

鋁合金軸件之貫穿孔填入鋼質螺栓後之拉伸特性之研究 The Research of the Tensile Characteristics on Aluminum Shaft with holes which filled in steel bolts

呂理得 黃正熙

Lee-Der Liu, Chenhsi Huang

黎明技術學院創意產品設計系

Department of Innovative Product Design, Lee-Ming Institute of Technology

摘 要

本文係延續鋁合金軸件輕量化設計的研究，將鋁合金軸件上用來作為輕量化的孔洞以螺紋接合的方式鑲入異質材料，運用複合材料強化的原理對改變形貌後的鋁合金軸件進行拉伸特性的研究。

由於鋁合金製成之軸件常需在軸件上鑽孔以便組合傳動，經過輕量化設計及額外加工必然會同時影響其整體性能，故本文探討軸件上之孔洞經過異質材料鑲入後之破壞特性。本文之實驗方法係以軟鋼螺絲鎖入鋁合金軸件之孔洞當中，在不同的組合樣貌下，將鋁合金拉伸試片以 MTS 動態試驗機在程式控制之拉伸速度下進行破壞試驗。結果發現，鋁合金軸件上的孔洞如果鎖入軟鋼螺絲，其抗拉負荷確實會受影響，其抗拉強度會隨著異質材料填滿空孔的數量增加而增高，因此，如果將軸件空孔完全填滿，將可以讓軸件發揮最大的強度效能。

關鍵詞：鋁合金、複合材料、拉伸破壞

Abstract

This article continues to research the light-weighting design on aluminum shaft. We used some bolts to fill in the holes that drilled on aluminum shaft. These combined materials will change the figure and strength of aluminum shaft. And we tried to distinguish the tensile characteristics of this kind of aluminum shaft.

Practically, aluminum shaft will always drilled some through holes to connect some other parts. At the same time, the shaft performance will be influenced after light-weighting design and extra machining. The method of this article was to connect a steel bolts to the through holes which previously drilled on aluminum shaft. We used MTS machine to control the tensile rate to perform tensile test. In



this material combination and different figure of aluminum shaft, we found that the tensile strength of aluminum shaft will be increased when we increased the number of connected bolt. So that, the tensile strength of aluminum shaft had higher performance when the through holes were totally connected with steel bolts.

Key Words: aluminum alloy, combination materials, tensile fracture



1. 前言

產品結構輕量化可提高產品性能，增加產品價值，目前輕量化的技術包括複合材料或功能材料的應用，使產品能夠達成輕量化的目標，但是此類技術需求較高，本文乃針對利用異質材料的外形設計來達到輕量化的目標，並減少影響原本的力學設計，緩和破壞機制。[1]

2. 理論分析

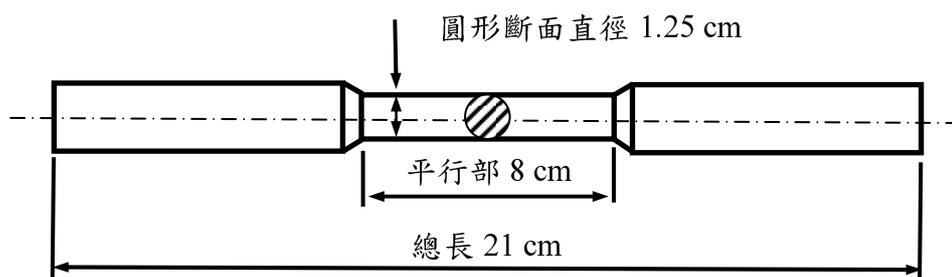
本文之輕量化軸件具有為數不一的孔洞，先前的研究發現，這些孔洞將會造成軸件強度嚴重降低，作者希望進一步在產品中鑲入異質材料以增強效能，一方面以剛性較大的不同材料提高強度，理論上應可依比例達到效果，另一方面以複合材料的方向性觀念來增加強度。[2-3]

當軸件需要裝配其他元件時，雖然軸件上的孔洞裝配在適當的位置，但是必須考慮孔洞內加入異質材料的變形情況，若

僅以直孔裝配，孔洞與元件的公差設計會牽涉到鬆配合與緊配合的變化，製作者與使用者皆不易控制裝配情形，並且孔洞與元件表面的接觸狀態將會直接影響到材料的破壞模式，因為如果是鬆配合，孔洞表面有一間隙，將無助於加強效果，如果是緊配合，裝配時則會使軟質材料造成非預期的變形，將直接影響到軸件的功能性。因此，吾人使用螺紋方式裝配，一方面可以增加孔洞與元件的接觸面積，以減少破壞機構的變數，同時在製作及裝配時也可以簡易準確地進行，不需特別的技術要求。

3. 實驗方法

本文之實驗係在圓桿狀之拉伸試片平行部上製作 5 個具有內螺紋之孔洞，該拉伸試片試片總長約 21 cm，其平行部之直徑為 1.25 cm，平行部長度為 8 cm，示意圖如圖一所示。



圖一 拉伸試片示意圖

試片準備係在拉伸試片平行部以精密銑床在預先設定的位置鑽削直徑 5mm 的貫穿孔，再以 M6x1 的公制螺絲攻鑄製內螺紋，其中每支拉伸試片之平行部均設定 5 個均分位置的貫穿孔位置並加工出螺紋孔，待拉伸實驗之前再分別於在對稱的螺

紋孔處裝置 1 組、3 組及 5 組 M6 的公制螺絲及螺帽並加以鎖緊，以模擬在軸心上裝配元件的實際狀態，試片其分組及示意圖所表一所示，各組試片之組合樣貌照片如表二所示。

表一 試片分組之特徵及示意圖

組別	特徵	拉伸試片平行部示意圖
第1組	5 個空孔	
第2組	4 個空孔以及 1 個孔填滿	
第3組	2 個空孔以及 3 個孔填滿	
第4組	5 個孔全部填滿	

表二 各組試片之組合樣貌照片

組別	拉伸試片平行部
第1組	
第2組	
第3組	
第4組	

試片準備完成後，本文的拉伸實驗採用 MTS 公司之 100 kN 動態拉伸實驗機 (MTS 810) 實施拉斷實驗。謹此感謝大同大學材料系提供協助。

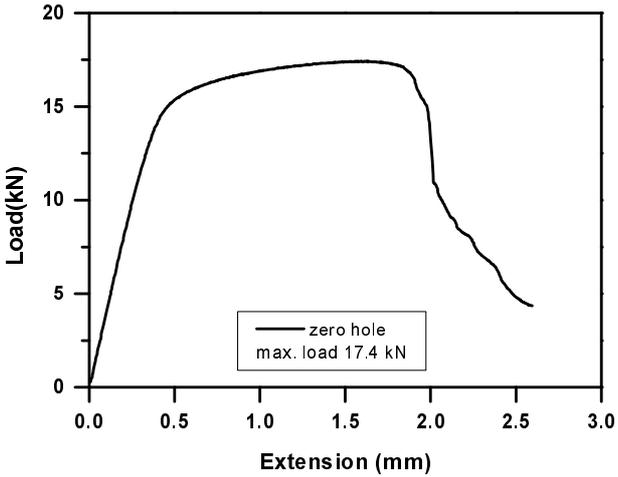
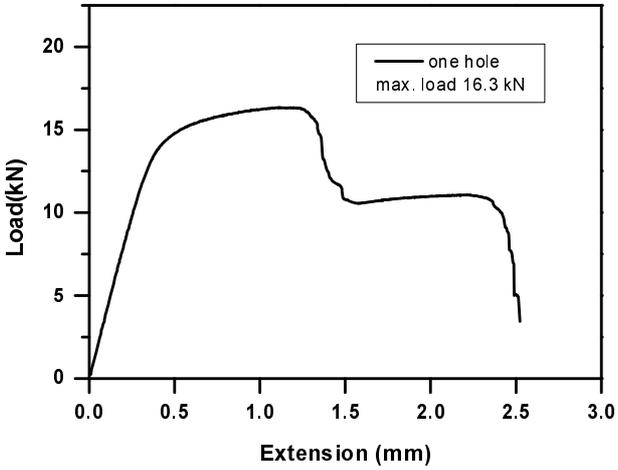


4. 結果與討論

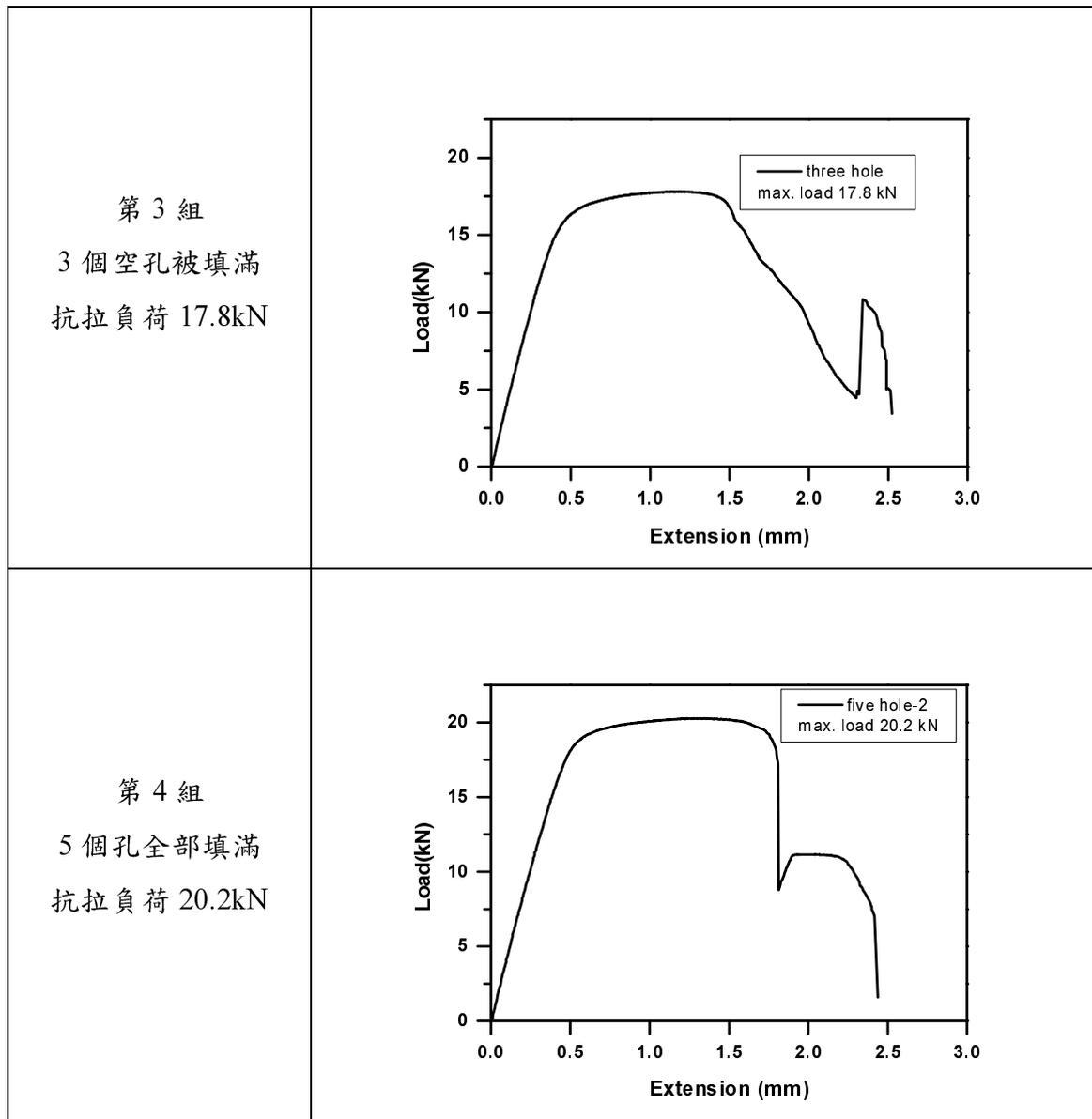
試片的拉伸試驗結果如表三所示，橫軸為變形量(mm)，縱軸為荷重(kN)，由上而下分別為第 1、2、3、4 組的拉伸曲線。從圖中可看出，具有 5 個空孔的第 1 組試片和一般的材料相似，經過降伏點之後便會逐漸持平然後進入破斷階段，而加入螺絲配合件的第 2、3、4 組試片，在持平階

段之後都會出現第二次降伏的現象，顯示相對軟質的鋁合金受到硬質的軟鋼拘束而產生另一個位置的塑性變形及應變硬化，因為軟鋼材質的螺絲配合件在拉伸試驗後尚完好無缺，推測在破壞過程中，只有鋁合金母材提供第二次降伏的強度，此一額外的硬化及降伏應可緩和軸件的外力破壞，避免瞬間破裂而產生危險。

表三 各組試片之拉伸試驗結果

<p>第 1 組 5 個空孔皆未被填滿 抗拉負荷 17.4kN</p>	 <p>zero hole max. load 17.4 kN</p>
<p>第 2 組 1 個空孔被填滿 抗拉負荷 16.3kN</p>	 <p>one hole max. load 16.3 kN</p>



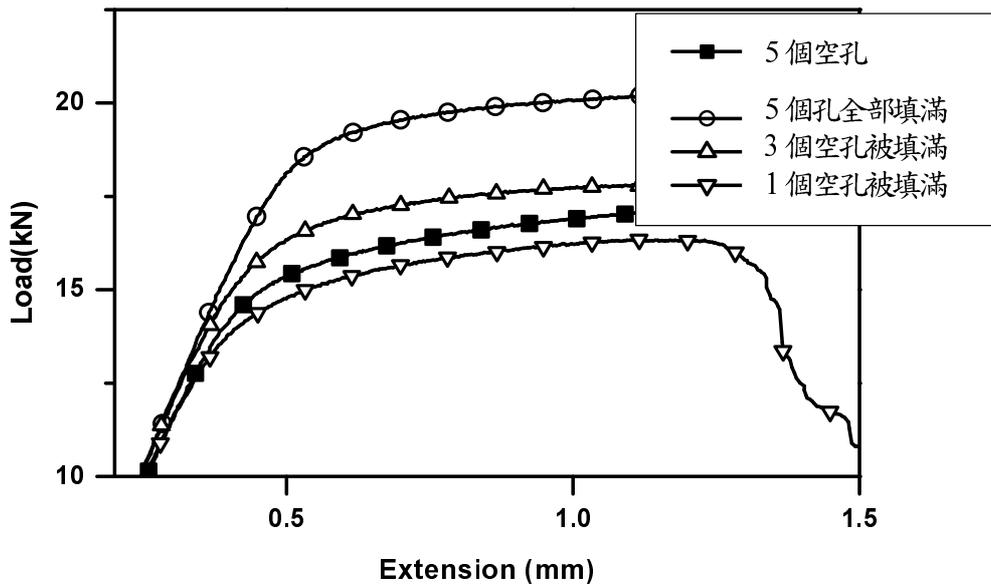
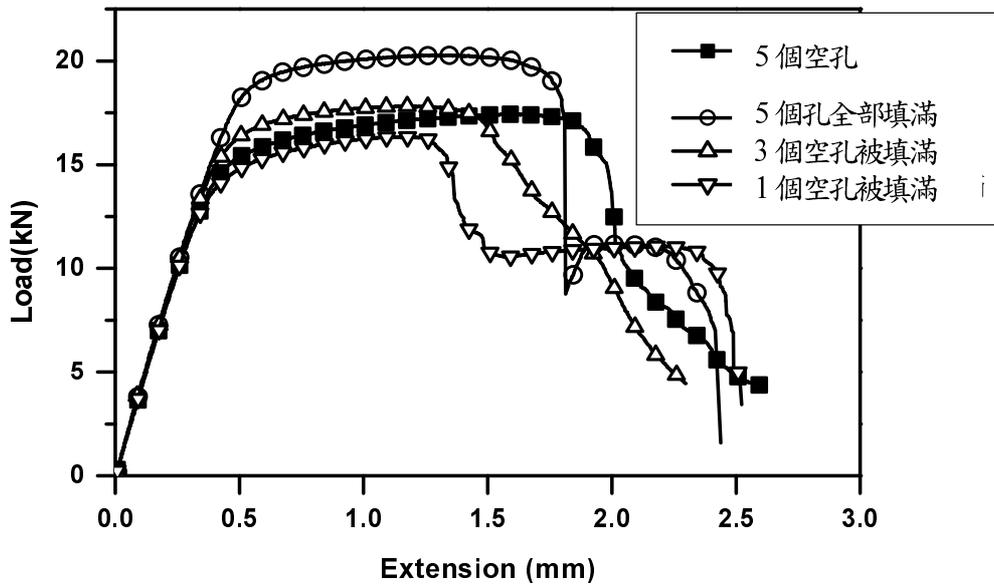


表四係將各組試片之拉伸結果曲線合併比較，其中下圖為上圖之前半部分放大，從表中可看出，軸件的抗拉負荷隨著異質材料填滿空孔的數量增加而增高，各組的抗拉負荷(亦即拉伸曲線的縱軸最大值)從 16.3 kN、17.8 kN 到 20.2 kN，先後

逐漸增加約 20%，雖然增加不多，但是明顯有助於整體強度的提升，因此，建議使用者無論是否裝配其他元件，皆需要將軸件空孔完全填滿，可以讓軸件發揮最大的效能。[4-6]



表四 各組試片之拉伸試驗結果比較
 下圖為上圖之前半部分放大



5. 結論

由以上的實驗及討論，可以得到下列結論：

1. 本文之鋁合金軸件上之孔洞經過鑲入異質軟鋼之後，拉伸破壞過程中會出現第二次降伏的現象，此現象可緩和軸件的外力破壞。
2. 本文之鋁合金軸件上之空孔若完全填滿，將有助於提高整體零件約 20% 的抗拉負荷。

6. 參考文獻

1. Donald R. Askeland and Pradeep P. Phule, Essentials of Materials and Engineering, Thomson, 2004.
2. 呂理得，鋁合金軸件經過螺旋排列輕量化設計後之拉伸特性之研究，黎明學報，2014。
3. 呂理得，鋁合金軸件經過輕量化設計後之拉伸破壞特性之研究，黎明學報，2013。
4. Hasdogan, Gulay, The role of user models in product design for assessment of user needs, Design Study, Vol.17, No.1, January 1996.
5. Crinnion, John, The role for prototyping in information systems design methodology, Design Study, Vol.10, No.3, July 1989.
6. Donald J. Wulpi, Understanding how Components Fail, ASM, 1991.

