原 著 論 文

硬質レジン前装冠の設計に関する研究

第1報 接着性レジンセメントによる補強効果

清水 博史

Studies on Design for Resin Veneered Crowns

Part 1. Adhesive Resin Luting Agents Reinforcement Effect

Hiroshi Shimizu

Abstract : Resin veneered crowns show several drawbacks which affect the veneering resin : peeling, fracture, falling and also discoloration by leakages from the metal-resin border.

The purpose of the present study is to find out a principle of resin veneered crown design allowing the solution of the above-mentioned problems.

As a preliminary step, the influence of luting cements on the relative rigidity of veneered crowns and metal frameworks was examined by measuring the strain to static and impact charges on several portions of crowns.

The investigation led to the following results :

1. The magnitude of the strain to a static charge increased with the number of shocks but beyond 100 shocks, no variation could be observed.
2. The magnitude of the strain to a static charge was proportional to the weight of the charge.
3. The strain of crowns and metal frameworks set with PanaviaEX had a magnitude smaller than the strain of those set with Fitcher.
4. The strain to an impact charge had a magnitude 1~4 times larger than the strain to a static charge.
5. The adhesive resin luting agent reinforcement effect could be clearly confirmed.

Key words : resin veneered crown, rigidity, strains to static and impact charges, reinforcement effect, adhesive resin luting agents

I. 緒 言

近年、硬質レジン前装冠は光重合法が導入¹⁾されたことによって、短時間で容易に作製することができるよう

になり、また限定付きながら健康保険用材料として認められたこともあって臨床例も増加している。

しかしながら、硬質レジン前装冠には前装レジンの剥離や破折、脱落、辺縁からの漏洩による変色など望ましくない臨床経過^{2~4)}をたどる場合もみられる。前装レジ

長崎大学歯学部歯科補綴学第1講座(主任: 熱田 充教授)
Dept. Fixed Prosthodontics, Nagasaki Univ. School of

Dentistry (Chief: Prof. Mitsuru Atsuta)
平成元年12月8日受付

図 1 合着用ステンレス支台 (マスターダイ)

図 2 ステンレス支台の形態および寸法

ンの機械的性質^{5,6)} や オペークレジン⁷⁾ のメタルフレームに対する接着性を向上させて対処しようとしている⁷⁻¹⁰⁾ が、レジン前装冠に特有の構造的ないし力学的な因子の関与も考えられる。

本研究の目的は、これらの諸因子を総合的に検討し、硬質レジン前装冠の製作にあたって、合理的な設計指針とその根拠を見い出そうとするものである。

今回は、その第 1 段階としてまず従来型の形態をもつ前装冠を用い、合着材の影響を検討した。その結果、同じ形態の前装冠であっても合着材が接着性を有し、かつ圧縮強さが大きければ、補強効果が生じメタルフレームの剛性が向上することが確認されたので報告する。

II. 実験材料と方法

1. 試料の作製

1) 合着用支台およびワックス圧接用支台

下顎小白歯の前装冠用支台歯を想定し、これを単純化

a.

b.

図 3 真鍮製分割金型およびワックス圧接用支台

a. 復位完了時、ワックス圧接用支台が挿入されている

b. 締め付けリングと金型的一方を外した状態

したステンレス製の支台 (マスターダイ) を旋盤加工により作製した。支台の形態および寸法を図 1, 2 に示した。試料作製の便宜上、全周をショルダー型とした。これにメタルフレームあるいは硬質レジン前装冠をセットして実験に供した。メタルフレーム製作過程で用いるワックス圧接用支台も、把持部を除いてマスターダイと全く同寸法同形態とした。

2) メタルフレーム

硬質レジン前装冠のメタルフレームを作製するにあた

図4 採得したワックスパターン

って、同一形態のものを多数得る必要があるため、ワックスパターン採得のための専用の真鍮製分割金型を支台同様旋盤加工により作製した。図3に金型の形態と構造を示した。この金型は平行なノックピンをガイドにして復位でき、かつワックス圧接用支台を所定の位置に挿入できる構造となっている。咬合面相当部は過剰なワックスが溢出できるように開放してある。ワックスの圧接時に金型が開くのを防止するため、金型の外側は締めつけ用のリングで囲んでいる。また、ワックスパターンを可及的に変形させずに取り出すために、ネジで金型を平行に分割できるよう配慮してある。

メタルフレームのワックスアップには金型と圧接用支台を対で用い、金型の内面および圧接用支台に分離材を一層塗布後、軟化したバイオレットインレーワックス(ジーシー(株))を一塊として填入し、直ちに圧接用支台を挿入した後手圧、ついで万力にて所定の位置に収まるまで圧接した。ワックスの硬化後、溢出した過剰のワックスを削除し、フレームの咬合面相当部を金型の上面をガイドに平らに仕上げ取り出した。図4, 5に採得したワックスパターンの1例とその寸法および形態を示した。

ワックスパターンの埋没は混水比 34 g/100 ml のクリストパライトミクロ(ジーシー(株))で行い、金銀パラジウム合金キャストウェル MC 12%(ジーシー(株))で鋳造後、リングを室温中に放置して徐冷した。スプルー線をカット後、切断面をカーボランダムポイント等で平らに仕上げた。

その後、専用清掃液バラクリーン(ジーシー(株))による超音波洗浄とガラスビーズによるサンドブラस्टィングを行い、埋没材や酸化膜を除去してメタルフレームを完成した。

図5 メタルフレームの形態および寸法

3) 硬質レジンの前装

完成したメタルフレームのうち半数は、光重合型硬質レジンのセシード((株)クラレ)で前装し、残りの半数はそのまま実験に供した。レジンの築盛に先立ちメーカーの指示どおりメタルフレームの前装面に平均粒径 50 ミクロンのアルミナ粉末(矢田化学(株))を用いて5気圧下でサンドブラस्टィング後、貴金属錫電析装置クラエスミニ((株)クラレ)にてスズメッキ処理を行い、前処置を完了した。その後、金属接着性モノマーを含有する付属のオペークプライマーを小筆で表面に一層塗布し、30秒間放置した。それからオペークレジンを小筆にて一層塗布後、技工用可視光線照射器デンタカラーXS(クルツァー)で180秒間光照射し重合した。

硬質レジンの築盛に際しては、メタルフレーム前装部の切縁部とショルダー部をガイドに整形し、前装レジンの厚さが同一の厚さとなるよう配慮した。填入するレジンはデンチンのみとし、180秒間光照射して最終重合とした。最後にレジン表面の未重合層を除去する目的で、ブラウンシリコンポイントにて表面を一層研削して硬質レジンの前装を完了した。

4) 支台への合着

完成したメタルフレームあるいは前装冠のうち半数は、前述のステンレス支台に接着性レジンパナビアEX((株)クラレ)で合着した。残りの半数はホワイトシリコン適合試験材フィットチェッカー(ジーシー(株))を介して合着した。接着性レジンで合着する場合は、前処置としてメタルフレームあるいは前装冠内面にアルミナサンドブラस्टィング後、スズメッキ処理を行った。支台にはサンドブラस्टィングのみを行った。合着後、付属のオキシガードにて辺縁部の酸素を遮断し、500 gfの静荷重を10分間加えたのち24時間室温中に静置して実験に供した。フィットチェッカーの場合は前処置は行わず、500 gfの静加重を10分間加えたものを試料とし

図 6 測定部位と荷重を加える部位

I : 前装部近遠心的中央切縁部直下
S : 前装部近遠心的中央ショルダー部
P : 前装部左下 (あるいは右下)
矢印は荷重を加える部位を表す

た。なお、肉眼的にセメントラインが確認されたものなど、適合の不良が認められた試料は実験試料として用いなかった。

2. ストレインゲージの貼付

完成した試料の前装部金属表面、あるいは硬質レジン表面の所定の位置に、ストレインゲージ (単軸, ゲージ長 0.2 mm, ベース長 3.3×2.4 mm, KFG-02-120 C 1-11 L 1 M2 R, ゲージファクター 2.1, (株)共和電業) を貼付した。ゲージの接着にはシアノアクリレート系接着剤を用いた。測定部位は図 6 に示した前装部近遠心的中央の上下および前装部右下 (あるいは左下) の 3 カ所で、歯軸方向に貼付した。

3. 実験装置およびひずみの測定方法

1) 荷重装置

ひずみの測定にあたり、静荷重と衝撃荷重を加える装置としてくり返し衝撃荷重試験機 (理工工業(株)) を使用した。

本機は本来カムを回転させてくり返し衝撃荷重を加える装置であるが、静荷重を加える場合は、試験機に組みこまれている R 1.5 mm の先端を持つ鋼鉄製の槌打棒を試料上に静置させた。静荷重の大きさはパナビア EX 合着試料では 100~1,800 gf, フィットチェッカー合着試料では 100~1,300 gf とした。荷重を加える部位はメタルフレームの前装部における近遠心的中央部で、頬舌的には咬合面相当部の頬側端から 1 mm 舌側よりの咬合面上とした。荷重の方向は歯軸方向とした。

図 7 実験装置全景

左から順に 1. くり返し衝撃試験機
2. ブリッジボックス
3. 動ひずみ測定器
4. 記録計

衝撃荷重を加える場合は、前述の槌打棒に 100 gf の荷重をかけながら、12 mm の高さから毎秒 1 回の割合でくり返し落下させた。荷重を加える部位や方向は、静荷重の場合と同様にした。

2) ひずみの測定装置および測定方法

ストレインゲージを貼付した各試料は、衝撃試験機の所定の位置に治具を用いて固定した。測定は室温で試料に加わる荷重によって生じたひずみをブリッジボックス (DB-120 P, (株)共和電業) を介して動ひずみ測定器 DPM-601A ((株)共和電業) に入力し、これを汎用記録計サーマルアレイコーダ WR 7700-4 (グラフテック(株)) で記録した。図 7 に実験装置の全景を示した。試料の数は各条件ごとに 5 個以上とした。ひずみの大きさに単位はなく、 $\times 10^{-6}$ で表したものを習慣的にマイクロブシロンあるいはマイクロストレインと称しているの、本論文では $\times 10^{-6}$ または $\mu\epsilon$ の記号で表示した。

図 8 にレコーダーに記録されたチャートの 1 例を示した。測定は 1 条件につき 4 回以上行い、その算術平均値をもって測定値とした。本実験では、動ひずみ測定機の感度設定レンジを $1 \times 100 \mu\epsilon$, 記録計のフルスケール値を 5 V.F.S. に設定したときに実測の不能なものをひずみ 0 と判定した。同一条件における測定値のばらつきはほとんどなかった。

III. 実験結果

1. 衝撃を加えた後の静荷重によるひずみ量の変化

100 gf の荷重をかけた槌打棒を 1 回/秒の割合で 12 mm の高さからくり返し落下させ、100 回ごとに落下を

図 8 記録されたチャートの1例

中止し、所定の大きさの静荷重を加えて、そのときのメタルフレーム表面の測定部位 I におけるひずみ量を測定した。表 1 に 300 回までの結果を示した。マイナスは縮みを表している。

表 1-a, b ともに衝撃を 100 回加えると与える静荷重の大きさを問わず、0 回と比べてひずみ量が増加した。その割合はパナビア EX のほうが顕著であった。衝撃回数を 200, 300 回と増してもひずみ量はほぼ横ばい傾向を示した。300 回以上加えても同様であった。またすべての条件下で、パナビア EX 合着試料のほうがフィットチェッカー合着試料より小さなひずみ量を示した。

この結果から、以下の実験では 100 gf の衝撃を 300 回加えた後に、静荷重あるいは衝撃荷重を加え測定することにした。

2. 静荷重によるひずみ量の大きさ

1) 測定部位 I

表 2 に所定の大きさの静荷重を加えたときの測定部位 I におけるひずみ量を測定した結果を示した。

表 2-a, b ともに、メタルフレーム単独と前装レジン表面の両者において縮みを示し、その大きさは荷重の大きさにほぼ比例していた。

同じ大きさの静荷重下では、フィットチェッカー合着試料におけるひずみ量がパナビア EX におけるそれよりも常に大きく、メタルフレーム単独で約 1.5 倍、前装レジン表面で約 1.8 倍であった。

また両合着材とも、メタルフレーム単独と前装レジン表面のひずみ量に有意差はみられなかった。

2) 測定部位 S

表 3 に測定部位 S における結果を示した。

測定部位 I 同様、a, b ともメタルフレーム単独と前装レジン表面の両者において縮み、その大きさは荷重の大きさにほぼ比例していた。測定部位 I に比べてひずみ量は全体的に小さかった。メタルフレーム単独では測定部位 I と同様、すべてフィットチェッカー合着試料のほうが大きく、約 5 倍であった。しかしながら、前装レジン表面においては測定部位 I と異なり、パナビア EX 合着試料とフィットチェッカー合着試料でほとんど変わらなかった。

3) 測定部位 P

表 4 に測定部位 P における結果を示した。

測定部位 I, S と同様、すべて縮みで、a, b ともに荷重の大きさとひずみ量の間に比例関係がみられた。

この部位では、パナビア EX 合着試料の値がフィット

表 1 衝撃を加えた後の静荷重によるひずみ量の変化

a. パナビア EX 合着試料				
静荷重量 (gf)	衝 撃 回 数			
	0	100	200	300
100	-11.7(0.4)	-17.4(3.5)	-16.4(1.6)	-17.3(2.0)
200	-20.2(2.3)	-29.4(4.8)	-29.0(3.8)	-29.0(3.5)
300	-27.8(2.8)	-40.8(6.6)	-41.4(5.4)	-41.2(5.8)
800	-67.0(7.3)	-101.0(16.8)	-100.1(15.1)	-98.5(12.8)
1,300	-106.6(12.1)	-161.0(28.2)	-158.4(23.1)	-157.2(19.9)
1,800	-145.0(15.0)	-219.5(38.3)	-218.2(32.4)	-215.4(26.4)

b. フィットチェッカー合着試料				
静荷重量 (gf)	衝 撃 回 数			
	0	100	200	300
100	-21.5(2.9)	-29.1(7.2)	-25.7(4.6)	-24.5(2.6)
200	-36.8(4.5)	-46.7(10.4)	-41.7(5.6)	-40.3(1.6)
300	-50.0(6.3)	-63.6(13.1)	-58.9(6.1)	-56.2(2.6)
800	-124.0(13.9)	-144.9(16.0)	-138.1(6.3)	-135.5(1.6)
1,300	-205.6(35.4)	-215.4(22.6)	-215.8(24.9)	-220.1(28.3)

単位: 10^{-6} ($\mu\epsilon$) () : SD

表 2 測定部位 I における静荷重によるひずみ量

a. パナビア EX 合着試料		
静荷重量 (gf)	試 料 の 形 態	
	メタルフレーム単独	硬質レジン前装
100	-15.8(2.1)	-14.2(4.5)
200	-27.2(3.4)	-26.2(11.0)
300	-38.8(5.6)	-35.4(12.4)
800	-92.6(10.8)	-83.5(32.9)
1,300	-148.2(16.5)	-121.7(47.8)
1,800	-204.0(20.8)	-157.7(72.0)

b. フィットチェッカー合着試料		
静荷重量 (gf)	試 料 の 形 態	
	メタルフレーム単独	硬質レジン前装
100	-24.3(2.2)	-25.3(1.5)
200	-39.8(3.7)	-43.3(2.5)
300	-56.7(4.1)	-61.4(3.9)
800	-138.3(14.0)	-149.3(12.2)
1,300	-220.1(28.3)	-233.7(26.2)

単位: $\times 10^{-6}$ ($\mu\epsilon$) () : SD

チェッカー合着試料に比べて著しく小さく、100~200 gf の静荷重を加えても前装レジン表面ではひずみ量が観察されなかった。また、メタルフレーム単独のフィットチェッカー合着試料ではばらつきが大きかったものの、パナビア EX 合着試料の約 30~40 倍、前装レジン表面では約 13~25 倍であった。

表 3 測定部位 S における静荷重によるひずみ量

a. パナビア EX 合着試料		
静荷重量 (gf)	試 料 の 形 態	
	メタルフレーム単独	硬質レジン前装
100	-2.5(0.5)	-4.8(1.5)
200	-4.3(0.5)	-8.0(2.5)
300	-6.3(0.5)	-11.5(3.6)
800	-16.7(1.2)	-26.5(7.5)
1,300	-25.8(3.6)	-41.5(11.6)
1,800	-37.4(4.0)	-51.9(16.9)

b. フィットチェッカー合着試料		
静荷重量 (gf)	試 料 の 形 態	
	メタルフレーム単独	硬質レジン前装
100	-12.2(8.6)	-4.0(3.3)
200	-21.1(14.4)	-7.3(5.7)
300	-30.0(19.8)	-10.7(8.5)
800	-80.2(51.5)	-24.4(19.7)
1,300	-132.6(78.3)	-42.2(33.9)

単位: $\times 10^{-6}$ ($\mu\epsilon$) () : SD

3. 衝撃荷重によるひずみの大きさ

表 5 に 100 gf の荷重をかけた槌打棒を 12 mm の高さから落としたときの、各部位の平均最大ひずみ量を測定した結果の平均値を示した。

1) 測定部位 I

a, b ともにメタルフレーム単独、前装レジン表面のひ

表 4 測定部位 P における静荷重によるひずみ量

a. パナビア EX 合着試料		
静荷重量 (gf)	試料の形態	
	メタルフレーム単独	硬質レジン前装
100	-0.7(1.4)	0(-)
200	-1.5(2.3)	0(-)
300	-2.5(3.0)	-0.7(0.9)
800	-5.8(6.2)	-3.1(0.8)
1,300	-8.5(9.1)	-4.8(2.2)
1,800	-11.3(11.8)	-6.2(2.2)

b. フィットチェッカー合着試料		
静荷重量 (gf)	試料の形態	
	メタルフレーム単独	硬質レジン前装
100	-27.5(16.0)	-8.0(9.1)
200	-51.3(27.7)	-12.7(14.2)
300	-72.5(38.3)	-17.3(19.3)
800	-171.9(79.4)	-41.8(36.7)
1,300	-263.2(109.7)	-63.5(46.4)

単位: $\times 10^{-6}$ ($\mu\epsilon$) (): SD

ずみ量の間に有意差はみられなかった。

同じ 100 gf の静荷重を加えたときの値(表 2 参照)と比べると、パナビア EX 合着試料の前装レジン表面では衝撃荷重に対するひずみ量のほうが大きかったが、他の条件下では差はみられなかった。

2) 測定部位 S

パナビア EX 合着試料においては、前装レジン表面のひずみ量のほうがメタルフレーム単独のそれより大きかった。フィットチェッカー合着試料においては、逆にメタルフレーム単独の値が大きかった。

100 gf の静荷重時の値(表 3 参照)と比べると、すべての条件下で衝撃荷重に対するひずみ量のほうが大きかった。

3) 測定部位 P

パナビア EX 合着試料においては、メタルフレーム単独でわずかなひずみを記録したが、前装レジン表面では全くひずみは観察されなかった。フィットチェッカー合着試料においては、静荷重によるひずみと同様にメタルフレーム単独で最大のひずみ量を示し、前装レジン表面のそれより大きかった。

100 gf の静荷重時の値(表 4 参照)と比べると、すべての条件下で差は認められなかった。

表 5 衝撃荷重によるひずみ量

a. パナビア EX 合着試料		
測定部位	試料の形態	
	メタルフレーム単独	硬質レジン前装
I	-22.2(9.7)	-24.2(6.5)
S	-7.0(0.3)	-14.1(3.9)
P	-2.5(2.8)	0 (-)

b. フィットチェッカー合着試料		
測定部位	試料の形態	
	メタルフレーム単独	硬質レジン前装
I	-30.7(8.2)	-23.7(0.7)
S	-25.7(7.9)	-15.6(6.2)
P	-36.6(16.1)	-11.5(3.9)

単位: $\times 10^{-6}$ ($\mu\epsilon$) (): SD

図 9 硬質レジン前装冠特有の不良な予後に関すると思われる因子

- ①: 対合歯による咬合圧あるいは咀嚼圧をはじめとする外力
- ②: 冠と支台に対する接着性を含む合着材の性質
- ③: メタルフレームの形態、特に前装部切縁部、ショルダー部、軸面部の厚み
- ④: メタルフレーム合金の機械的性質
- ⑤: オペークレジンとメタルフレームに対する接着性を含む前装レジンの性質
- ⑥: その他、冠の適合精度など

IV. 考 察

1. 硬質レジン前装冠の予後不良に関する構造的因子の意義

現在、硬質レジン前装冠の欠点を克服するために、前装レジンの性質^{5,6)} やオペークレジンの接着性を向上^{7~10)}

させることに主眼が置かれている。しかしながら、前装冠特有の予後不良に対処するには種々の構造的あるいは力学的因子をも考慮に入れる必要がある。図 9 に硬質レジン前装冠の不快事項の発現に関与すると思われる因子をあげた。

ところで、陶材を応用した歯冠補綴物や、レジンを含むジャケットクラウンに関してこれらを 1 つの構造体として検討した報告¹¹⁻¹⁴⁾がみられる。これに対し、前装冠については、こうした観点から検討されたことはほとんどない。その作製に際して、実験的な根拠に裏づけられた資料となるものは、上下顎前歯の歯軸傾斜角と前装部メタルフレームの厚みについて検討した報告¹⁵⁾以外にはみあたらず、臨床的な経験に多くを頼っているのが現状である。

そこで著者は、これらの因子を総合的に検討し、硬質レジン前装冠の合理的な設計の指針とその根拠を見い出せば、前述のような不快事項を克服することができると考えた。一連の本研究の最終的な目的は、最近開発されてきた機械的性質や耐摩耗性が大幅に向上した複合材料や、強力な接着剤などの新素材に対応した新しい硬質レジン前装冠の製作システムと臨床術式を確立することにある。

2. 前装冠におけるひずみ量の測定の意義

著者らは前歯部接着ブリッジのウィングの厚みや形状とその維持力との関係を検討^{16,17)}し、ウィングの厚みを増せば接着強さが増大するという結果を得た。接着剤が同じであれば被着体の剛性の大きいものほど接着強さは増大する¹⁶⁻²²⁾。このことは硬質レジン前装冠のメタルフレームと、接着性を有するオペークレジンとの間にも成立すると考えられる。しかしながら、被着体のメタルフレームの厚さが十分には確保できないため、非常に不利である。

そこで本研究では剛性を代表するバロメーターとして、ひずみに着目した。したがって、その測定は前装冠の荷重に対するひずみの様相を知ること自体が目的ではなく、オペークレジンとメタルフレームとの接着に影響を及ぼす因子の 1 つとしての剛性を比較する手段でしかない。

一般に接着強さの優劣を論じる場合、被着体に引張り力や剪断力などの外力を加え、被着体を破断するのに必要な外力の大きさをもって比較することが多い。この方法は接着強さを直接に判定できるという利点はあるが、本報で問題としているような外力と接着層との関連を検

討する場合には必ずしも適切でない。ひずみ量や変形量などをバロメーターとして被着体の剛性を比較することにより、間接的に接着層の挙動を論じる本研究のような手法も有用だと考える。

3. 静荷重によるひずみについて

1) 衝撃を加えた後の静荷重によるひずみ量の変化

表 1 に示したように与える静荷重の大きさを問わず、パナビア EX、フィットチェッカー合着試料ともに衝撃を 100 回加えるとひずみ量は増大した。そして、100 回以後は静荷重の大きさを問わず、ほぼ横ばい傾向であった。

パナビア EX は 24 時間後には硬化を完了しているはずであるが、弱い力でくり返し槌打しているうちに座りのよいところに落ち着いたと考えられる。それまではいわば合着時のばらつきといえるので、以下は 300 回槌打後をスタートラインとして静荷重を加えた。

コンポジットレジン系で圧縮強さが大きいとされているパナビア EX において、このような冠の沈下と思われる現象が観察されたことは注目される。一方、フィットチェッカーにおいて、値の増加の割合がパナビア EX に比べて小さかったことは、本材料に衝撃力を緩和する性質がある可能性を示唆している。これは本材料が弾力性に富んでいることと、接着性がないため冠のずれを許しているものと思われる。

現在臨床で用いられているセメントは、パナビア EX より弾力性の大きいものが多く、中にはスーパーボンド C & B やケミエースのように接着性を有し、かつ比較的弾力性の大きいと思われるものもある。これらを用いた場合についても検討する予定である。

2) 冠と支台の接着による補強効果

本実験において、測定部位 I, S, P の 3 カ所で測定した結果にほぼ共通していえることは、同じ大きさの荷重下ではパナビア EX 合着試料のひずみ量が、フィットチェッカーのそれに比べて、程度の差はあるものの小さいことである。これは冠と支台とが接着しているため生じた補強効果により、メタルフレームの剛性が大きくなったことが最も有力な原因と考えられる。しかしながら、前述のようにパナビア EX とフィットチェッカーでは、接着性の有無ばかりではなく、硬度や弾力性が全く異なっているので、それらの因子が 2 次的な影響を及ぼしている可能性も考えられる。

増原は、ポーセレンジャケット冠や硬質レジンジャケット冠を接着性レジンで支台に接着すると、その耐衝撃

性が著しく向上し、非常に破断しにくくなる²³⁾と述べている。実験対象がジャケット冠であること、破壊するまでの衝撃回数をもって比較していること、さらに剛性ではなく耐衝撃性を論じている点で本報告と異なるものの、今回の結果もこれを裏づけるものと思われる。さらに増原は、接着性のない即時重合レジン層にも多少の耐衝撃性向上効果があること、パナビア EX とスーパーボンド C & B の効果を比較すると、やや軟らかい後者のほうがいっそう効果的であったことを報告している²³⁾。著者は、同様のことが硬質レジン前装冠においてもあてはまるかどうか現在検討している。

表2～4に示したパナビア EX 合着試料のひずみ量を比較すると、測定部位 I, S, P の順に値が小さくなっている。これは本実験で用いた支台が幾何学的形態をしており、かつ冠と支台とが接着により一体化していると考えてよいので、荷重を加える部位に近接しているほど大きなひずみ量が測定されたものと思われる。測定部位 P においては荷重を加えた延長線上にないことも関与しているものと思われる。また、メタルフレーム単独と前装レジン表面の間に値の差は認められなかった。したがって、硬質レジンを前装した場合、その下地となっているメタルフレームのひずみがほぼそのまま測定結果に反映していると考えてもよいと思われる。

一方、フィットチェッカー合着試料ではこのような単純な傾向ではなかった。特に特徴的なのは、メタルフレーム単独の測定部位 P において、パナビア EX 合着試料に比べ、はるかに大きい値を記録したことである。換言すれば、パナビア EX による補強効果が最も顕著にみられたといえる。これは次項で述べる冠の適合精度が関与していると考えている。

3) 前装部歯頸部付近の部位的特徴と冠の適合精度との関連

本実験では、フィットチェッカー合着試料の前装レジン表面の測定部位 S と P において、例外的に伸びを示すものがそれぞれ1例ずつ観察された。パナビア EX 合着試料では、このような例はみられなかった。

このように例外的な測定値が得られるのは、旋盤加工法では精度に限界があることと試料作製の技術的誤差の積み重ねにより、適合精度が不良でセメントの被膜厚さが大きい場合に限られている。このような場合、測定部位 S や P のような歯頸部付近ではメタルフレームが本来は外側に撓むべきところを、フィットチェッカーに接着性がなく軟質であるため、内側に撓んだ結果ではないかと推察できる。一方、パナビア EX は接着性を有し圧縮

強さが大きいので、内側に撓む可能性はほとんどなかったと考えられる。

陶材に関する報告では、強度の増加の原因を適合精度の向上による²⁴⁾とするものがみられ、本実験の結果とも合致する。

以上のことから、咬合面に荷重がかかれば本来前装部は部位を問わず縮み、中でも切縁付近は例外なく縮んでいるが、歯頸部へ近づくほどその拘束性は薄れ、場合によっては伸びる可能性もあり、それは冠の連合精度に左右されるといえる。

4) 前装部切縁付近の部位的特徴

表2にみられるように測定部位 I においては、比較的にパナビア EX 合着試料の値が大きかった。また前装レジン表面では値のばらつきが大きかった。これについては、この部位が荷重を加える部位に近接していることばかりではなく、荷重によりメタルフレームの前装部切縁に撓みが及ぶ可能性が考えられる。さらにそれが前装レジンに直接伝播される可能性も考えられる。したがって、この部位の前装レジン表面はその下地になっているメタルフレームの影響を受けているばかりではなく、他の諸因子も関与しているものと思われる。しかしながら、合着材料の違いによる測定値の差は比較的顕著ではなかったが、フィットチェッカー合着試料においても伸びを示すことがなく、他の2つの部位に比べて、適合精度の影響は受けにくい。

4. 衝撃荷重によるひずみについて

1) 静荷重によるひずみとの比較およびその臨床的意義

表3、5に示したように、測定部位 S において衝撃荷重および静荷重によるひずみ量に最も大きな差がみられた。測定部位 I と P では前者が後者に比較して大きな値を示す傾向はあるものの、両者の差はほとんど認められなかった。このことを臨床にあてはめて考えると、対合歯による瞬間的な衝撃に対しては、その外力の延長線上のショルダー部付近に大きなひずみが生じるということであり、臨床的にはこの部の強化を計ることが重要となろう。しかし、静荷重によるひずみがみられなかったパナビア EX 合着試料の前装レジン表面の測定部位 P では、衝撃荷重によるひずみもみられなかった。したがって、ショルダー部付近であっても外力の延長線上にない部位では、冠と支台とが接着していれば、外力の性質を問わず前装レジンがひずむことはなく、特に強化が必要なのではないと考えられる。臨床においては、ショル

ダー部全体の強化を計るのではなく、必要な部分だけを選択的に一部厚くするのが現実的だと思われる。

2) 陶材焼付冠との比較およびその臨床的意義

陶材焼付冠では、同じ大きさの荷重を加えれば、衝撃のほうが静荷重よりもひずみ量が大きい¹²⁾と報告されている。本実験でも概ね同様の傾向であったが、合着材の種類と部位によっては必ずしもそうはならず、差がみられない場合があった。これは陶材焼付冠が金合金と陶材の組合せであるのに対し、本実験で使用した硬質レジン前装冠は、12% 金銀パラジウム合金と、陶材と比べればはるかに軟らかいレジンとの組合せであるという違いに起因すると思われる。したがってそれらの材料からなる全体の構造物についても、陶材焼付冠は全体が非常にリジッドな補綴物であり、硬質レジン前装冠はそれと比較すればフレキシブルであるので、衝撃力を緩和する性質を持つと思われる。

一方、静荷重に対しては硬質レジン前装冠のひずみ量は坂口¹²⁾、湖城¹³⁾の報告した陶材焼付冠のその約 4 倍かそれ以上とおおむねみなすことができる。このことから、硬質レジン前装冠には静的負荷を緩和する性質はないと考えられる。

したがって臨床においては、咬合関係や咀嚼運動、それらの異常の有無、さらには患者の好む食品の性状などをも配慮することも必要であろう。例えばブラキシズムのある患者に硬質レジン前装冠を用いる場合には、支台保護の立場からは、タッピングに対しては有利であるが、クレンチングあるいはグライディングといったいわゆる食いしばりに対しては不利であることを念頭に置きたい。審美を重視する歯冠補綴に際して、その審美性や経済性のみならず、こうした観点からの補綴物の選択も考慮すべきであると思われる。

V. 結 論

硬質レジン前装冠の欠点を克服し、新素材に対応した新しい前装冠を確立することを目的とした一連の研究の第 1 段階として、合着材が前装冠の剛性に及ぼす影響についてメタルフレームあるいは前装レジン表面のひずみを測定して検討した結果、以下の結論を得た。

1. 衝撃を 100 回加えた後の静荷重によるひずみ量は、合着材の種類を問わず衝撃を加えないものに比べ増加した。

2. 部位や合着材の種類を問わずひずみの大きさと静荷重の大きさはほぼ比例した。

3. パナビア EX で合着したものはフィットチェッカーで合着したものよりひずみ量が小さかった。

4. 衝撃荷重によるひずみ量は部位によっては静荷重の約 1.5~4 倍の大きさであったが、差がみられない部位もあった。

5. 以上より、冠と支台とが接着しており、かつ合着材の圧縮強さが大きければ同じ形態の前装冠であっても、剛性が向上することが確認された。

稿を終えるにあたり、本研究に際し終始ご懇篤なるご指導、ご校閲を賜りました長崎大学歯学部歯科補綴学第 1 講座熱田 充教授に深甚なる感謝の意を表するとともに、ご協力頂いた同講座の諸先生に厚くお礼申し上げます。

また貴重なご助言を賜った、同歯学部付属病院中央技工室主任永野清司氏に深謝いたします。

文 献

- 1) 増原英一：歯科技工を技術革新する光重合型レジン，QDT，9：560~567，1984。
- 2) 中林宣男，熱田 充：臨床上の問題点，中林宣男，熱田充著，歯冠用硬質レジン—その性質と使用法—，53~96，医歯薬出版，東京，1979。
- 3) 熱田 充：硬質レジンの現在，熱田 充ほか編，硬質レジンの臨床，2~8，医歯薬出版，東京，1987。
- 4) 熱田 充：硬質レジン前装冠，中林宣男ほか編，QDT 別冊 硬質レジンの世界—その基礎・臨床・技工—75~90，クインテッセンス出版，東京，1989。
- 5) 吉田圭一：光重合型硬質レジンの重合性に関する研究 第 1 報 重合条件の影響について，補綴誌，32：692~705，1988。
- 6) 吉田圭一：光重合型硬質レジンの重合性に関する研究 第 2 報 フィラー，増感剤系の影響について，補綴誌，32：1283~1291，1988。
- 7) 松村英雄，川原光正，田中卓男ほか：カプセル化二酸化チタンを応用した 4-META/MMA-TBB オパークレジン の諸性質，歯材器，7：27~32，1988。
- 8) Matsumura, H. and Nakabayashi, N.: Adhesive 4-META/MMA-TBB Opaque resin with Poly (methyl methacrylate)-coated Titanium Dioxide, J Dent Res, 67: 29~32, 1988。
- 9) 吉田圭一：光重合型硬質レジンの重合性に関する研究 第 3 報 オパークレジン の接着強さへの影響について，補綴誌，33：70~81，1988。
- 10) 吉田圭一，松村英雄，田中卓男ほか：チタネート系カップリング剤を応用した二酸化チタン—高分子複合体の諸性質，歯材器，8：629~635，1989。

- 11) 石井 恒：ジャケット・クラウンの変形および破折の機構に関する実験的研究，歯科学報，68：1571～1604，1968.
- 12) 坂口邦彦：ポーセレンクラウンの衝撃的および静的荷重時のひずみについて，歯科医学，38：136～164，1975.
- 13) 湖城維新：陶材溶着鑄造冠のひずみと破折についての研究—とくに Facial veneer type と Full veneer type との比較—，歯科医学，41：147～168，1978.
- 14) 沖本公絵：上顎前歯部ポーセレンジャケットクラウンの咬合応力分布，九州歯会誌，36：504～530，1982.
- 15) 今井敬晴：接着性レジンに関する研究（第3報）—新しいオペークシステムについて—，32・第80回特別号：34，1988.
- 16) 清水博史，高木明夫，森口茂樹ほか：前歯部接着ブリッジの接着強度に及ぼすウィング厚さの影響，補綴誌，30：27～31，1986.
- 17) 清水博史，高木明夫，森口茂樹ほか：前歯部接着ブリッジの接着強度に及ぼすウィングの形状の影響，補綴誌，30：392～397，1986.
- 18) 中林宜男，友田浩三，松村英雄：合金被着体の形状と接着強さの関係についての基礎的研究，歯材器，6：422～425，1987.
- 19) 前田芳信，森 正文，堤 定美ほか：接着ブリッジの設計に関する力学的検討 第1報 メタルフレームの厚さならびに形態が曲げ剝離荷重量に与える影響，補綴誌，30：279～283，1986.
- 20) 前田芳信，森 正文，堤 定美ほか：接着ブリッジの設計に関する力学的検討 第2報 メタルフレームの設計条件に関する有限要素解析，補綴誌，30：920～928，1986.
- 21) 森 正文，堤 定美，前田芳信ほか：接着ブリッジの設計に関する力学的検討 第3報 剪断荷重下における接着強さ，補綴誌，31：916～922，1987.
- 22) Shinohara, N. : Fracture Mechanics Analysis of the Durability of Resin-Bonded Bridge—The effect of Resin Bonded Bridge Design Parameters on Crack Growth along Adhesive Layer, Dent Mater J, 7 : 62～73, 1988.
- 23) 増原英一，榊田屋眞一：接着性レジンによる支台へのジャケット冠の合着—接着による耐衝撃性向上効果—，歯科技工，15：652～661，1987.
- 24) Brown, M.H. and Sorensen, S.E. : Aluminous porcelain and its role in fixed prosthodontics, J Prosthet Dent, 42 : 507～514, 1979.