

複合材料三明治殼構件輕量化設計與製造

廖偉智、賴?民

E-mail: 9711009@mail.dyu.edu.tw

摘要

為使複合材料殼構件達到高勁度及輕量化的目的，因此本文發展複合材料三明治殼構件的理論分析及成形技術。在理論分析方面，是利用多層理論之3D殼元素有限單元法來分析不同的長寬比(B/A)、半徑-長度比(R/A)、長厚比(A/H)、邊界條件與受力條件下的複合材料三明治殼構件之力學行為。在製造方面，是將面材與心材置於模具內以發泡式一體成形的複合材料三明治殼構件，其面材採用玻璃纖維或碳纖維複合材料；而心材採用質輕以單螺桿造粒EVA630或發泡樹脂，不僅可減輕整體結構的重量，提升複合材料三明治殼結構之抵抗彎曲及抗衝擊的能力。在最佳化設計方面，本文運用粒子群最佳化演算法(Particle Swarm Optimization)在不同的長寬比(B/A)、半徑-長度比(R/A)、長厚比(A/H)、邊界條件與受力條件下搜尋複合材料三明治殼構件之最佳製程參數(疊層角度與厚度)，使得複合材料三明治殼構件達到輕量化或最大勁度之目標。最後，以頂壓實驗數據來驗證理論分析與最佳化設計的正確性。

關鍵詞：發泡；複合材料；三明治；殼構件；輕量化；勁度；粒子群最佳化演算法

目錄

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ix 表目錄xi 第一章 緒論1 1.1 研究背景與動機1 1.2 文獻回顧2 1.3 研究目的3 第二章 基本理論5 2.1 多層殼元素理論5 2.2 有限元素模型之建立8 第三章 最佳化方法11 3.1 粒子群最佳化演算法11 3.2 PSO最佳學習因子15 3.3 最佳機率公式16 3.4 最佳勁度設計16 3.5 輕量化設計 20 第四章 複合材料三明治殼構件製作與實驗25 4.1 複合材料三明治殼構件製作25 4.1.1 面材之製作25 4.1.2 心材之製作26 4.1.2.1 熱塑性發泡棉26 4.1.2.2 發泡樹脂29 4.2 碳纖複合材料三明治殼構件成型30 4.2.1 採用熱塑性發泡棉30 4.2.2 採用發泡樹脂33 4.3 碳纖複合材料三明治殼構件頂壓實驗34 4.4 懸臂樑實驗 40 第五章 結果與討論43 5.1 複合材料三明治殼構件的最大勁度設計43 5.2 複合材料三明治殼構件的輕量化設計52 5.2.1 單曲率殼複合材料三明治殼構件之輕量化設計53 5.2.2 雙曲率複合材料三明治殼構件之輕量化設計55 第六章 結論與未來發展方向59 6.1 結論59 6.2 未來發展方向60 參考文獻61

參考文獻

- 1.楊博仁, "應用粒子群最佳化演算法於複合材料殼構件之最大勁度設計與輕量化設計" 大葉大學工業工程與科技管理研究所碩士論文, 2006.
- 2.蘇俊誠, "複合材料三明治結構件之二次發泡填充充壓製程開發與應用" 大葉大學工業工程與科技管理研究所碩士論文, 2007.
- 3.余海豐, "非軸對稱纏繞式複合材料構件的可靠性研究—子計畫:非軸對稱纏繞式構件的破壞強度研究及最佳化設計(I)" 國科會專案計劃研究報告,1999.
- 4.Clough, R.W. and C.P. Johson, "A Finite Element Approximation for the Analysis of Thin Shell," Int. J. Solids Structures, 4:43-60, 1968.
- 5.Darms, F. J., "Space age pressure vessels. In 36th Inter. SAMPE Symposium and Exhibition, 36, 818-826,1991.
- 6.Histon, E. and D. R. J. Owen, "Finite Element Software for Plates and Shells," U. K. Swansea Pineridge Press, 1984.
- 7.Zienkiewicz, O. C., "The Finite Element Method: Volume 1 Basic Formulation and Linear Problem," by London McGraw-Hill, 1989.
- 8.Kam, T. Y. and F. M. Lai, "Experimental and Theoretical Predictions of First-ply Failure Strength of Laminate Composite Plates," Int. J. Solids & Structures, 36, 2379-2395, 1999.
- 9.T. Y. Kam, F. M. Lai and T. M. Chao, "Optimum Design of Composite Sandwich Plates Considering First-ply Failure," J. Solids & Structures, 36, 2865-2889, 1999.
- 10.Kam, T. Y., H. F. Sher, T. N. Chao, and R. R. Chang, "Predictions of Deflection and First-ply Failure Load of Thin Laminate Composite Plates via the Finite Element Approach," Int. J. Solids & Structures, 33:375-398, 1996.
- 11.Kam, T. Y. and H. F. Sher, "Nonlinear and First-ply Failure Load of Thin Laminate Composite Cross-ply Plates," Journal of Composite Materials, 29:463-482, 1995.
- 12.Eschenauer, H.A. and W. Fuchs, "Fiber-Reinforced Sandwich Plates under Static Loads:Proposals for their Optimization," J. Mech Transm, Vol.108, pp.152-158, 1986.
- 13.Noor, A.K., W.S. Burton and W.B. Charles, "Computtational Models for Sandwich Panels and Shells," Appl. Mech.Rev., Vol.49,pp.155-199,1996.
- 14.J. A. Snyman and L. P. Fatti, "A Multi-start Global Minimization Algorithm with Dynamic Search Trajectories", Journal of Optimization Theory and Application, Vol.54, 121-141,1987.
- 15.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.