5. メディカル

5.1 有機繊維の義歯複合化への展開

宮 入 裕 夫

1. ま え が き

資源の有効利用として石油危機以来一層の拍車がかけられたものの中に、素材の複合化、複合材料の多機能化が大きなテーマとして掲げられた。これは従来 FRP がガラス繊維強化プラスチックとして、広く用途拡大を進めてきた材料だけに、素材の開発を兼ねて、一層の飛躍を指向したものであったと考えられる。したがってFRPは今や新しい材料を開発する一つの手段となっており、それだけに一層、繊維とマトリックスとの組合せも複雑、多岐になっている。

ここで取上げる有機繊維もFRP用の繊維としては比較的新しいもので、高強度、高弾性と軽量性などを特長としたもので、米国などでは軽構造用材料として、宇宙航空などに広く用いられている。このような新しい素材の用途として、一つには付加価値の高い用途であることが必要で、わが国などではレジャー用品関係にこのような利用が見受けられる。

歯科領域における複合化の技術は歯の充填材などにレジン¹⁾の性質と耐摩耗性の向上とを利用したものが見うけられる。

しかし、有機繊維と歯科用レジンとの組合せによる複合材は、言わゆる繊維強化複合材料の形態をとったもので、義歯床の補強効果を目的に、成形性、操作性を考慮し、開発したもので、基礎的な曲げ強度特性について検討したものである。

したがって、有機繊維の利用はその一例であるが、今後義歯床の強化方法としてFRPの応用は大きな期待が持たれる分野であるだけに、歯科領域に限らず医科領域にも目を向けて戴ければと願う次第である。

2. 有機繊維の特性と複合化¹⁾

繊維と高分子材料とを組合せた言わゆる繊維強化プラスチック(FRP)は新しい繊維の開発にともない、従来のガラス繊維のほか、カーボン、ボロン、ここで取扱う有機繊維など、軽構造用材料としてまた耐食用材料として広く使用されている材料である。FRPは繊維の特長とマトリックスであるエポキシ、ポリエステルなどの特性とをそれぞれが有効に組合せて製作されるもので、繊維には高強度、高弾性とマトリックスとの接着性などが、大きな課題である。したがって、このような状況において、わが国では、カーボン繊維を強化材とするFRPがレジャー用品などを中心に実用化されているが、ここで取扱う有機繊維なども、従来のナイロン、ビニロンなどとは異なったプラスチック複合材料用の繊維として、興味ある繊維とすることができ。そこで、これらの有機繊維について、その概要を述べる。

エポキシなどと組合せて、広く用いられている有機繊維に、Kevlar-49 と呼ばれる繊維がある。開発初期にはPRD-49と言われ、一般にしたしまった繊維であるが、これは1968年に米国のデュポン社が開発に着手したもので、1972年1月に米国国内で商業ベースの生産がはじめられた、比較的新しい繊維である。

繊維はポリアミド系で、Poly-p-benzamidを乾式あるいは湿式で紡糸したもので、引張強度は15~17g/denier、引張弾性率1,000g/denierと超強度、超弾性率を有する特異な有機繊維である。また比重は1.45g/ccと低く、比強度、比弾性率が高く、取扱いも容易なことから、繊維強化プラスチックの強化用繊維として、優れた特性を有するものである。

繊維の直径は約12μ程度でヤーンの形では1ストランドは580フィラメントからなり、ツイストはないか、または1フィートにつき1~2回程度となっている。繊維の形態はヤーン(195,380 denier)、ロービング(12エンド)、クロス、一方向テープやブリブレッグとなっており、複雑な曲面の成形も容易である。主な用途はFRP用の強化材として、引抜き成形、フィラメントワインデ

Development for Organic Fiber of Denture Base Composites

HIROO MIYAIRI

Institute for Medical and Dental Engineering, Tokyo Medical and Dental University

東京医科歯科大学医用器材研究所 助教授(工博)

ィング成形 (FW 成形) 用として、繊維状または織物状で使用される。

米国ではここ数年間、航空機および宇宙産業用に広く応用されているが、現在では電気部品用、スポーツ用品関係など、徐々に用途の拡大が一般に行なわれている。

図 1 は各種繊維の比強度、比弾性を示したものである

図 1 各種複合材用繊維の比強度—比弾性線図

が、Kevlar-49 は従来の有機繊維に比べ、優れた特性を有するもので、グラファイト (カーボン)、ボロン繊維に比べ、弾性率は多少低いが、繊維強度ではこれらの材料とほぼ同程度の特性を示す。しかし、一般に使用されているガラス繊維に比べ、弾性率は高く、破壊ひずみもガラスに比べ $3/4$ 程度と大きな差はない。

その他複合材料用として開発された繊維として、耐熱性に優れた Nomex 繊維、またタイヤ用の強化繊維として使用されているファイバーβなども有機繊維として優れたものであるが、ここでは義歯用材料として使用した Kevlar-49 についてだけ説明した。

3. 有機繊維による義歯の強化²⁾

義歯を強化しようとする試みは、咀嚼機能の向上、耐久性の向上などの目的に歯科領域ではさまざまな工夫が行なわれている。繊維を用いマトリックスである義歯床用レジン (アクリルレジン) を強化しようとすることは、現在のように FRP が一般化している時代にあってはさして目新しいことではない。したがって、義歯の繊維強化の考えはガラス繊維、カーボン繊維など、実験室的には検討が進められた。

しかし、口腔内での使用のため、その制約は大きく、現在のように薬公害なども盛んに問われている時代では、身体への為害性はとくに重要である。その点ガラス繊維などは粘膜質への刺激性が強く、また、臨床医などが技工室などで成形するにはかなり難しいことなど、実際に

はまだ実用化の段階には至っていない。カーボン繊維は当方でもまだ開発の望みを捨てたわけでもないが、欠点は繊維が黒色で、美観を大切にすることの分野への用途には不適當であると考えられる。しかし、義歯などでは外部より見えな部分も多いことから、まだまだ検討の余地はあるものと考えているが、これについては決定的な要因でないだけに大変興味もたれている。

有機繊維として、ここで取扱う Kevlar-49 を使用したのは、先にも述べたように、繊維の特性はガラス繊維より一般に優れていること、またカーボン繊維のように黒色の繊維でなく、金色をした比較的義歯用材料として、なじみ易い色を呈することである。また、実際の使用にあたっては成形性を容易にすることも大きな課題である。したがって、ここでは義歯床強化に関する基礎的な曲げ強度特性について検討したもので、その詳細について述べる。

図 2 は上題全部床義歯に関する一様曲げ装置を图示したもので、義歯床には鉄板を左右にとりつけ、4 点曲げ装置にて負荷できるようにしたものである。したがって、義歯床には荷重 P の増大とともに、一様の曲げ荷重が負荷され、一般には義歯床の最大応力面に沿って破壊する。図 3 は部分補強の例として、一般のレジン床と比較したものである。部分補強床は歯周近傍の切欠き部に図に示すように幅 2.5 mm にわたって、一方向 KFRP^{注)} で補強

図 2 上顎全部床義歯の曲げ装置

図 3 上顎全部床義歯の荷重—たわみ線図

注) KFRP: Kevlar-49/アクリルレジン複合材の略

したもので、長さ3cmのロービング2本を1:1の即時重合レジンで含浸させ、切欠き部に配列後ただちにアクリルレジンをてん入し、同時重合したものである。

この結果で示されるように歯列近傍の切欠き部に繊維補強することにより、床の曲げ強度特性は通常の床に比べ、曲げ荷重で53%の上昇が見られ、補強強化が認められる。また、破壊の進展過程は通常の床では、切欠き部を有する床前縁部から破壊となるが、補強効果により、床の破壊は床後縁部となり、破壊の過程でも両者に差のあることが示される。

図4は残存歯が1本ある場合の部分床義歯の曲げ破壊試験の結果を示したものである。試験体は臨床的に補強が可能な方法として、切欠部周辺を繊維で補強する方法、

図4 残存歯を有する上顎全部床義歯の荷重—たわみ線図

ディスク状の織布KFRPで補強する方法、床内面全体を補強する方法の3種類として行なったものである。

曲げ試験は図3の場合と同様、補強面がすべて引張り側となるよう、咀嚼による咬合力を装想定して負荷したものである。床の破壊は図に示すように補強のない一般の床および切欠部周辺補強の床では切欠き部より破壊は進行し、ディスク状の補強、全面補強ではすべて、切欠き部とは逆の床後縁部となっている。したがって、曲げ破壊強度もこの破壊の様式から類推されるように、全面補強、ディスク状補強、切欠き周辺補強の順に小さくなり、全面補強については、通常の床に比べ、3倍以上の曲げ強度の向上となっていることが示される。

4. あとがき

有機繊維としてデュボン社製のKevlar-49を取上げ、プラスチック系複合材料用の強化繊維として、その概要を述べ、歯科領域への応用として、義歯床の補強効果について検討した。

有機繊維に限らず、カーボン、ボロンなどの優れた繊維の開発は形状に限られた、義歯床などの強化材には大きな期待が持たれているもので、歯科材料に限らず、医療器具などにも軽量化、構造の小型化などが強く要求される分野であるだけに今後一層の検討が必要である。したがって、これらの要求に答えるためにも実用的にはまだ臨床的な検討も大切であり、このような境界領域には素材の開発、複合化の開発が強く要求される領域があるだけに、読者の皆様に目を向けて戴き、多少なりともお役にたてて戴ければここに考える次第である。

文 献

- 1) 宮入裕夫：日本接着協会誌，vol 12, No. 3, (1976) 79
- 2) 宮入裕夫，永井正洋，村松篤良：日本機械学会講演論文集，No. 760-1(1976-4 第553期通常総会，材料力学I) 235 (昭和51年8月16日受理)

5.2 ハローファイバー人工腎臓

宮 村 武 之

近年、高分子材料の医学分野への進出、応用は、極めて盛んであり、電気、電子工学と共に、医療の発展にお

Hollow Fiber Artificial Kidney

TAKEYUKI MIYAMURA

旭メディカル株式会社 技術部課長

おいに貢献しています。

その一例として、高分子材料の半透膜の拡散作用を利用した人工腎臓用透析器が挙げられます。

通常、正常人の腎臓は、食物中の蛋白質および組織蛋白質の分解によって生じた老廃物を、尿素、尿酸、クレ