研究論文

繊維強化義歯床の成形法と強度

宮入 裕夫*, 永井 正洋**, 福田 秀昭**

村松 篤良***, 高山 義明****

(1980年8月4日受付)

Strength and Molding Method of Fiber Reinforced
Upper Complete Denture BasesH. MIYAIRI,* M. NAGAI,** H. FUKUDA,** A. MURAMATSU***
and Y. TAKAYAMA****

(Received August 4, 1980)

The fiber-reinforced upper complete denture base was studied to improve the mechanical properties and the performance of the molding of acrylic resin denture base. The carbon and the organic fibers were used to reinforce the upper acrylic resin complete denture bases which are brought about the most high frequency of fracture. The positions of reinforcement were respectively near the front teeth and the palatal area of upper complete denture base. The purpose of such the studies is to strengthen the upper denture base of which the thickness of palatal area is thin. As the applied load on the denture base was assumed as the flexural deformation of the denture base, the four-point loading system was adopted for these tests. Then, the strain distribution and the stiffness of denture base were examined, and the effectiveness of reinforcement for the fiber-reinforced denture bases were investigated. And so the flexural deformation and fracture of the upper complete denture base caused with the occlusal force were basically considered, and the progress of fracture and the fracture modes of the denture base were examined.

1. 緒 言

歯科補綴物は咬合力の発現に重要な役割を果たしている機能構造体であるが、なかでも義歯床の構造とその力学的特性は咀嚼能率に大きな影響を与えるものである。したがって、歯科補綴物の強化およびその力学的検討を行なった報告は多いが¹⁻³⁾、義歯床の強化に関しては下顎や上顎前歯近傍の局所的な補強効果についての検討

がほとんどである。現在義歯床は一般に使用されるアクリル樹脂からなるレジン義歯床と金属(コバルト・クロム合金)をベースとして作製された金属義歯床とが用いられている。そして、レジン義歯床は成形の容易さと改床の可能なこと、さらに金属床などに比べ安価なことが広く臨床面で使用される大きな理由となっている。しかし、レジン義歯床のなかでもとくに上顎の義歯床は歯科補綴物中その破壊発生頻度も高く、また、レジン義歯床の口蓋部の板厚は金属床に比べかなり大きく、これが違和感を与える要因となっている。そのため、義歯床の強化および薄床化が期待されている。また、義歯床の強化に際し、その補強部位、基材の構成などが問題となり、さらに、臨床面での応用には強化義歯床の成形性が大きな課題となっている。

そこで、レジン義歯床のなかでも咀嚼性能および破壊などで問題となっている上顎義歯床の強化とその成形性について検討した。

繊維強化レジン義歯床の成形に関しては、従来のレジン義歯床成形の通則になるべく準じ、臨床的にも成形可

*,**,***,**** 東京医科歯科大学 Tokyo Medical and Dental University

*,**,***, 医用器材研究所 (101 東京都千代田区神田駿河台 2-3-10) Inst. for Med. and Dent. Eng., 2-3-10, Kanda-Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo 101, Japan

* 助教授 Associate Professor, ** 助手 Assistant, *** 教授 Professor

**** 歯学部第三歯科補綴学教室医局員 (113 東京都文京区湯島 1-5-45) Instructor, 3rd Dept. of Prosthet. Dent., Sch. of Dent., 1-5-45, Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

Fig. 1 The order making the denture base reinforced with carbon cloth.

能な手法を採用した⁴⁻⁸⁾。また、義歯床の強化材には有機繊維(アラミド繊維)およびカーボクロスを用い、上顎義歯床の補強部位と板厚の軽減について検討した。上顎強化義歯床の強度特性に関しては、咀嚼時に破壊発生部位の多い正中線上の曲げ破壊強さを対象に、義歯床の変形と破壊の様相などについて基礎的な検討を行なった。したがって、上顎義歯床の咀嚼時における曲げ変形の再現には、その負荷形態を想定した曲げ装置を作製し、なるべく使用時の破壊に近い負荷方法となるよう心掛けた。また、ここでは、とくに前歯歯列面および口蓋部を強化した2種類の義歯床を作製し、その曲げ破壊形態について検討し、咬合力に影響する義歯床の曲げ剛性などについて基礎的な検討を行なった。

2. 義歯床の成形

繊維強化上顎全部床義歯はアラミド繊維(ケブラー49)のロービングを用いた前歯歯列面の強化義歯と、カーボクロス強化材を用いて床口蓋部を強化した義歯の2種類を試験体とした。

破壊好発部位を対象とし前歯歯列面の強化はレジン床成形の通則に従いせっこう模型に餅状レジンを填入する際、即時重合レジンを含浸させたアラミド繊維のロービ

ングを歯列面に埋入した。ロービングは単繊維 12,000 本から構成された3本のロービングを用い、長さ 40 mm として前歯部舌面近傍に配置し、歯科アクリルレジン(PMMA)と十分適合するように成形した。

床口蓋部のカーボクロスによる強化法は、歯科用 PMMA モノマーを一定量入れた容器(シャーレ)に PMMA ポリマーの一定量を平らになるように散布し、つぎに、あらかじめモノマーを十分含浸させたカーボクロス(平織クロス)を置き、さらにポリマーを散布し 0.7 mm の板厚に成るように作製した。Fig. 1 は床口蓋部強化義歯床の成形法を示したものである。このとき上顎義歯床の成形の際、床口蓋部の歯科用アクリルレジンは餅状で、また、強化材の位置、方向等を確認のうえ、温熱重合法により成形を行なった。

3. 試験片および負荷方法

上顎義歯床のモデルには硬質せっこう製の歯科補綴実習用の標準形を採用した。上顎義歯床の試験片は Fig. 2 (a), (b) に示すとおり咀嚼時の義歯床の負荷応力を考慮して、床正中線に曲げ荷重が加わるよう静的4点曲げ方式を採用した。上顎義歯床の左右歯列面には曲げ装置用の鋼板(板厚 2.6 mm)を床の成形と同時に取り

Fig. 2 Flexural specimens of the denture base and arrangement of 4-point bending.
 (a) Denture base reinforced the incisal location with organic fiber.
 (b) Denture base reinforced the palatal area with carbon cloth.

付け、左右の鋼板は完全な平面を保つように注意した。鋼板の取付け部は前歯中切歯、側切歯、犬歯を残し、咀嚼力の発生部位となる臼歯部とした。また、負荷方法は口蓋部粘膜側に圧縮応力が発生するよう咀嚼によって生ずる咬合力を想定し、曲げ破壊の要因となっている中切歯間の切欠き部に引張り応力が作用するよう静的曲げ試験方法を採用した。

4. 床の歪測定

上顎義歯床の曲げ変形によって生ずる床の歪測定には、主応力方向である正中線上に正中線と直角方向にゲージ長 2 mm の FRP 用歪ゲージ (共和電業製 KFP-2-CI-65) を貼付し、正中線上の歪分布を測定した。

Fig. 3 は口蓋部強化義歯床に貼付したゲージ位置を表示したもので、切歯乳頭部から床後縁部まではほぼ等間隔に測定した。前歯部強化義歯床の測定位置は補強効果の予想される前歯部の切縁下 4.5 mm, 口蓋前方の第 1 小臼歯部, 床後縁部から 32 mm, 8 mm と 4 個の測定位置を採用した。また、歪の測定は口蓋部表裏について測定したが、測定値の結果は口蓋の凹面に相当する研磨面についてののみ示す。なお、口蓋部の変形はすべて垂直応力のみの負荷状態であったことを付記する。

5. 歪測定とその結果

Fig. 4 (a), (b) は曲げ荷重 $M=400 \text{ kgf}\cdot\text{mm}$ ($3.92 \text{ N}\cdot\text{m}$) の負荷を上顎義歯床に加えたとき床正中線上に生

Fig. 3 Strain gages location of denture bases.

じた歪量を示したものである。義歯床支持部の寸法が前歯部および口蓋部強化と異なるため、通常のレジン床はそれぞれの強化義歯床の寸法に準じ成形した。また、測定結果は補強効果を調べるため通常のレジン義歯床と強化義歯床の結果とを比較するため同時に示し検討した。

前歯部強化の義歯床では通常のレジン床に比べ、中央部の圧縮歪を除くすべての部位で歪の減少が示される。歪の減少量は切歯乳頭部の強化部位近傍で最も大きく、中央部に近づくにつれ減少し、また、床後縁部での歪の減少が現われる。口蓋部強化の義歯床では口蓋部中央の

Fig. 4 Strain at the median line with loading to $M=400 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$.

(a) Denture base reinforced the incisal location with organic fiber.

(b) Denture base reinforced the palatal area with carbon cloth.

ゲージ位置3における歪量の低下が最も大きく、通常のレジン床に比べ1/2以下に減少する。また、強化義歯床の歪はゲージ位置2を除きすべての部位で通常のレジン床に比べ低い値を示している。したがって、前歯部強化義歯床は前歯部から口蓋部にかけて、床の曲げ変形は強化繊維によって前歯部近傍の変形が拘束される。したがって、口蓋後縁部において義歯床は曲げ変形により多少開く傾向が示された。また、口蓋部強化義歯床は前歯部強化義歯床に比べ口蓋後縁部の変形も少なく、歪の符号も前歯強化の場合とは異なり圧縮歪となっている。なお、前歯部強化と口蓋部強化との歪量は両義歯床が完全に一致した形状のものでなく、鋼板の取付け部の相違のため大きな影響を受けていることを付記する。

6. 強化義歯床の曲げ強さ

Fig. 5 (a), (b) は両強化義歯床の曲げ荷重-たわみ線図を求めたものである。曲げ荷重は4点曲げ試験によって負荷した全荷重を示したもので外側スパンは両試験片とも同じため曲げモーメントに換算しても直接比較することができる。しかし、両試験片は鋼板を取り付けた

支持部の大きさが異なることと、義歯床の板厚（図中括弧内に表示）が異なるため破壊強さに関しては両者の比較は難しい。支持方法は Fig. 2 に示されるように前歯部強化レジン床では鋼板の取付けが浅くかつ義歯床の補強効果が口蓋部強化義歯床に比べ少ない。また、レジン義歯床の板厚は、前歯部強化義歯床では 2.2 mm と口蓋部強化義歯床の 1.6 mm に比べて大きくなっている。そのため、標準タイプのものについてはそれぞれの義歯床について別個に作製し比較した。その結果、曲げ試験のような静的な負荷に関しては前歯部強化義歯床は標準タイプに比べ優れた補強効果が現われる。また、破壊たわみは試験片の支持方法が異なるために両者の値は異なり、前歯強化義歯床は大きな値を示している。しかし、前歯強化義歯床では標準タイプに比べ見掛けの曲げ剛性は変わらないが、破壊歪は大きく、破壊強さの増大とともに優れた特性を示している。口蓋部強化義歯床に関しては標準タイプ強化義歯床のほか、薄肉のレジン床として板厚 0.7 mm のものを比較のため表示した。強化義歯床はレジン床に比べ破壊強さのみならず破壊歪も大きく、見掛けの弾性係数も大きいことが示される。したが

(a)

(b)

Fig. 5 P - δ diagrams of the reinforced denture base.

(a) Denture base reinforced the incisal location with organic fiber.

(b) Denture base reinforced the palatal area with carbon cloth.

って、前歯部強化義歯床に比べ、口蓋部強化義歯床は床の肉厚も薄くでき、しかも咀嚼能率の向上に要求される曲げ剛性の増大に優れた補強効果のあることが示される。

7. 強化義歯床の破壊

Fig. 6 (a), (b) は前歯部強化義歯床の曲げ破壊の状況をモデル化して表示したものである。前歯部近傍を強化したレジン床は標準のレジン床が前歯中央部から正中線に沿って破壊するのに比べ、床後縁部から前歯部へと破壊する。

そして、床の破壊発生部位は支持部近傍に生じ、中切歯と側切歯との切歯乳頭部へと進展する。正中線上の床の歪は後縁部が小さいにもかかわらずこのような破壊の様式が現われるのは前歯近傍での補強効果が床全体の變形に影響を与え、破壊近傍の大きな荷重応力では曲げ剛性の低い床後縁部の變形が増大し、義歯床の破壊が生ずるものと考えられる。したがって、前歯部強化のこのような補強方法は床全体の破壊強度の向上にはあまり寄与しないが、床破壊の多発部位である中切歯乳頭部からの破壊に対しては十分効果のあることが示される。Fig. 7 (a), (b) は口蓋部強化義歯床の曲げ破壊状況を示したものである。比較のために標準のレジン床義歯と口蓋部強化義歯床の破壊を示したもので、レジン床義歯は前歯中央部から正中線に沿って破壊する。しかし、口蓋部強化義歯床は第2中切歯と側切歯の間から破壊が発生し、口蓋後縁部へと進展する。そしてこれらの破壊は破壊荷重

Fig. 6 Failure patterns of normal (a) and uni-directional reinforced (b) denture bases.

近傍で比較的脆性的な破壊を示し、強化材に用いたカーボンクロスも完全な引張り破壊となっていることが示される。また、両者とも破壊の発生位置は正中線上の最大歪の生ずる位置とは異なり、前歯近傍であり、床内部での最大歪は直接破壊の要因とはならないことが示される。したがって、咀嚼時を想定したこのような荷重応力に対しては前歯乳頭部近傍の応力集中に細心の注意が必要であることが指摘される。

8. 結 言

上顎全部義歯床の強化方法として床用レジンと比較的適合性の優れたアラミド繊維とカーボンクロスを用いた前歯部強化義歯床と口蓋部強化義歯床について検討を行なった。そこで得られた結果を要約するとつぎのとおりである。

1) 上顎全部義歯床を部分的に強化することは比較的

Fig. 7 Failure patterns of normal (a) and reinforced (b) denture bases.

容易であるが床全体を強化することは難しい。しかし、ここで行なった口蓋部強化は一般の臨床医に対しても比較的容易に成形でき、かつ従来のレジン床に比べ薄く成形でき成形物の再現性に優れた成形法である。

- 2) 床の曲げ荷重装置は咀嚼時の咬合力を想定したものであるが、実際の使用時とはほぼ同様の破壊様式が得られ、床の荷重装置として十分実用性の高いものと考えられる。
- 3) 上顎義歯床の咀嚼時を想定した曲げ応力の負荷に関しては床の正中線上に生じる歪を測定した。歪の分布は前歯部強化と口蓋部強化とは異なり、前歯部強化では床の中央部近傍に、口蓋部強化では前歯部近傍に最大歪の生ずることが明らかになった。
- 4) したがって、両者の曲げ破壊の様相も異なり、前歯部強化では床後縁部から発生し、口蓋部強化では前歯部から破壊が発生し、正中線上またはそれに平行に破壊は進展する。
- 5) しかしこのような破壊の発生部位と歪の最大値とは前歯部強化の場合とは一致しない。これは前歯近傍の補強により床全体の剛性が前歯部と床後縁部とは大きく異なるため、破壊荷重近傍では床後縁部の

変形が増大し、その位置から破壊するものと考えられる。

- 6) したがって、前歯部近傍の部分的な強化方法は上顎全部床義歯の破壊多発部位である前歯近傍での破壊の阻止には十分効果のあることが解明された。

参 考 文 献

- 1) E. Matthews & E.A. Wain : *Br. Dent. J.*, 100, 3 (1956), 167-171.
- 2) J.R. Lambrecht & W.R. Kydd : *J. Prosthet. Dent.*, 12, 5 (1962), 865-872.
- 3) D.C. Smith : *Br. Dent. J.*, 110, 8 (1961), 257-267.
- 4) 三田宰史 : 歯理工誌, 17, 38 (1976), 79-90.
- 5) 高山義明 : 歯理工誌, 21, 53 (1980), 48-63.
- 6) 宮入裕夫, 永井正洋, 村松篤良 : 日本機械学会講演論文集, No. 261-1 (1976), pp. 235-241.
- 7) 宮入裕夫, 永井正洋, 村松篤良 : 材料, 26, 291 (1977), 1153-1159.
- 8) 宮入裕夫, 永井正洋, 村松篤良, 三田宰史 : 医用研報告, 10 (1976), 83-89.

本論文の要旨は第6回 FRP シンポジウム (昭和52年3月25日) において発表した。