

# Study of impact and failure analysis for laminates composite with crack patch

薛鈞騰、賴?民

E-mail: 324905@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

In this research, finite elements method such as a plane, and a solid are used to build a laminated composite model for analyzing various cracks therein for comparison with the literature to confirm the accuracy of the model. In the experiments are used manufacturing methods such as resin transfer molding (RTM) and the hand lay-up technique that carbon fiber prepreg of materials are used to produce differential types of cracks such of bilateral, central, and centrally perforated in composite laminate composites as well as in a patch test fragment for a tensile test. This study primarily used ANSYS finite element software to analyze the strain and stress intensity factors of composite laminates and the cracks in a patch test fragment to establish an accurate analytical model. Furthermore, ANSYS simulation to analyze the structure of cracks can be recommended. In the optimal design, this research is used the Particle Swarm Optimization (PSO) method that the differential conditions (length -to- width ratio ( $b/a$ ), layer angles of composite patch, boundary and force conditions) found optimal manufacturing process parameters of composite plate specimen with a crack patch. This research is achieved the goal of maximum stiffness in composite materials under the impact. Finally, this theory analysis values are compared experimental data to prove the correct of the theory analysis and optimal design.

Keywords : Crack、Patch Test Piece、Stress Intensity Factor、PSO

## Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書 iii 中文摘要 iv ABSTRACT v 誌謝 vi 目錄 vii 圖目錄 x 表目錄 xiv 第一章 緒論 1 1.1 研究動機 2 1.2 複合材料概述 3 1.3 研究目的 4 1.4 研究流程 4 第二章 文獻探討 6 2.1 破壞力學 6 2.2 裂縫尖端應力與位移公式 7 2.3 應力強度因子計算公式 10 2.4 奇異元素 11 2.5 破壞準則 12 2.6 修補試片花樣討論 13 2.7 暫態動力學理論 14 2.8 粒子群最佳化演算法 19 第三章 研究方法 21 3.1 ANSYS軟體之分析模型 21 3.2 裂縫試片受軸向拉力之分析探討 22 3.2.1 裂縫試片受軸向拉力之分析有限元素選用 23 3.2.2 複材不同裂縫尖端型式探討 23 3.2.3 玻纖試片雙邊裂縫與中央圓孔試片建模 24 3.2.4 玻纖試片雙邊裂縫修補建模 25 3.2.5 碳纖試片中間裂縫無修補與有修補建模 26 3.3 具裂縫平板試片受中央載重之數值模擬分析探討 27 3.4 修補方式探討 30 3.5 建模收斂性探討 31 3.6 具裂縫平板試片修補最佳化設計 33 3.6.1 粒子群最佳化演算法範例 36 3.6.2 PSO最佳學習因子 41 3.7 衝擊模型之建立方法 42 3.7.1 暫態模型之接觸分析設定 42 3.7.2 SOLID186之複材疊層設定 45 3.7.3 暫態模型之建立 46 第四章 實驗方法 47 4.1 不同實驗裂縫試片製作 47 4.2 裂縫試片受軸向拉力之實驗 55 4.3 平板試片受中央載重之實驗 56 4.4 具裂縫平板試片修補之衝擊實驗 58 4.5 材料性質整理 61 第五章 結果與討論 63 5.1 裂縫試片受軸向拉力之比較結果 63 5.1.1 本文ANSYS分析與文獻比較 63 5.1.2 手積法與RTM裂縫試片的實驗與分析之比較 69 5.1.3 手積法未修補及有修補片的實驗與分析比較 73 5.1.4 碳纖裂縫的分析值與實驗值之比較 75 5.2 裂縫試片受軸向拉力之結論 78 5.3 平板破壞準則比對結果 80 5.4 修補試片花樣分析比對結果 80 5.5 具裂縫平板試片受中央載重之數據比對結果 82 5.6 修補方式探討分析比對結果 84 5.7 最佳化結果 85 5.7.1 靜態PSO分析結果 85 5.7.2 暫態PSO分析結果 89 5.8 衝擊實驗與分析比對結果 91 5.8.1 碳纖裂縫平板試片衝擊實驗與分析比對結果 92 5.8.2 玻纖裂縫平板試片衝擊實驗與分析比對結果 96 第六章 結論與未來研究方向 97 6.1 結論 97 6.2 未來研究方向 98 參考文獻 99

## REFERENCES

中文參考文獻 1.顧宜等編著，複合材料，初版，新文京開發出版股份有限公司，台北，2002。 2.許明發等編著，複合材料纖維學，初版，全威圖書有限公司，台北，2002。 3.張立恆，“金屬與複材試件應力之量測與探討”，立中山大學機械工程研究所碩士論文，2000。 4.曾攀，有限分析及應用，清華大學出版社，北京，2004。 5.許雅真，“應用類啟發式演算法於複合材料板之高勁度設計與輕量化設計”，私立大葉大學工業工程與科技管理研究所論文，2005。 6.廖偉智，“複合材料三明治殼構件輕量化設計與製造”，私立大葉大學工業工程與科技管理研究所論文，2008。 7.林志忻，“下肢主要關節輕量型護具的最佳化設計”，私立大葉大學工業工程與科技管理研究所論文，2008。 8.陳紘煒，“複合材料殼構件的力學行為分析與最佳化設計”，私立大葉大學工業工程與科技管理研究所論文，2005。 9.廖偉翔，“含缺口碳纖維聚醚醚酮複合材料積層板之疲勞破壞探討”，中山大學機械與機電工程研究所碩士論文，2002。 10.蘇宏明，“複合材料高架地板之彈性常數設計與破壞分析”，中華技術學院機電光研究所碩士學位論文，2008。 11.林源富，“運用高階有限元素解破裂點端點應力強度因子”，成功大學機械工程學系碩士論文，2002。 12.陳孔斌，“以樹脂轉注成型法進行輕量化下肢主要關節護具之製裂”，私立大葉大學工業工程與科技管理研究所論文，2009。 13.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。英文參考文獻

14. Broek, D. “Elementary Engineering Fracture Mechanics”, 4th Edition, Martinus Nijhoff Publishers. (1986). 15. David Broke, “Elementary Engineering Fracture Mechanics”, Martinus Nijhoff Publishers, Boston. (1986) 16. David Broke, “The Fracture Use of Fracture Mechanics”. Kluwer Academic, Dordrecht. (1988) 17. Paris P.C. and Erdogan, F. “A Critical Analysis of Crack Propagation Laws,” J. of Basic Engng., Trans. ASME, D85, pp.528-534(1943). 18. Pilkey W.D. “Peterson's stress concentration factors” John Wiley & Sons, Ltd, New York, NY. (1997). 19. D. R. J. Owen and A. J. Fawkes, “Engineering Fracture Mechanics : Numerical Methods and Applications”, Pineridge Press Ltd., Swansea, U.K., (1983). 20. Broek, D. “Elementary Engineering Fracture Mechanics”, 4th Edition, Martinus Nijhoff Publishers. (1986). 21. T. Y. Kam and T. B. Jan “First-ply failure analysis of laminated composite plates based on the layerwise linear displacement theory”, Composite Structures 32, 583-591. (1995). 22. A. Mahadesh Kumar, S.A. Hakeem “Optimum design of symmetric composite patch repair to centre cracked metallic sheet”, Composite Structures 49, 285-292. (2000). 23. K.J. Bathe, Finite Element Procedures. USA: Prentice-Hall, (1996). 24. ANSYS, Inc., ANSYS 7.0 HTML Online Documentation. Structural Analysis Guide. Transient Dynamic Analysis. USA: SAS IP, Inc., (2003). 25. J. Kennedy and R. C. Eberhart, “Particle Swarm Optimization”, Proc. IEEE International Conference on Neural Networks (Perth, Australia), IEEE Service Center, Piscataway, NJ, IV: 1942-1948, (1995). 26. M.R. Ayatollahi \*, R. Hashemi. (2005) “Computation of stress intensity factors (KI, KII) and T-stress for cracks reinforced by composite patching”, Composite Structures 78, 602 – 609 (2007). 27. Y. Zheng, L. Ma, L. Zhang, and J. Qian, “Empirical study of particle swoptimizer with an increasing inertia weight”. Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation 2003, (CEC 2003), Canbella, Australia, 221-226. (2003). 28. R. C. Eberhart and Y. Shi. “comparison between genetic algorithms and particleswarm optimization”, 1998 Annual Conference on Evolutionary Programming, San Diego, (1998).