The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	人力飛行機のコクピットの最適化
Author(s)	片山, 雄貴
Citation	平成27年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2016
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/54683
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

申請先学部　工学部
採択番号　　No.3

平成 27 年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏　　名	かたやま　ゆうき 片山　雄貴	学部 学科	工学部 地球総合 工学科	学年	2 年
ふりがな 共　同 研究者名		学部 学科		学年	年
					年
アドバイザー教員 氏名	宮本　裕司	所属	工学部　地球総合工学科		
研究課題名	人力飛行機のコクピットの最適化				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。				

1　はじめに

私が所属している大阪大学飛行機制作研究会 albatross は、来年の鳥人間コンテスト選手権大会に出場すべく機体を設計している。その設計の中で私が担当しているのはコクピット(パイロット搭乗部)である。コクピットの材料には CFRP パイプを用いており、CFRP パイプを加工して接合する作業をして制作している。その制作における CFRP パイプの接合の際に接着し、その上から CFRP をオーバーレイすることで、接合部の強度を高めているが、その積層構成は他大学の鳥人間コンテスト選手権大会の出場を目指しているチームのものを参考にして設計しており、強度計算をできていなかった。

そこで、CFRP パイプの接合部の CFRP でオーバーレイした部分の計算を行うために、実験を行い、計算方法を探し、最適な計算方法を求める。

2　オーバーレイ部分の破壊実験

2.1 実験材料

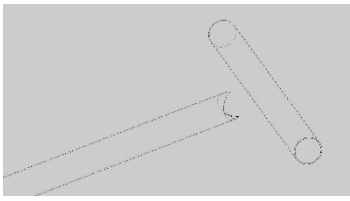

図１：部材２の加工

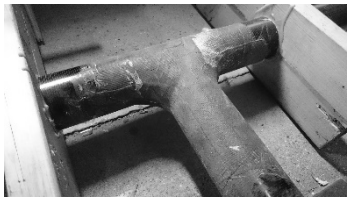

図２：部材２の画像

図１のように CFRP パイプ同士を直交させて接着できるように加工して、これらを”アラルダイト”(エポキシ系樹脂)で接着する。その後に、硬質ウレタンフォームで接合部を滑

らかにし、カーボンテープ、カーボンクロスの順に"Z-2"を浸透させて積層し、図２のように制作する。

部材の諸元

CFRP パイプの外径 R_1[mm]	カーボンテープの厚さ t_1[mm]	カーボンクロスの厚さ t_2[mm]	長さ L[mm]
82.3	0.4	0.32	1750

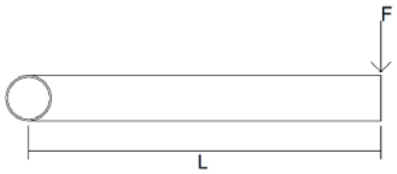

図３.1：部材立面図

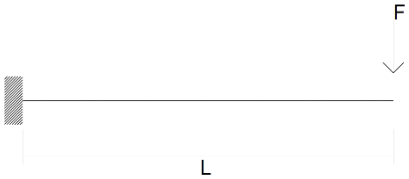

図３.2：部材立面図　簡易図

実験では図３.2 のように、荷重をかけない CFRP パイプがモーメント反力を持つように固定して、$x = L$ の位置にコンクリートブロックを増やしていき、破壊するまで続けた。

結果として、36[kg]の荷重をかけた時に破壊した。

2.2 考察

荷重をかけていくと次第に、破壊した箇所が変形していくのが見て取れた。このため、座屈破壊した可能性がある。

3 オーバーレイ部分の強度計算

3.1 計算方法

カーボンクロスはカーボンテープと比べるとかなり圧縮強度が小さいので、部材のオーバーレイ部分はカーボンテープのみで構造を保っていると考える。また、オーバーレイ部分の断面は CFRP パイプの外径を内径とし、厚みを t_1 として考える。

まず、強度計算に必要な原点から距離 x の点におけるモーメントは

$$M(x) = Fx$$

となり、$x = L$ のとき、$M(x)$ は最大値をとることが分かる。

従って、

$$M(L) = FL = 36 * 1770 = 63720[\mathrm{kgf}\cdot \mathrm{mm}]$$

また、断面係数 Z は

$$Z = \frac{\pi\{(R_1 + 2t_1)^4 - {R_1}^4\}}{32(R_1 + 2t_1)} = \frac{\pi\{(82.3 + 2 \times 0.4)^4 - 82.3^4\}}{32(82.3 + 2 \times 0.4)}$$

$$= 2138.33\ldots \approx 2138[mm^3]$$

最大圧縮応力σ_{max}は次の式で求められる

$$\sigma_{max} = \frac{M(L)}{Z} = \frac{63720}{2138} = 29.7989\ldots \approx 29.80[kgf/mm^2]$$

これをもとに以下の二つの計算方法を考える。

① 圧縮強度で破壊する場合

以前に求めたカーボンテープの圧縮強度σ_1は、

$$44.44\ [kgf/mm^2]$$

であったので、この値を用いる。

② 曲げモーメントによる局部座屈で破壊する場合

円筒の曲げモーメントによる局部座屈応力(引用:「第１３章 パイプ・シェル ー 土木学会」)の式

$$\sigma = 0.6\left[1 - 0.731\left\{1 - exp\left(-\frac{1}{16}\sqrt{\frac{R}{t}}\right)\right\}\right]\frac{Et}{R}$$

$$\begin{cases} R: \text{円筒半径(板厚中心まで)} \\ t: \quad \text{板厚} \\ E: \quad \text{縦弾性係数} \end{cases}$$

を用いる。

ここで、

$$\mathrm{R} = \frac{R_1 + t}{2} = \frac{82.3 + 0.4}{2} = 41.35[mm]$$

また、以前求めたカーボンテープの縦弾性係数 E は

$$6679[kgf/mm^2]$$

なので、この式に代入すると、

$$\sigma_2 = 0.6\left[1 - 0.731\left\{1 - \exp\left(-\frac{1}{16}\sqrt{\frac{41.35}{0.4}}\right)\right\}\right]\frac{6679 \times 0.4}{41.35}$$

$$= 25.4382\ldots \approx 25.44[kgf/mm^2]$$

となる。

3.2 考察

①と②の計算結果と最大圧縮応力を比べると

$$\sigma_2 = 25.44 < \sigma_{max} = 29.80 < \sigma_1 = 44.44$$

と表せる。実験材料の制作の際には、注意を払っているが、どうしても誤差ができてしまう。そのことを考慮すると、円筒の曲げモーメントによる局部座屈応力の値が最大圧縮応力に近い値を示している。よって、理論的には今回の実験の場合のオーバーレイ部分の圧縮破壊する応力は円筒の曲げモーメントによる局部座屈応力の式で計算できる。

また、実験の考察でも述べたように、今回の実験の際に破壊する前に変形しているのが見て取れたので、この変形が座屈であったと理論的に求められた。

今回の実験では、カーボンテープを１枚とカーボンクロスを１枚の積層構成でオーバーレイを行ったが、カーボンテープを２枚とカーボンクロスを１枚の積層構成でオーバーレイを行った場合、①と②の計算結果を示すと、

$$\sigma_1{}' = 44.44[kgf/mm^2]$$

$$\sigma_2{}' = 56.704\ldots \approx 56.70[kgf/mm^2]$$

となる。このことから、

$$\sigma_1{}' = 44.44 < \sigma_2{}' = 56.70$$

となり、計算結果を見ると、円筒の曲げモーメントによる局部座屈で破壊する前にカーボンテープの圧縮強度を上回り、破壊すると考えられる。

4　コクピットのオーバーレイの積層構成の設計

以上の実験結果より、座屈の計算方法を試し、実験値と近い値を出すことができた。この結果を参考に、オーバーレイの積層構成の設計を行ったところ、今回の実験で行ったオーバーレイの積層方法を用いた場合、今年の鳥人間コンテスト選手権大会のコクピットのオーバーレイの積層構成が最適であると計算できた。そのため、来年の鳥人間コンテスト選手権大会のコクピットのオーバーレイの積層構成も同様の構成で行っていく。

5　参考文献

- 「木製ボックス桁」
  (有) オリンポス　　著　四戸 哲　山崎 宏二
- 第 13 章 パイプ・シェル – 土木学会
  http://library.jsce.or.jp/Image_DB/committee/steel_structure/book/54624/54624-0221.pdf#search='%E5%86%86%E7%AD%92%E3%83%91%E3%82%A4%E3%83%97+%E5%BA%A7%E5%B1%88'