

堆疊型垂直軸式風力機之複材葉片的試驗及測試平台的開發

楊超傑、賴?民

E-mail: 346467@mail.dyu.edu.tw

摘要

在現今世界能源短缺及環境保護議題下，值得我們認真思考台灣的能源發展。風力發電已是一極具商業價值的新興綠能產業，推行永續發展再生能源風力發電及環境保護政策之執行是全球共同的目標。風力發電一般分為垂直軸式與水平軸式兩種，以目前垂直軸式風力發電機而言，缺乏足夠的應用工程可借鑒，國內亦缺乏規範可提供作參考。因此，本研究開發複合材料結構之堆疊型垂直軸式風力發電機組（Stackable Vertical Axis Wind Turbine, SVAWT）葉片的各項夾治具開發，並建立關鍵元件及結構的測試方法，確保測試元件和結構都滿足國際規範的要求，並將輔助工程軟體CAD/CAE運用到設計及實驗階段，有效的縮短葉片設計的週期及模擬驗證的可靠性。葉片結構可靠性是風電機組的重要指標，本研究主要的測試為SVAWT葉片的靜、動態試驗，以了解葉片的靜態特性、疲勞特性及運轉的可靠性。從靜態實驗了解葉片的結構強度，葉片所能承受的最大壓力及破壞模式，進而改善應力集中避免疲勞破壞，以建立葉片可承受最大風速之允收標準。透過SVAWT葉片結構特性之基礎研究，改善其葉片結構的部件設計及完成葉片的疲勞壽命分析，經由本研究建立之疲勞壽命理論可有效的預測SVAWT葉片之壽命，其技術可提供產學相關開發資訊之用。

關鍵詞：夾治具、垂直軸、有限元素、疲勞、堆疊型

目錄

封面內頁 簽名頁 中文摘要 ABSTRACT 誌謝 目錄 圖目錄 表目錄 第一章 緒論 1.1研究背景與動機 1.2風力發電機 1.3垂直軸式風力發電機（VAWT） 1.4堆疊型垂直軸式風力發電機結構設計要求 1.5複合材料 1.6研究目的 1.7研究流程 第二章 文獻回顧與基本理論 2.1高分子基複合材料的界面接合強度 2.2靜力測試 2.3暫態動力學理論 2.4扭轉測試 2.4.1圓軸應力的初步概念[32] 2.4.2圓軸扭轉時的變形行為[32] 2.4.3圓軸中的剪應變[32] 2.5疲勞理論 2.5.1疲勞壽命估算方法 第三章 測試平台與夾治具設計 3.1夾治具的功能 3.2夾治具設計考慮因素 3.2.1夾緊裝置設計的要求[41] 3.3複材之SVAWT葉片尺寸說明 3.4靜態測試平台設計 3.5 SVAWT葉片之靜態實驗夾治具 3.6 SVAWT葉片之扭力實驗夾治具 3.7 SVAWT葉片之疲勞實驗機構設計 3.7.1銜接機構 3.7.2飛盤 3.7.3聯軸器 第四章 SVAWT葉片結構靜態分析 4.1有限元素分析法 4.2 SVAWT葉片結構靜態分析 4.2.1 SVAWT葉片結構靜態分析規範 4.3 SVAWT葉片模型元素選擇及邊界條件設定 4.4 SVAWT葉片建模收斂性探討 4.5 SVAWT葉片靜態分析與結果 4.5.1小S型葉面靜態分析結果 4.5.2大S型葉面靜態分析結果 4.5.3 SVAWT葉片受扭力的靜態分析結果 第五章 三明治結構之暫態動力學分析 5.1衝擊模型之建立方法 5.1.1暫態模型之接觸分析設定 5.1.2 SOLID46之複材疊層設定 5.1.3三明治結構建模收斂性探討 5.1.4複合材料之三明治結構暫態分析結果 第六章 量測實驗 6.1拉伸試驗 6.1.1拉伸試片強度 6.2葉片靜態實驗 6.2.1小S型、大S型葉面均佈載重實驗 6.2.2單層SVAWT葉片之扭力實驗 6.3複材之三明治結構動態衝擊實驗 6.3.1複合材料之三明治結構層板製作 6.3.2三明治層板之衝擊實驗 6.4 SVAWT葉片動態扭力疲勞實驗 第七章 結果與討論 7.1小S型葉面的靜態分析理論與實驗結果之驗證 7.1.1小S型葉面破壞狀況 7.2大S型葉面的靜態分析理論與實驗結果之驗證 7.2.1大S型葉面破壞狀況 7.3 SVAWT葉片的扭轉分析理論與實驗結果之驗證 7.3.1單層SVAWT葉片承受扭轉破壞狀況 7.4三明治結構板之暫態分析理論與實驗結果之驗證 7.5 SVAWT葉片壽命公式之建立 7.5.1 扭力疲勞實驗之SVAWT葉片壽命預測 第八章 結論 參考文獻

參考文獻

- 1.李志梅、趙東標，“風電技術現狀及發展趨勢”，電氣技術，2007。
- 2.C. Kong, Y. Sugiyama, J. Lee, et al, “ Full Scale Structural Experimental Investigation of an E-glass/Epoxy Composite Wind Turbine Blade ”, Advanced Composites Letters, Vol.11, pp.207-219, 2002.
- 3.金大仁、楊欣翰、唐榕崧、張瑞榮、賴?民、吳家宏、蘇盛竹，“小型複合材料風力葉片之研製”，第三屆台灣風能研討會論文集，pp.55-60，2008。
- 4.F. M. Lai, J. H. Wu, Y. C. Tseng, J. S. Wang, “ Design of Clamping Apparatuses for Testing Composition of Composite Wind Turbine Blades ”, 16th International Conference on Composites Engineering, Kunming, China, 2008.
- 5.T. Y. Kam, S. H. Yang, “ Free Vibration Analysis of a Sandwich-Type Composite Wind Turbine Blade ”, 16th International Conference on Composites Engineering, Kunming, China, 2008.
- 6.Y. C. Tseng, S. H. Yan, T. Y. Kam, S. J. Su, F. M. Lai, J. H. Wu, “ Manufacturing and Mechanical Responses of Glass-Fiber/Epoxy Composite Laminates for Composite Wind Turbine Blades ”, 16th International Conference on Composites Engineering, Kunming, China, 2008.
- 7.IEC Standards and Literature Reference for Wind Turbine, IEC 61400, 1995.
- 8.K. O. Ronold, G. C. Larsen, “ Reliability-Based Design of Wind- Turbine Rotor Blades Against Failure in Ultimate Loading ”, Engineering Structures, Vol.22, pp.565-574.

9.C. Kong, J. Bang, Y. Sugiyama, "Structural Investigation of Composite Wind Turbine Blade Considering Various Load Cases and Fatigue Life", *Energy*, Vol.30, pp.2101-2114, 2005. 10.C. Kong, Y. Sugiyama, C. Soutis, "Structural Design and Experimental Investigation of a Medium Scale Composite Wind Turbine Blade Considering Fatigue Life", *Science and Engineering of Composite Materials*, Vol.10, pp.1-9, 2002. 11.J. F. Mandell, D. D. Samborsky, L. Wang, "New Fatigue Data for Wind Turbine Blade Materials", *Journal of Solar Energy Engineering-Transactions of the ASME*, Vol.125, pp.506-514, 2003. 12.T. Senjyu, T. Kaneko, A. Uehara, et al, "Output Power Control for Large Wind Power Penetration in Small Power System", *Renewable Energy*, Vol.34, pp.2334-2343, 2009. 13.T. S. No, J. E. Kim, J. H. Moon, "Modeling, Control and Simulation of Dual Rotor Wind Turbine Generator System [J]", *Renewable Energy*, Vol.34, pp.2124-2132, 2009. 14.J. Creaby, Y. Li, J. E. Seem, "Maximizing Wind Turbine Energy Capture Via Extremum Seeking Control", the ASME 2008 Dynamic Systems and Control Conference, pp.1205-1212, 2008. 15.N. A. Orlando, M. Liserre, V. G. Monopoli, R. A. Mastromauro, et al, "Comparison of Power Converter Topologies for Permanent Magnet Small Wind Turbine System", *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, pp.2359-2364, 2008. 16.E. Hau, H. Renouard, "Wind Turbines-Fundamentals, Technologies, Application, Economics", Springer, 2006. 17.P. Deglaire, S. Engblom, O. Agren, H. Bernhoff, "Analytical Solution for a Single Blade in Vertical Axis Turbine Motion in Two-Dimensions", *European Journal of Mechanics-B/Fluids*, Vol.28, pp.506-520, 2008. 18.P. G. Migliore, W. P. Wolfe, J. B. Fanucci, "Flow Curvature Effects on Darrieus Turbine Blade Aerodynamics", *Journal of Energy*, Vol.4, pp.49-55, 1980. 19.G. F. Homicz, "Numerical Simulation of VAWT Stochastic Aerodynamic Loads Produced by Atmospheric Turbulence: VAWT-SAL Code", SAND91-1124, 1991. 20.夏暉, 王蒙, "影響風力發電機組功率曲線變化的主要原素", *新疆電力*, 2005. 21.Group C1, Vertical Wind Turbine Shaft Design Trade Study Robert E. Huth AME 4043 ME Senior Design February 27, 2008. 22.JBT 7323-1994, 風力發電機組試驗方法, 中華人民共和國, 2001. 23.田海姣、王鐵龍、王穎, "垂直軸風力發電機發展概述", *應用能源技術*, 2006. 24.許明發、郭文雄編著, "複合材料", 高立圖書有限公司, 2004. 25.周森編著, "複合材料-奈米·生物科技", 全威圖書有限公司, 2004. 26.S. G. Fishman, "Route for Controlling Composite Interfacial Behavior [G]", the Sixth Japan-U.S. Conf. on Composite Materials, Florida, 1992. 27.A. G. Evans, M. Ruhle, "the Fracture Energy of Biomaterial Interface [J]", 1990. 28.黃傳真、李兆前、艾興, "界面擴散研究", *中國機械工程*, 1996. 29.曾攀, "有限分析及應用", 清華大學出版社, 北京, 2004. 30.K. J. Bathe, "Finite Element Procedures", Prentice Hall, 1996. 31.ANSYS, Inc., ANSYS 7.0 HTML Online Documentation. Structural Analysis Guide. Transient Dynamic Analysis. USA: SAS IP, Inc., 2003. 32.陳宏謀編著, "材料力學觀念分析(上冊)", 標竿出版社, 台北, 台灣, 1993. 33.J. Bauschinger, *Über die veränderung der Elastizitätsgrenze und der Festigkeit des Eisens und Stahls durch Strecken und Quetschen, durch Erwärmen und Abkühlen und durch oftmals wiederholte Beanspruchung*, Mitteilungen aus dem Mechanisch-Technischen Laboratoriums der K. Technischen Hochschule Munchen, 1886. 34.S. S. Manson, "Behavior of Materials under Conditions of Thermal Stress", University of Michigan Engineering Research Institute, pp.9-75, 1953. 35.L. F. Coffin, "A Study of Effects of Cyclic Thermal Stresses on a Ductile Metal", *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, 1954. 36.J. Morrow, "Fatigue Properties in Metal. In: Fatigue Design Handbook", *Advances in Engineering*, Vol.4, 1968. 37.K. N. Smith, P. Watson, T. H. Topper, "A Stress-Strain Function for the Fatigue of Metals [J]", pp.767-778, 1970. 38.T. S. No, J. E. Kim, J. H. Moon, "Modeling, Control, and Simulation of Dual Rotor Wind Turbine Generator System", *Renewable Energy*, Vol.34, pp.2124-2132, 2009. 39.J. Creaby, Y. Y. Li, J. E. Seem, "Maximizing Wind Turbine Energy Capture Via Extremum Seeking Control", *Proceedings of the ASME Dynamic Systems and Control Conference*, 2008. 40.G. E. Leese, J. Morrow, "Low Cycle Fatigue Properties of a 1045 Steel in Torsion", *American Society for Testing and Materials*, pp. 482-496, 1985. 41.洪良德, "鑽模與夾具", 高立圖書有限公司, 台北, 台灣, 2003. 42.陳精一編著, "ANSYS7.0 電腦輔助工程實務分析, 初版", 全華圖書股份有限公司, 台北, 2008. 43.劉晉奇、晴暉著, "有限元素分析與ANSYS的工程應用, 初版", 滄海書局, 台中, 2005. 44.王正賢、鄧作樑、賴居廷, "複合材料多孔三明治結構之衝擊行為研究", *中國機械工程學會第二十七屆全國學術研討會論文集*, CC10-070, 台北, 台灣, 2010. 45.C. E. Jaske, C. E. Feddersen, K. B. Davis, et al, "Analysis of Fatigue, Fatigue Crack Propagation, and Fracture Data", NASA CR-132332, 1973. 46.吳富強、姚衛星, "一個新的材料疲勞壽命曲線模型", *中國機械工程*, 2008.