

複合材料多孔材三明治結構之衝擊行為研究

賴居廷、王正賢

E-mail: 343880@mail.dyu.edu.tw

摘要

本研究主要針對多孔材之複合材料三明治結構進行衝擊實驗與衝擊模擬，探討多孔材核芯對三明治結構的衝擊吸能效應與衝擊物受力情形。過去三明治結構件，其主要核芯材料可分為，以金屬為主的金屬發泡，熱固性塑膠為主的蜂巢式以及熱固性發泡，因其加工方式，造成可塑性不大，因此本文利用可塑性較高的熱塑性發泡替換核芯素材，配合多種複合材料疊層角度，進行探討複合材料多孔材三明治結構。本文主要應用有限元素法與ASTM D7136規範進行模擬與實驗之可行性驗證，在有限元素法方面，應用有限元素分析套裝軟體ANSYS/LS-DYNA進行動態模擬分析，在實驗方面，配合高速攝影機之動態攝影進行落錘式衝擊實驗。探討新三明治結構的核芯密度、發泡基材與複合材料疊層角度對衝擊吸能效應與衝擊物在衝擊瞬間所承受的傷害影響。研究結果顯示新三明治結構可有效減低衝擊球在瞬間接觸時之應力，降低瞬間傷害，而在改變堆疊複合材料疊層角度順序上，其受到之衝擊影響並未有顯著差異性。

關鍵詞：複合材料、三明治結構、有限元素法、ASTM D7136、ANSYS/LS-DYNA

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 x 表目錄 xiv 第一章 緒論 1 1.1 研究背景 1 1.2 研究動機 2 1.3 研究目的 3 1.4 研究方法 4 1.5 研究流程 7 第二章 參考文獻 9 2.1 發泡技術回顧 9 2.2 複合材料衝擊 10 2.3 三明治結構衝擊 11 2.4 ANSYS/LS-DYNA Explicit Solver顯性解法 13 2.5 零能模式 (Hourglassing) 15 第三章 研究方法 17 3.1 複合材料多孔材三明治製程 18 3.2 衝擊實驗 24 3.2.1 衝擊平台 24 3.2.2 InstruNet擷取器與LP-10F位移計 26 3.2.3 CASIO EXILIM Pro EX-F1高速攝影機 28 3.3 有限元素法之衝擊分析 30 3.3.1 元素介紹 31 3.3.2 材料性質 34 3.3.3 模型建立 40 3.3.4 邊界條件 41 3.4 開孔式泡棉與閉孔式泡棉之緩衝差異 43 3.5 能量吸收計算 43 第四章 結果與討論 45 4.1 複合材料層板衝擊實驗與CAE模型驗證 45 4.2 開孔式泡棉與閉孔式泡棉衝擊實驗 48 4.3 多孔材複合材料三明治結構衝擊實驗 50 4.3.1 密度與緩衝性之衝擊實驗 50 4.3.2 複合材料疊層順序影響之衝擊實驗 58 4.4 電腦輔助工程模擬 65 4.4.2 密度與緩衝性之衝擊模擬 65 4.4.2 複合材料疊層順序影響之衝擊模擬 75 4.5 複合材料層板與三明治結構之關係 82 4.6 三明治結構之實驗與模擬比較 83 4.6.1 不同密度多孔材核芯之衝擊實驗與模擬比較 83 4.6.2 不同疊層角度之衝擊實驗與模擬比較 84 第五章 結論與未來研究方向 86 5.1 結論 86 5.2 未來研究方向 89 參考文獻 90 附錄ASTM D7136 93

參考文獻

- [1]王正賢，賴?民，蘇俊誠，“複合材料三明治結構件之內部發泡填充衝壓製程開發”，中國機械工程學會第二十四屆全國學術研討會論文集，2007。
- [2]Z.-I. Song, et al., "Evolution of foamed aluminum structure in foaming process," *Materials Science and Engineering A*, vol. 298, pp. 137-143, 2001.
- [3]陳正中，“TPE的發泡成型技術”，*高分子工業期刊*90~92期。
- [4]S Abrate., *Impact on composite structures*, Cambridge University Press; 1998.
- [5]K. M. Mikkor, et al., "Finite element modelling of impact on preloaded composite panels," *Composite Structures*, vol. 75, pp. 501-513, 2006.
- [6]M. J. Pavier and M. P. Clarke, "Experimental techniques for the investigation of the effects of impact damage on carbon-fibre composites," *Composites Science and Technology*, vol. 55, pp. 157-169, 1995.
- [7]S. A. Hitchen and R. M. J. Kemp, "The effect of stacking sequence on impact damage in a carbon fibre/epoxy composite," *Composites*, vol. 26, pp. 207-214, 1995.
- [8]S.-X. Wang, et al., "Low-velocity impact and residual tensile strength analysis to carbon fiber composite laminates," *Materials & Design*, vol. 31, pp. 118-125, 2010.
- [9]K. S. Krishnamurthy, et al., "Impact response and damage in laminated composite cylindrical shells," *Composite Structures*, vol. 59, pp. 15-36, 2003.
- [10]G. Mamalis, et al., "Crushing of hybrid square sandwich composite vehicle hollow bodyshells with reinforced core subjected to axial loading: numerical simulation," *Composite Structures*, vol. 61, pp. 175-186, 2003.
- [11]D. Jiang and D. Shu, "Local displacement of core in two-layer sandwich composite structures subjected to low velocity impact," *Composite*

Structures, vol. 71, pp. 53-60, 2005.

[12]V. L. Tagarielli, et al., "Prediction of the dynamic response of composite sandwich beams under shock loading," International Journal of Impact Engineering, vol. 37, pp. 854-864, 2010.

[13]F. Zhu, et al., "Analytical investigation and optimal design of sandwich panels subjected to shock loading," Materials & Design, vol. 30, pp. 91-100, 2009.

[14]尚曉江，蘇建宇、王化鋒，ANSYS/LS-DYNA動力分析方法與工程實例，中國水利水電出版社，北京，2006。

[15]劉晉奇、褚晴暉，有限元素分析與ANSYS的工程應用，滄海出版社，2006。

[16]ASTM Standard, ASTM D7136/D7136M-07, " Standard Test Method for Measuring the Damage Resistance of a Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composite to a Drop-Weight Impact Event " , ASTM International.

[17]M. K. Neilsen, et al., "A constitutive theory for rigid polyurethane foam," America Society of Mechanical Engineers, 1993.