

# 電力研究簡訊

## Power Research Newsletter

107 年第 1 季 (107.01 No.107)

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(1009) 台北市羅斯福路 4 段 198 號 電話：(02)2360-1084 傳真：(02)2367-9611

### 目錄

#### 研究計畫成果

- 一、民營電廠汽機第 13 級動葉片龜裂肇因分析
- 二、數位行動櫃台系統建置與服務據點設置及功能之調整研究
- 三、台電公司對電業自由化之策略、因應及執行規劃研究
- 四、運轉中風機組件裝設智慧型結構監測 (SHM) 設備的可行性評估及建議

#### 研發試驗活動

舉辦第 29 屆 CRIEPI/TPC 交流年會

### 台灣電力公司

使命：以合理成本及友善環境的方式，提供社會多元發展所需的穩定電力。  
願景：成為卓越且值得信賴的世界級電力事業集團。  
經營理念：誠信、關懷、服務、成長。

## 研究計畫成果

### 一、民營電廠汽機第 13 級動葉片龜裂肇因分析

(能源研究室：陳瑞麒、石振宇、鍾震洲)

#### (一) 前言：

某民營電廠汽機第 13 級動葉片自民國 82 年運轉以來，在 95 年及 104 年重複發生裂損問題，另同型的機組也於運轉 21 年後，於同級動葉片發生裂紋。破損葉片的裂紋發生位置如圖 1 所示，該葉片經送原廠分析後，證實是疲勞所造成之破壞，但原廠並未提出造成破壞之異常應力來源。為釐清造成葉片損壞之肇因，故委託本所協助進行該級動葉片之應力分析以及模態分析，以研擬對策確保機組未來之運轉安全。

#### (二) 分析方法：

利用逆向工程之方法，建立出該級葉片及其軸碟之三維實體模型，再利用有限元素法進行第 13 級動葉片及其根槽之應力分析及模態分析，其負載主要為離心力，暫不考慮蒸氣流場對葉片產生之作用力，分析時利用葉片六個一組循環對稱的方式來簡化分析模型(圖 2)。

#### (三) 分析結果：

根據該電廠提供的兩個損壞案例，2014 年的龜裂起始位置是發生在靠出流側(Exhaust Side)葉片凹

側(Concave Side)第 1 凹槽的位置；2016 年的龜裂起始位置是發生在靠入流側(Admission Side)葉片凸側(Convex Side)第 1 凹槽的位置。

由離心力導致的應力分布結果，較大的應力主要分布在葉片凹側葉根第 1 凹槽中間偏出流端的位置(如圖 3)，最大應力接近材料試驗所得到的降伏應力值。在葉片凸側邊，局部的最大應力主要分布在葉根第 1 凹槽靠入流端的位置(如圖 4)，明顯比較小，並未達到降伏應力值，其位置皆與過往案例發生龜裂起始位置吻合。

從模態分析及模態應力分析的結果可知，第 2 群的模態中有 2 個模態分別接近該汽機的 8 及 9 倍運轉頻率，且其最大模態應力的位置與實際案例裂紋起始位置吻合(見圖 5)。

綜合以上分析結果研判，第 13 級葉片由於其自然頻率接近運轉頻率之倍頻，因而有接近共振之問題，但因其頻率較高，激發力道較小，因此可運轉數年的時間，最後因高週次疲勞而壽命耗盡，產生龜裂。

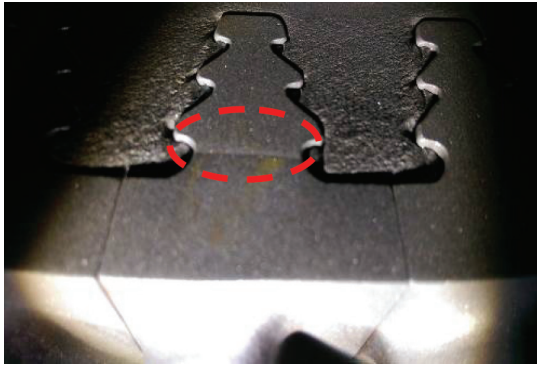


圖 1 本次汽機第 13 級動葉片破裂位置

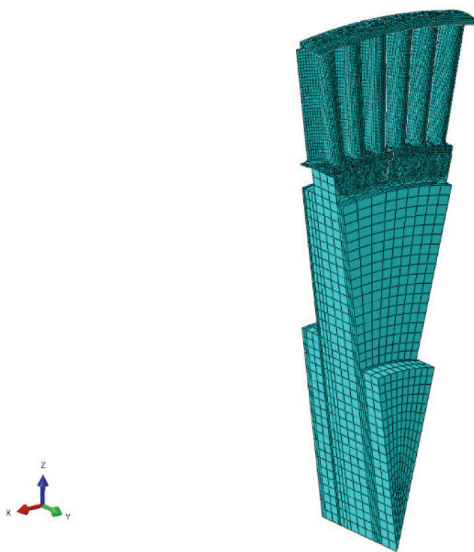


圖 2 13 級動葉片整體組合在一起的網格模型

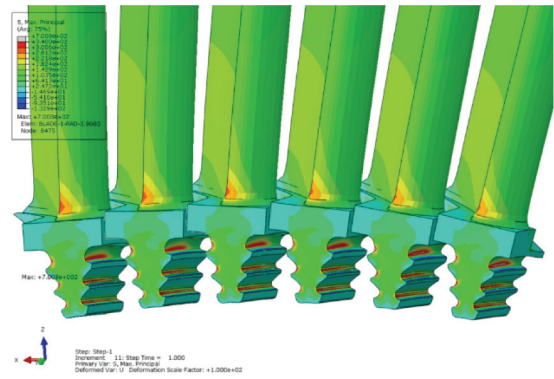


圖 4 葉片凸側邊局部最大主應力位置

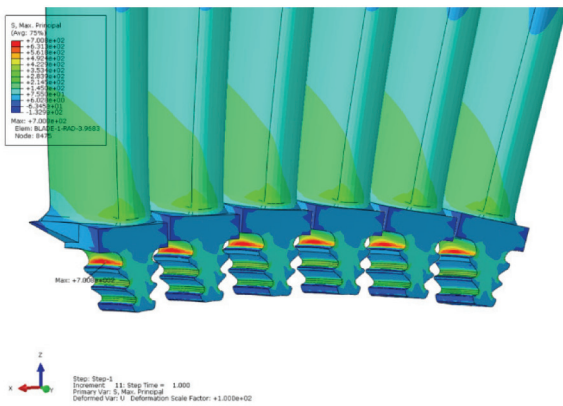


圖 3 葉片整體最大主應力位置

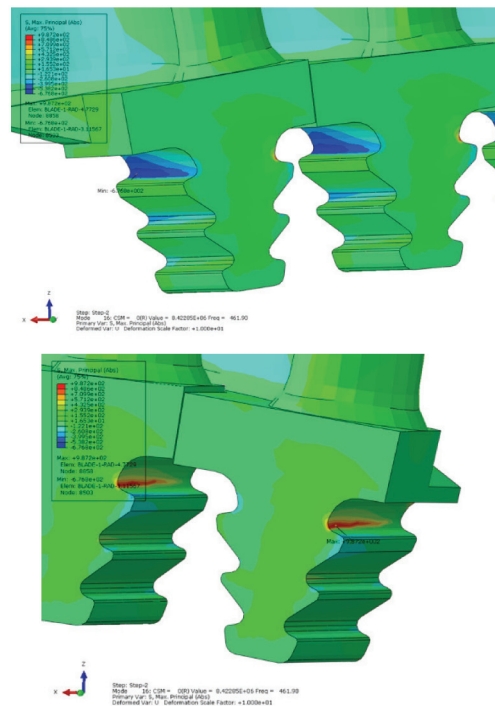


圖 5 可能共振模態葉片根部的模態應力分布

## 二、數位行動櫃台系統建置與服務據點設置及功能之調整研究

(負載研究室：楊新全、朱漢農、賈方霈、王金墩)

### (一) 研究背景與目標：

台電公司為提供用戶便捷之申辦用電服務，自90年4月起開辦網路受理用戶申辦用電服務，目前已擴充網路申請項目為37項，並開放線上查詢案件申請進度。然而，在電業自由化與資訊科技的浪潮下，一直以來秉持以顧客為導向的服務理念的台電公司，意識到應重新審視原有傳統臨櫃申請之服

務，並期望瞭解全球知名電業之創新案例，欲提升現有區處的服務內涵，同時透過建置運用「數位行動櫃檯系統」，運用新科技將創新的產品、服務與新思維整合至原有的服務模式，與此同步進行現行據點的設置策略分析以及未來轉型規劃，提供用戶更完善的用戶體驗。

### (二) 行動櫃檯建置畫面與服務據點研究：



圖 1 「台電 e 櫃檯」系統介面

### 組織調整研究步驟與方法概述

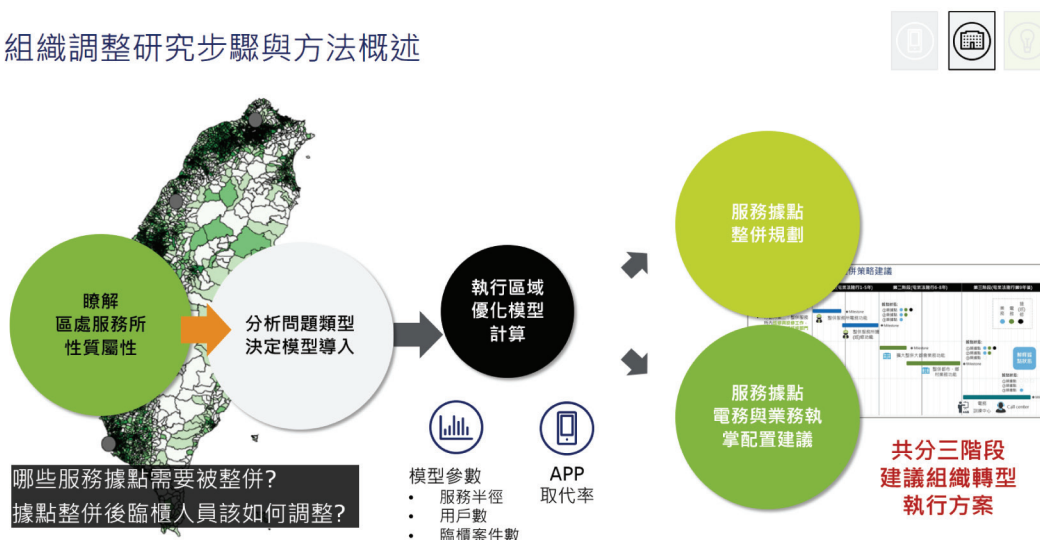


圖 2 組織調整研究步驟

### (三) 結論與建議：

#### 1. 結論

數位化浪潮之下，企業與消費者之間的互動已不再是最初單向訊息的供給。現今資訊透明化，消費者需求瞬息萬變，企業不但需要了解消費者，更需創造個性化的雙向訊息流通。隨著資訊科技及網際網路發展不斷推陳出新，資訊更加講求時效性的今日，「行動載具」已成為與民眾交流的主要管道。未來台灣面臨電業自由化，用戶即將握有選擇電力供應商之權利，為強化未來的競爭力，必須建立起與用戶之間溝通的橋樑，將上述之經營策略落實於行動載具內，可達到有效的用戶溝通。

#### 2. 建議

##### (1) 強化自助式用電申請及繳費服務數位櫃台

A. 在此 APP 內整合台電繳費與用電申請功能，建立自助式數位行動櫃台，使用戶不受時間地點限制皆可進行各項事務處理，提供流暢的申辦流程。

##### (2) 提高全民節電理念與用電數據透明化

A. 建議除了簡單的每月用電量/費分析，應加入去年同期的用電量/費供用戶參考，更可透過數據分析演算提供用戶相似用戶的用電量分析，如台電目前於電費帳單上所提供的資訊。不僅如此，更應將台電官網上的節電知識導入 APP 內，在用戶產生用電量/費意識的同時，充分告

知其減少用電量/費的方法。

#### (3) 主動式不限時空限制與顧客(與合作夥伴)溝通

A. 停限電推播功能：過往台電公司會透過官網、新聞媒體、社群網路發布「限電」警戒，懇請用戶減少用電。甚至在有計畫性停限電之情況下，台電公司會於停電前一日在當地報紙發布消息或挨戶分發工作停電通知單，此方法成本較高，且無法確認訊息是否確實傳達。若可透過行動載具進行推播，則可大大提升曝光機率，擴展成效。

B. 用戶申報及反應管道：為維護用戶權益，使用戶之建議或訴求適時獲得解決及回應，將多元管道（1911 客服專線、信箱等）整合至 APP 內，拉近與用戶之間的距離。

C. 承裝業者的便利服務：經由於服務中心現場勘查後的結果，於服務中心申辦業務的客戶不僅有一般家庭用戶，承裝業者也為大宗的服務客群。由於承裝業者之申辦目的與一般用戶不同，且常一次申辦多項項目。於此 APP 內規劃客群針對性功能，開發承裝業者專區，提供案件管理與信息推播功能，方便業者管理其客戶所委託之案件。

## 三、台電公司對電業自由化之策略、因應及執行規劃研究

(電力經濟與社會研究室：徐守正)

### (一) 研究背景：

為因應電業法修法及本公司須於電業法修正施行後一定時間內轉型成為控股公司架構，其下成立發電公司及輸配售電公司之政策規劃構想，爰進行本項研究計畫以提供本公司因應電業法修法之諮詢服務，並研擬未來組織轉型之策略規劃構想。

### (二) 研究內容：

本研究計畫之期間為 2 年，工作重點如下，目前已於 106 年 11 月 28 日完成第 2 次期中說明會：

1. 提供電業法修正相關議題之專業諮詢。
2. 分析各種情境之影響，並針對台電公司如何因應，提出具體之規劃建議。
3. 針對台電廠網分離涉及之法規面與執行面議題，研提具體可行規劃與細部執行內容。
4. 針對台電廠網分離後之控股公司架構、運作方

式、國內法規要求、作業程序及時程，提出規劃內容。

### (三) 執行成果：

本計畫目前已完成台電轉型關鍵議題之初步分析並提出方向性建議，將於今年底將相關資料綜整成一份報告，供公司高階主管及各單位參考，研究成果如下。

1. 針對立法院審查電業法及經濟部辦理電業法子法溝通協調會議，提供專業諮詢服務。
2. 國內外轉型案例研究：從 8 國 12 案例中，挑選日本東電、德州 TXU、法國 EDF 與德國 EON 四個案例進行深入分析，並針對國內 5 個具代表性之轉型案例進行研究。
3. 盤點台電轉型關鍵議題並提出規劃建議。
4. 研擬台電公司轉型特別條例初稿。

5. 辦理 3 場次專家諮詢會議。

(四) 後續研究：

針對台電公司未來經營策略及電業法相關子法

之研訂進行研究，並針對二次修法及再生能源發展條例修法蒐集資料進行研究。

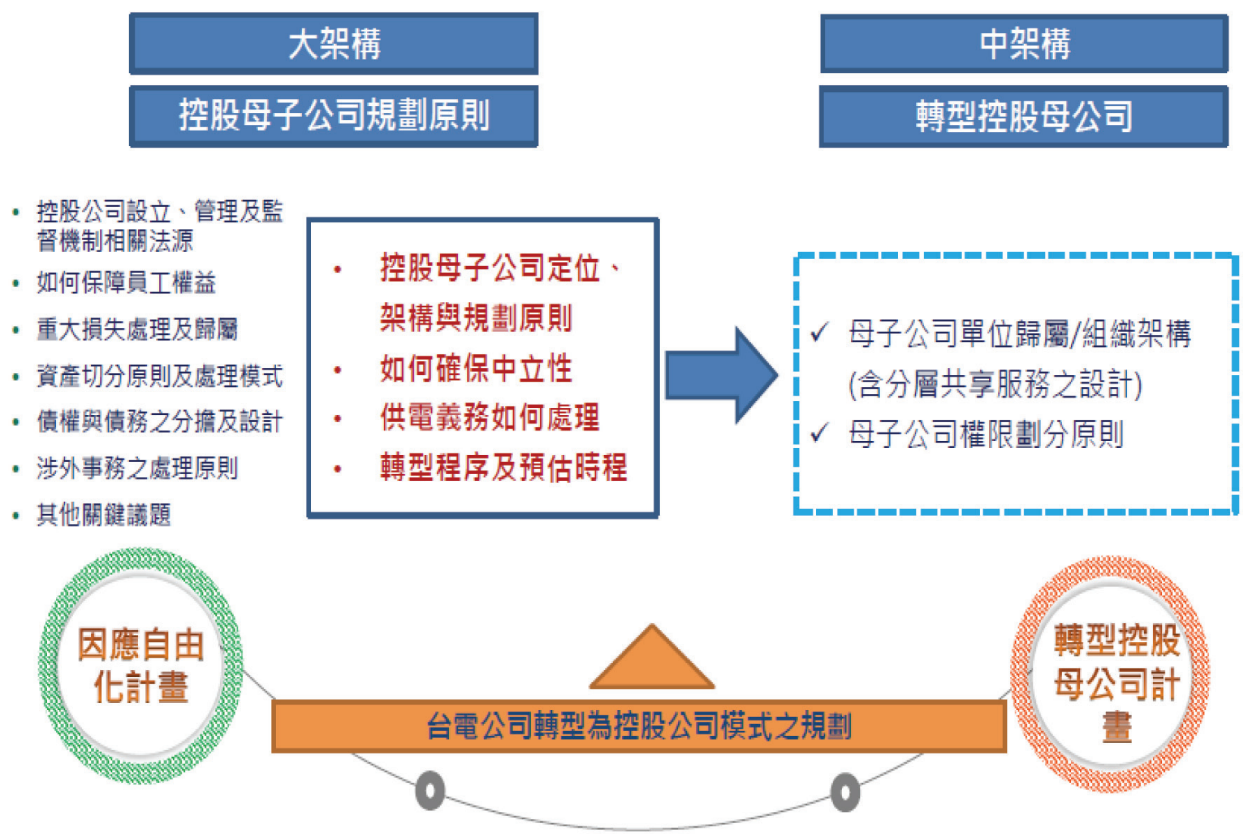


圖 1 公司轉型之關鍵議題及其與中架構研究計畫之關聯性

#### 四、運轉中風機組件裝設智慧型結構監測(SHM)設備的可行性評估及建議

(化學與環境研究室:莊方慈、鄭錦榮)

(一) 研究背景：

依 2011 年行政院經濟部擬定「千架海陸風力機」打造綠能低碳環境的國家能源政策，台電公司陸續推展 6 個風機計畫，約 169 台大型風力發電機已加入服勤。然而台灣高溫溼熱、沿海風砂及颱風等嚴苛氣候條件，明顯加速風機葉片疲勞老化和塔座腐蝕速度，造成風機容量因數長期偏低；而機械設備在出現故障前，或多或少都會出現衰退的現象，比如磨耗、過熱、鬆動、腐蝕、裂痕和噪音產生，但公司的風機機組目前並未安裝智慧型結構健康監測 (Structural Health Monitoring, SHM) 設備/系統，故無法提早掌握風機現狀，往往得等到故障發生後，才開始調度備品進行維修，導致停機時間過長；故若未來建置一套功能完備和穩定可靠的風機智慧型結構健康監測(SHM)系統，將可以有效縮短停機時間和即時分析故障原因，如此才能最佳化風機的發電表現。

(二) 研究成果：

1. 風機葉片-壓電陶瓷智慧型結構監測可行性評估：

美國國家能源實驗室的此項技術主要是串聯連接壓電陶瓷 (PZT) 節點的神經元，並再安排連續感測器。一個脈衝負載模擬玻璃纖維面板，以代表纖維裂痕或葉片受到衝擊的影響，模擬時使用的面板的面積是 1.22m<sup>2</sup>、厚度 0.0064m，而且是作為簡單支撐的中央神經網路系統 (Structural Neural System, SNS)。測試風力發電機葉片上的 SNS 原理，SNS 的 4 個神經元鑑定為 V1, V2, V3 和 V4，損害是預測在位置 1 至 5，如圖 1 所示。通用 SNS 可以使用幾乎任何類型的被動感測器，包括：壓電陶瓷片監測裂紋擴展、奈米碳管 (CNT) 製成的神經元 (線程或薄膜) 監測應變及大裂縫。

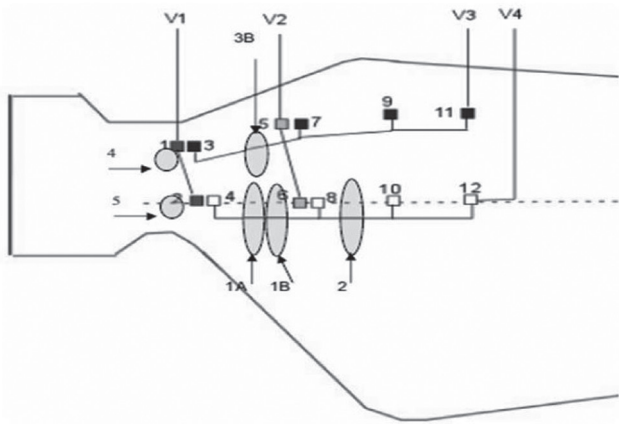


圖 1 風力發電機葉片上的 SNS 為 V1, V2, V3 和 V4 為神經鑑定元, 位置 1 至 5 是損害預測

2. 風機塔架-應變規智慧型結構監測可行性評估：

依據 IEC 61400-13 規範利用應變規進行塔架負載量測, 塔架應變規安裝位置如圖 2 所示。在風力機塔架的頂端、中段及底部等三處, 按照實際四方位(北、東、南、西)設置 T 型應

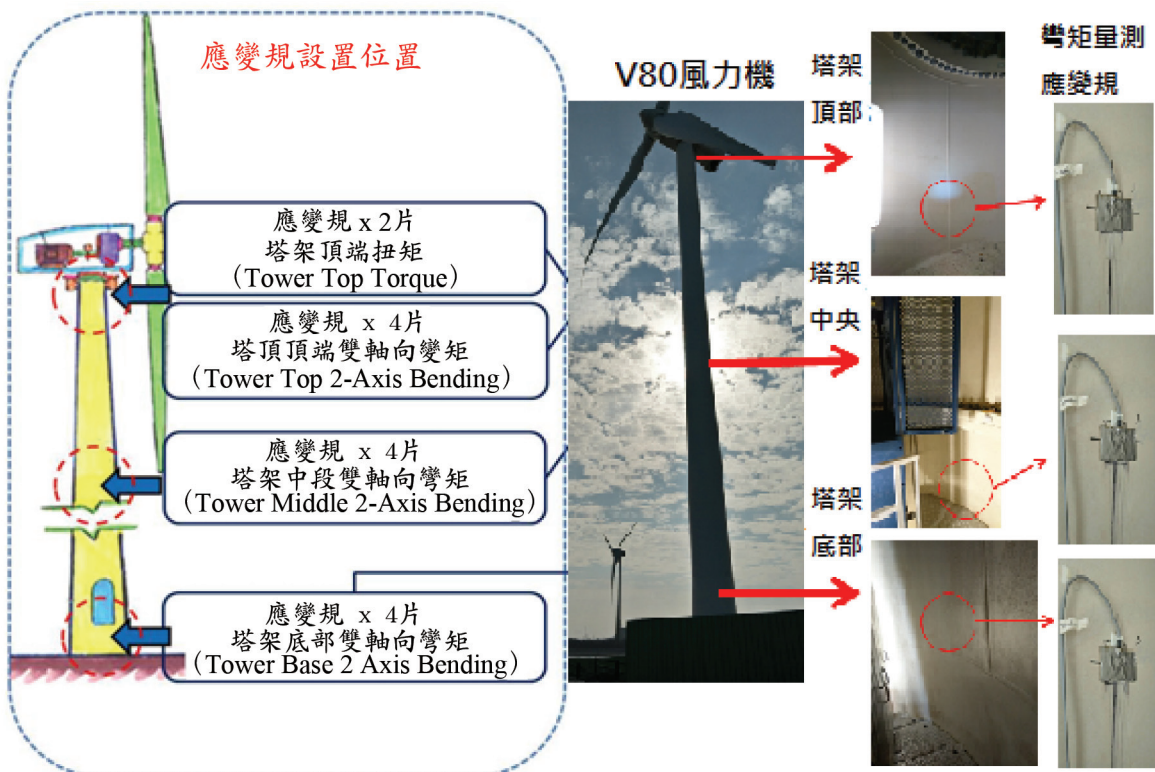


圖 2 塔架應變規量測安裝規劃

3. 風機基礎-加速度計、位移計、傾度儀智慧型結構監測可行性評估：

藉安裝塔架底端的應變計, 來實際量測樁帽所承受之總合彎矩大小與換算水平力, 再用群樁程式 3D GROUP 來假設單樁勁度, 去計算

變規來量測雙軸向應變/彎矩, 並且於塔架頂端增設兩片應變規用以量測頂端扭矩。

南北方向應變規連接成惠斯登全橋, 而東西方向應變規亦連接成惠斯登全橋, 另外扭矩應變規也接成一個惠斯登全橋, 如此可充分降低溫度效應。黏貼應變規時須在儘量無風且風力機停止運轉的情況下進行, 設置後的應變規會依據規範中的校正方法(如:重力負載、數學方式等)進行相關校正。利用應變規訊號接收模組與光纖訊號轉換器將應變規所量測的訊號傳遞至數據記錄器(Data Logger), 最後將記錄器的資料儲存到硬碟, 再由網路進行線上監測。負載量測紀錄為每 10 分鐘為一區間, 同時還要記錄量測期間氣象資訊(如風速、風向)並填入規範 IEC 61400-13 中的擷取矩陣, 以滿足不同氣候情況下皆需量測到的負載。最後, 還需請營運單位提供該風力機的操作紀錄狀況, 例如正常發電運轉或特殊狀況(啟動、停機、切入(Cut-in)、切出(Cut-out)、故障等)。

樁帽勁度值, 最後再與安裝於樁帽或塔架底加速度計、位移計、傾度儀之量測值比較, 若無法符合則需反算單樁的勁度, 直到合於量測值為止。至於疲勞問題則須比對當初設計勁度(或初始量測值或驗收值)及不同時間之量測值, 從中

推估合理預測模式，而風機群樁基礎及加速度計、位移計、傾度儀安裝如圖 3 所示。

另外，基礎疲勞是指基樁旋轉勁度衰減，其反應在樁帽傾度上，而土壤受反覆力造成的土壤勁度衰減(Soil Stiffness  $kH$ ,  $kH = H/\delta$ ,  $H$  為側向力， $\delta$  為側向變形)，則會反應在樁帽之水平位移上；雖然與金屬材料疲勞型式不同，但都與荷載時間有關。基樁勁度判斷依據基準是規範及風力機廠商提供的數值，再從兩者中取其較小值。

為達到風機基礎研究之目的，需要安裝下列基本監測項目：

- (1) 三軸向加速度計：安裝於樁帽中心量測及計算評估重力引致反力，並辨識基礎系統之第一(或第二)自然頻率模態，以評估土壤勁度衰減或基礎系統勁度是否劣化。
- (2) 位移計：安裝 xy 兩方向，以量測樁帽水平位移。
- (3) 雙軸傾度儀：安裝於樁帽或塔架底，量測 xy 兩方向傾度。
- (4) 應變計：安裝於塔架底 xy 兩方向，量測樁帽承受之彎矩。力矩可由塔底應變計量測應

變，由下列公式計算  $\sigma = E\varepsilon$ 、 $M = \sigma S$ ， $\sigma$  為應力、 $E$  為楊氏模數、 $\varepsilon$  為應變、 $M$  為彎矩、 $S$  為截面模數。

### (三) 結論：

在評估所有智慧型結構監測(SHM)於風機葉片中，擬建議以壓電陶瓷配合中央神經系統應用在風力機葉片狀態監測，此外尚需配合複合材料的非破壞檢測技術，以達到葉片即時監測與加強確認現況的功能。

而智慧型結構監測(SHM)於風機塔架中，擬建議使用高精度、高阻值的應變規於風力機塔架上，並且以多層及完整之保護材將應變規與外界環境隔絕，確保量測訊號時不會因長時間於高溫潮溼環境下而造成訊號遺失或失真；搭配應變規之擷取模組以及數據紀錄器，可自動將數據依據規範要求切成每 10 分鐘一筆資料，並以快速資料分析軟體將數據進行初步處理及校正。

最後智慧型結構監測(SHM)於風機基礎中，基礎系統之監測應包含雙軸精密的三軸向加速度計、雙向位移計、傾度儀等，擬建議採電腦連接擷取系統，並考量採用遠端監測，即可隨時在辦公室進行網路監測。

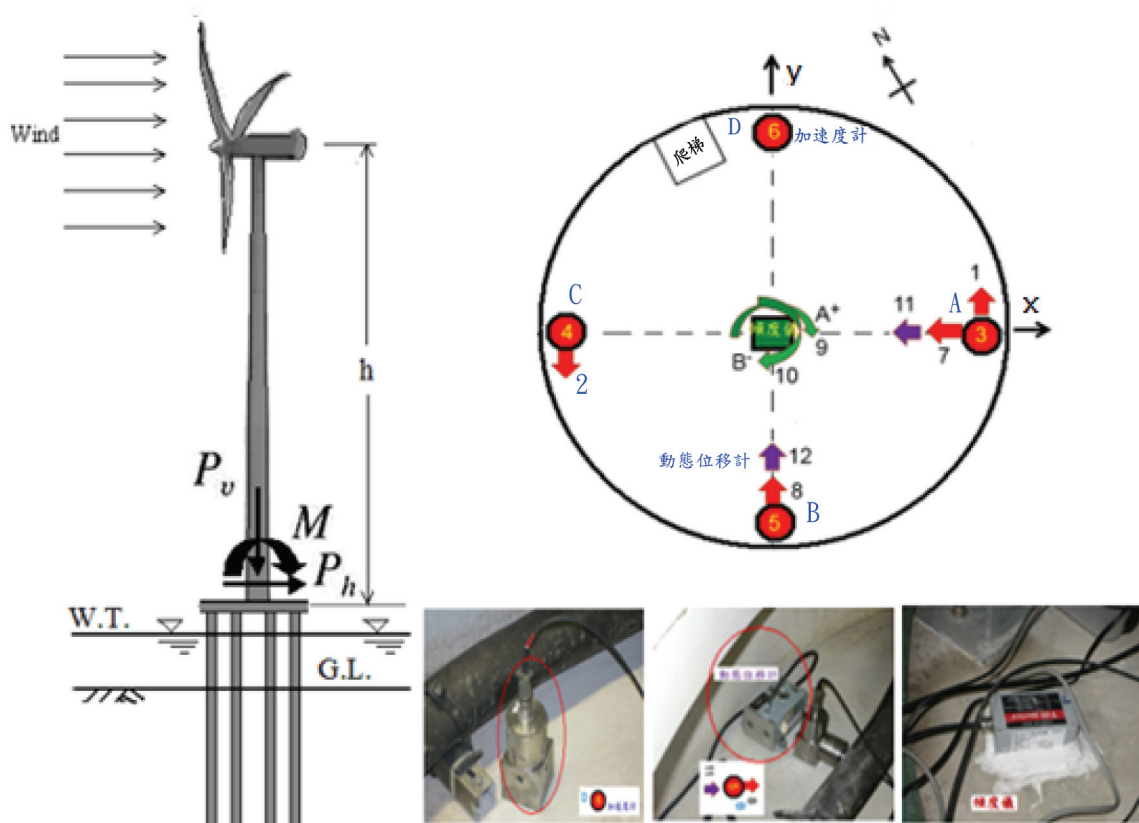


圖 3 風力發電機及群樁基礎及加速度計、位移計、傾度儀安裝圖

# 研發試驗活動

## 舉辦第 29 屆 CRIEPI/TPC 交流年會

(研究發展企劃室:張翔琳)

本公司與日本電力中央研究所(CRIEPI)自 1988 年簽訂交流合約以來每年均輪流主辦，迄今已為第 29 屆，雙方在會中進行資料交換、人員互訪和邀請專家指導等相關研發活動，對各討論領域極富參考價值，也更能達到技術與成果相互交流與學習的雙層意義。

本屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會於 2017 年 11 月 15 日在本公司綜合研究所舉辦，討論議題共有 5 項: Clean Energy、Electricity Regulatory Reform、Integrated Energy Network、Asset Management 及 Generation，共有 10 篇論文發表，國內外與會人數共 25 人。CRIEPI 由其 Vice President, Dr. Mamoru Kanatani 領隊共計 8 人來台參加。在議題討論之前，CRIEPI 一行 8 人由本所洪所長紹平陪同拜會本公司鍾總經理，雙方針對電業新技術、研發方向及公司經營理念交換意見，鍾總經理也表示，對於雙方建立的長期友誼應予珍惜並希望能透過每年定期的技術交流研討，進行技術與經驗交流。

第 29 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會本所發表論文題目

1. The Application of Building Energy Management System for Energy Saving and Demand Response –負載室陳佳祥(Clean Energy)
2. Energy Transition and Electricity Market Reform in Taiwan–電經室徐守正(Electricity Regulatory Reform)
3. Energy Storage System Application in a Small Island–電力室柯喬元 (Integrated Energy Network)
4. Investigation of the Application of Methanol as a New Marker for Cellulose Degradation in Oil-Impregnated Power Transformers–油煤組李立棋(Asset Management)
5. On-Line Inflow and Water Level Forecasting Study for Techí Reservoir–能源室周儷芬 (Generation)

此屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會已圓滿舉行完畢，下屆會議將輪由日本電力中央研究所(CRIEPI)在東京舉辦，相信將有更多的機會去探討未來共同關注的議題。

活動照片：



鍾總經理與 CRIEPI 領隊 Dr. Mamoru Kanatani 會面



第 29 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會大合照



第 29 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會會場