

要旨

現在、能動義手のフック部分には金属材料が使用されている。そのため、威圧感のある外観である、重量があるなどの問題点が存在する。そこで、本研究では非金属材料であるFRPを使用した軽量化フックの開発を目標としている。本報では、FRPを用いた複雑かつ中空形状部品の製作方法の提案と、提案手法を用いて作成した軽量化能動義手のフック部の評価結果について報告する。

1. 緒言

事故や病気などによる上肢の切断や先天的な欠損に対して、上肢機能を補完するために作成されたものを義手と呼ぶ。現在使用されている義手は、装飾義手、作業用義手、能動義手、筋電義手の4種類である。これらの義手の使用率は装飾義手80%、能動義手21%、作業用義手11%、筋電義手1%となっている。このように機能性、実用性に優れている能動義手の使用率は少ないのが現状である。この原因としてフック部分が金属で作られた中実製品であるために重量が重い、威圧感のある外観であるなどが挙げられる。そこで本研究では非金属材料であるFRPを使用してフック部分を製作し、軽量化と外観の向上を目的とする。

2. 複雑中空部品の作成方法

軽量化能動義手の開発を行うにあたり問題点として挙げられることは、複雑中空形状の実現、FRPの厚みの均質化などである。FRP成形において、強度などの特性を最も活かす方法としては、一体成形による作成がある。しかし、今回のフックの形状のように中空形状を均質な厚さで一体成形することは、Fig.1に示すような型の取り出し可能性の問題があり困難である。また、自由曲面を含む意匠性の高い形状を実現するためには型の利用が不可欠であるが、寸法および形状精度、曲率の大きな形状の転写性、型製作にかかる時間とコストなどの問題がある。

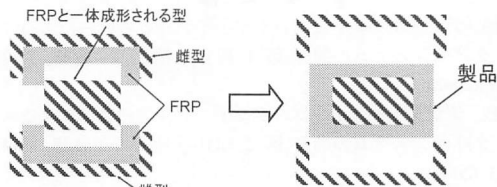


Fig.1 Problem in fabrication

そこで本研究では、複雑中空体の高精度小ロット加工を実現する手法として、分割されたFRPセグメントの簡易型による成形とセグメントの接合を基にした手法を提案する。これは、Fig.2に示すように

1. 製品を型成形により作成することが出来る形状にセグメント化する
2. 各セグメントを簡易型により成形する
3. 成形したセグメントを接合する

というステップで全体形状を製作する手法である。この手法では、型を利用することにより、自由曲面を含む複雑形状を均一な厚みで加工できる。また、形状を分割することにより、繊維部のなじみにくい凹部分の実現や、中空構造が実現可能となる。

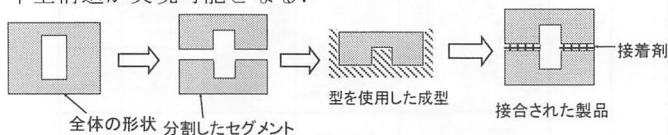


Fig.2 Proposed fabrication scheme

3. 軽量化能動義手の開発方法

3・1 成形型のラピッドツーリング

軽量化能動義手作成にあたり、まず3次元CADを用いて形状定義を行った。具体的な形状処理の流れは、まず、フック全体を可動部を顧慮した部品に分割する。そして、分割した部品をセグメント化する。そして分割したセグメントに対する雄型・雌型のCADデータを作成する。

Fig.3(a)はフック全体のCADデータ、(b)はフックのツメ部分の中間セグメントデータ、(c)が型で作成可能な最終セグメントデータである。最終セグメントに対する簡易型のデータを作成したのち、3次元造型機を使用して型の製作を行う。Fig.4はFig.3(c)のセグメントに対する3次元造型機により作成された雄型、雌型の簡易型である。

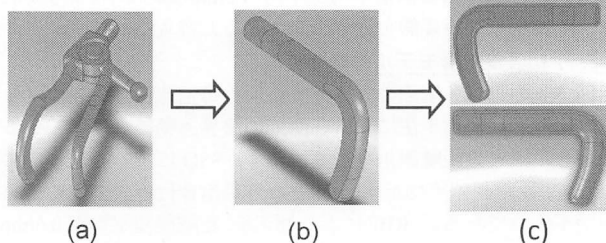


Fig.3 CAD data for segmented parts and RP mold

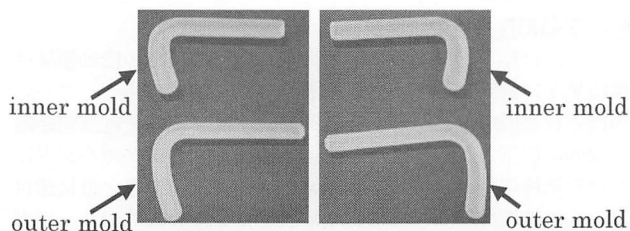


Fig.4 Fabricated RP mold

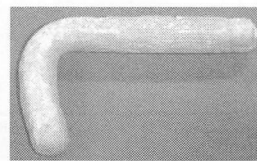


Fig.5 Fabricated hollow shape FRP parts

3・2 FRPを用いた能動義手の作成

製作した型を用いてハンドレイアップ法によるセグメントの作成を行う。作成方法は、雄型と雌型を使用してFRPを挟み硬化させることによって、キャビティ形状の部品を得るという方法で行った。この方法で各部品を成形し部品同士の接着を行う事で軽量化能動義手を作成した。

3・3 作成結果

作成したFRP製フックの外観をFig.6に示す。Fig.6ではフックを閉じた状態と開いた状態の様子を示している。このようにCADで設計した形状と同等のFRP製フックを作成する事が出来た。

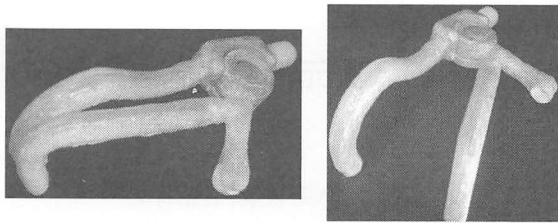


Fig.6 Fabricated hollow shape hook of FRP

4. 軽量化能動義手の評価

作成した FRP 製フックの評価として、重量評価、形状の精度評価、強度評価、破壊評価を行った。重量評価では、CAD で定義したデータとアルミニウム合金の比重より質量を求め、その値と実際に作成した FRP 製フックの重量を評価した。形状の精度評価では作成したフックの外形寸法を測定して目標寸法と比較することによって FRP 成形の精度について評価した。また強度試験では、JIS T 9217 におけるフック評価試験に準じた強度試験を Fig.7 の実験方法実施した。Fig.9(a)は湾曲部分の強度評価方法、(b)は横方向の強度評価方法を示している。破壊試験では横方向に強度試験の最大値から 5N ずつ負荷を増やしていき、その時フックに変形・破損が起きるかどうかを評価した。

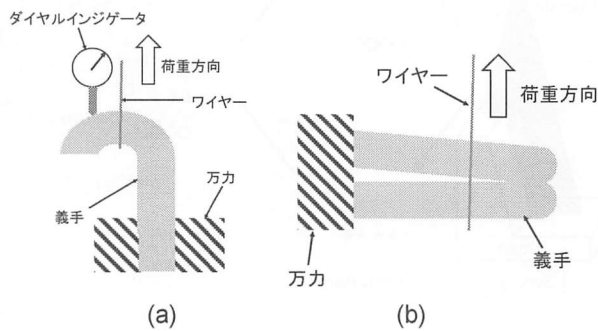


Fig.7 Strength tests

5. 軽量化能動義手の評価結果

5・1 重量評価

CAD 上で定義された形状を標準的なアルミニウム合金で作成した場合の重量は 73g となる。一方で、本研究で実際に作成した FRP 製フックの重量は 32g であった。これより、41g という大幅な軽量化が実現できていることがわかった。

5・2 形状の精度評価

作成した形状の寸法のうち Fig.8 に示すフック部の寸法について評価した結果を Fig.9 に示す。設計寸法と作成したフックの外形寸法を比較すると最大 2.36mm の誤差が生じた。この原因として FRP 成形時に発生したバリ、及び接着したときの接着剤の厚みが影響していると考えられる。

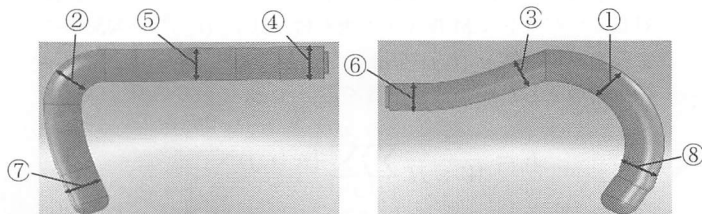


Fig.8 Measured dimensions of fabricate parts

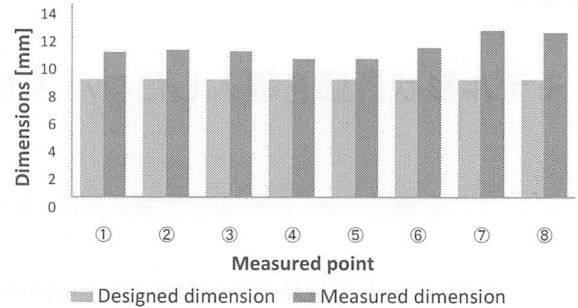


Fig.9 Measured dimensions of fabricated parts

5・3 強度試験

5・3・1 湾曲部強度試験

Fig.7(a)の荷重として、50N, 100N, 150N, 200N, 250N, 300N の順番に負荷をかけて実験を行い、そのときの伸びを測定し伸び率を計算する。その結果を Fig.10 に示す。実際に満たさなければならない性能は、300N の負荷をかけたときに伸び率が 0.1%未満である。しかし、FRP 製能動義手は伸び率が 1.9%となり JIS 規格を満たさなかった。この結果の原因として考えられることは、

- ・ FRP の伸びによる変形が大きかった
 - ・ 荷重を加える位置と変位の計測位置が異なったことにより、変位が大きくなってしまった
- などが挙げられる。

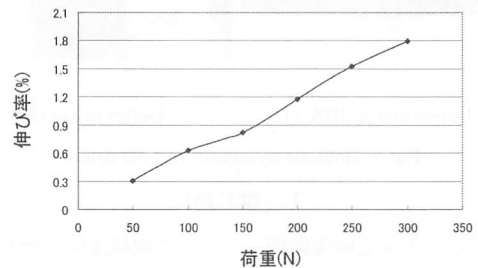


Fig.10 The relationship between load and displacement

5・3・2 横方向の強度試験

Fig.7(b)の荷重として、5N, 10N, 15N の 3 種類の負荷をかけたときのフック部の強度評価を行った。JIS では 15N の負荷で塑性変形や破損が生じないことが求められている。所定の負荷をかけたところ義手に塑性変形や破損は見られず、規定を満たすことが出来た。

5・3・3 破壊試験

横方向の実験の最大の負荷である 15N から、負荷を 5N ずつ増やしていった。その結果 50N の負荷をかけたときに義手は破損した。破損が起こった箇所は FRP 成形部分ではなく接着を行った箇所であった。

6. 結論

本研究では、複合材料である FRP を使用した軽量化能動義手の開発を行った。結果として、可動可能で設計形状と同等形状のフックを作成する事が出来た。作成した義手は、湾曲部分の変形については JIS 規格を満たす事が出来なかったものの、横方向では JIS 規格を満たす事が出来た。

参考文献

宮入裕夫, 後藤卒士民: 強化プラスチック材料入門, 日刊工業新聞社(2007)