機穩固度的影響

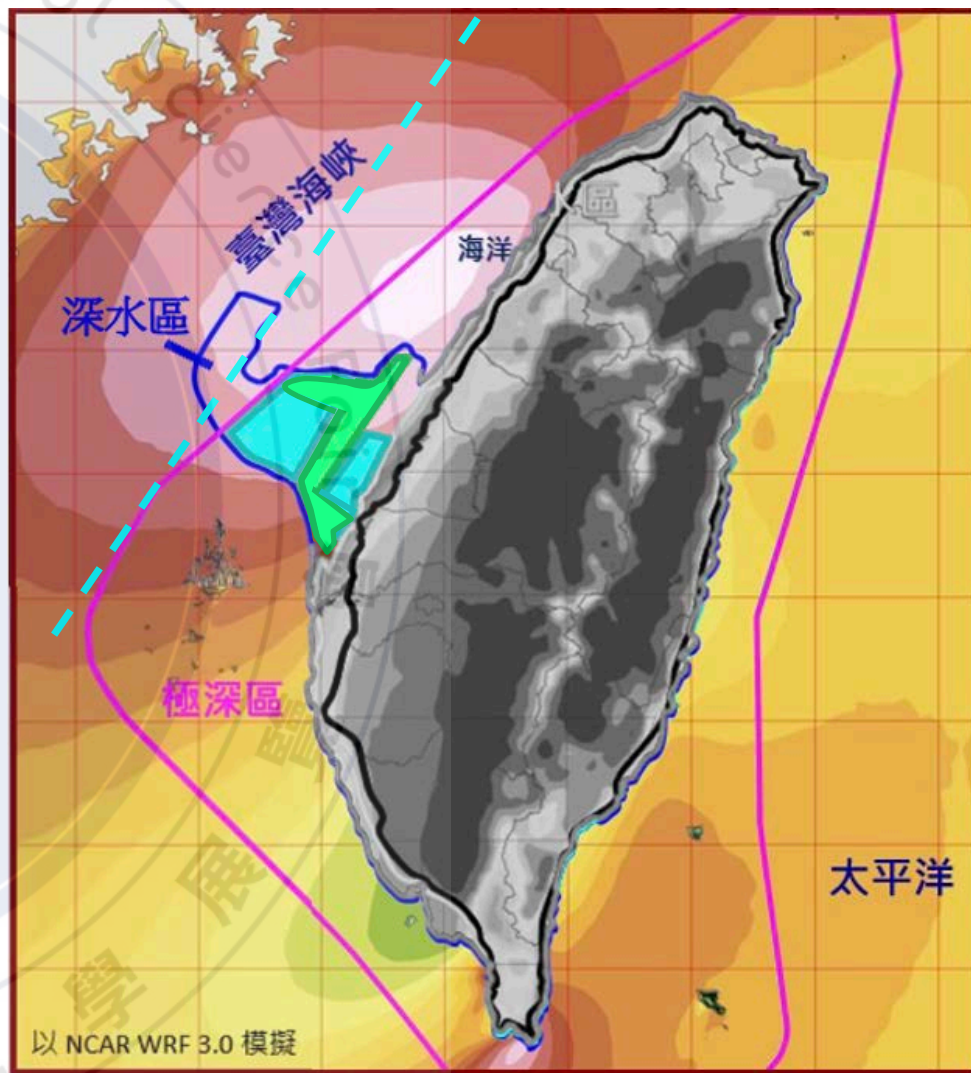
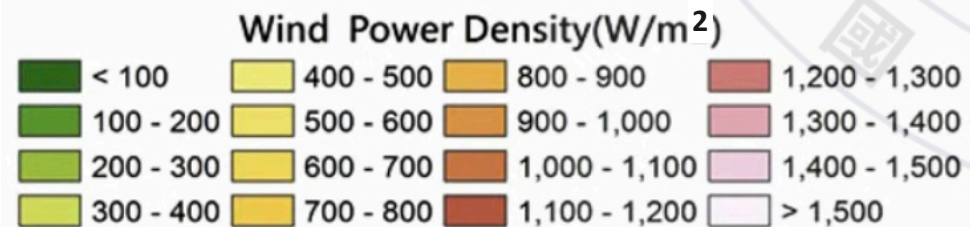
組別：國中組

科別：地球科學科

編號：030503

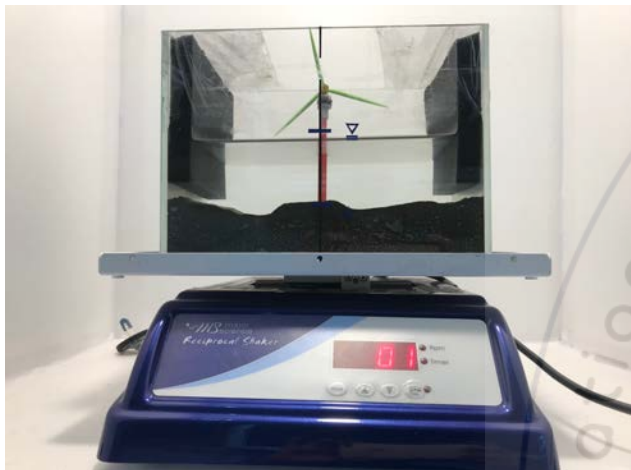
前言

- 探究沉積物對風機穩固度的影響
- 了解風力對風機穩固度的影響
- 發電機艙重量對風機穩固度的影響
- 分析水下基礎對風機穩固度的影響



臺灣海峽風場分佈圖 重繪自經濟部能源局資料庫

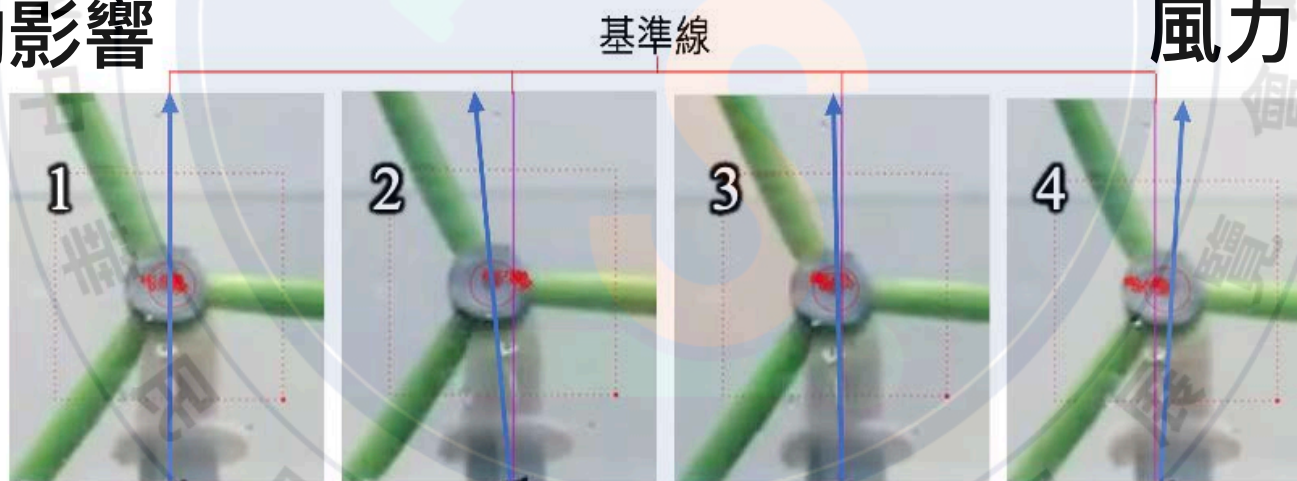
研究過程與方法



沉積物對離岸風機的影響



風力對離岸風機的影響



營造實
驗情境

150RPM
搖60秒

每種變因各錄
製20支影片

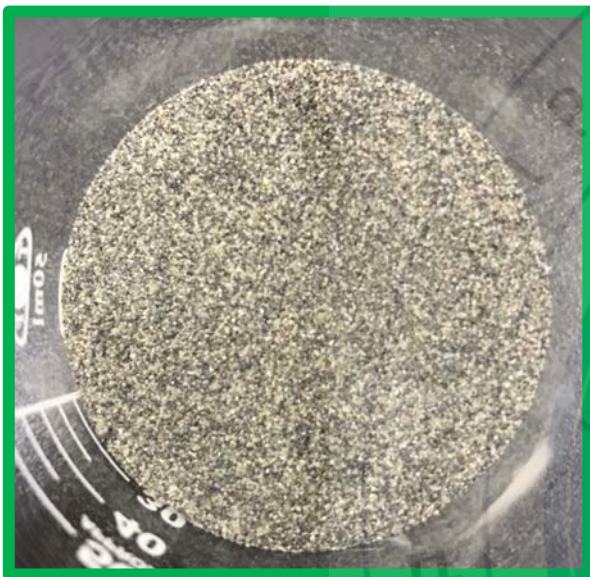
將各個影片取五
個最大值平均

把100個數據
繪製成圖表

沉積物粒徑模擬

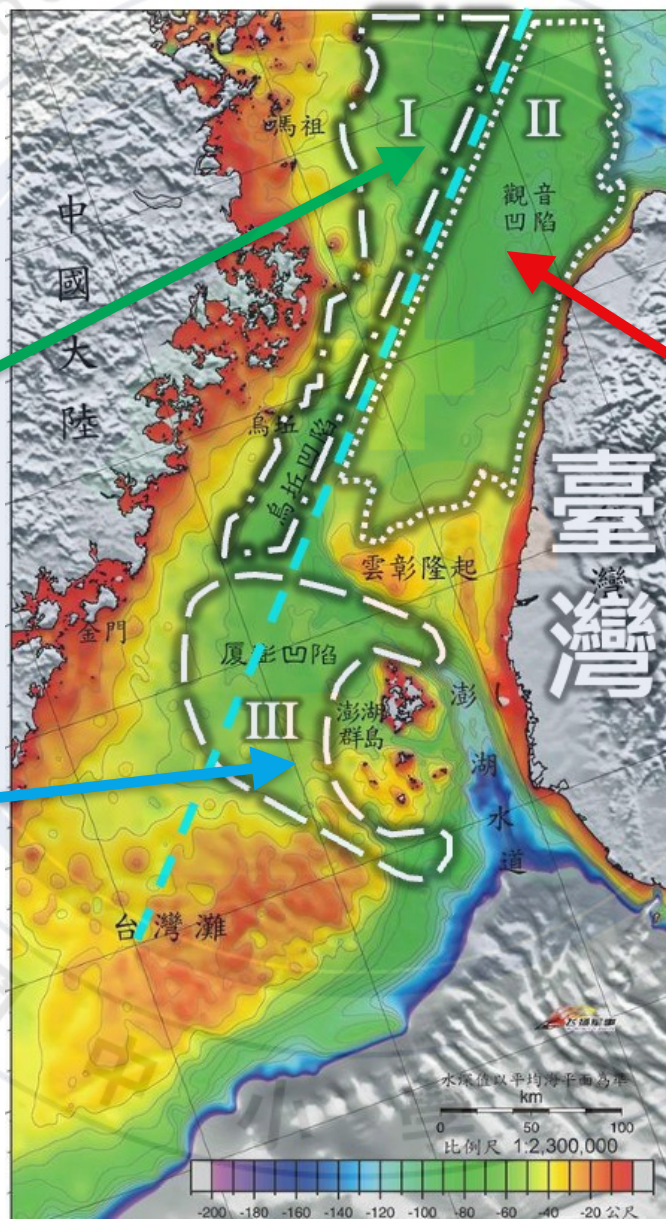
模擬區域 I

粒徑 <0.25mm



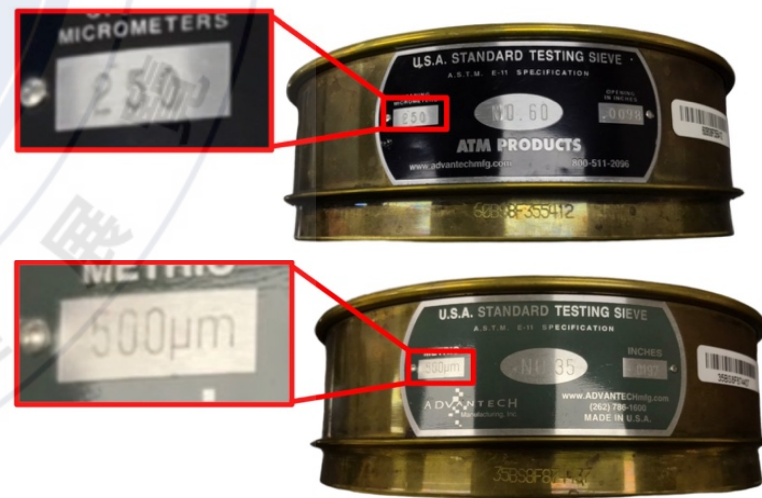
模擬區域 III

粒徑 >0.5mm



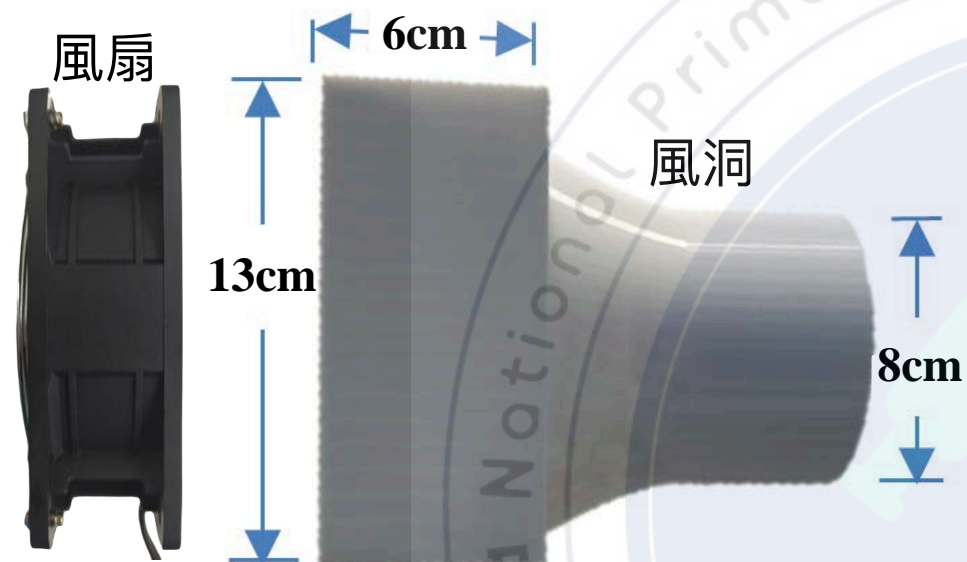
模擬區域 II

粒徑 0.25~0.5mm



以篩網區分不同粒徑的沉積物

風力模擬



入風口截面積 > 出風口截面積
 $Q \text{ 流量} = A \text{ 截面積} \times V \text{ 流速} = \text{定值}$

風洞風力對照蒲福風級分級表

風扇段數	風洞風速(m/s)	蒲福風級	風速(m/s)	波浪高度(m)	
				一般	最大
-	-	0	0~0.2	-	-
-	-	1	0.3~1.5	0.1	0.1
-	-	2	1.6~3.3	0.2	0.3
1、2	4.0~4.6	3	3.4~5.4	0.6	1.0
3、4	5.5~6.7	4	5.5~7.9	1.0	1.5
5、6	8.6~10.2	5	8.0~10.7	2.0	2.5
7、8	11.0~12.2	6	10.8~13.8	3.0	4.0

109年度日平均風（七美浮標）

蒲福風級	四級以下	五級	六級	七級以上
百分比	66%	18%	12%	4%

實驗一 探究不同沉積物

- 適合：區域 I 的海底沉積物，對各種水下基礎的風機，穩固度影響最小
- 不適合：區域 III 的海底沉積物，對各種水下基礎的風機，穩固度影響最大

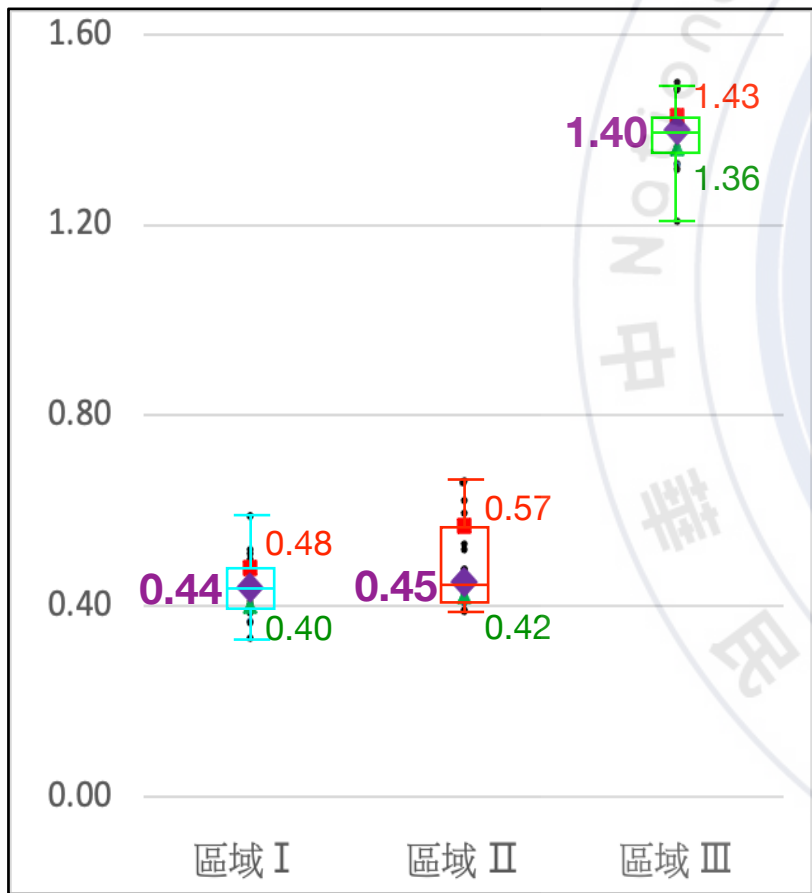


圖1.單樁式

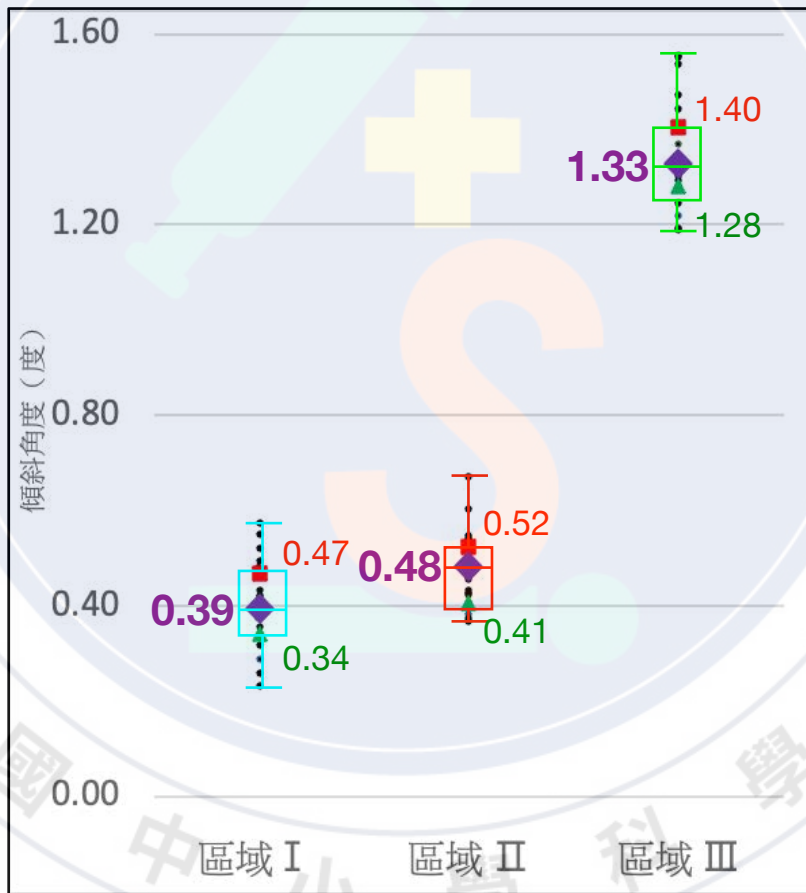


圖2.螺紋式(螺距2mm)

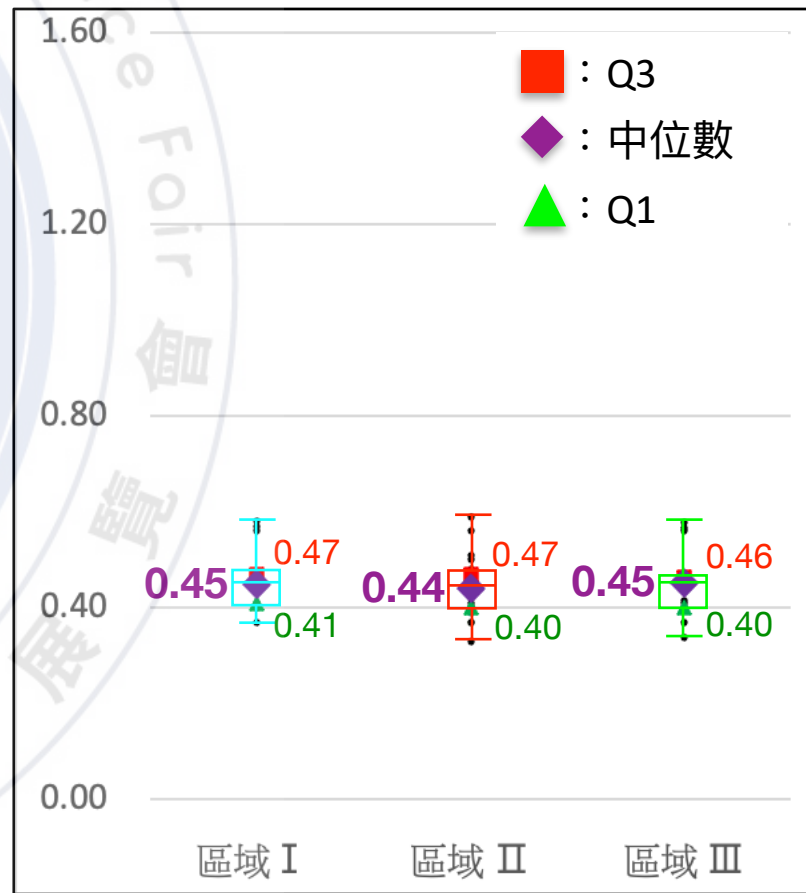


圖3.螺紋式(螺距6mm)

實驗二-1

風力對單樁風機的影響

- 適合：區域 III，風力對單樁式離岸風機穩固度的影響最小
- 不適合：區域 II，風力對單樁式離岸風機穩固度的影響最大

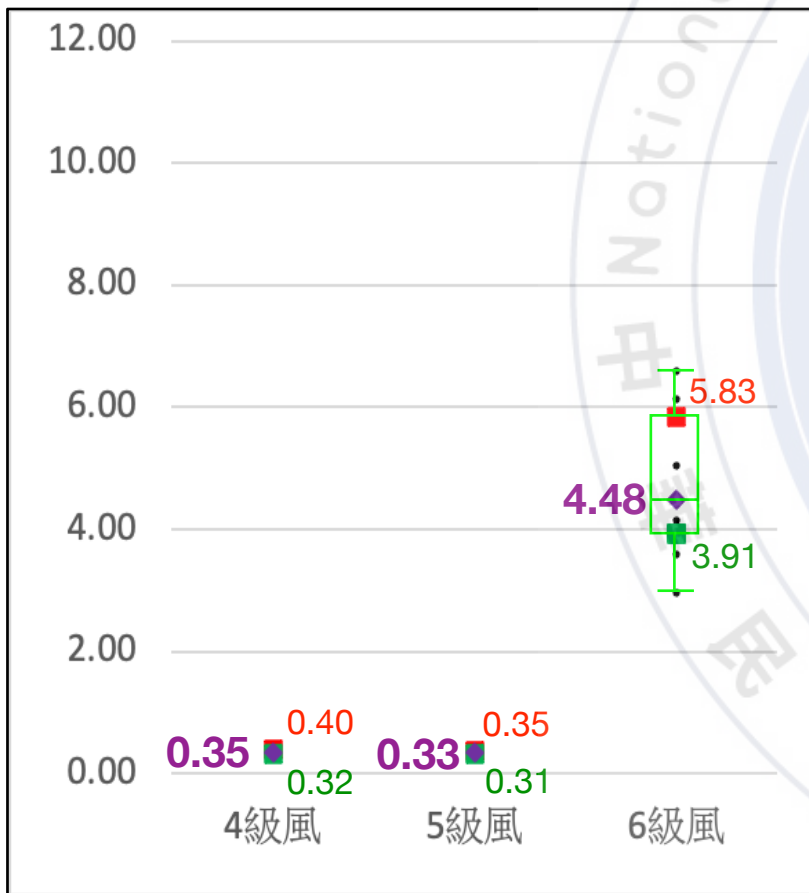


圖4.區域I

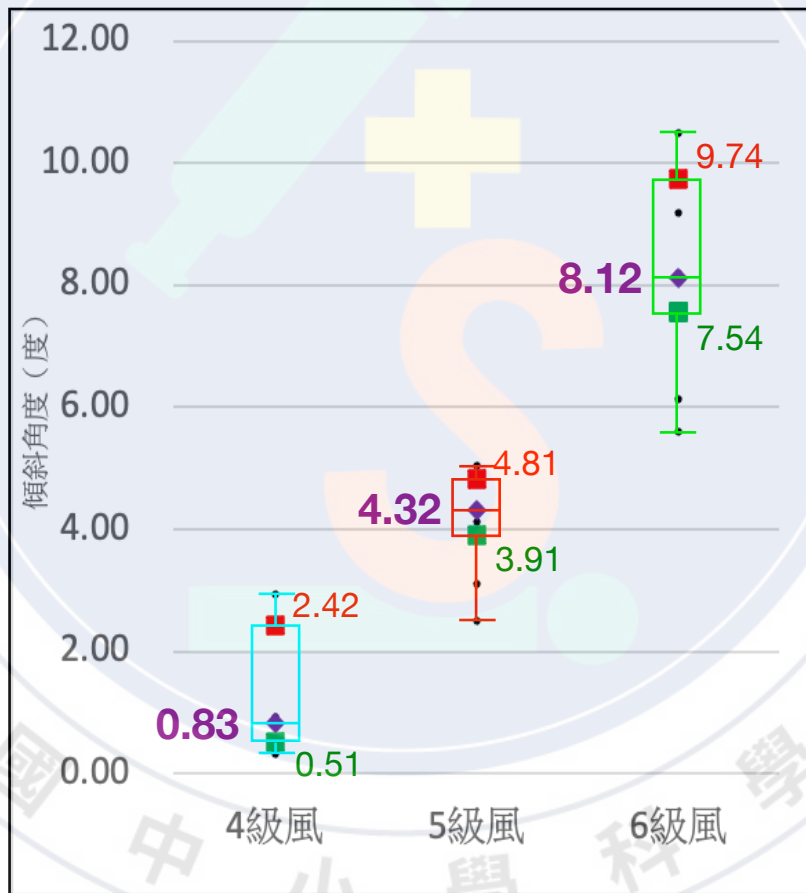


圖5.區域II

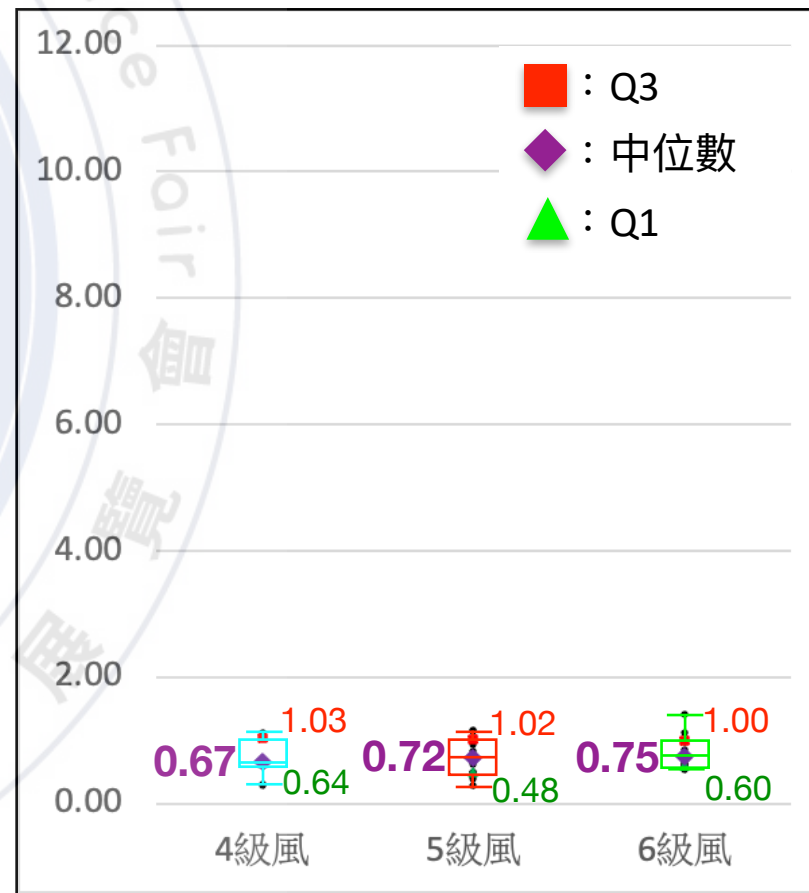


圖6.區域III

實驗二-2 風力對螺距2mm風機的影響

- 適合：區域 I，風力對螺距2mm的離岸風機穩固度的影響最小
- 不適合：區域 III，風力對螺距2mm的離岸風機穩固度的影響最大

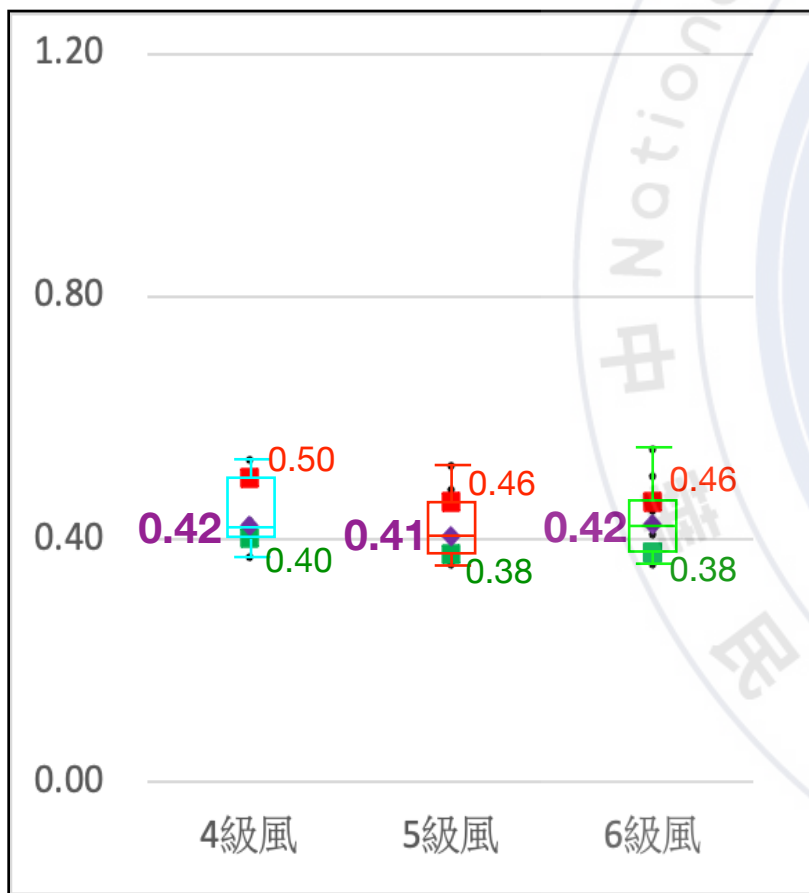


圖7.區域I

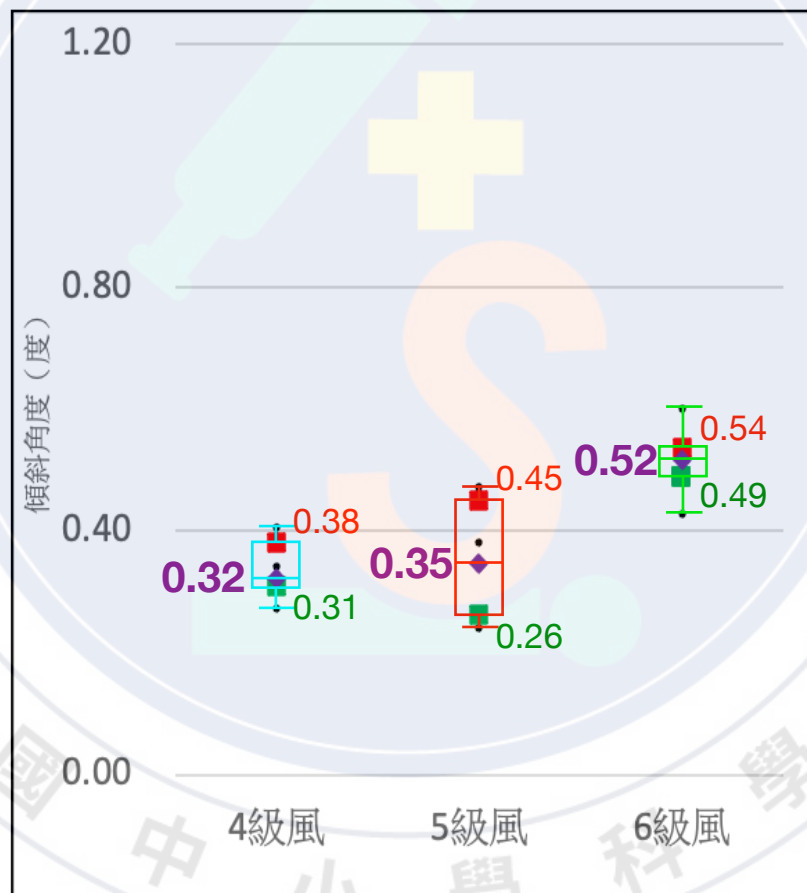


圖8.區域II

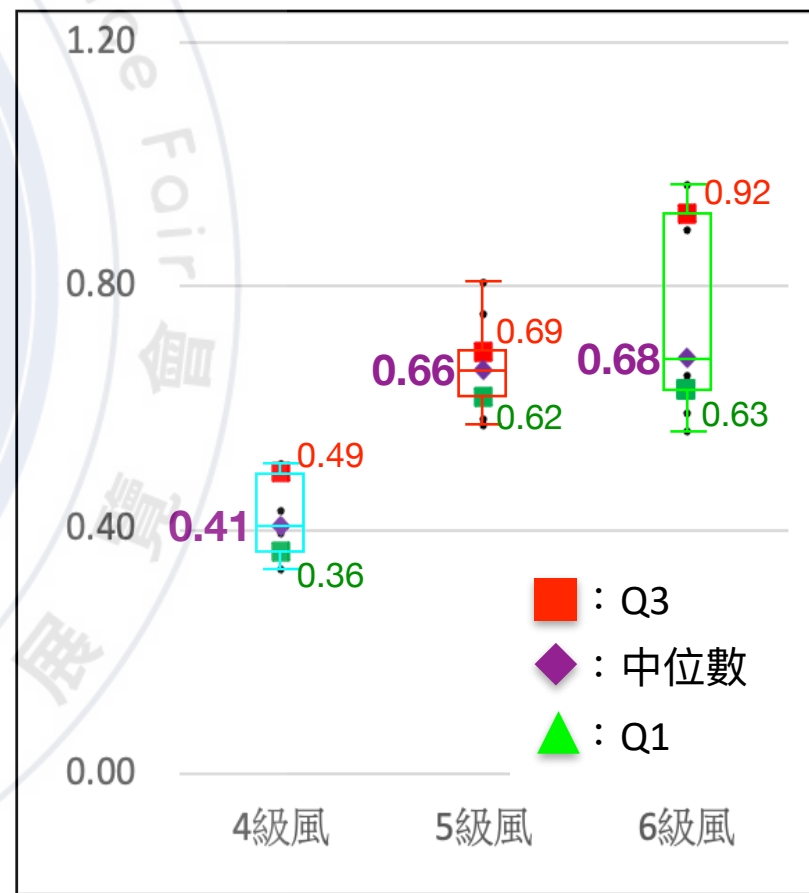


圖9.區域III

實驗二-3

風力對螺距6mm風機的影響

- 適合：區域 II，風力對螺距6mm的離岸風機穩固度的影響最小
- 不適合：區域 III，風力對螺距6mm的離岸風機穩固度的影響最大

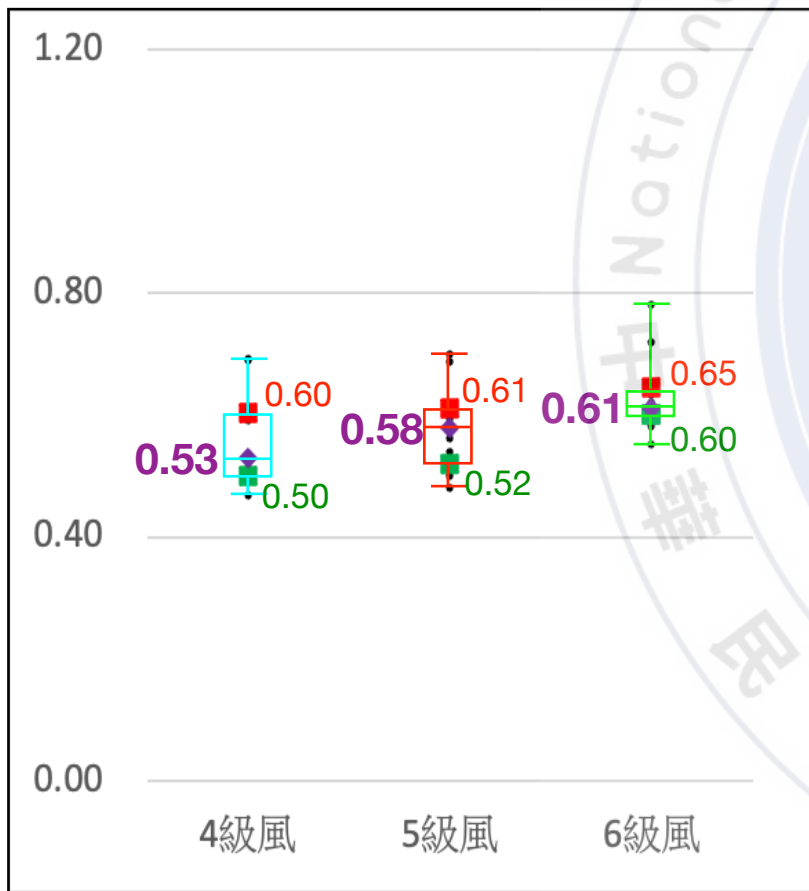


圖10.區域I

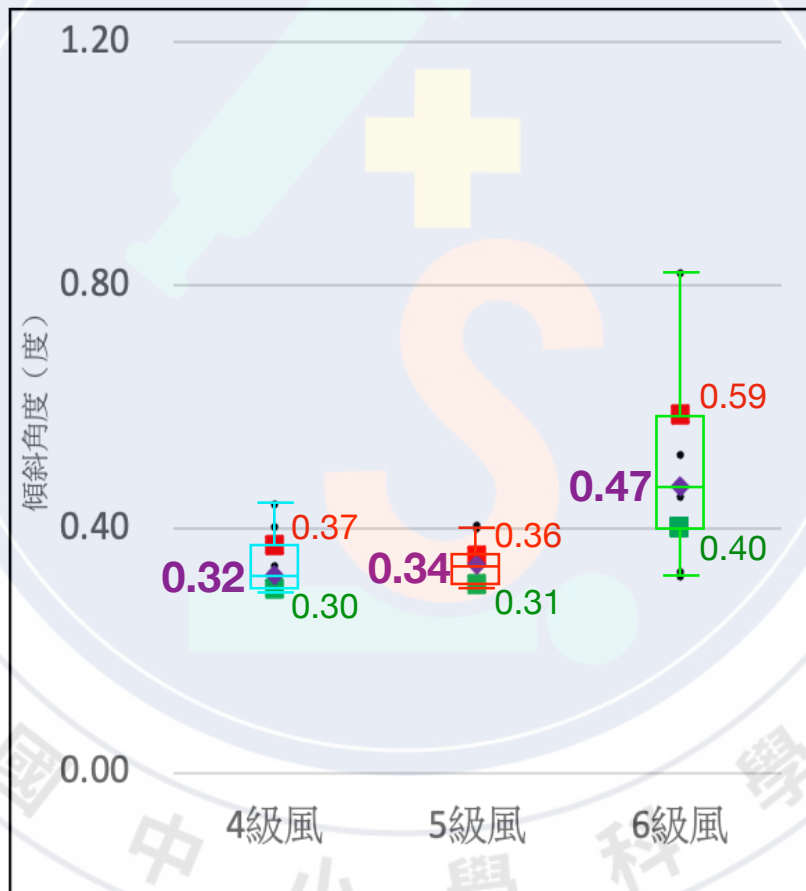


圖11.區域II

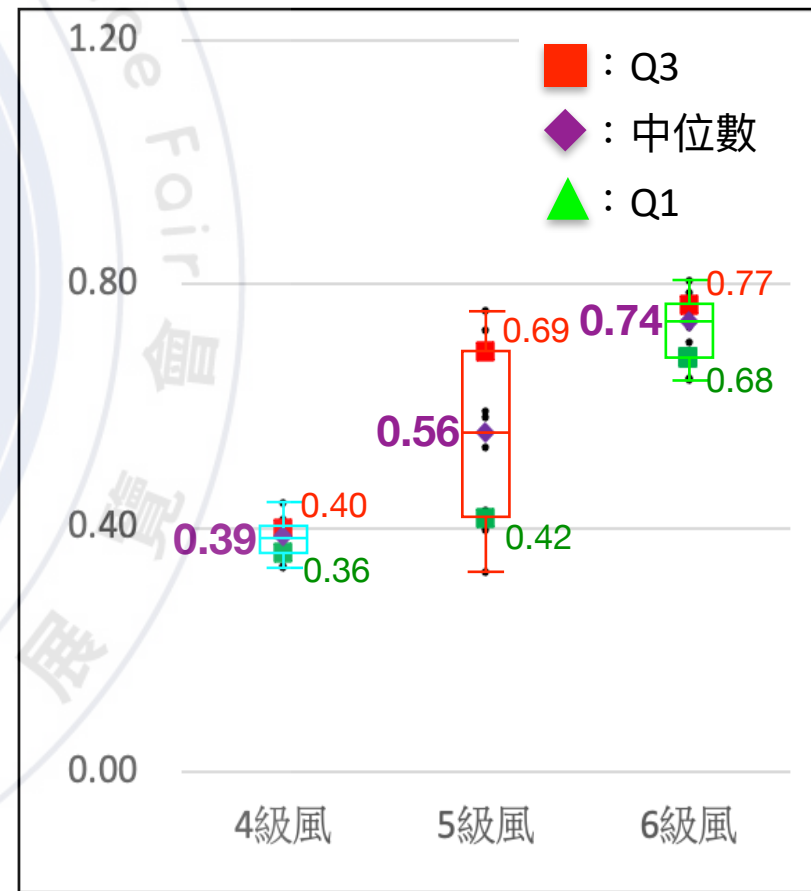
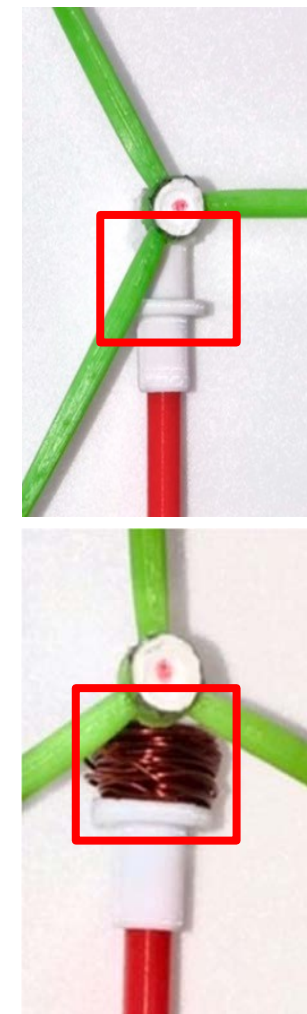
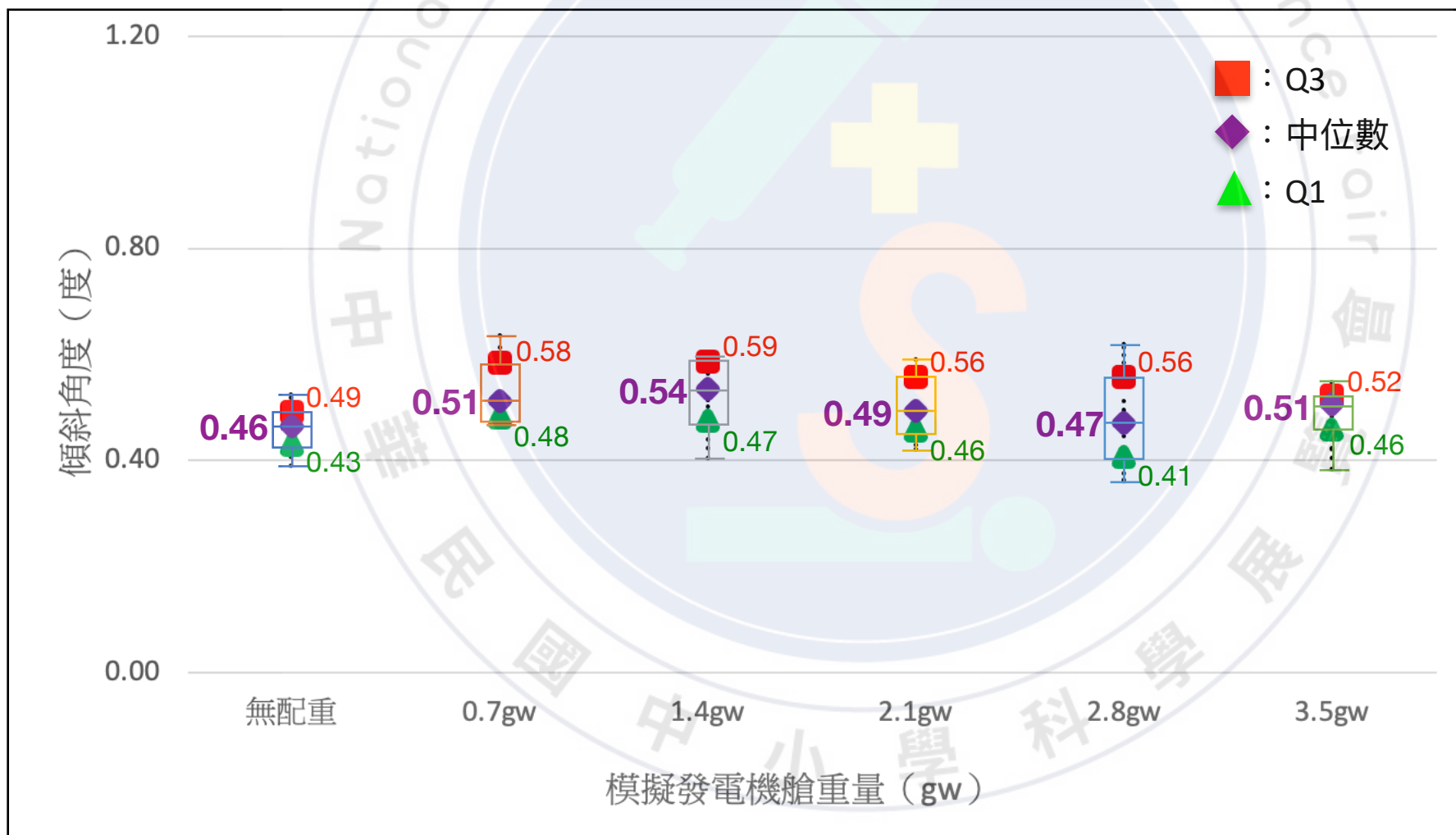


圖12.區域III

實驗三 不同發電機艙重量

- 模擬發電機機艙重量2.8gw時，傾斜角度為0.47度，風機穩固度最佳
- 發電機艙佔風機總重量約三分之一時，有較佳穩固度



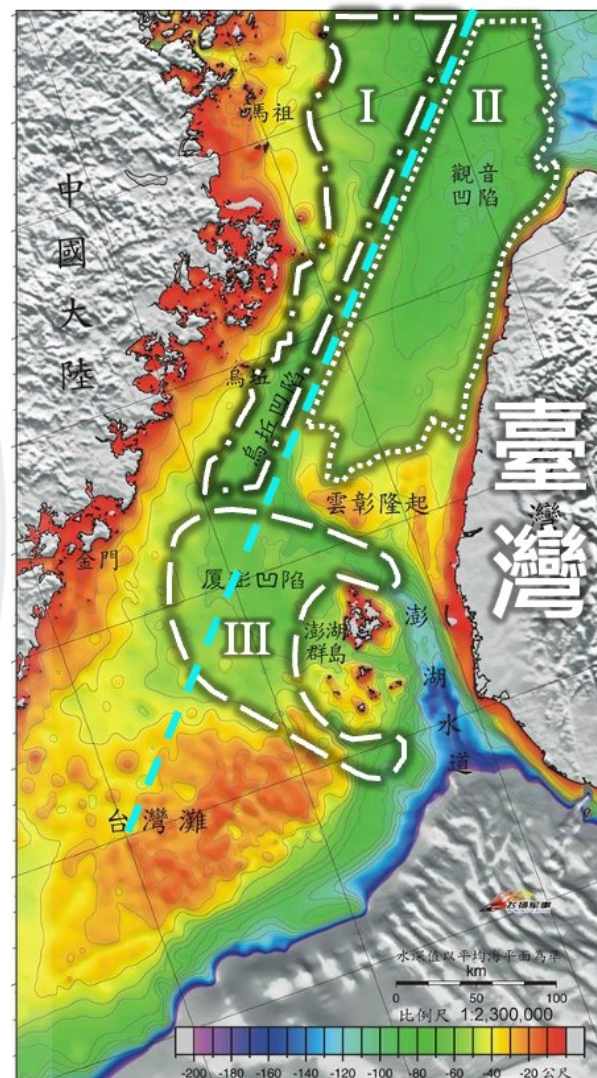
結論

就自然環境影響選擇風機潛力場址，建議如下：

1. 臺灣灘北、東兩側區域III，沉積物粒徑 $>0.5\text{mm}$ 較不適合架設單樁式風機
2. 新竹苗栗外海區域II，風機穩固度受風力影響最大；臺灣灘北、東兩側區域III，有較能抗風的優勢

就沉積物及風力兩種因素，區域I為最佳潛力場址

3. 發電機艙重量約為風機總重量的三分之一時，穩固度最佳



臺灣海峽海底地形圖
重繪自國科會海洋資料庫 11

未來展望及參考資料

■ 未來發展方向：

1. 使用不同的風洞來模擬熱帶氣旋的影響
2. 模擬更多不同區域的沉積物
3. 探討示性波高對風機穩固度的影響
4. 改變基樁填充密度

■ 參考資料：

1. 中華民國109年資料浮標觀測年報(民111) · 中央氣象局
2. 林之詠 (民105) · 臺灣海峽表層沉積物物理及地球化學特性的空間分佈探討。國立中山大學海洋科學系碩士論文

月份	觀測次數	<0.6m (%)	0.6~1.5m (%)	1.5~2.5m (%)	>2.5m (%)
1	2906	1.1	37.0	41.8	20.1
2	2682	4.3	41.6	33.5	20.7
3	2931	10.9	52.9	26	9.6
4	2273	34.1	42.4	19.6	3.9
5	2275	38.5	48.4	12.5	0.6
6	2947	10.9	53.2	15.2	2.4
7	3601	29.3	55.3	15.3	4.6
8	4345	14.3	48.9	26.5	10.3
9	4611	22.4	47.3	22.0	8.3
10	5032	9.1	32.7	36.2	22.0
11	4343	4.2	39.3	33.0	23.6
12	3921	2.5	31.3	32.8	33.4

七美浮標每月波高統計表(104-110年)取自中央氣象局網頁