

原 著

接着強化システムロカテック™の磁性アタッチメントへの応用

東野嘉文 瀧田史子 苦瓜明彦 岩堀正俊 都尾元宣

Effect of Rocatec System on Magnetic Attachment

HIGASHINO YOSHIFUMI, TAKITA FUMIKO, NIGAUARI AKIHIKO, IWAHORI MASATOSHI and MIYAO MOTONOBU

磁性アタッチメントは、多くの臨床で多様な症例に利用され義歯の維持装置として高い評価を得ている。さらに、即日応用が可能であることから、義歯修理に適している。この時、従来型キーパーと支台築造用コンポジットレジン接着強度が重要になってくる。

しかし、磁性ステンレスへの接着強度に関する報告がほとんどみあたらない。

そこで、磁性ステンレスの接着強度について検討を加えると共に、表面にシリケート層を形成し、耐久性のある接着が得られる接着強化システムロカテックに着目し、このシステムを使用した接着強度への影響、およびその破断面の性状について比較検討した。

各種表面処理条件を施し、引張試験と圧縮剪断試験の基礎実験を行った。引張試験と剪断試験の結果、ロカテックが最高値を示した。

このことから、ロカテックは引張、剪断接着強さにも大きく影響することが考えられ、接着性向上に適していると示唆された。

キーワード：磁性アタッチメント、ロカテック、接着強さ、常温重合レジン、支台築造用コンポジットレジン

Magnetic attachments are used in various cases at a large number of clinics and are highly rated as denture retainers.

Being able to be used in one-day treatment, magnetic attachments are suitable for repairing dentures. In such cases, the bonding strength between the abutment construction composite resin and conventional keeper becomes important.

However, reports concerning bonding strength with magnetic stainless steel are almost never seen.

Therefore, in addition to investigating the bonding strength with magnetic stainless steel focused on Rocatec-System, which forms a silica layer on the surface and obtains durable bonding strength, we conducted a comparative study of the effects using Rocatec-System and their fracture surfaces.

We applied various surface treatments then performed a tensile test and compression shear test. In the tensile test and in the compression shear test, the result for Rocatec was the maximum value.

Key words: magnetic attachment, Rocatec system, bonding strengths, curing acrylic resin, abutment composite resin

緒 言

磁性アタッチメントは、平面同士で指向性がないため着脱方向に制限がなく、インプラントや他のアタッチメントとの組み合わせも可能であることから、可撤

性義歯の支台装置として広く用いられている。また、他の支台装置に比べ機構が単純なために義歯の修理として即日応用も可能であることから、臨床で多様な症例に利用されている¹⁻³⁾。

義歯の修理として即日応用する際、従来型キーパー

朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科補綴学分野
501-0296 岐阜県瑞穂市穂積1851
Department of Prosthodontics, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation

Asahi University School of Dentistry
Hozumi 1851, Mizuho, Gifu 501-0296, Japan
(平成23年8月25日受理)

と支台築造用コンポジットレジン接着強度が重要になってくるが、磁性ステンレスへの接着強度に関する報告はほとんどみあたらない。また、義歯床から磁性アタッチメントの脱落が度々みられる。この改善として中村ら⁴⁾は、磁石構造体にサンドブラスト処理と金属接着材の併用が効果的であると報告している。しかし、ブラスト処理は接着強さの向上に有用であるが、処理後の被着面にブラスト粉末が残存し、これらの表面付着物によって接着強さは減少されるという報告もある⁵⁾。

そこで本研究では、アルミナ粉末表面にSiをコーティングし、ブラスト処理により被着体表面にシリケート層を形成して、リテンション不要で耐久性のある接着が得られる接着強化システムロカテック^{6,7)}に着目し、表面処理による接着強度への影響を検討した。

すなわち、実験1として、磁性アタッチメントと常温重合レジンの接着強度への影響を、引張試験と圧縮剪断試験の基礎実験を行い、機械的強度と破断面とを比較し検討した。次に実験2として、キーパーと支台築造用コンポジットレジンの接着強度への影響を実験1と同様に検討し、接着性レジンセメントを用いた場合における接着強度への影響についても検討した。

材料および方法

実験1

1. 材料

測定に用いた試片の材料および表面処理の方法は、磁石構造体にマグフィット DX600 (愛知製鋼社製)、常温重合レジんにユニファスト No. 8 (GC 社製) を用いた。表面処理の材料にアルミナサンドブラストはハイアルミナ (松風社製)、歯科用金属接着剤はメタルプライマー II (GC 社製)、接着強化システムとしてロカテックジュニア (3M 社製) とそのパウダーであるロカテックソフト (粒径 $30\mu\text{m}$) とロカテック

表1. 実験1の実験材料

	商品名	製造元
磁石構造体	マグフィットDX600	愛知製鋼
常温重合レジン	ユニファストNo. 8	GC
金属接着剤	メタルプライマーII	GC
アルミナサンドブラスト	ハイアルミナ	松風
接着強化システム	ロカテックジュニア	3M
シリカコーティング	ロカテックソフト($30\mu\text{m}$)	3M
アルミナ粉末	ロカテックプラス($110\mu\text{m}$)	3M
シランカップリング剤	エスペ・ジル	3M

プラス (粒径 $110\mu\text{m}$) をそれぞれ用いた (表1)。

2. 方法

図1に示すように各種表面処理条件 (表2) によって処理を施した磁石構造体の面 (直径 3.6mm) に、常温重合レジンをポリエステルストリップス (GC 社製) で製作した高さ 5mm 、内径 3.6mm の筒に填入し、円柱状になるよう接着し引張試験の試片とした。

アルミナサンドブラスト処理のみ施したもの (以下、Sと略す)、アルミナサンドブラスト処理と金属接着剤により被着面処理したもの (以下、SMと略す)、ロカテックソフトにより被着面処理したもの (以下、R30と略す) と、ロカテックプラスにより被着面処理したもの (以下、R110と略す) の4種類とした。

なお、ロカテックにおいては、メーカー指定の圧力 2.8MPa 、噴射距離 10mm 、処理時間 13秒 の条件でそれぞれの試片に噴射した直後、シランカップリング剤としてエスペ・ジルを塗布し 5分 間放置した。

圧縮剪断試験は、磁石構造体を常温重合レジんで包埋後、引張試験と同様に試片を製作した。なお、試片は、各試験共にそれぞれ 5 個ずつとした。

引張試験、圧縮剪断試験は、図2に示した自家製治具を用いて行った。すなわち、万能引張圧縮試験機ストログラフ W (東洋精機社製) を用いて、両試験ともに荷重 50kg 、クロスヘッドスピード $1\text{mm}/\text{min}$ の条件下で破断時の荷重を求めた。これを被着面積で除して接着強さを算出し、測定値から各条件間における有意差の検定を一元配置分散分析で行い、多重比較検定は Bonferroni 検定を用い、 $P < 0.05$ で有意差有りとした。また、測定終了後に実体顕微鏡 BX51M (オリ

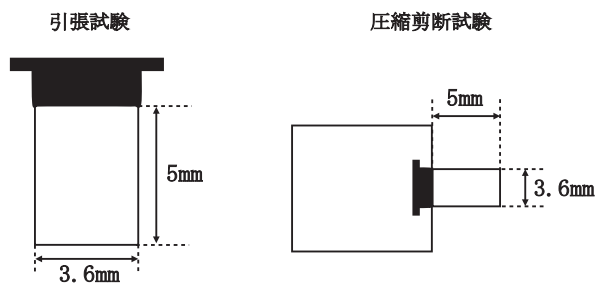


図1. 実験1の各試験用試片

表2. 実験1の磁石構造体の表面処理条件とその略号

表面処理条件	略号
サンドブラスト($30\mu\text{m}$)のみ	S
サンドブラスト($30\mu\text{m}$) + メタルプライマー	SM
ロカテックソフト($30\mu\text{m}$) (+シラン処理)	R30
ロカテックプラス($110\mu\text{m}$) (+シラン処理)	R110

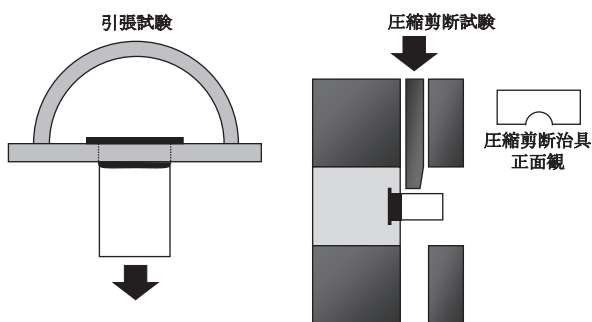


図2. 実験1の方法の模式図

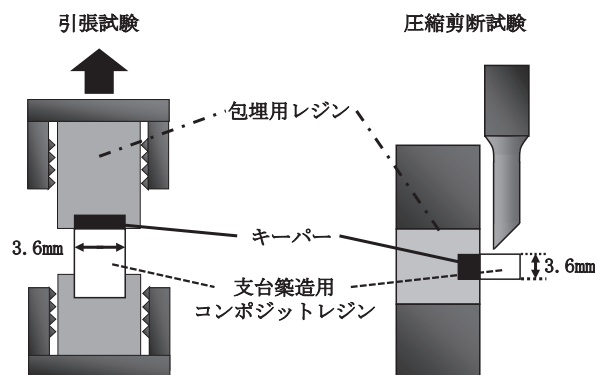


図3. 実験2の方法の模式図

ンパス社製)で破断面の観察を行った。

実験2

1. 材料

測定に用いた試片の材料および表面処理と接着条件の材料には、キーパーにAUM20(愛知製鋼社製)、支台築造用コンポジットレジンはクリアフィルフォトコア(クラレメディカル社製)、試片の包埋には、ユニファストNo.8を用いた。表面処理の材料として、金属接着剤はメタルプライマーII、アルミナサンドブラストはハイアルミナ、接着強化システムのロカテックジュニアとそのパウダーであるロカテックソフト(粒径30 μ m)をそれぞれ用いた。

また、接着条件の材料として、接着性レジンセメントのパナビアフルオロセメント(クラレメディカル社製)とスーパーボンドC&B(サンメディカル社製)を用いた(表3)。

2. 方法

これらの材料から、引張試験、圧縮剪断試験ともにキーパーを常温重合レジンで包埋し、接着する直径3.6mmの面に、メーカー指定の条件で各種表面処理を行った。その面にポリエステルストリップス(GC社製)で製作した高さ5mm、内径3.6mmの筒に支台築造用コンポジットレジンを填入し、多方向から光照射を行い円柱状になるよう重合、接着し試片とした(図

3)。また、接着するのに接着性レジンセメントを用いたものものでは、支台築造用コンポジットレジンを高さ5mm、内径3.6mmの円柱状に別に重合しておき、接着性レジンセメントを用いてキーパーの面に接着し試片とした。

表面処理条件は、コントロール(表面処理未処理)(以下、UTと略す)、サンドブラスト(30 μ m)のみ(以下、Sと略す)、サンドブラスト+メタルプライマー(以下、SMと略す)、ロカテックソフト(R30)の4種類とした(表4)。

次に、接着条件では、コントロール(接着材を用いないで接合したもの)(以下、+UTと略す)、パナビアフルオロセメントで接着(以下、+Pと略す)、スーパーボンドC&Bで接着したもの(以下、+Sと略す)の3種類とした(表5)。試片はそれぞれ3個ずつとした。

測定方法は、引張試験と圧縮剪断試験を行い、各試験ともに静的材料試験機EZ Graph(島津製作所社製)を用い、条件を荷重500N、クロスヘッドスピード1.0mm/minの条件下で破断時の荷重を求め、これを被着面積で除して、接着強さを算出(n=3、統計処理なし)した(図3)。

また、測定終了後に実体顕微鏡BX51Mで破断面の

表3. 実験2の実験材料

	商品名	製造元
キーパー	キーパー (AUM20)	愛知製鋼
支台築造用コンポジットレジ	クリアフィルフォトコア	クラレメディカル
金属接着剤	メタルプライマーII	GC
アルミナサンドブラスト	ハイアルミナ	松風
接着強化システム	ロカテックジュニア	3M
	ロカテックソフト(30 μ m)	3M
接着性レジンセメント	パナビアフルオロセメント	クラレメディカル
接着性レジンセメント	スーパーボンドC&B	サンメディカル

表4. 実験2のキーパーの表面処理条件とその略号

表面処理条件	略号
コントロール(未処理)	UT
サンドブラスト(30 μ m)のみ	S
サンドブラスト(30 μ m)+メタルプライマー	SM
ロカテックのみ ロカテックソフト(30 μ m)	R30

表5. 実験2のキーパーへの接着条件とその略号

接着条件	略号
コントロール(接着材未使用で接合したもの)	+UT
パナビアフルオロセメント	+P
スーパーボンドC&B	+S

観察を行った。

結 果

実験 1

引張試験の測定値から接着強さを算出した結果、SとSM、SとR110、SMとR110、R30とR110に有意に差が認められ、Sは5.4MPaで最小値を示した(図4)。SMは8.8MPa、R30は6.9MPa、R110は13.8MPaとなり、R110が最高値を示したのに対し、R30は、SMより低い値を示した。

圧縮剪断試験から算出した接着強さは、SとSM、SとR110、SMとR110、R30とR110に有意に差が認められた。また、引張試験と同様にSは5.5MPaと最

小値を示し、SMは9.7MPa、R30は7.1MPa、R110は17.6MPaとなった。R110が最大値で、R30がSMより低い値を示した(図5)。

また、各試片における破断面像の観察では、両試験共に、SとSMの破断面は界面剥離像を呈しており、凝集破壊像と疑わしいのがR30とR110に見られた(図6)。

実験 2

引張試験の測定値から接着強さを算出した結果、表面処理条件のみでは、R30が最大値を示し、UTが最小値となった。接着条件が加わった場合、+UTでは、UT+UTが1.3MPaと最小値を示し、R30+UTが5.0

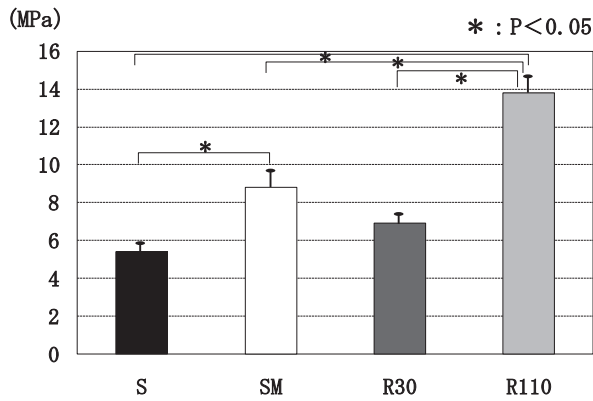


図4. 実験1の引張試験の接着強さ

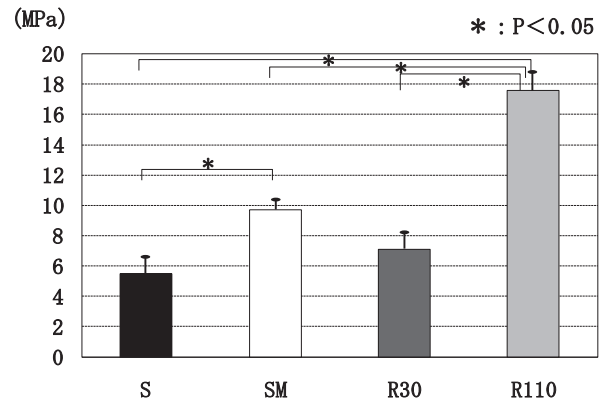
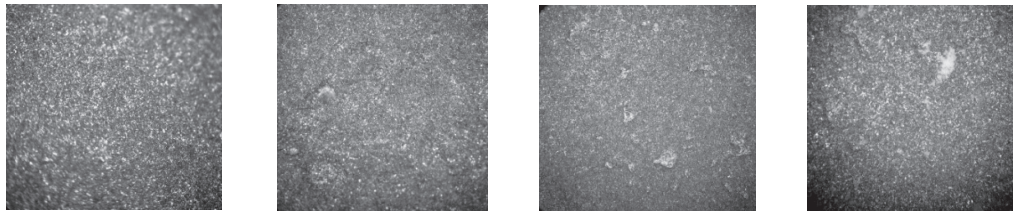


図5. 実験1の圧縮剪断試験の接着強さ

A

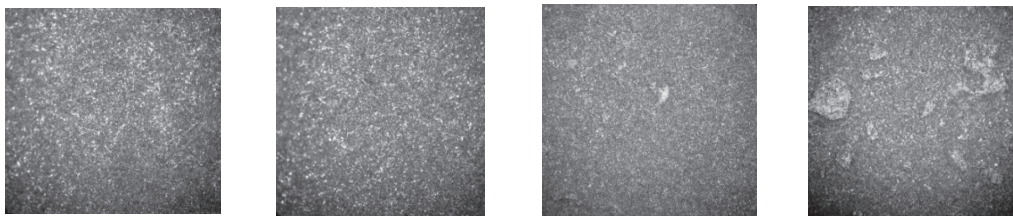


S

SM

R30

R110



B

×10

図6. 実験1の各試片の破断面
A: 引張試験 B: 圧縮剪断試験

MPaと最大値を示した。+Pの場合は、UT+Pが3.4MPaと最小値を示し、SM+Pが9.4MPaと最大値を示した。+Sの場合は、UT+Sが4.6MPaと最小値を示し、R30+Sが11.4MPaと最大値を示した(図7)。

圧縮剪断試験も引張試験と同様に接着強さを算出した結果、表面処理条件のみでは、R30が最大値を示し、UTが最小値となった。接着条件が加わった場合、+UTでは、UT+UTが1.2MPaと最小値を示し、R30+UTが11.1MPaと最大値を示した。+Pの場合は、UT+Pが2.2MPaと最小値を示し、R30+Pが11.6MPaと最大値を示した。+Sの場合は、UT+Sが

4.0MPaと最小値を示し、R30+Sが18.4MPaと最大値を示した(図8)。

また、引張試験の各試片における破断面像の観察では、UTの全てとS+UT、SM+UTは界面破壊像を示し、S+P、SM+P、S+S、SM+S、R30+UTでは界面破壊と凝集破壊の混在像がみられた。一方、R30+P、R30+Sでは、支台築造用コンポジットレジンの凝集破壊像がみられた(図9)。

圧縮剪断試験の破断面像の観察では、全てに引張試験同様の破断面像が確認された(図10)。

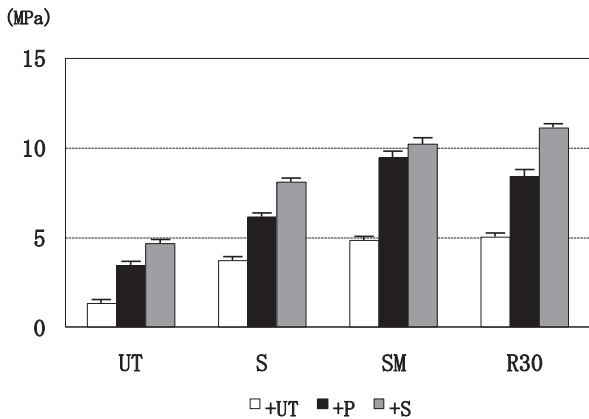


図7. 実験2の引張試験の接着強さ

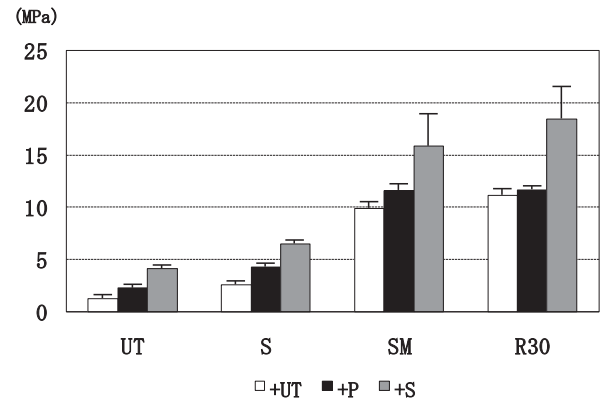


図8. 実験2の圧縮剪断試験の接着強さ

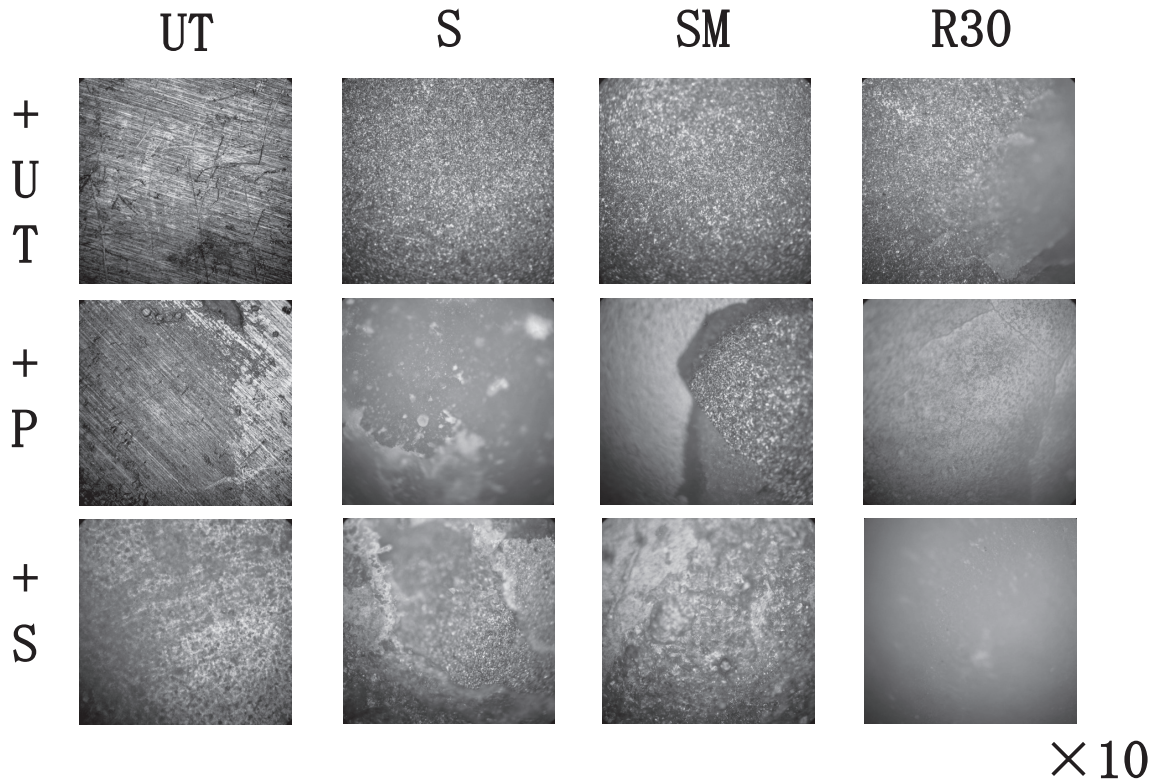


図9. 実験2の引張試験の各試片の破断面

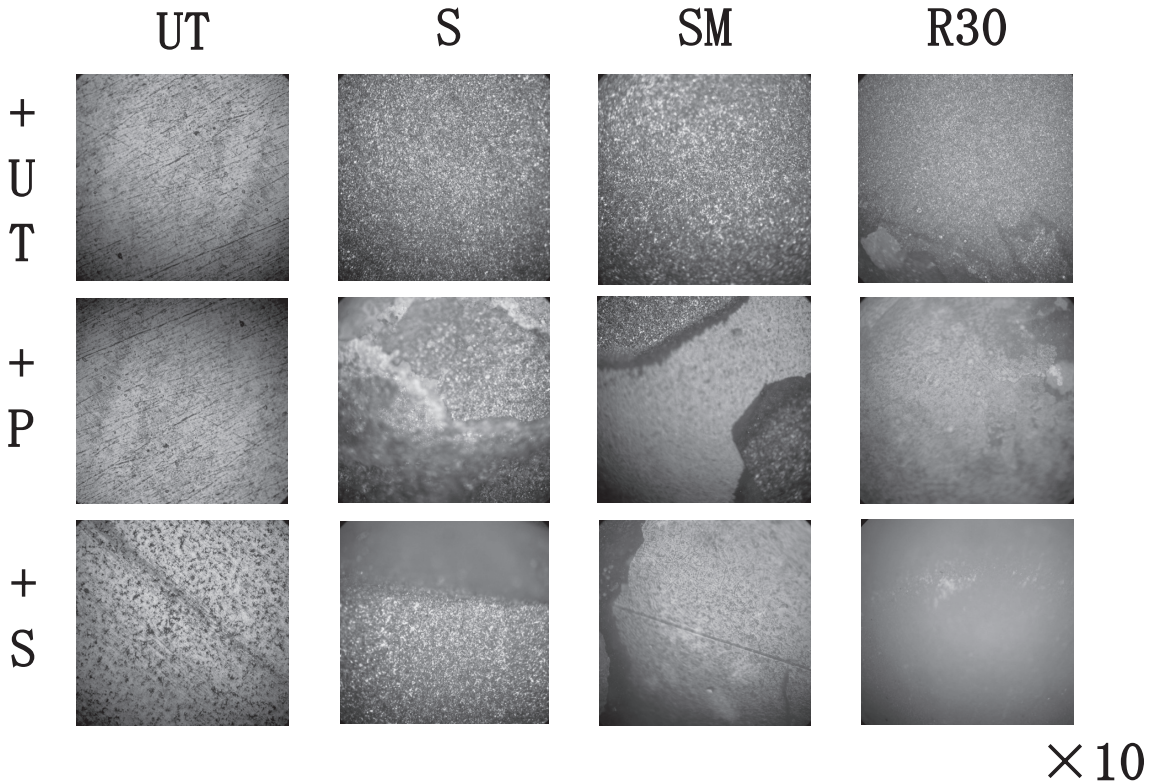


図10. 実験2の圧縮剪断試験の各試験片の破断面

考 察

実験1

1. 実験方法について

今回は、磁石構造体の表面処理によって接着強さなどのように影響するかのみを検討することとした。

歯科材料の接着強さを評価する時には、引張試験か、剪断試験が用いられることが多い。引張試験は、計測時に治具の精度や加える荷重の方向の規制が容易でなく、微妙なずれが生じ結果に影響するという欠点も指摘されている⁸⁾。そのため、表面処理の優劣を明確にするには、測定値のばらつきが小さく不確定因子の影響が少ない剪断試験を採用し、引張試験を比較として両者を採用した。

2. 実験結果について

臨床において、義歯装着後に義歯床から磁性アタッチメントの脱落が度々みられる。これらの原因は、野崎ら⁹⁾によると磁石構造体周囲におけるレジンの力学的な強度不足により、機能時の荷重によって義歯の破折が起きたため脱落するものと報告されている。

その一方で、我々は磁石構造体とレジンの強固な接着が得られることが、磁石構造体の義歯床からの脱落を防止できるかに着目し検討した。

口腔内では、磁石構造体に常温重合レジンをを用いて

義歯床に結合するのが一般的であるが、レジンとの接着強さの向上を目的とした表面処理方法には、主にサンドブラスト処理に見られる機械的嵌合力に期待するものと、金属接着剤による化学的結合に期待するものと、酸化被膜を利用する方法がある。しかし、磁石構造体のステンレス鋼は、含有されているクロムが酸素と反応して比較的酸化被膜を容易に形成するために、酸化被膜形成処理は必要としないため、機械的嵌合力や化学的結合を向上させることが接着強さの主目的となる。

接着強化システムのロカテックは、シリカコーティングされたアルミナを、専用のサンドブラスト処理装置により被着面に吹き付けてシリカ層を被着面に残留させ、シランカップリング材を介してレジンとの接着を生じさせるので接着強さの向上が期待される。

今回の結果から、引張試験では、Sが5.4MPaなのに対してSMが8.8MPa、R110においては13.8MPaと3倍にも達した。これは、圧縮剪断試験についても同じことが言え、ロカテック処理が磁石構造体の義歯床への接着に対して、極めて有効な処置であることが言える。

すなわち、磁石構造体とレジンの強固な接着が得られることは、磁石構造体の義歯床からの脱落を防止できると共に、磁石構造体部に起こる応力の集中によ

る義歯の破折も防ぐことができると示唆された。

3. 破断面の観察について

清水ら⁸⁾によると肉眼的な破断面の観察は、金属とレジンの結合の状態を評価する指標になり得ないとしている。そこで、今回は実体顕微鏡 BX51M により10倍の拡大率で観察を行った。

レジンの場合は、薄くなると金属色が透過し正確な判断をするのが困難である可能性も否定できないが、SとSMの観察結果では、レジンが明確には観察できなかったため界面剥離とした。一方で、R30とR110では、凝集破壊と疑われる像が多々認められ、ロカテックの有用性が示唆された。しかしながら、ロカテックは特に水分の存在により効果を失うため、今後は、色素浸入試験などによる界面からの水の拡散の観察も検討する必要があると考える。

実験2

1. 実験方法について

試片製作において、多方向の光照射は、支台築造用コンポジットレジンの重合不足を減少し、セメントの機械的性質への影響を防ぐことができる。

2. 実験結果について

実験結果から、引張試験や圧縮剪断試験での UT における全ての接着強さは最低であり、破断面像においては、全てが界面破壊像を呈した。このことからキーパーとクリアフィルフォトコアとの接着強度は弱いと考えられる。一方、R30のみに単独の凝集破壊像がみられることから、R30は最も接着強度を向上させ、ステンレス鋼と支台築造用コンポジットレジンの接着性向上に適していると考えられる。

赤川ら¹⁰⁾や大橋ら¹¹⁾の報告によると、クリアフィルフォトコアにおけるスーパーボンドとパナビアフルオロセメントの接着強度の比較において、スーパーボンドの方が接着強度は高いとしているが、今回の研究でも、それと同様な結果が得られた。支台築造用コンポジットレジンの重合不足が、セメントの機械的性質に影響がでるため光照射を多方向からとし、キーパー中心部は光照射の深度からみても十分到達できることから、キーパーに表面処理を行うことにより接着強度が向上し、その接着には、接着性レジンセメントを用いることで、更に接着強度が増す事がわかった。その中でも R30においては、接着強度が両試験ともに最大であり、このことから、キーパーと支台築造用コンポジットレジンの接着に最も有効であると示唆され、直接支台歯にキーパーを装着することが可能ではないかと考える。また、メタルコーピングの場合での鑄接時に金属収縮が起り、キーパーの変形が生じてしまうこ

と、また、接合部に酸素を固溶した反応層と間隙があるために生じる腐食など^{2,12,13)}を、支台築造用コンポジットレジンを使用することによって避けられると考える。

今回、実験結果に対して統計処理を行っていないが、これは試料数が3個と少ないため、統計処理の必要性がないと判断した。このように、少ない試料数は生データにおいての差を重視していくことが重要である。しかし、今後試料数を増やしていき、その結果に対する統計処理をしていく必要があると考える。

3. 破断面の観察について

実験1同様に実体顕微鏡 BX51M にて破断面の観察を行った。S+P, SM+P, S+S, SM+S, R30+UT における界面破壊と凝集破壊の混在像において、支台築造用コンポジットレジンと接着性レジンセメントのどちらの境界であるかが明瞭に観察できなかった。これは、実験1と同様に色素侵入試験からの検討も必要であったと考える。

結 論

実験1

新しい接着強化システムのロカテックが、磁性ステンレスと常温重合レジンの接着強度において、どのような影響を及ぼすかについて各種表面処理とで比較検討し、以下の結論を得た。

1. 各表面処理条件において、接着強さが最高値を示したのが R110のロカテック処理であり、サンドブラスト+メタルプライマー処理よりも有用であることが分かった。
2. 引張試験と圧縮剪断試験の結果では、圧縮剪断試験の方が大きい値を示した。

実験2

新しい接着強化システムのロカテックが、キーパーと支台築造用コンポジットレジンの接着強度においてどのような影響を及ぼすかについて、各種表面処理を行い、接着性レジンセメントによる接着条件とで比較検討し、以下の結論を得た。

1. 表面処理条件のみにおいては、引張、圧縮剪断試験ともに R30が最高値を示した。
2. 両試験共に接着性レジンセメントで接着した場合、すべてにおいて接着強度は向上した。その中でも+Sにおいては最大値を示した。
3. 破断面像では、R30+P, R30+Sのみが支台築造用コンポジットレジンでの凝集破壊像がみられた。

以上の結果から、接着強化システムロカテックは、引張、剪断接着強さにも大きく影響することが考えら

れ、接着性向上に適していると示唆された。

また、キーパーと支台築造用コンポジットレジンの接着強度においては、表面処理ではロカテック、接着ではスーパーボンドを使用することが、最も接着強度を向上させ、接着性向上に適していると示唆された。

文 献

- 1) 城戸寛史, 鱒見進一, 有田正博, 竹屋克昭, 千草隆治, 守川雅男. 磁性アタッチメント (マグフィット600) の臨床応用に関する統計的調査. 日磁歯誌. 1994; 3: 44-52.
- 2) 森戸光彦, 長谷川欽司, 平野 進, 山田健治, 水野行博, 細井紀雄, 平澤 忠. 磁性アタッチメント用キーパーの臨床的観察. 日磁歯誌. 1996; 5: 45-50.
- 3) 大谷隆一郎, 瀧田史子, 岸井次郎, 苦瓜明彦, 岩堀正俊, 東野嘉文, 山内六男, 都尾元宣. マグフィット400・600の臨床的観察. 岐歯学誌. 2006; 33: 33-37.
- 4) 中村好徳, 田中貴信, 石田 隆, 岸本康男, 金澤 毅, 出崎義規, 佐藤 徹, 松本一幸, 今泉 章, 本蔵義信. 磁性アタッチメント「マグフィット」の脱落防止に関する基礎的検討. 日磁歯誌. 1998; 7: 52-58.
- 5) 近藤康弘, 浦本利生, 山下 敦. 歯科接着性レジンパナビアEXの歯科合金に対する接着強さ. 補綴誌. 1984; 28: 587-598.
- 6) GUGGENBERGER N. Das Rocatec-System. Haftung durch trobo-chemische Beschichtung. *Dtsch Zahnarztl Z.* 1989; 44: 874-876.
- 7) 井野 智, 豊田 實, 新谷 忠, 田村年彦, 柴田武士, 渥美美穂子, 浜野奈穂. 歯科用合金と前装用硬質レジンの接着強さに及ぼすシリカ・コーティング法の効果. 補綴誌. 2003; 47: 292-300.
- 8) 清水博史, 羽生哲也, 高橋 裕, 中 四良, 稲永昭彦, 武内哲二. 金属接着性プライマーのパーシャルデンチャーへの応用. 第1報 金銀パラジウム合金と流し込み型床用レジンの接着. 補綴誌. 1994; 38: 191-197.
- 9) 野崎乃里江, 田中貴信, 出崎義規, 岸本康男, 佐藤 徹, 中村好徳, 長谷川信洋, 田中茂生. 磁性アタッチメントのレジン義歯床の曲げ強さに及ぼす影響. 日磁歯誌. 1999; 8: 63-69.
- 10) 赤川裕俊, 高田恒彦, 二階堂徹, 田上順次. レジンセメントとコア用レジンとの接着強さ—シラン処理の効果—. 日歯保存誌. 2000; 43: 47-52.
- 11) 大橋博文, 河野博史, 吉岡 崇, 迫口賢二, 嶺崎良人, 鬼塚 雅, 田中卓男. マグネットアタッチメントにおけるキーパーを支台歯へ直接固定する方法の研究—第1報—ポストキーパーと築造用コンポジットレジンの接着強さ—. *Adhes Dent.* 2004; 22: 237-244.
- 12) 出崎義規, 岸本康男, 田中貴信, 中村好徳, 金澤 毅, 鈴木治生, 荒井一生, 本蔵義信. 磁性アタッチメントキーパーの腐食に対する実験的検討. 日磁歯誌. 1996; 5: 67-73.
- 13) 浅野彰夫, 山内六男, 堺 誠, 都尾元宣, 長澤 亨. 磁性アタッチメント用キーパーと金銀パラジウム合金との鑄接 第2報 鑄造方法の影響. 補綴誌. 2000; 44: 410-415.