

**Stress Analysis of Clasps made of Glass
Fiber-reinforced Composite Material using
Three-dimensional Finite Element Method
-Influence of shape in Cross and Longitudinal
sections of Circumferential Clasp Arms-**

(ガラス繊維強化複合材料を用いたクラスプの三次元有限要素法による応力
解析—環状鉤腕の断面形態およびテーパ一度の影響)

所属・職 医歯学総合研究科・助手

(指導教員 長岡英一教授)

申請者氏名 丸山 浩美

【緒言】

これまで我々は、ガラス繊維強化複合材料（以下、FRC）を部分床義歯のクラスプ（以下、FRCクラスプ）として臨床応用するために、FRCの機械的性質を検討し、強度的には臨床応用が可能である結果を得て、金属クラスプに準じて臨床応用も行っているが、臨床応用例におけるコーティング層の剥離やクラック等のトラブルの経験からFRCの物性に適したクラスプ形態の検討の必要性が示唆された。そこで、FRCクラスプの適切な形態について三次元有限要素法を用いて構造力学的に検討することにした。本研究では、まずFRCの特徴である材料の異方性を考慮した解析方法を確立し、これを用いてFRCクラスプの鉤腕の断面形態とテーパ一度の違いがその応力分布に及ぼす影響について検討した。

【材料と方法】

解析モデルは、下顎第二小臼歯を想定した円柱形の支台歯に設置した環状鉤の形状とし、20節点アイソパラメトリック六面体要素により912から984に分割した。クラスプ鉤腕の断面形態として幅2.6mm、厚さ1.3mmを基本形bB (2.6mm, 1.3mm)として、幅を変えずに厚さを変えた場合をa (2.6mm, 0.65mm)、c (2.6mm, 1.95mm)、厚さを変えずに幅を変えた場合をA (1.3mm, 1.3mm)、C (3.9mm, 1.3mm)とした。テーパについては、ない場

合（テーパー度0）とある場合（テーパー度0.8）を設定した。異方性材料定数は過去の報告と当教室での実測値を参考にして設定した。ガラス繊維の走行方向（材料主軸）を定義するために、クラスプ鉤腕の走行方向に一致する座標軸をもつ局所円筒座標系を定義し、この座標系のもとで異方性材料定数を適用した。境界条件は、クラスプ鉤腕の基部を完全拘束し、鉤腕内面の先端中央部の節点に5Nの集中荷重を円柱形支台歯の半径方向に負荷するように設定した。

各モデルにおけるクラスプ鉤腕外面と内面のミーゼス相当応力ならびにクラスプ鉤腕先端の変位量を算出し比較した。また、テーパー度0のモデルについては等方性材料とみなした Co-Cr 合金を想定したモデルの結果と比較した。

【結果】

1. 鉤腕内面と外面の最大応力ならびに応力分布

1) テーパー度0モデル：鉤腕外面では上下的な中央部の基部側約1/4付近で最大応力が生じ、その値は断面形態cで最小であった。内面では鉤腕下縁寄りの基部側1/4付近で最大応力が生じた。これらの最大応力値はクラスプ鉤腕の断面積が増加すると減少したが、断面積が同じであれば厚さが厚い方が小さかった。

2) テーパー度0.8モデル：テーパー度0モデルとほぼ同じ傾向を示したが、最大応力はテーパー度0モデルに比べ鉤腕の先端側に生じ、より均一な応力分布を示した。

2. 鉤腕先端の変位量

断面形態が基本形bBの先端中央部での変位量はテーパー度0.8モデルが0.16mm、テーパー度0モデルが0.13mmであった。鉤腕上縁の変位量は下縁の変位量より大きく、ねじれを示したが、両者の差は断面積が同じであれば厚さが厚い方が小さかった。

3. 異方性材料のFRCモデルの応力分布と等方性材料のCo-Crモデルの応力分布は酷似していた。

【考察】

FRCの特徴である異方性を考慮したFRCクラスプ鉤腕の構造力学的解析の結果から、FRCクラスプのコーティング層の剥離やクラックを招く要因としての応力集中やねじれを軽減するには、ファイバーの量を規定する断面積が一定であれば厚さを厚くすることが有効であることが示唆された。また、臨床的には荷重の大きさは維持力、鉤腕先端の変位量は支台歯のアンダーカット量に相当し、荷重の大きさは臨床的に必要な維持力の範囲であることから、断面形態が基本形 bB のクラスプ鉤腕が示した先端中央部の変位量は臨床的に十分な維持力を得るために必要なアンダーカット量として妥当な数字であることが示唆された。

(*Dental Materials Journal*, 2007, in press)

報告番号	歯論 第 66 号	氏名	丸山 浩美
論文審査担当者	主 査	長岡 英一	
	副 査	鳥居 光男	伴 清治 嶺崎 良人

Stress Analysis of Clasps Made of Glass Fiber-reinforced Composite Material using Three-dimensional Finite Element Method -Influence of Shape in Cross and Longitudinal Sections of Circumferential Clasp Arms-

(ガラス繊維強化複合材料を用いたクラスプの三次元有限要素法による応力解析－環状鉤腕の断面形態およびテーパードの影響－)

部分床義歯のクラスプ材料として、広く金属が使用されているが、金属を使用することによる問題点として、審美性に劣る金属色と金属アレルギーが挙げられる。これらの問題を解決するために我々は、ガラス繊維強化複合材料（FRC）に着目し、これを部分床義歯のクラスプ（FRC クラスプ）として臨床応用してきた。しかし、FRC 部表面のコーティング層の剥離やクラック等のトラブルの経験から FRC の物性に適したクラスプ形態の検討の必要性が示唆された。そこで、FRC クラスプの適切な形態について三次元有限要素法を用いて構造力学的に検討するために、本研究では、まず FRC の特徴である材料の異方性を考慮した解析方法を確立し、これを用いて FRC クラスプの鉤腕の断面形態とテーパードの違いがその応力分布に及ぼす影響について検討した。

解析モデルは、下顎第二小臼歯を想定した円柱形の支台歯に設置した環状鉤の形状とし、クラスプ鉤腕の断面形態として幅 2.6mm、厚さ 1.3mm を基本形 bB (2.6mm, 1.3mm) とし、a (2.6mm, 0.65mm)、c (2.6mm, 1.95mm)、A (1.3mm, 1.3mm)、C (3.9mm, 1.3mm) の 5 種類を、テーパードはテーパードなしとテーパード 0.8 を設定した。異方性材料定数は過去の報告と当教室での実測値を参考にして設定した。ガラス繊維の走行方向（材料主軸）を定義するために、クラスプ鉤腕の走行方向に一致する座標軸をもつ局所円筒座標系を定義し、この座標系のもとで異方性材料定数を適用した。境界条件は、クラスプ鉤腕の基部を完全拘束し、鉤腕内面の先端中央部の節点に 5N の集中荷重を円柱形支台歯の半径方向に負荷するように設定した。

解析の結果、テーパードなしモデルでは、鉤腕基部側 1/4 付近に最大応力が生じた。テーパード 0.8 モデルでは、最大応力はテーパードなしモデルに比べ鉤腕の先端側寄りに生じ、より均一な応力分布を示した。テーパードなしモデル、テーパード 0.8 モデルともに、最大応力は上下的には鉤

腕外面では中央、内面では下縁寄りに生じ、先端部の変位量は上縁と下縁に差があり、鉤腕にねじれを生じたことを示した。テーパなしモデル、テーパ度 0.8 モデルともに、最大応力値ならびにねじれの程度はクラスプ鉤腕の断面積が増加するにつれて減少し、断面積が同じであれば厚さが厚い方が小さい値を示した。断面形態が基本形 Bb の先端中央部での変位量はテーパなしモデルが 0.13mm、テーパ度 0.8 モデルが 0.16mm であった。鉤腕の応力分布の様相は、異方性材料である FRC と等方性材料である Co-Cr 合金とでは類似していた。

以上の FRC の特徴である異方性を考慮した方法を用いた FRC クラスプ鉤腕の構造力学的解析の結果から、次のような臨床的意義が示唆された。

1. FRC クラスプのコーティング層の剥離やクラックを招く要因としての応力集中やねじれを軽減するには、ファイバーの量を規定する断面積が一定であれば厚さを厚くすることが有効である。
2. 断面形態が基本形 Bb のクラスプ鉤腕先端中央部が 5N 荷重時に示した変位量 0.13mm (テーパなし)、0.16mm (テーパ度 0.8) から臨床的に必要とされている維持力を得るためのアンダーカット量としてはテーパなしでは 0.13mm、テーパ度 0.8 では 0.16mm あればよい。

以上のように本研究は、ガラス繊維強化複合材料 (FRC) の異方性を考慮した解析方法を確立して、この方法を用いて FRC クラスプを部分床義歯に臨床応用する上で、断面形態のうち厚さが重要であることと FRC クラスプが適切な維持力を得るために必要なアンダーカット量の基準を具体的な数値として示した点で評価できる。

よって、本審査委員会は本論文が学位論文として十分に価値のあるものと判定した。

試験（学力確認）の結果の要旨および担当者

様式16

報告番号	歯論 第 66 号	氏名	丸山 浩美	
論文審査担当者	主 査	長岡 英一		
	副 査	鳥居 光男	伴 清治	嶺崎 良人
<p>審査委員会は、平成19年4月 6日（金）、上記学位申請者から、PCプロジェクタを用いての学位申請論文の説明を受けたのち、説明内容についての質疑応答と関連事項についての試問を行った結果、いずれも満足すべき回答が得られた。</p> <p>また、第二外国語試験（独語）についても独文和訳の結果から、学位取得に十分な語学力を有することが認められた。なお、第一外国語試験（英語）については、平成17年3月19日に実施された学位取得のための試験に合格していることが確認された（第44号）。</p> <p>以上のことから、申請者は大学院歯学研究科博士課程修了者と同等の学力と識見を有するものと認め、博士（歯学）の学位を与えるに十分な資格を持つものと判断した。</p>				