

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

非軸對稱纏繞式複合材料構件的可靠性研究 (I I I)

- 子計畫三：複合材料構件的纏繞路徑及製程參數

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89-2212-E-009-054
執行期間：89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

計畫主持人：金大仁
共同主持人：

執行單位：國立交通大學機械系

中 華 民 國 九 十 年 九 月 三 十 日

非軸對稱纏繞式複合材料構件的可靠性研究 (III) - 子計畫三：

複合材料構件的纏繞路徑及製程參數

計畫編號：NSC 89-2212-E-009-054

執行期限：89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

主持人：金大仁教授

國立交通大學機械系

一、中文摘要

本計畫研究利用纖維纏繞方式製作非軸對稱複合材料構件的方法，所繞製之構件為一立體式板狀接頭，並且接頭上之螺孔在製作過程中與接頭一體成型，因此接頭中之纖維為連續而沒有中斷，所以接頭之強度與可靠度便可大為提升。

關鍵字：複合材料，纏繞，可靠度，非軸對稱構件，接頭

Abstract

The filament-winding of asymmetric composite components was studied. A 3-D plate-like connector was fabricated using the filament-winding technique. The bolt-holes of the connector were formed without disrupting the fibers in the connector. The continuous fibers in the connector could increase the strength and reliability of the connector significantly.

Keyword : Composite materials, filament-winding, connector, reliability

二、緣由與目的

複合材料構件的製程，使用預浸布是

一種較簡便的製作方法，由於在預浸布中纖維都朝同一方向，因而在製程上較容易利用剪裁的方式去控制成品的纖維方向，但是經過剪裁後的預浸布，纖維會斷裂產生不連續，若再加上在構件中鑽孔，將嚴重影響構件的強度與可靠度。所以我們利用纏繞的方式來改進構件如立體搭接接頭的製程，不但能使工件上的纖維能連續不斷裂，另外由於纖維能較彈性的排列，我們甚至能將接頭上的螺孔一體成型的製作出來。

三、纏繞式立體搭接接頭之設計與製作

要設計出接合 X,Y,Z 三方向的立體搭接接頭，且配合複材不易製成多曲面的特性，最簡便的形式如圖 (1) 所示，三面板互相垂直的結構，為了使用熱壓機來控制其成型壓力的大小，因而設計出如圖 (2) 所示之模具，配合預浸材的剪裁疊層熱壓後即可成形。

複合材料有許多的成型法，而纖維的纏繞法是目前最能獲得高機械性能與高強度/重量比的最好方法。由於預浸布立體搭接接頭是由多層長方形預浸布所構成，而纏繞機繞出的圓筒形纏繞紗束，經過脫模壓扁後一樣可達到長寬 2:1 的大小，同樣利用 3 個長方形紗束，可組合成一個立體搭接接頭，我們發現立體搭接接頭結構經纏繞紗束獨特的套疊方式製程，各層間除

了膠的強度，還多了纖維因套疊的方式產生的纖維張力，讓結構在成形後有更高的強度，不但省去預浸布反覆費時的排列壓疊，更能夠快速的利用纏繞機的不同編織方式，變化纖維角度，以提高製程的效率。

(1) 纏繞心軸的準備

取砂 3000 克與 PVA600 克，依此 6:1 之比例將兩者混合攪拌均勻，取一適當大小之圓紙筒（外徑約 90mm，長約 300mm），外面包覆一層真空袋以方便脫模，作為製作砂模之內模。將圓紙筒立置於直徑 125mm 銅圓柱模中，並用一長螺桿穿過紙筒與銅模中心，使兩者成同心圓，如此製作出之砂磨才能夠均勻等厚，將調好的砂填入在紙筒和銅圓柱模間之空隙，將砂加以椿實，避免成形後砂模中有間隙而易產生破壞，填充到接近 300mm 高度後，將整個銅模直立放入烤箱中，在 120 加熱三小時，退模後即可得到同心圓柱，將砂模圓柱的兩端用鋸片修整後，分別黏上事先製作好的塑鋼土蓋子，在其中心貫穿一長螺桿即完成心軸製作。

(2) 纏繞出圓筒形纏繞紗束

我們所使用的纏繞機型號 SUPERVEGA，為纏繞實業有限公司所生產之四軸纏繞機，使用之碳纖維為型號 C12k33，纏繞膠為 Resin ML 3030 A + Hardener ML 3031 B 兩劑重量比例 100:50 混合而成。將心模架上纏繞機後，在心模上加上鐵弗龍膠膜並固定後，利用螺旋狀纏繞法完成一纏繞角度為 90°、直徑約為 130mm，纏繞來回共 6 層（來回 72 趟纏繞路徑，來回 24 趟= 2 層）之圓筒形纏繞紗束，完成後將纏繞紗束與鐵弗龍從砂模上卸下後，即完成圓筒形纏繞紗束，利用此方法完成 3 個。

(3) 套疊方式壓製立體搭接接頭

將三個纏繞紗束互相套疊成為一個立體的三面體，並將套接好的纏繞紗束上下

加上輔助材，輔助材的使用種類不同於預浸布立體搭接接頭，只使用鐵弗龍膠膜，將鐵弗龍膠膜、纏繞紗束、鐵弗龍膠膜三層疊好，疊好後放入模具中加溫度及壓力使之成形，拆模後即可完成三面 105mm × 105mm × 6mm 互相垂直的纏繞式立體搭接接頭，如圖（3）所示，將所預定的孔位依照其改良後的鑽法，鑽出孔位後即完成。

四、一體成型螺孔纏繞式立體搭接接頭之設計及製作

鑽孔會破壞複材的結構，我們希望設計出一體成型螺孔的立體搭接接頭。製作纏繞式立體搭接接頭時發現，經過套接的纏繞紗束，在壓製於模具的過程中，纖維較容易因外力的施加而發生移位，這個特點是優點也是缺點。優點為：由於纖維較容易移位，可利用插銷放入撥開的纖維中，在熱壓成形的過程中成形孔位；缺點為：由於纖維容易移位，熱壓成形後纖維容易發生移動，使立體接頭的四周產生不規則的外型。

為了要成形出螺孔、成形出固定的接頭大小且不至因插銷的存在而無法脫模，因而在模具的設計上及製作的過程有些不同的程序，在公模具上有插銷及邊框的設計如圖（4）所示。

1. 先把鐵弗龍膠膜挖好 3 個洞後放置在公模上，並將邊框及鐵弗龍插銷架設好，以防止纏繞膠與模具發生黏著。
2. 同樣利用纏繞機所製作出的纏繞紗束，經過上節所說明的套疊方式將三個纏繞紗束套疊成三面體，把三面體蓋在公模具上。
3. 把模具上預設的之鐵弗龍插銷位置上的纖維撥開。
4. 蓋上鐵弗龍膠膜後，並將矽膠依據三個方向蓋上，矽膠是用來填補空隙，以防

模具接觸碰撞。

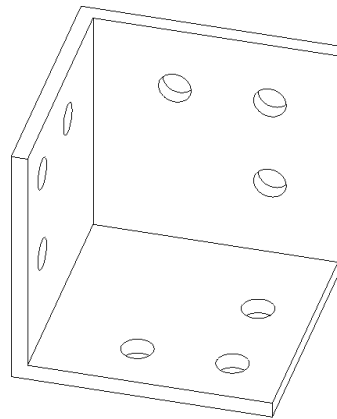
5. 合模後就可以架上熱壓機進行熱壓成形，經過長時間的冷卻即可進行拆模。
6. 拆模時先取下母模具，接著在公模具上挑起三片矽膠，旋下三顆鐵弗龍插銷圓柱。
7. 取下插銷後，成形之接頭及邊框即可與下模具直接分離，用膠槌輕敲邊框，即可將成品卸下。

經過砂輪機稍微整修，即完成一體成型螺孔纏繞式立體搭接接頭，如圖(5)所

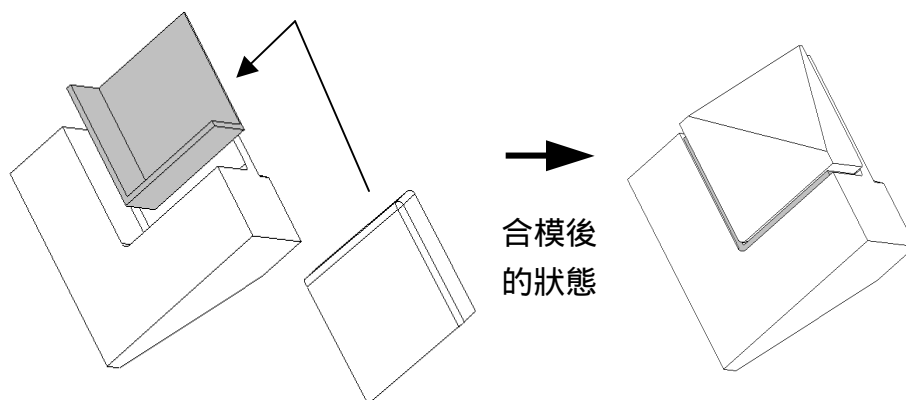
示，三面為 $96\text{mm} \times 96\text{mm} \times 6\text{mm}$ 互相垂直的立體搭接接頭，螺孔直徑為 24mm 。

五、結語

本計畫提出一利用纏繞方式製作非對稱複合材料構件的方法，並藉製作一立體板狀接頭來說明本方法之應用，由實驗結果（從總計畫中獲得）得證本方法可製造出可靠度較高的構件。



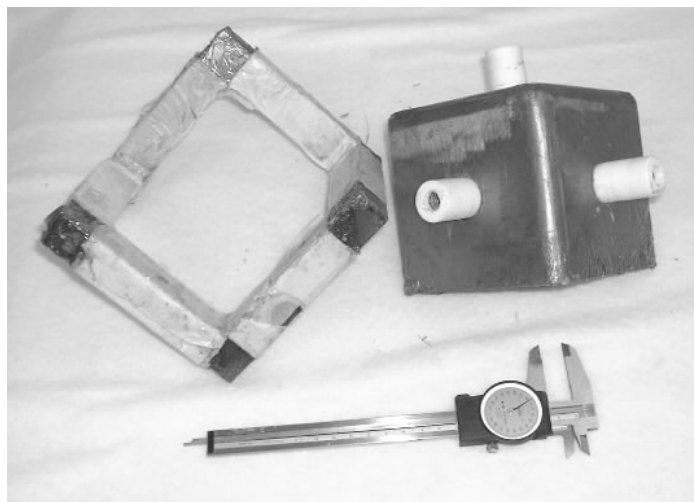
圖(1) 可連接 xyz 三方向之接頭



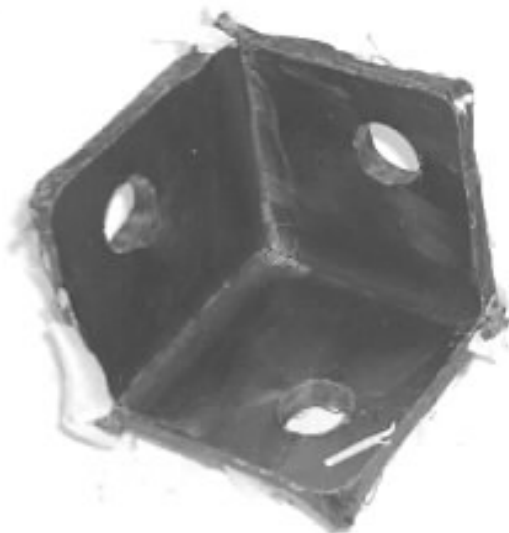
圖(2) 預浸布立體搭接接頭模具之規格



圖(3) 纏繞式立體搭接接頭之成品



圖(4) 公模具上的插銷與邊框設計



圖(5) 一體成型螺孔纏繞式立體搭接接頭之成品