

知識物件上傳表

計畫名稱：新及再生能源技術先期研發-離岸風電浮動式平台創新前瞻計畫

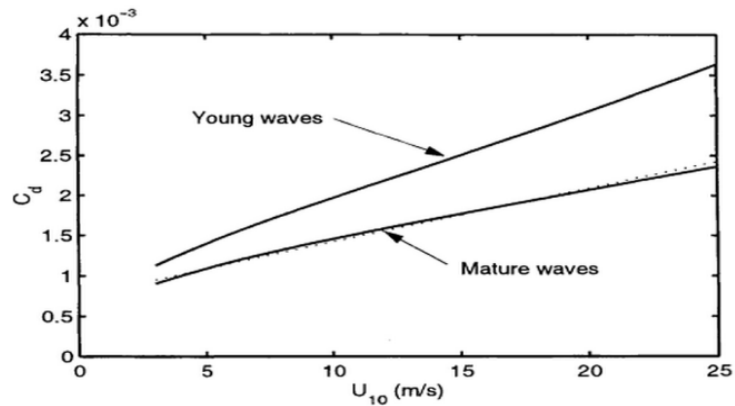
上傳主題：應用大氣邊界層理論模擬波浪效應

提報機構：財團法人船舶暨海洋產業研發中心

提報時間：102 年 10 月 24 日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2. 否
國別	<input checked="" type="checkbox"/> 1.國內 <input type="checkbox"/> 2. 國外：
能源業務	<input type="checkbox"/> 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) <input type="checkbox"/> 2.石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等) <input checked="" type="checkbox"/> 4.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) <input type="checkbox"/> 6.其他
能源領域	<input type="checkbox"/> 1.能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.能源安全 <input type="checkbox"/> 3.能源供需 <input type="checkbox"/> 4.能源環境 <input type="checkbox"/> 5.能源價格 <input type="checkbox"/> 6.能源經濟 <input checked="" type="checkbox"/> 7.能源科技 <input type="checkbox"/> 8.能源產業 <input type="checkbox"/> 9.能源措施 <input type="checkbox"/> 10.能源推廣 <input type="checkbox"/> 11.能源統計 <input type="checkbox"/> 12.國際合作
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1.建言（策略、政策、措施、法規） <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他：
重點摘述	<p>準確的風力資訊是幫助風場規劃準確地預測輸出發電量的重要關鍵。利用測風塔進行實際量測，可得到準確的結果，由於科技的發達，現今也可使用計算流體力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)，作為結合實測資料外的風場評估工具。離岸風場大多設置在離陸地有一段距離的海面上，其流場現象與海平面較為一致，可以藉由大氣邊界理論(Atmospheric Boundary Layer, ABL) 考慮波浪效應之風能資料模擬，並搭配黏性流的數值模擬工具進行 CFD 計算。便可以提供離岸風力發電場一個較為可靠的風能資訊，為離岸風場的建設，進行初步的風能評估。首先，本文將概述大氣邊界層理論；並介紹其應用於海洋波浪條件下的模擬；以及闡述如何利用離岸風場之垂直風速分布，進行黏性流計算各風機性能。</p>
詳細說明	<p>1. 大氣邊界層理論</p> <p>在評估風力發電場的經濟可行性時，預估其風場總發電潛力是最重要的一環。而詳細的區域風能資料，更能提升預測的準確度。離岸風場設於遠海區域，風場受地表的影響較小，廣闊的海洋平面造成一致性的風場特性。因此，藉由大氣邊界層理論，可幫助風場評估者獲得一個初始的風能預測量，以利進行後續的評估作業。大氣邊界層又可稱之為行星邊界層(planetary boundary layer, PBL)。意指最靠近星球表面，距離 1~2 公里之內的部分，其氣流受地表影響甚鉅。海洋表面上的大氣邊界層相關研究，其實早在 20 世紀中期就已展開。1995 年，Hegberg 即透過十多年的海洋表面風應力與風速曲線等觀測數據，建立海洋表面其大氣邊界層的關係式；</p>

1977 年，Garratt 則經由實驗數據，推導出不同波浪與風速下的邊界層表面阻力係數，如下圖所示。



風速對邊界層表面阻力係數圖

2. 波浪邊界層模擬

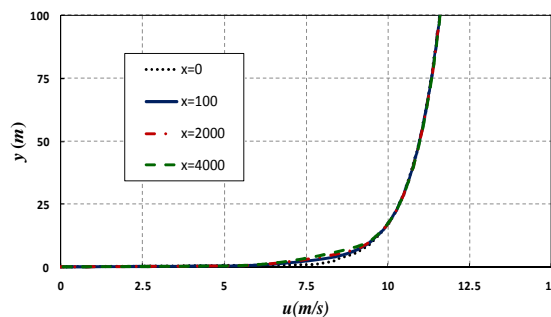
本節將探討各蒲福風級(Beaufort Number, B)下，不同海況對於大氣邊界層的影響。1964 年，世界氣象組織(World Meteorological Organization, WMO)根據長時間的資料蒐集與海洋物理量統計，訂定蒲福風級的級數表作為風力分級的標準，如下表所示。因此，若擷取各分級的風速，便可對應出一波浪表面阻力係數。再通過大氣邊界層理論，則可模擬出受波浪效應下，各蒲福風級所對應流場垂直方向的速度分布。目前世界氣象組織所建議的分級，為 0 級至 12 級，共 13 個等級。其中，超過 8 級以上，其風力大小已如同輕度颱風的等級了。首先，對大氣邊界層理論進行二維黏性流可行性計算，其總網格數為 40 萬。在此計算例中，設定風速為 10m/s；von Karman 常數為 0.4218；波浪表面的阻力係數為 1.42×10^{-3} ；紊流模型則選用標準型 $k-\varepsilon$ 模組。

各蒲福風級物理量表

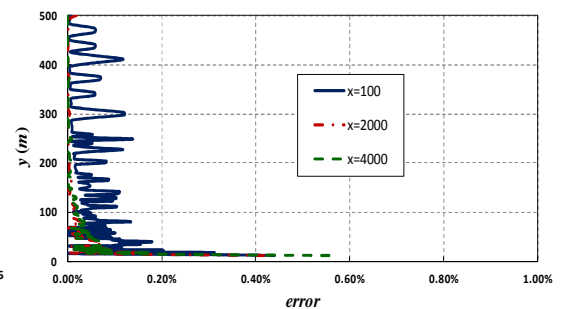
蒲福風級	風速	平均波高	對應海況
Beaufort Number (B)	m/s	m	Sea State
0	0.0~0.2	0	0
1	0.3~1.5	0.03	0
2	1.6~3.3	0.67	1
3	3.4~5.4	0.90	1-2
4	5.5~7.9	1.11	2-3
5	8.0~10.7	2.01	4-5
6	10.8~13.8	3.21	5-6
7	13.9~17.1	5.01	6-7
8	17.2~20.7	7.63	7
9	20.8~24.4	10.75	8
10	24.5~28.4	14.47	8-9

詳細說明

經過 ANSYS-Fluent 模擬後，可得到以下計算結果。根據圖表，可發現受表面摩擦力與紊流系數的控制下，大氣邊界層的速度曲線大致維持一致。除了在靠近邊界層時，流場速度的變化較大，其影響範圍約為 10m 高度上下。然而由誤差分析可發現，越靠近下游處，流場即較趨穩定。不過在靠近邊界層的區域，誤差則會隨著與入流處的距離增加而上升。其高誤差的分布範圍，則落在 10m 高度附近。初步判斷可能是由於強制性的邊界條件，導致數值上的誤差持續累積，進而造成此區域的總誤差上升。但基本上，各區域的誤差量仍保持在 1% 以下，證明流場仍具有良好的模擬結果。因此，經過以上的數值驗證後，可以確定大氣邊界層的數值模擬方法是可行的，可進行後續的三維模擬計算。



左圖 10m/s 風速下風場速度曲線

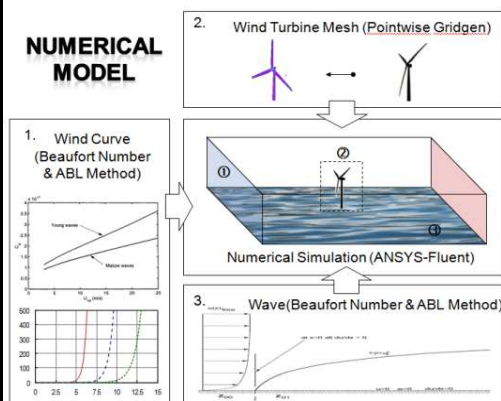


右圖 10m/s 風速下速度誤差分析

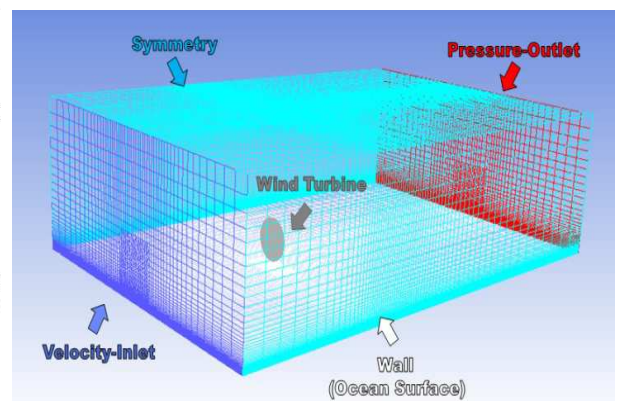
詳細說明

3. 數值模擬方法

本研究旨在於探討波浪效應下離岸風機的性能影響。透過大氣邊界層理論與蒲福風級表，可模擬出各級風況下的風場入流。在三維數值模擬上，同樣使用 ANSYS-Fluent 進行整體的黏性流計算。完整的數值模型如下圖左所示。下圖右為波浪效應模擬之網格與邊界條件配置圖。其中，在網格方面使用 Pointwise Gridgen 進行建構。風機所在區域主要採非結構式網格；在外圍流場部分則取用結構式網格來減少網格數量，有利於節省計算時間並增進數值模擬的效率。另外，為了能有效取得葉片附近的流場現象。在風機葉片周圍使用結構式邊界層網格包覆，以便於貼近幾何表面，進而提高計算的精確度。



左圖 數值計算模組示意圖

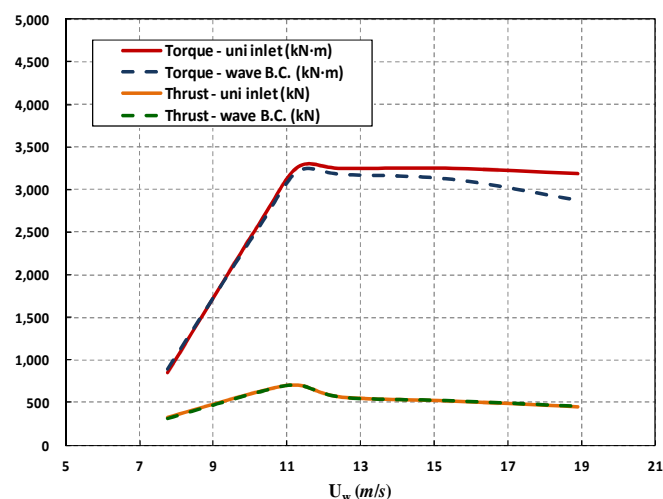


右圖 網格與邊界條件配置圖

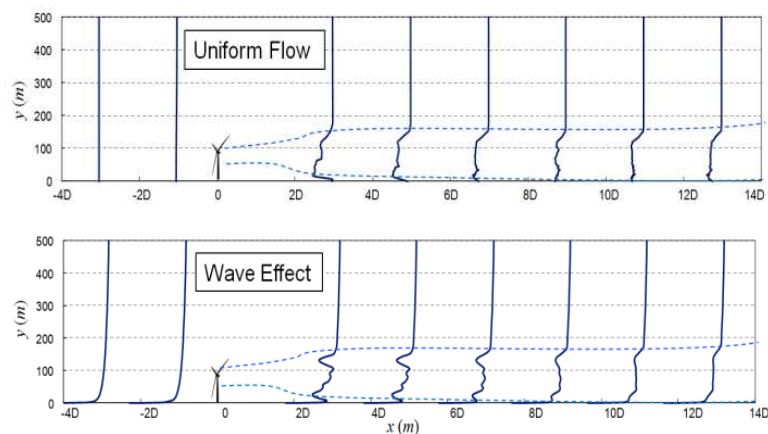
4. 計算結果

計算範例為風況在蒲福風級 3~8 級時，風機的性能評估，其計算結果如風機輸出扭矩與受力曲線圖所示。圖中實線表示為均勻入流下的計算結果；而虛線則為考慮波浪效應後的模擬結果。其中， U_w 代表風機輪轂處的入流風速。從風機輸出扭矩與受力曲線圖可以發現，波浪效應對風機受力的影響並不大，差異性皆在 5% 以內。至於輸出扭矩方面，低風速時考慮波浪效應的風機，其扭矩會略高於均勻入流的計算結果，但影響較不顯著。不過，隨著風速的增加，波浪效應會造成輸出扭矩下降。特別是在超過額定風速後，對風機的影響越來越大。在高風速時，影響力甚至可達 10%。大氣邊界層理論下的風速曲線，會根據風速的變化，影響靠近邊界層的速度變化曲率。從圖 7 可看出，當風速越大風機位置的入流就越不均勻。由此可推論出，差異性大的入流風速，即是造成波浪效應增加的原因，導致風機輸出扭矩大幅下降。另外，也取出流場的速度曲線進行比較。下方圖為風機跡流的速度曲線圖，上方為均勻入流的流場，下方則為考慮波浪效應後的情況。其中，虛線的部分則表示為風機跡流的區域。比較後可以發現，除了靠近邊界的部分有點差異性外，兩者的物理現象皆屬相似。另外，也可發現在靠近風機葉尖的區域，對於跡流的影響較大。

詳細說明



風機輸出扭矩與受力曲線圖



風機跡流速度曲線圖

詳細說明	<p>5. 結論與展望</p> <p>本研究應用大氣邊界層理論，模擬出受波浪影響下的風場速度分布。並利用模擬結果計算不同風級下，波浪效應對離岸風機的影響力。根據上述的計算結果，本文可得到以下結論：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 証實大氣邊界層理論可被有效地使用在離岸風場的風能研究上； (2) 但模擬的風級範圍仍受到限制。例如：過大的風級，因為受到浪高的影響，可能導致實際的風速曲線，偏離大氣邊界層理論的假設； (3) 波浪效應對離岸風機具有一定程度的影響力，故不能忽略其不計； (4) 另外，當風速持續增加，其風機受波浪效應的影響就更為顯著； <p>在本研究中，已初步完成離岸風機的波浪效應評估，下一步將繼續擴展到整個離岸風場的全域模擬。在進行全域模擬前，值得注意的是，大型風場的總風機數是有一定的規模。若要整體進行黏性流計算，會遭遇到資源與計算時間不足的窘境。為簡化風機的運算量，預計將使用葉片動量元素法 (Blade Element Momentum Method, BEM) 取代真實風機幾何，搭配黏性流進行全域風場計算。</p> <p>※ B. Blocken, T. Stathopoulos, and J. Carmelieta, “CFD simulation of the atmospheric boundary layer: wall function problems,” 2007, <i>Atmospheric Environment</i>, 41(7), pp. 238-252.</p>
------	--

- 註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。
2.請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。
3.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。