

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

複合材料三明治風力葉片之材料常數識別與健診研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 99-2221-E-009-114-
執行期間：99年08月01日至100年07月31日
執行單位：國立交通大學機械工程學系(所)

計畫主持人：金大仁

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：陳達裕
碩士班研究生-兼任助理人員：林映汝
博士班研究生-兼任助理人員：王崧任

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 100 年 11 月 04 日

中文摘要： 本文提出一以自然頻率來作非破壞檢測葉片損傷的方法，其中包括建立有限單元模型預測葉片在完成及受損狀況下的振動行為及其自然頻率，並製作一葉片實際量測其自然頻率，驗證此有限單元模型之可靠性。另外以一附加質量二分法的檢測方式檢測葉片是否有損傷，並可快速找出損傷區域，在確定損傷區域後，利用自然頻率找出等效材料常數，進而判斷葉片之老化情形。此一簡單、省時的方法將在結構使用一段時間後仍能以精確、可靠且非破壞的方式識別複合材料結構，並進而評估其可靠度及壽命。

英文摘要： In this project, a frequency based non-destructive evaluation method is proposed to identify the damage in a wind blade. A finite element model is first construct to predict the natural frequencies of the wind blade with and without damage. A wind blade was fabricated for free vibration testing and the test results were used to validate the correctness of the proposed finite element model. An attached mass method is then used to identify the damage in a beam type structure which can be used to simulate a wind blade. A number of numerical examples have been given to illustrate the application of the proposed non-destructive evaluation method.

複合材料三明治風力葉片之材料常數識別與健診研究

計畫編號：NSC 99-2221-E-009-114-

執行期間：99 年08 月01 日至100 年07 月31 日

主持人：金大仁 教授

國立交通大學機械工程學系

摘要

本文提出一以自然頻率來作非破壞檢測葉片損傷的方法，其中包括建立有限單元模型預測葉片在完成及受損狀況下的振動行為及其自然頻率，並製作一葉片實際量測其自然頻率，驗證此有限單元模型之可靠性。另外以一附加質量二分法的檢測方式檢測葉片是否有損傷，並可快速找出損傷區域，在確定損傷區域後，利用自然頻率找出等效材料常數，進而判斷葉片之老化情形。此一簡單、省時的方法將在結構使用一段時間後仍能以精確、可靠且非破壞的方式識別複合材料結構，並進而評估其可靠度及壽命。

關鍵字：複合材料，風力發電，葉片製作，非破壞檢測，最佳化方法，振動

Abstract

In this project, a frequency based non-destructive evaluation method is proposed to identify the damage in a wind blade. A finite element model is first construct to predict the natural frequencies of the wind blade with and without damage. A wind blade was fabricated for free vibration testing and the test results were used to validate the correctness of the proposed finite element model. An attached mass method is then used to identify the damage in a beam type structure which can be used to simulate a wind blade. A number of numerical examples have been given to illustrate the application of the proposed non-destructive evaluation method.

Keywords: Non-destructive evaluation, free vibration, wind blade, damage identification.

簡介

台灣發展風力發電有多方面的好處 [1,2]，特別是發展分散式的中小型風力發電機系統。葉片是風力發電裝置中最關鍵、最核心的部份，且葉片的設計和採用的材料決定了風力發電裝置的性能和功率。葉片的設計要求輕量化、低成本和高性能，即在滿足安全、可靠和壽命要求的前提下，質量要更輕、成本更低、功率要更高。為了避免葉片發生損傷情形影響正常工作及發電效率，快速且有效的損傷檢測方式便非常重要，且將影響葉片的安全性及可靠性。複合材料具有多種優點，極適合在風力發電上的應用，目前的應用主要以葉片的製作為主。因此，複合材料葉片的力學行為，特別是非線性變形，需作深入的探討以供將來作葉片的完整性和可靠性評估之用。

在文獻[3]有關風力葉片的驗證與測試都有非常完整的介紹。而風力發電關鍵技術是轉子葉片，轉子葉片佔風力發電成本 15%-20%，轉子葉片的設計涉及空氣動力學、轉子葉片結構、複合材料製作及檢測維修等，葉片選材決定發電性能與功率，目前葉片已是 100%的複材產品，此決定了複材工業成為風力發電裝置中的樞紐地位，由於複合材料在風力發電上的應用實際上就是在風力發電轉子葉片上的應用，此葉片的設計、結構、選材、工法、製造、測試、實驗乃至生產必須緊密結合，因此，在風力葉片整體彈性常數無法應用拉伸試驗得到工業產品材料真實的彈性常數，且複合材料結構使用一段時間後，其內部原有缺陷會使結構剛性下降或是因疲勞因素促使結構強度降低，此時結構材料彈性常數將與原先拉伸試驗

之結果相差更大。在實際應用上，對於具有彈性支撐結構物，若以一般方式進行其彈性常數測試，勢必會對其結構件本身及其邊界造成破壞。在複合材料被廣泛的使用下其結構可靠度評估逐漸受到重視與矚目，許多知名學者將工程最佳化運用在複合材料力學領域之相關研究，文獻[4-7]以里茲 (Rayleigh-Ritz) 模態分析方法及數值迭代方式、最佳化方式決定複合材料之彈性常數。亦有一些學者利用超音波方法量測等向性或非等向性材料之彈性常數[8-10]。文獻[11]以雷射光全像攝影攝影技術(量測振動頻率和模態)及最佳化的方法決定複合材料之彈性常數。在文獻[12]利用實驗量測模態與自然頻率，並結合解析方式求解結構質量與勁度矩陣，當實驗、預測兩者之模態與自然頻率差值達到最小時，即可決定材料性質。文獻[13-16]研發利用自然頻率和模態或位移方式識別樑結構彎曲勁度之方法。風力葉片在經過一段時間的檢測上，文獻[17]中利用應變規與振動方法監控其運轉情形與裂縫檢查。在類似平板結構的破損研究中，文獻[18]以有限元素模型討論受損平板在部分損壞時之自然振動模態的變形與其四次微分模式。文獻[19]以預先添加奈米炭管於材料中當作監視器的方式偵測複合材料的破壞行為，屬於侵入式的改變原始材料的檢測方式。文獻[20]利用平板的振動模態在局部損壞區域的異常變形量，以大量加速規感測器的檢測方式找出損壞位置，其準確度與感測器的品質與數量有極大的關係，要找出精確的損壞區域極花費時間。文獻[21]中利用振動的方法來檢測風力葉片經使用一段時間後，振動頻率的變化來檢測是否有破損情形，卻無法進一步判斷評估其可靠度及壽命。

本研究探討複合材料葉片之材料常數識別，藉由材料識別方式研發一可檢測葉片材料常數進而檢測葉片之老化情形。將以各種實驗量測方法求得自然振動頻率值，再利用有限元素與最佳化設計方法將老化的區域逐步搜尋出來求得一簡單、省時的方法且結構使用一段時間後仍能精確、可靠與非破壞的方式識別複

合材料結構，並進而評估其可靠度及壽命。

風力葉片的構造

本文所探討之新型水平軸式風力葉片實體照片如圖 1 所示，此葉片基本規格如下表 1，風力機設計運轉功率為 3000 瓦，全長 2.5 公尺，剖面翼型採用 NACA4418。葉片各個斷面位置、扭轉角及尺寸參考表 2。

風力葉片的材料主要由玻璃纖維編織布以及巴沙木所製成，材料常數參照表 3 所示，作為有限元素模擬材料常數的參考。玻璃纖維編織布疊層分布如圖 2 所示，靠近根部的地方有十層，疊層沿著主軸方向漸少至端部，依序為七層、五層以及三層。而所有的纖維疊層為 0 度方向，沿著主軸。

葉片結構主要由蒙皮(Skin)、承剪腹板(Shear Web)以及翼樑帽(Spar Cap)所組成如圖 3 所示。圖 4，為葉片的 I 型結構與材料分布，蒙皮的部分使用玻璃纖維疊層，腹板使用玻璃纖維以及巴沙木的三明治結構。

複合材料葉片製作與模擬分析

在玻璃纖維複合材料葉片的製作上，本文所探討之新型水平軸式風力葉片，其蒙皮各分為 DCBA 四種不同的長度如圖 5 所示為四種不同長度的葉片蒙皮，由根部算起分別為 D(40cm)三層、C(80cm)二層、B(160cm)二層、A(250cm)三層，其疊層角度為垂直主軸方向當 0 度而疊層方式則為 ABCD 堆疊而成。葉片結構主要由蒙皮(Skin)、承剪腹板(Shear Web)以及翼樑帽(Spar Cap)所組成，其中翼樑帽是由寬 2cm 厚 2mm 的巴沙木所組成；而腹板則是中間層為巴沙木和上下各三層玻璃纖維的三明治結構。

葉片上下蒙皮的結合如圖 6 所示為其結合方法，在 leading edge 與 trailing edge 處結合，其中紅色部份為編織玻纖布橙色部份則是巴沙木且利用上下凹凸方式擠壓膠合而成。

模擬分析部份，本文使用 ANSYS 有限元

素分析軟體進行風力葉片的分析，其中以殼元素 SHELL91 (shell element、有八個節點，適用於剪變形分析並可分析三明治結構，可定義各層方向及性質。) 模擬葉片玻璃纖維/樹脂疊層。因玻纖布為編織玻纖布，且兩方向的纖維數一樣所以材料常數 $E_1=E_2=E_3$ 。在製作葉片時玻纖布方向為 0 度，所以設定纖維方向則為垂直主軸方向也就是 0 度。而葉片單層厚度與葉片各層數位置則是與參照實際葉片狀況來模擬。

表 4 為葉片無受損時實驗測得之頻率與分析所得之自然頻率，其結果顯示此分析模型足以模擬分析真實葉片之振動行為。其中破損模型為如圖 7 所示有部分上蒙皮損壞區域，其楊氏係數為正常區域的 0.1 倍，因其頻率值皆較正常葉片略低，其頻率特性與懸臂樑相似，因此本文以較簡單之樑元素模型探討損傷區域的檢測與評估方式。

破壞區域的檢測與受損評估

本文以樑的振動理論探討破損位置的搜尋方法。考慮一樑長度 L ，一端固定於牆上，自由端懸掛一質量 m ，樑的截面積為 A ，楊氏係數為 E ，截面彎曲轉動慣量為 I ，圖 8 左側為其示意圖，則其等效一維自由度振動模型可表示如圖 8 右側，其等效彈簧彈性係數 $k = \frac{3EI}{L^3}$ 。

則此一維自由度的自然頻率為 $\omega = \sqrt{k/m}$ 。

當樑有部分受到損傷時，可視為損傷區域材料強度下降即楊氏係數降低，其自然頻率也將隨之下降。現考慮一方法將損傷區域以附加質量隔離開來，在適當位置掛上具有足夠影響力之質量塊，當附加質量與固定端之間的樑沒有發生損傷時，其自然頻率應符合前述之理論值，而當附加質量與固定端之間有區域受損，其自然頻率應會較沒有損傷之樑結構低。

考慮一長度為 1.6 公尺的樑為例，一端固定於牆上，其截面為邊長 0.01 公尺之正方形，其材料為表 3 之交織玻璃纖維布，以附加 100 公斤質量塊於樑上分析其自然頻率，假設在距固

定端 1 公尺處有一寬 2 公釐之損壞。圖 9 為附加質量掛載位置與第一自然頻率差異關係圖，其中橫軸為掛載位置，縱軸為正常樑與有破損樑之第一自然頻率差值，而其損傷程度以楊氏係數為原本之 0.01 倍模擬分析。由圖可知，當附加質量與樑固定端之間有破損發生時，第一自然頻率會出現差異。以二分法搜尋破損位置的步驟如下：

將質量放置於樑中間(0.8 公尺)如圖 10，檢測待測樑與正常樑之前三個自然頻率，若前三個自然頻率皆相同則此待測樑無損傷；若第一自然頻率無差異但第二、第三自然頻率皆有差異則破損位置發生在質量點右側；若前三個自然頻率皆有差異則損傷位置發生在質量點左側，此時將樑固定端與自由端交換確保破損位置在右半邊未確定區域進行下個步驟。

再將質量點放置在未確定區域的中間位置，同理若第一自然頻率與正常樑不同則破損位置發生在質量點左側，反之則在質量點右側，如此反覆檢測可逐漸縮小範圍至一小區塊，可視此區塊為損傷區域並利用自然頻率反算出其等效楊氏係數。

由圖 9 可知此曲線在損傷位置為一極大值，因此若要再進一步找出更精確的損傷位置，可由前述損傷區域(或延伸區域)中再以等分切割掛載質量比較第一頻率差值略大於左右位置點的位置，如此可以找到更精確的破損發生點。

表 5 為損傷位置分別在 1 公尺、1.253 公尺、1.389 公尺處之搜尋過程與結果，其損傷位置的搜尋結果分別為 1.0、1.25 及 1.384 公尺，此二分法搜尋方式將可無限精準的定位下去，因此在範圍縮小到足夠小的範圍時(例如在此為 $L/64$ 即 2.5 公分寬)便可以停止區域搜尋(至此共計只做了 6 個位置點的質量掛載)。由此可知，以此二分法的搜尋方式可以少數的實驗步驟快速的將損傷區間縮小至足夠小的精確範圍之間，有效定位出受損區域。

接著利用第一個自然頻率值的比較可計算出其分別對應之等效楊氏係數約為 0.1985Gpa、0.20Gpa、0.21Gpa。可以看出與當

初損傷程度的假設值(0.1985GPa)非常接近，其在受損區域的評估上將可以提供適當的損傷程度資訊。

至此，一簡單、省時針對受損樑結構的區域定位與損傷程度之非破壞檢測方法方法已建立起來，其可以精確、可靠且非破壞的方式應用在識別複合材料葉片的損傷檢測，並進而評估其可靠度及壽命。

結論

本文所提出之有限單元模型可相當合理地預測葉片的振動行為及其自然頻率，此有限單元模型簡單且有效並可免除在分析葉片中所遇到的困難及耗費的時間。在損傷檢測方面，以二分法及附加質量的檢測方式可以快速的縮小檢測範圍找出損傷區域，並可在確定損傷區域後，利用自然頻率找出等效材料常數，可進而判斷葉片之老化情形。此一簡單、省時的方法在結構使用一段時間後仍能以精確、可靠且非破壞的方式識別複合材料結構，並進而評估其可靠度及壽命。

參考文獻

1. 財團法人工業技術研究院風力計畫推廣計劃網頁(<http://wind.eri.itri.org.tw>).
2. 洪德深,陳斌魁,楊豐碩等,“台灣地區應用分散型電力可行性研究,”台灣經濟研究院, pp. 1-2, 2003.
3. 黃來和、李其榮,調查風力發電系統相關產品之檢測技術與驗證制度,經濟部標準檢驗局,中華民國98年2月20日。
4. L. R. Deobald and R. F. Gibson, “Determination of Elastic Constants of Orthotropic Plates by a Modal Analysis/Rayleigh-Ritz Technique”, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 124(2), pp. 269-283, 1988.
5. P. S. Frederiksen, “Estimation of Elastic Moduli Thick Composite Plates by Inversion of Vibrational Data”, *Inverse Problem in Engineering Mechanucs*, Balkema, Rotterdam,

- pp. 111-118, 1994.
6. F. Moussu, M. Nivoit, “Determination of elastic constants of orthotropic plates by a modal analysis/method of superposition”, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 165, pp. 149-163, 1993.
7. M. Grediac, P.A. Paris, “Direct identification of elastic constants of anisotropic plates by modal analysis: theoretical and numerical aspects”, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 195, pp. 401-145, 1996.
8. B. Castagnede, J. T. Jenkins, W. Sachse and S. Baste, “Optimal Determination of the Elastics of Composite Materials from Ultrasonic Wave speed Measurement”, *Journal of Applied Physics*, Vol. 66, pp. 2753-2761, 1990.
9. M. Pithioux, P. Lasaygues, P. Chabrand, “An alternative ultrasonic method for measuring the elastic properties of cortical bone”, *Journal of Biomechanics*, Vol. 35, pp. 961-968, 2002.
10. A. Bonnin, R. Huchon, M. Deschamps, “Ultrasonic waves propagation in absorbing thin plates - Application to paper characterization”, *ULTRASONICS*, Vol. 37, pp. 555-563, 2000.
11. K. E. Fallstrom and M. Jonsson, “A Nondestructive Method to Determine Material Properties in Anistropic Plate”, *Polymer Composites*, Vol. 12, pp. 293-305, 1991.
12. A. Berman and E. J. Nagy, “Improvement of a Large Analytical Model Using Test Data”, *AIAA J.*, Vol. 21, pp. 1168-1173, 1983.
13. T. Y. Kam and T. Y. Lee, “Crack Size Identification Using and Expanded Mode Method”, *International Journal of Solids & Structures*, Vol. 31, pp. 925-940, 1994.
14. T. Y. Kam and T. Y. Lee, “Detection of Cracks from Modal Test Data”, *International Journal of Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 42, pp. 381-387, 1992.
15. T. Y. Kam and T. Y. Lee, “Identification of Crack Size via and Energy Approach”, *Journal of Nondestructive Evaluation*, Vol. 13, pp. 1-11, 1994.
16. T. Y. Kam and C. K. Liu, “Stiffness Identification of Laminated Composite Shafts”,

International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 40, pp. 927-936, 1998.

17. Z. Hameed, Y. S. Hong, Y. M. Cho, et al., "Condition monitoring and fault detection of wind turbines and related algorithms: A review", Renewable & Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, pp. 1-39, 2009.
18. A. B. Mohamed, "Application of using high-order mode shape derivatives in damage detection of plate-like structures", Engineering Structures Manuscript Draft, Manuscript Number: ENGSTRUCT-D-09-00882R1
19. L. M. Gao, E. T. Thostenson, Z. Zhang, et al., "Sensing of Damage Mechanisms in Fiber-Reinforced Composites under Cyclic Loading using Carbon Nanotubes", Advanced Functional Materials, Vol. 19, pp. 123-130 2009.
20. M.K. Yoon, D. Heider, J. W. Gillespie, et al., "Local damage detection with the global fitting method using operating deflection shape data", Journal of nondestructive evaluation, Vol. 29, pp. 25-37, 2010.
21. A. Ghoshal, M. J. Sundaresan, M. J. Schulz, et al., "Structural health monitoring techniques for wind turbine blades", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 85, pp. 309-324, 2000.



圖1 新型水平軸式風力葉片

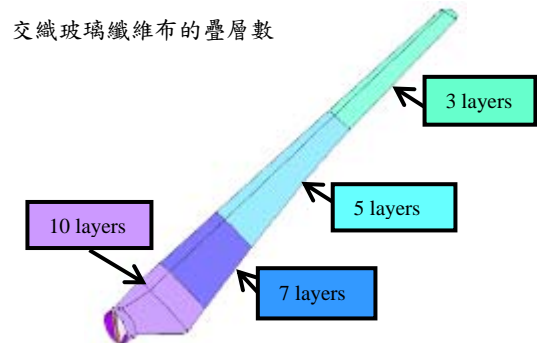


圖1 玻璃纖維交織布疊層分布



圖3 葉片結構圖

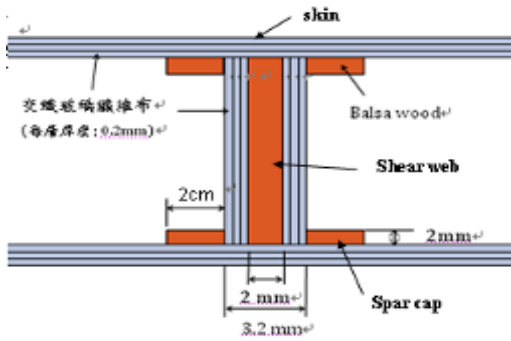


圖4 翼剖面與尺寸圖

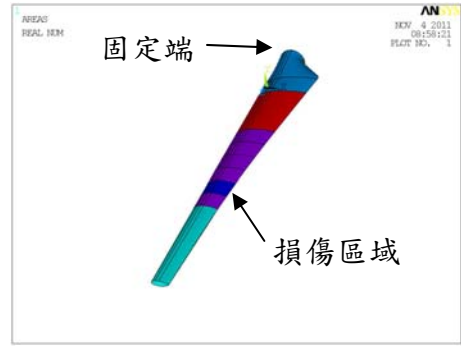


圖7 葉片含損傷區域之有限元素模型

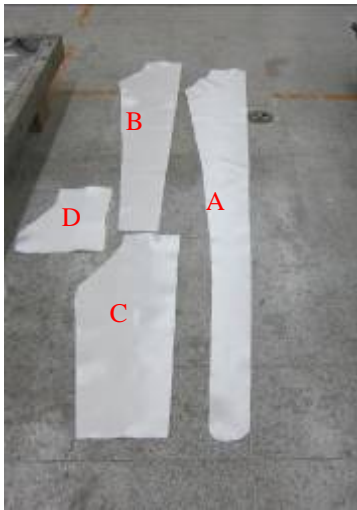


圖5 各種不同長度的葉片蒙皮

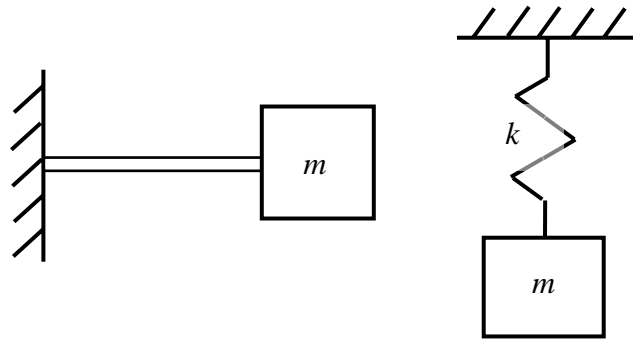


圖8 樑懸掛質量與其一維等效示意圖

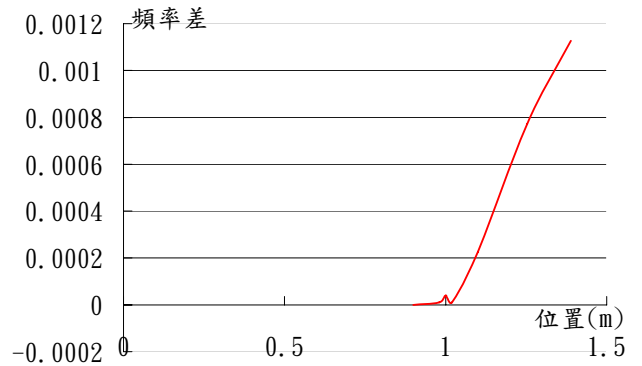


圖9 質量掛載位置與頻率差關係圖

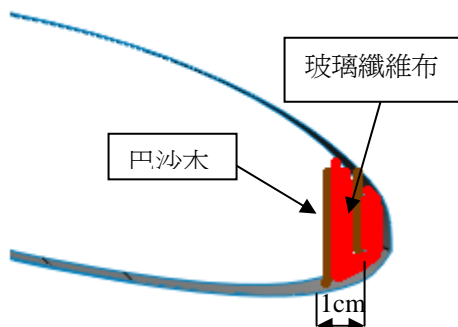


圖6 水平式風力葉片上下蒙皮結合方式

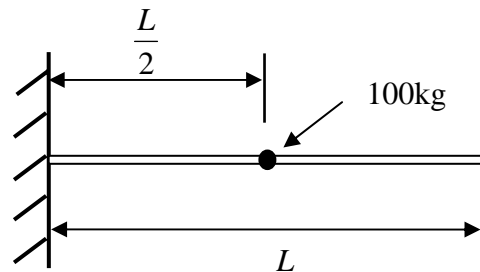


圖10a 二分法搜尋示意圖

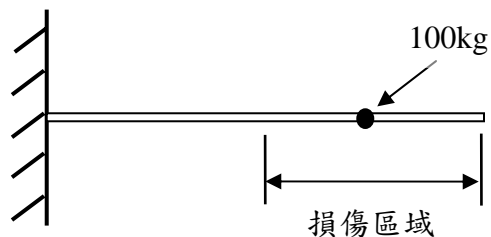


圖10b 第一次二分法之損傷區域

表 1 風力發電機葉片規格

參數	數據
設計功率	3kW
葉片旋轉半徑	2.5 m
翼剖面型號	NACA4418
使用材料	玻璃纖維編織布、巴沙木

表 1 葉片各個剖面的位置與幾何數據

站位編號	位置(m)	扭轉角(°)	弦長(m)	剖面樣式
1	0.05	-	0.14	圓形
2	0.3	20	0.32	翼剖面 型號： NACA4418
3	0.509	18	0.28	
4	0.718	16	0.25	
5	0.927	14	0.22	
6	1.136	12	0.19	
7	1.345	10	0.16	
8	1.554	8	0.14	
9	1.763	6	0.13	
10	1.972	4	0.12	
11	2.181	2	0.11	
12	2.39	0	0.10	

表 3 材料常數表

交織玻璃纖維布		巴沙木	
E_x	19.85GPa	E_x	3.7GPa

E_y	19.85GPa	E_y	55MPa
E_z	19.85GPa	E_z	55MPa
G_x	2.795GPa	G_x	50MPa
G_y	2.795GPa	G_y	8.33MPa
G_z	2.795GPa	G_z	50MPa
V_{xy}	0.17	V_{xy}	0.02
V_{yz}	0.17	V_{yz}	0.2
V_{xz}	0.17	V_{xz}	0.02

表 4 葉片自然頻率

實驗值(完整)	分析值(完整)	分析值(破損)
8	8.9918(-12.40%)	7.566307
26	23.969(7.81%)	25.0949
52	53.395(-2.68%)	49.08885
63	63.031(-0.05%)	62.29194
72	73.27(-1.76%)	68.45742
95	92.762(2.36%)	89.31437
104	104.84(-0.81%)	97.94015

表 5a 1 公尺損傷區域搜尋

質點放置座標(m)	正常樑頻率	損傷樑頻率	損傷區域
0.8	0.15616	0.15616	0.8~1.6
1.2	0.085210	0.084620	0.8~1.2
1.0	0.11192	0.11196	0.8~1.0
0.9	0.13099	0.13099	0.9~1.0
0.95	0.12083	0.12083	0.95~1.0
0.975	0.11623	0.11623	0.975~1.0

表 5b 1 公尺損傷細部搜尋

質點放置座標(m)	第一自然頻率差值
0.975	0
0.992	0.00001
1.0	0.00004
1.009	0.00003
1.026	0.00001

表 6a 1.253 公尺損傷區域搜尋

質點 放置座標 (m)	正常樑 頻率	損傷樑 頻率	損傷 區域
0.8	0.15616	0.15616	0.8~1.6
1.2	0.085210	0.085210	1.2~1.6
1.4	0.067648	0.067489	1.2~1.4
1.3	0.075587	0.075564	1.2~1.3
1.25	0.080159	0.080155	1.25~1.3
1.275	0.077726	0.077717	1.25~1.275

表 6b 1.253 公尺損傷細部搜尋

質點放置座標 (m)	第一自然頻率差值
1.242	0.000003
1.25	0.000005
1.259	0.000004
1.267	0.000009
1.293	0.000020

表 7 1.389 公尺損傷區域搜尋

質點 放置座標 (m)	正常樑 頻率	損傷樑 頻率	損傷 區域
0.8	0.15616	0.15616	0.8~1.6
1.2	0.085210	0.085210	1.2~1.6
1.4	0.067648	0.067645	1.2~1.4
1.3	0.075587	0.075587	1.3~1.4
1.35	0.071435	0.071435	1.35~1.4
1.375	0.069499	0.069499	1.375~1.4

表 7b 1.389 公尺損傷細部搜尋

質點放置座標 (m)	第一自然頻率差值
1.367	0.000001
1.384	0.000004
1.4	0.000003
1.418	0.000010
1.435	0.000016

國科會補助專題研究計畫項下出席國際學術會議心得報告

日期：100年11月4日

計畫編號	NSC 99-2221-E-009-114-		
計畫名稱	複合材料三明治風力葉片之材料常數識別與健診研究		
出國人員姓名	金大仁	服務機構及職稱	國立交通大學機械系教授
會議時間	99年10月23日至99年10月30日	會議地點	中國大連
會議名稱	(中文) 2010 海洋工程技術國際高峰會議 (英文) MarineTech Summit-2010		
發表論文題目	(中文) 先進複合材料三明治結構之研製 (英文) Advanced Composites for the Construction of Sandwich Panels		

報告內容應包括下列各項：

一、參加會議經過

本人於 10 月 25 日前往中國大連市的會議場地,下榻會場所在之旅館, 並到會場報到及出席大會安排的歡迎酒會。10/26 出席會議, 會議由大會主辦人 Prof. Xin Chen, Guangdong University of Technology, China 致開幕詞後正式展開, 當日安排五場專題演講, 介紹自動化設計、檢測和製造領域的最新發展狀況及研發成果, 其中包括美國 Pacific Northwest National Laboratory 的 Dr Moe Khaleel 發表演講, 講題為: Material design issues for electrocatalytic and multi-phase materials in high temperature fuel cells, 介紹電催化劑及多相材料用於高溫燃料電池中的行為及設計考量, 內容豐富有趣, 具知識性。當天參與的論文分組研討以先進材料為主, 論文題目如下:

1. Influence of cerium nano-particles on corrosion behaviour of plasma polymerized organosilicon coatings, D. Ruch (Luxembourg)
2. Carbon, Boron, Nitride, Zinc Oxide, and Silicon Nanotubes, Y. K. Yap (USA)
3. Development of hybrid material composites--an overview, D Weber (Germany)。
4. Realistic three-dimensional microstructure simulations for simulations based materials design, A. Gokhale (USA)
5. Fatigue life of GRP heavily loaded components in relation with some manufacture aspects and material microstructure, I. Cerny (Czech Republic)
6. The FHWA role in advancing fiber-reinforced polymer composites for highways and bridges, L. N. Triandafilou (USA)
7. Haptically enabled interactive virtual reality for knowledge capture, transfer, and visualization, S. Nahavandi (Australia)
8. On-site sodium production with seawater electrolysis as alternative energy for fossil fuels by offshore wind power generation, M. Murahara (Japan)

10 月 27 日參與的論文分組研討如下：

1. A nano-bio-hybrid material for energy applications, C. Friedrich (USA)
2. Micromechanical modeling and prediction of the mechanical and conducting properties in polymer nano-composites, S. Ahzi (France)
3. In-situ nano-mechanical characterization of nano-materials, R. Shahbazian-Yassar (USA)
4. Characterization of composite layers and single-fiber composites for the development of magnetoelastic sensors, D. Weber (Germany)
5. Analysis of a MEMS-based ring-disc electrode system for stabilization of microbubbles in aqueous solution using dielectrophoretic force, S. Chowdhury (Canada)
- nano-composites, S. Ahzi (France)
3. In-situ nano-mechanical characterization of nano-materials, R. Shahbazian-Yassar (USA)
4. Characterization of composite layers and single-fiber composites for the development of magnetoelastic sensors, D. Weber (Germany)

5. Analysis of a MEMS-based ring-disc electrode system for stabilization of microbubbles in aqueous solution using dielectrophoretic force, S. Chowdhury (Canada)

10月28日會議分為八組進行研討，本人主持其中一組的論文發表研討，所包含的論文題目如下：

Chairman: Prof. T Y Kam, National Chiao Tung University, Taiwan

(12 minutes for each presentation, including 2-3 minutes of answering questions)

1. A Conceptual Framework for Ensuring the Implementation of the Public Warehouse Based on RFID(T3036)

Wei Cao, Pingyu Jiang

2. Study on the Frequency Characteristic of Self-Excited Oscillation Pulsed Water Jet(T3684)

Chuanlin Tang, Dong Hu, Fenghua Zhang

3. Permeability of Anti-Chloride Ion of Fly Ash Recycled Concrete(T4301)

Aijiu Chen, Jing Wang, Zhanfang Ge, Ming Wu

4. Development of Glass-fabric Composite Wind Turbine Blade(T6325)

T Y Kam, H M Su, B W Wang

5. Silk-Screen Print Technique in Laminar Flow Control(T5105)

Jue Wang, Dong Li

6. Modification of Microstructure and Residual Stress on Friction Welding Surface of Titanium Alloy by Water-Jet Cavitation Peening(T6397)

Dongying Ju, Xinmao Fu, Shun Na, Bing Han, Xiaohu Deng

7. Planar Hall Effect Ring Sensors for High Field-Sensitivity(T6129)

Brajajal Sinha, Sunjong Oh, Torati Sri Ramulu, Jaein Lim, Dong-Young Kim, CheolGi Kim

8. The Research on Camera Axis Perpendicular to the Target Surface and Method to Confirm its Position in Space(T4155)

Shang Gao, Xinglong Zhu, Jiping Zhou, Xin Zhao, Nan Yin

9. Study on Cutting Less-Teeth Gear with the Slotting Tool(T5118)

Baomin Wang, Wei Cheng, Yingkang Zou, Peng Li

10. Dynamic Optimization Research on Self-Cleaning and Rotating Steel Spiral with Plastic Coat (T5845)

Tianlan Yu, Deqi Peng, Tianxiang Yu, Yangping Liu, Binle Shi, Biao Wei, Xiaoheng Zhi.

11. A 3D Reconstruction Framework from Image Sequences Based on Point and Line Features(T4221)

Baosong Deng, Ronghuan Yu, Tieqing Deng, Lingda Wu

12. Development of in-Pipe Robot with Controllable Magnetic Force(T5857)

Kyung-Hyun Yoon, Young-Woo Park

13. Performance Study of Aerostatic Bearings with Arrayed Microhole Restrictors(T5784)

Peng Li, Han Chen, Xuedong Chen

14. Experimental Investigation of Static Characteristics of a Vacuum Preloaded Aerostatic

Bearing(T5768)

Shanshan Liu, Han Chen, Xuedong Chen

15. Research on the Simulative System of Engine-Thermoelectric Source(T4556)

Nenghuan Wang, Zheng Zhang, Yushan Chen

16. Research on Underwater Target Tracking Based on Contour Detection(T5342)

Mingjun Zhang, Yuanyuan Wan, Zhenzhong Chu

17. Process Research on Cold Rolling of Gully Ball Bearing Inner Ring(T4950)

Liangtao Qi, Baoshou Sun, Xuedao Shu

本人所發表之論文是有關一 5kW 複合材料風力葉片的研發,其中包括葉片的空氣動力分析、風荷計算、結構設計、外型設計、葉片製作及測試等項目的介紹,並從理論、實驗和實作等方面作深入的探討,因所獲結果相當良好,發表完後獲得與會者熱烈的回响。參與本次會議的學者專家近三百人,彼此都有很好的研討與交流。本人於 10 月 30 日會議結束後返台。

二、與會心得

此次參加本會議,收獲良多,不單能吸收新知、藉主持會議為大會服務,亦與其他各國參加人員及主辦人員建立良好的友誼,一方面可與各國學者認識與敘舊,增進彼此的情誼,另一方面可多瞭解目前的研究方向及重點,增進本人的研究內涵及成效,故此次的參與確實獲益良多。本會議的研討重心以設計及製造技術為主,不少論文探討此領域的研究成果及發展方向,本人對此亦甚感興趣,目前正進行這方面的一些應用研究,所以從專題與分組研討中亦獲益良多。

三、建議

無

四、攜回資料名稱及內容

大會手冊一份, 網路論文集。

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2010/12/22

國科會補助計畫	計畫名稱: 複合材料三明治風力葉片之材料常數識別與健診研究
	計畫主持人: 金大仁
	計畫編號: 99-2221-E-009-114- 學門領域: 能源科技
無研發成果推廣資料	

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：金大仁		計畫編號：99-2221-E-009-114-					
計畫名稱：複合材料三明治風力葉片之材料常數識別與健診研究							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	2	2	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	1	1	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	2	2	100%	人次	
		博士生	1	1	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	1	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）