

ハニカム構造マットの義肢装具への応用 第2報 ～カーボン長下肢装具のコア材としての利用～

キーワード：ハニカム カーボン 長下肢装具

○堂本洋介 (P0)¹⁾、高橋啓次 (P0)¹⁾、南安晃 (P0)¹⁾
(有)ピー・オー・テック

1. はじめに

近年、軽量・高強度材料としてプリプレグカーボンが普及しつつある。実際我々も臨床で使用し好成績を得ている。ただ、高価、特別な技術と知識が必要なのが欠点でもある。

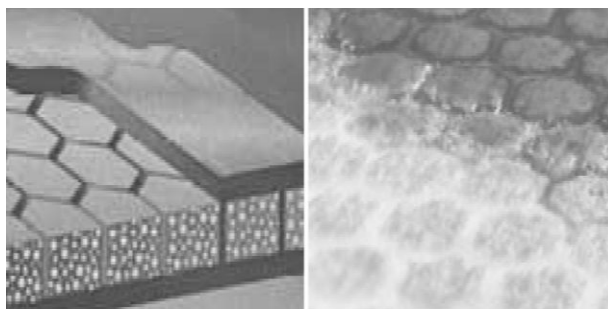
以前、新しいFRPの積層材として、ハニカムマットを用いて義足ソケットを製作し、その強度試験を行い、実用性の高い結果を得ることができた。

今回は、そのハニカムマットをカーボンシートで挟み込むサンドイッチ構造を採用し（以下ハニカムカーボン）、一般的なラミネーションにより長下肢装具の製作を試みた。また、強度の検証も行ったので報告する。

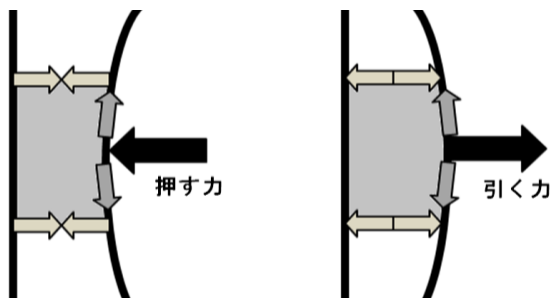
2. ハニカムサンドイッチ構造の特性

ハニカムのマット（図1-a）の詳細は前研究にて報告しているので参照されたい。¹⁾

ハニカムサンドイッチ構造の特性は座屈に強い。図1-bのように、2枚の板の間に筒を挟むと、平面を曲げる力は筒の伸び縮みの力に変わる。平面は曲がりやすいが筒は伸び縮みにくいので、板は変形しにくくなる。効率よく配列できる筒の形状がハニカム構造である。



a. ハニカムマット



b. ハニカムサンドイッチ構造

図1. ハニカムサンドイッチの特性

3. 本研究の目的

以下の事を本研究の目的とした。


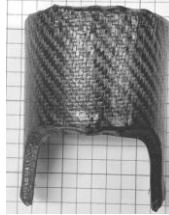

- (1) ハニカムカーボン、プリプレグカーボン、アルミ金属で実際の下腿支持部を製作し、荷重試験を行い、強度比較を行う。
- (2) 実際にハニカムカーボン製の長下肢装具を製作し、重量や使用感を検証する。

ハニカムマットは非常に安価で扱いやすい材料である。プリプレグカーボンに近い強度を得つつ、製作が簡単で安価にすることを最大の目的とした。

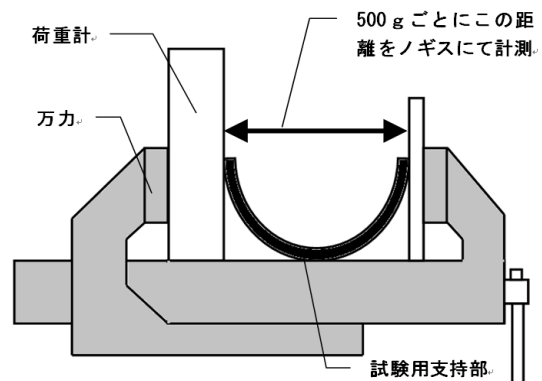
4. 研究方法

4-1. 強度比較

同じ陽性モデルより3種類の下腿支持部（図2-a）を製作し、内外側方向からの荷重に対する変位量を計測する試験（図2-b）を行い比較した。

ハニカムカーボン	重量 76 g
	成型法：ラミネーション 積層： テトロンフェルト カーボンシート1層 ハニカムマット3mm厚 カーボンシート3層 樹脂 アクリル 硬性8：軟性2
プリプレグカーボン	重量 48 g
	成型法：バキュームバック法 積層： プリプレグカーボン (3K 平織り) 3層 発砲コア材 4mm厚 プリプレグカーボン (3K 平織り) 3層
アルミ金属半月	重量 139 g
	半月材 アルミ 2mm厚 40mm幅 両側支柱 アルミ 5mm厚 16mm幅 カフェルト POTEK オリジナル（半月のみ）

a. 試験用下腿支持部仕様



b. 試験方法

図2. 強度試験方法

4-2. 実機製作

ハニカムカーボンを支持部とした長下肢装具を製作し、重量、製作コスト、技術的な難易度、品質を評価した。

5. 研究結果

5-1. 強度比較

荷重試験結果を図3に示す。計測終了時点が明らかかな不可逆変形が起こった点である。

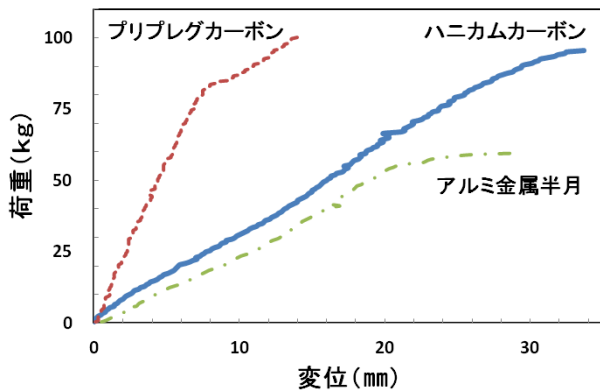


図3. 荷重と変位の関係

5-2. 実機製作

今回は、脳卒中により下垂足と強い外反膝の方に対し長下肢装具を製作した(図4)。また、各結果を表1に示す。



大腿・下腿：
ハニカムカーボン
膝継手：
Breg, Inc BR-70010
足継手：啓愛 K-215-2
あぶみ：啓愛 K-218-PP
足部：PP4 mm

図4. 実機とその仕様

重量	1119 g
製作コスト	ハニカム構造マットのみで約700円。後は一般的なラミネーションにかかる費用
技術的な難易度	一般的なラミネーションと同様。後述するフチ処理の為、陽性モデル修正に少し手間を要する。

表1. 実機の評価

前研究でハニカムマットを使用した際、トリミングラインにどうしても中空のコア材が露出し、なめらか

なラインになりにくい問題があった。しかし、図5の様に、ハニカムマットを完全にトリミング内に包み込むことにより、フチからマットが露出することなく仕上げることに成功した。また、義足ソケットなどと同様にテロンフェルトを使用し、肌当たりをよくすることにより、内張りを不要とし軽量化も実現できた。

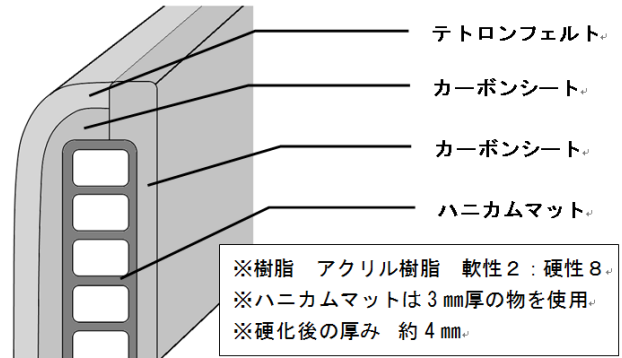


図5. ハニカムカーボン断面図

5. 考察

5-1. 強度比較

やはりプリプレグの剛性は非常に高かった。ただ、ハニカムカーボンもプリプレグより剛性は劣るものの、靱性は高く破壊する限度はプリプレグとあまり大差無かった。特筆する点は、アルミ金属より剛性が強かった事である。アルミより剛性も高く軽量な点より、装具の支持部材料としては有用性が極めて高いと考えられる。また今後は樹脂を変えたり、カーボンの枚数を調整すればもっと剛性を上げられる可能性は高い。

5-2. 実機製作

装具自体の重量は1kgを超えたが、使用している金属部品やベルトなどから考えると、まずまず軽量の装具が出来た。実際、試験支持部の重量から考えると、プリプレグの約1.5倍、アルミの半分くらいと考えられる。

製作コストにおいて、今回のハニカムマットでは1平方メートルで1,700円程度であり、コストパフォーマンスは非常に高い。

5. まとめ

ハニカムマットを使用し、プリプレグカーボンより劣るが、アルミ金属よりも軽量で剛性の高い装具が、安価で特別な技術を必要とせず製作できた。

参考文献

- 1) 堂本洋介：第13回日本義肢装具士協会学術大会「新しいFRP用芯材の義肢装具への応用」、2006