

以複合材料修補飛機結構之成效探討

賴芳川、林朝源

E-mail: 346407@mail.dyu.edu.tw

摘要

本研究先藉由膠合強度測試，篩選出較佳之黏貼膠劑與表面處理方式，再以此膠合方式執行單邊複材修補金屬結構試件，分別進行無補片、有補片試件疲勞及殘留壽命試驗，以探討其複合材料修補成效。從膠料膠合強度測試結果顯示，修補膠合強度與膠料種類及表面處理程序有密切關係，可依受修補結構環境，選擇適當之膠料及表面處理方式以滿足強度需求。由無補片試件及有補片試件執行疲勞試驗結果顯示，複材補片確實可分擔力流，使受修補結構受力降為0.70倍。對複材修補成效平均約可達未修補壽命8倍以上；而標準負載修補成效平均約達未修補壽命3倍。故本研究結果可提供未來飛機因老化所產生單孔結構裂紋之較佳修補參考。

關鍵詞：複合材料、疲勞試驗、殘留壽命

目錄

中文摘要 i Abstract ii 誌謝 iii 圖目錄 vi 表目錄 ix 第一章 緒論 1 1.1 研究背景與動機 1 1.2 研究目的 1 1.3 研究限制 2 1.4 研究架構 3 第二章 文獻回顧 4 2.1 複合材料及修補簡介 4 2.2 有限元素分析理論 6 2.3 殘留強度 (residual strength) 分析 9 2.4 裂紋成長分析理論 10 第三章 修補實驗規劃與內容 13 3.1 試件規劃 13 3.1.1 試件需求 13 3.1.2 試片規劃 13 3.1.3 試片構型 14 3.2 複材補片製作 21 3.2.1 複合材料選取 21 3.2.2 補片製作 21 3.3 試驗設備儀器簡介 25 3.4. 試驗負載譜 26 第四章 試驗與結果 28 4.1 膠料膠合強度測試 28 4.2 無補片試件疲勞壽命試驗 31 4.3 複材修補試件疲勞及殘留壽命試驗 35 4.3.1 修補組零件R2製作及實驗程序 36 4.3.2 修補試件R2應變測量 39 4.4 試件R1與補件R2修補試驗及結果之探討 43 第五章 結論與建議 49 參考文獻 51

參考文獻

1. 王銘輝，2002，國立中央大學機械工程研究所碩士論文「有限平板多條邊裂紋成長之探討」。
2. 李寶康，梁群，2005，第三屆全球華人航空科技研討會報告書。
3. 邱燦賓，1996，國立清華大學動力機械工程研究所博士論文「複合材料補片修補效率之評估」。
4. 祝如竹，翁慶隆，柯正忠，沈賢，1987，「高級複合材料對飛機結構增強設計之研究」，中山科學研究院航發中心。
5. 翁慶隆，沈賢，1990，「複合材料補片膠合修補研究」，航空太空學會第三十二屆期刊。
6. 翁慶隆，沈賢，1991，「厚板金屬結構修補技術開發」，中山科學研究院第一研究所。
7. 翁慶隆，沈賢，1990，「飛機厚板裂縫修補技術研究」，中山科學研究院航發中心。
8. 張士田，1994，國立中央大學碩士論文「隨機負荷下機件疲勞動態可靠度退化模式探討」。
9. 葉銘泉，1999，「複合材料修補對疲勞壽命影響之評估 (II)」，計劃編號: NSC 88-2212-E-007-009，執行期限: 87年8月1日至88年7月31日。
10. 鄒慶福，1998，國立清華大學動力機械工程研究所碩士論文「預扭及溫度效應對擬均向性CFRP，複合材料疲勞行為之影響」。
11. 劉晉奇，2005，國立成功大學機械工程學系博士論文「含界面裂紋之雙磁電彈楔形結構反平面破壞分析」。
12. 蔡炎宗，1996，國立交通大學機械工程研究所碩士論文「複合材料修補之破裂力學分析及實驗」。
13. 鄭宇軒，2004，逢甲大學紡織工程研究所碩士論文「奈米黏土補強液態橡膠/環氧樹脂之研究」。
14. 藤井太一，座古勝，2004，「複合材料的破壞與力學」，五南圖書公司。
15. 蘇品書，賴耿陽，1988，「複合材料科學」，復漢出版社。
16. A. Wohler, Uber die Festigkeitversuche mit Eisen und Stahl, Zeitschrift fur Bauwesen, Vol. VIII, X, XIII, XVI, and XX, 1860/70. English account of this work is in Engineering, Vol. 11, 1871.
17. Baker, A.A., " Fiber Composite Repair of Cracked Metallic Aircraft Components-Practical and Basic Aspcts ", Composites, Vol. 18, 1987, p.p. 293-308.
18. Baker, A.A. and Jones, R., " Bonded Repair of Aircraft Structure " Martinus Nijhoff, Dordrecht, 1988.
19. Beck, C.E. and Myhre, S., " Repair Concepts for Advanced Composite Structure " , J. Aircraft, Vol. 16, 1979, p.p. 720-726.
20. Broek, D. and Rice, R.C., Fatigue crack growth properties of rail steels, Battelle report to DOT/TC ,1976.
21. E.H. Merz et al., J. Appl. Polymer Science, 1995, 22, 325.
22. Erdogan, F. and Sih, G.C., On the crack extension in plates under plane loading and transverse shear, J. Basic Eng., 85 p.p. 519-527 ,1963.
23. G. R. Irwin, Fracture Dynamics Fracturing of Metals, American Society for Metals, Cleveland, OH, pp. 147-166 , 1949.
24. G. R. Irwin, Analysis of Stresses and Strains near the End of a Crack Travrsing a Plate, Transaction of the ASME, Journal of Applied Mechanics, Vol. 24, 1957, p.p. 361-364.
25. Gibson, R. F., " Principle of Composite Material mechanics " , McGraw-Hill, Inc. 1994, ch.1, p.p.1-33.
26. Griffith, A.A., The phenomena of rupture and flow in solids. Phil. Trans. Roy.Soc. of London, A 221 pp. 163-197 ,1921.
27. Griffith, A.A., The theory of rupture, Proc. 1st Int. Congress Appl. Mech.,(1924) pp.55-63. Biezeno and Burgers ed. Waltman , 1925.
28. H. Alawi and M. Shaban, Fatigue Crack Growth Under Random Loading, Engineering Fracture Mechanics, Vol. 32, No. 5, pp. 845-854 ,1989.
29. Iida, S. and Kobayashi, A.S., Crack Propagation rate in 7075-T6 plates under cyclic tensile and transverse shear

loading, J. Basic Eng. P.p. 764-769 ,1969. 30. J. B. Chang, Round-Robin Crack Growth Predictions on Center-Cracked Tension Specimens Under Random Spectrum Loading, Methods and Models for Predicting Fatigue Crack Growth Under Random Loading, ASTM STP748, p.p. 3-40 ,1981. 31. Ong, C.L. and Shen, S.B., " Composite of Metal-Patching and Composite- Patching for Cracked Aluminum Structure " , Transaction of the Aeronautical and Astronautical Society of R.O.C., Vol. 23, 1991, No. 1, p.p. 69-77. 32. Paris, P.C., The growth of fatigue cracks due to variations in load, Ph.D. Thesis Lehigh University , 1962. 33. Paris, P.C., Gomez, M.P. and Anderson, W.E., A rational analytic theory of fatigue, The Trend in Engineering, 13 p.p. 9-14 ,1961. 34. R. D. Henshell and K. G. Shaw, Crack tip finite elements are unnecessary, Int.J.Num.Meth.Engng. ,9(3),495-501,1975. 35. R. Jones, and R.J. Callinan, " A Crack Opening Displacement Approach to Crack Patching, " Eng. Fract.Mech, Vol. 13,1980,pp801-806. 36. R.S. Barsoum, On the use of isoparametric finite elements in linear fracture mechanics, Int.J.Num. Meth. Engng. , 10,25-37,1976. 37. Roberts, R. and Kibler, J.J., Mode II fatigue crack propagation. J. of Basic Engineering 93 p.p.671-680 ,1971. 38. Ronald F. Gibson, " Principle of Composite Material mechanics " , Chap.1, New York, 1994. 39. Sih, G.C., Strain energy density factor applied to mixed mode crack problem, Int. J. Fracture, 10 p.p. 305-322 ,1974. 40. Williams, J.G., and Ewing, P.D., Fracture under complex stress-The angled crack problem, Int. J. Fract. Mech., 8 p.p. 441-446 ,1972. 41. <http://www.me.ntut.edu.tw/biomech/web/information/fem.htm>. 42. <http://cslin.auto.fcu.edu.tw/scteach/saw/e2.htm> 43. http://www.msc.com.tw/club_cae/white_paper/wp_article_1.htm.