

試作FRPを応用した支台築造に関する研究

細野直子

Abutment Build Up Using Prototype FRP

Naoko HOSONO

Traditionally, in case of abutment build up, casting metal core or resin core combination with ready-made metal post were used. However, it is pointed out that stress concentration is created at the tip of metal post because of the difference in the modulus of elasticity between the metal and the tooth, and that can cause root fracture. In recent years, abutment build up using fiber reinforced plastic (FRP) is noticed, since FRP has similar modulus of elasticity to human tooth.

The purpose of this study is to pursue the appropriate abutment build up using core resin combination with the FRP. For this experiment, prototype FRP, five kinds of core resins and human extracted teeth were used. The shear bond strength of the each core resin to the prototype FRP was examined before and after thermo cycling by compression shear bonding test. Next, the pulling-out strength of the prototype FRP using each core resins to the root canal of human teeth was examined before and after thermo cycling. Moreover, the fractured surfaces of specimens after pulling-out test were observed.

The results were as follows :

1. The shear bond strength of the light polymerizing-type resins and the dual polymerizing-type resins to prototype FRP were higher than that of the chemical polymerizing type-resins, and decreased little by thermo cycling.
2. In the experiment using human extracted teeth, the pulling-out strength of prototype FRP using the dual polymerizing-type resins were higher than that using the chemical polymerizing-type resins.
3. When specimens after pulling-out test were observed, in the dual polymerizing-type resins complex failures were often observed, while in the chemical polymerizing-type resins interface failures between resin and dentin were observed with high frequency.

From the mentioned above, it is suggested that the dual polymerizing-type resins are suitable for the abutment build up using this prototype FRP combination with core resin.

Key words : FRP, core resin, shear bond strength, pulling-out strength

緒 言

日常臨床において、根管充填を行った無髄歯に歯冠補綴を行う際には、支台築造を施す機会が極めて多い。従来より、支台築造としては鑄造によるメタルコア法や金属ポストを併用したレジン築造法が一般的に行われている。しかしながら、金属と歯質の弾性係数の違いからポスト先端部に応力が集中し、歯根破折の原因となることが指摘されている¹⁻³⁾。また接着技法の発達により、築造用レジン単体での支台築造法も応用されるようになってきたが、予後は残存歯質量に左右される⁴⁻⁷⁾ため、応用できる症例は限定される。

そこで近年、金属にかわるポストの素材として、歯質と弾性係数の近似したファイバー補強型プラスチック（以下FRPと略記）を用いた支台築造法が注目されている⁸⁻¹²⁾。FRPの応用については、ポストの形状に関する研究¹³⁾、既製ファイバーポストを用いたレジン築造支台の有限要素法による応力解析¹⁴⁾、間接法によるポストコア作製法についての研究¹⁵⁾などが行われている。しかしながら、FRPの表面処理や築造用レジンとの接着に関する報告は少ない^{8,16,17)}。

FRPを応用した支台築造を成功させるためには、FRP、築造用レジンおよび歯質の三者を一体化させることが重要と考えられる。そこで今回、適切なFRP併用レジン支台築造法を追究するために、試作FRP、各種築造用レジンおよびヒト抜去歯を用いて、それぞれの材料間の接着強さについて、圧縮剪断接着試験、引き抜き試験およびサーマルサイクル試験を行って検討した。

材料と方法

1. 実験材料

実験は試作FRP、支台築造用レジンおよびヒト抜去歯を用いて行った。今回の実験に用いたFRPおよび築造用レジンを表1に示す。

今回の実験に用いたFRPに含有されているファイバーは直径9 μ mのグラスファイバー（Tガラス、日東紡）で、引張弾性率が84.3GPa、引張強度が4.65GPa、密度が2.49g/cm³である。マトリックスは医療用材料のノボラック系ビニルエス

表1 実験材料

FRP T-glass(Nittobo)	Lot No. TCG 110 1. OZ
支台築造用レジン	Lot No.
Clearfil photo core (Kurarey)	1484AA
Clearfil DC core (Kurarey)	11432S
Unifil core (GC)	304222
Clearfil core new bond (Kurarey)	Universal paste : 2608A Catalyst paste : 2437A
Core max II (Densply-Sankin)	372-541

テル樹脂（プロミネートH8100、ジャパンコンポジット）で、この樹脂は引張弾性率が3.8GPa、引張強度が65MPa、密度が1.18g/cm³である。山脇ら¹⁸⁾の解析によると、このFRPの弾性係数は繊維に垂直方向で17.2GPa、繊維方向で49.8GPa、引張弾性率3.8GPaである。なお直径6.0mmのものは圧縮剪断接着試験に、直径1.1mmのものは引き抜き試験に用いた。

築造用レジンには、光重合型レジンのクリアフィルフォトコア（クラレ、以下PCと略記）、デュアルキュア型レジンのクリアフィルDCコア（クラレ、以下DCと略記）とユニフィルコア（GC、以下UCと略記）および化学重合型レジンのクリアフィルコアニューボンド（クラレ、以下NBと略記）とコアーマックスII（デンツプライ三金、以下CMと略記）の5種類を用いた。また、ボンディング材にはクリアフィルライナーボンドII Σ （クラレ、以下LBと略記）を用いた。

ヒト抜去歯は、歯根部に齶蝕のない単根歯を選択した。

2. 実験方法

1) 圧縮剪断接着試験

まず直径6.0mmの円柱状FRPを包埋用レジンで包埋した後、湿式研磨で面出しを行った。次に平均粒径50 μ mのガラスビーズを用いて0.3MPaの圧力下でサンドブラスト処理を10秒間行った後蒸留水中で10分間超音波洗浄したものを被着面とした。この被着面にボンディング材を塗布し、光照射器（JETライト3000、モリタ）で10秒間照射した後、マスキングテープにて被着面を直径6mmに規定した。この被着面に内径6mmのプラスチックチューブを用いて、築造用レジンの高さが3mmになるように注入圧接し、メーカー指示

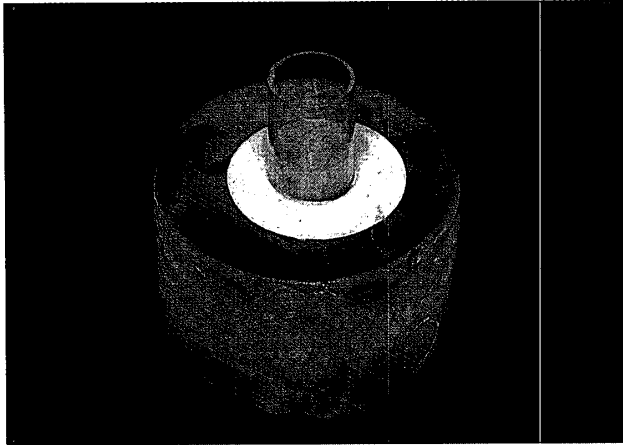


図1 圧縮剪断接着試験用試料

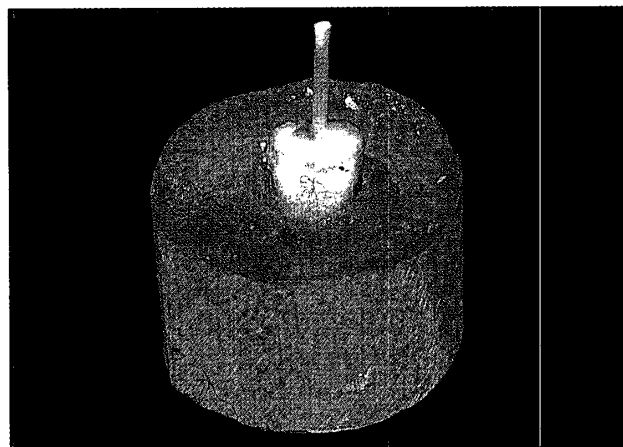


図2 引き抜き接着試験用試料

に従って重合させたものを試料とした(図1)。試料は各築造用レジンとも10個ずつ作製した。

試料の半数すなわち各築造用レジンとも5個は37℃の水中に浸漬し、遮光下で24時間保管した後圧縮剪断接着試験を行った。残りの半数の試料はさらに5℃と60℃の水中、各1分間のサーマルサイクル試験を5000回行った後、試験を実施した。圧縮剪断接着試験は、小型万能試験機(Model-1310DW, アイコーエンジニアリング)を用い、クロスヘッドスピード:0.5mm/minの条件で行った。なお接着強さは、得られた最大荷重値を応力単位に換算して算出した。統計処理は二元配置分散分析を行って有意性を確かめた後、Tukeyの多重比較により差の検定を行った。

2) 引き抜き接着試験

引き抜き接着試験用試料は、直接法によるFRP併用レジン支台築造法を想定し、ヒト抜去歯を用いて作製した。抜去歯は抜歯後6か月以内

で、精製水中に保存した歯根部に齲蝕のない単根歯を使用した。まず歯軸が垂直となるように歯根部を包埋用レジンで包埋した後、歯頸部で歯冠を水平に切断した。次に根管をピーソーリーマーと根管バーを用いて、天川¹⁹⁾の研究を参考にポストの深さが8mm、根管口が直径2mmとなるように形成した。築造用レジンデュアルキュア型および化学重合型の4種類を使用した。

まず形成した根管に、メーカー指示に従ってエッチングおよびボンディング処理を行った。この根管に築造用レジンをしリンジにて填入した後、サンドブラスト処理を行った直径1.1mmの棒状FRPを、歯軸と平行に根管先端まで植立し、メーカー指示通りに重合させたものを試料とした(図2)。なお、試料は各築造用レジンとも20個ずつ作製した。

試料の半数すなわち各築造用レジンとも10個は37℃の水中に浸漬し、24時間保管した後引き抜き接着試験を行った。残りの半数はさらに5℃と60℃の水中、各1分間のサーマルサイクル試験を5000回行った後試験を実施した。

引き抜き接着試験は圧縮剪断接着試験と同様に、小型万能試験機を用いてクロスヘッドスピード0.5mm/minの条件で行った。統計処理は二元配置分散分析を行って有意性を確かめた後、Tukeyの多重比較により差の検定を行った。

また引抜き試験後の試料については、破壊面の様相を肉眼的に観察し、FRPと築造用レジン間での界面破壊、築造用レジンと象牙質間での界面破壊および築造用レジン内での破壊も含んだ混合破壊の3種類に分類した。

結 果

1. 圧縮剪断接着試験

圧縮剪断接着試験の結果を図3および表2に示す。剪断接着強さはサーマルサイクル前では、光重合型のPCが28.7MPaと最も高い値を示し、化学重合型のNBが17.8MPaと最も低い値であった。サーマルサイクル後では全ての築造用レジンで値が低下したが、その傾向に違いが見られた。すなわちデュアルキュア型DCおよびUCでは、サーマルサイクルによる剪断接着強さの低下はわずか

表2 圧縮剪断接着強さの有意差検定

	PC	DC	UC	NB	CM
PC	-	N. S	N. S	**	**
DC	-	-	N. S	**	**
UC	-	-	-	N. S	**
NB	-	-	-	-	N. S

* : significant at P<0.05
 ** : significant at P<0.01
 N. S : not significant

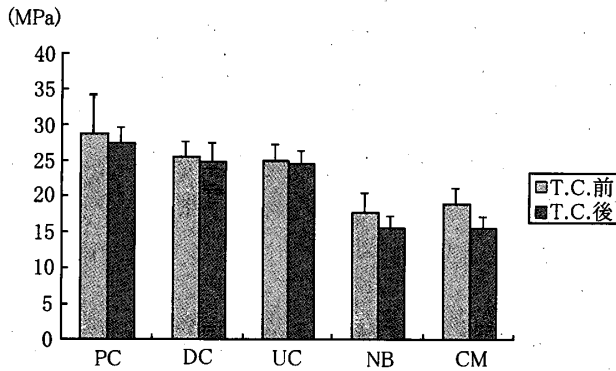


図3 圧縮剪断接着強さ

であり、化学重合型のNBおよびCMで値の低下が顕著であった。二元配置分散分析を行ったところ、築造用レジンの種類については危険率1%以下で、サーマルサイクル試験については危険率5%以下で有意性が認められたが、交互作用は認められなかった。Tukeyの多重比較では、光重合型のPC、デュアルキュア型のDCおよびUCの3種類のレジン間に有意差は認められなかったが、化学重合型のNBおよびCMはPC、DCおよびUCに比べ有意に低い値を示した。

2. 引き抜き接着試験

引き抜き接着試験の結果を図4および表3に示す。サーマルサイクル前の引き抜き強さは、デュアルキュア型のUCが16.8MPaと最も高い値を示し、化学重合型のNBが7.3MPaと最も低い値であった。サーマルサイクル後では、全ての築造用レジンで引き抜き強さは顕著に低下し、最も高いDCおよびUCでも10.5MPaで、最も低いNBでは4.0MPaとなった。二元配置分散分析を行ったところ、築造用レジンの種類およびサーマルサイクル試験の両方の因子について、危険率1%以下で有意性が認められ、危険率5%以下で交互作用も認められた。Tukeyの多重比較では、デュアルキュ

表3 引き抜き強さの有意差検定

		DC		UC		NB		CM	
		T. C前	T. C後	T. C前	T. C後	T. C前	T. C後	T. C前	T. C後
DC	T. C前	-	**	**	**	**	**	**	N. S
	T. C後	-	-	**	N. S	**	**	**	**
UC	T. C前	-	-	-	**	**	**	**	N. S
	T. C後	-	-	-	-	**	**	N. S	**
NB	T. C前	-	-	-	-	-	**	**	**
	T. C後	-	-	-	-	-	-	N. S	N. S
CM	T. C前	-	-	-	-	-	-	-	N. S
	T. C後	-	-	-	-	-	-	-	-

* : significant at P<0.05
 ** : significant at P<0.01
 N. S : not significant

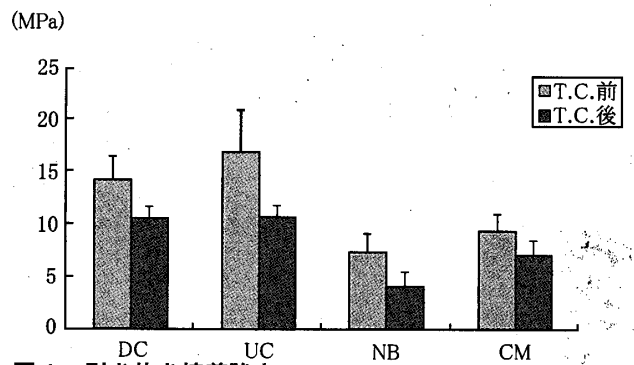


図4 引き抜き接着強さ

表4 引き抜き接着試験後の破壊面

	DC		UC		NB		CM	
	T. C前	T. C後	T. C前	T. C後	T. C前	T. C後	T. C前	T. C後
D-R	2	4	2	4	8	7	3	6
F-R	1	0	1	0	2	0	3	0
F-R-D	5	6	4	6	0	3	3	4
Fracture	2	0	3	0	0	0	1	0

D-R : 象牙質とレジン間の界面破壊
 F-R : FRPとレジン間の界面破壊
 F-R-D : FRPと象牙質とレジンの混合破壊
 Fracture : FRPの破壊

ア型のDCおよびUCは化学重合型のNBおよびCMに比べて有意に高い値を示した。またCMを除く全ての築造用レジンで、サーマルサイクルにより引き抜き強さが有意に低下した。

引き抜き接着試験後の試料破断面の様相を観察した結果を表4に示す。サーマルサイクル前では、デュアルキュア型のDCおよびUCで混合破壊がそれぞれ5例、4例と多くみられ、試験用治具の部分でFRP自体が破壊した試料もそれぞれ2例、3例に認められた。一方化学重合型のNBでは、築造用レジンと象牙質との間での界面破壊が8例と、試料のほとんどを占めた。サーマルサイクル

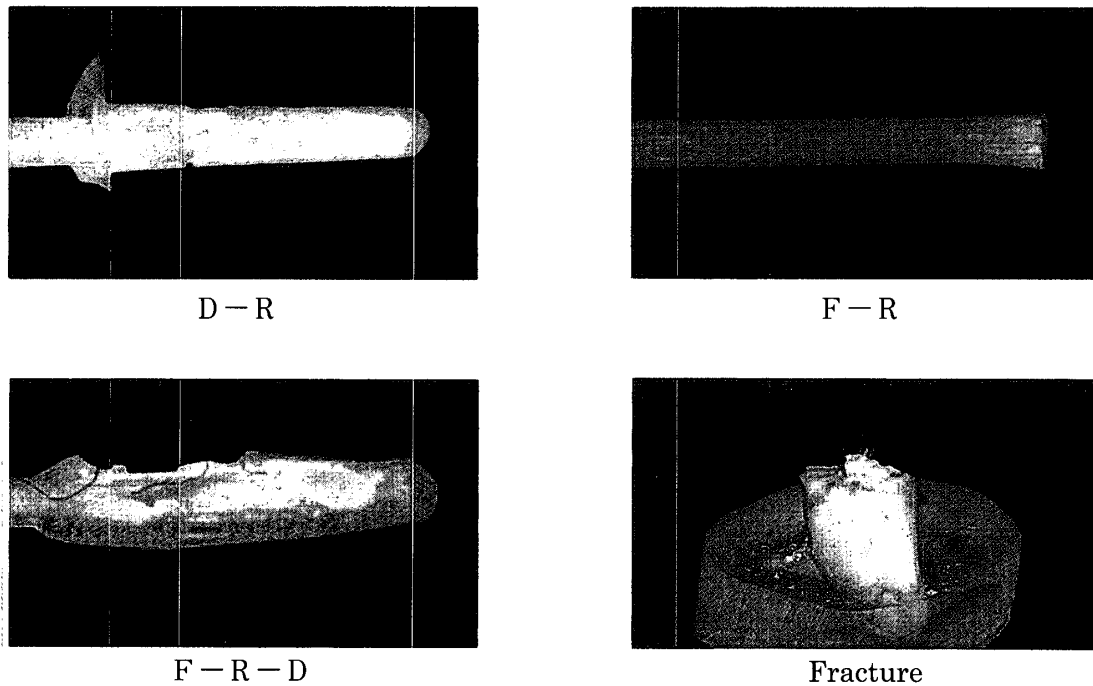


図5 引き抜き試験後の破壊面

後では、DCおよびUCでは混合破壊を示したものがともに6例と多く、NBおよびCMではレジジンと象牙質との間での界面破壊が、それぞれ7例、6例と多かった。またFRP自体の破壊は1例も認められなかった。

なお破断面の様相と引き抜き強さとの関連を調べてみると、混合破壊やFRP自体の破壊を示した試料は、界面破壊を示した試料よりも引き抜き強さが高い値であった。

考 察

1. 実験材料と方法について

現在我が国で市販されている支台築造用FRPは、Fibre Kor[®] Post (ペントロンジャパン)のみである。従来の金属ポストと築造用レジンを併用した支台築造法の問題点は、金属と歯質の弾性係数の違いにより、ポスト先端部に応力が集中し、歯根破折の原因となることである。従って試作FRPの製作に当たっては、弾性係数を歯質に近似させることが必要と考えられる。従来既成ポスト併用レジン築造で使用されているステンレススチールポストの弾性係数は約200GPaといわれている^{20,21)}。またFibre Kor[®] Postの弾性係数は29.2GPaである。一方今回の実験で使用した試作

FRPは、弾性係数が繊維に垂直方向で17.2GPaを示している。この値はヒト象牙質の弾性係数14.7GPa²²⁾に近いものであり、上記の目的に合致していると考えられる。今回の実験に用いたFRPに含有されているガラスファイバーは、すでにファイバー補強型ブリッジなどに使用されている。また、マトリックスに用いたノボラック系ビニルエステル樹脂は、応用部位は異なるものの整形外科を始めとする医科領域で広く使用されていることから、生体安全性の面では問題ないものと考えられた。

またFibre Kor[®] Postにはレジジンとの接着性を高めるため、ポストに一定間隔で溝が付与されている。しかし逆にこの部分に応力集中が起こり、ポストの強度が低下する原因となることが指摘されている^{23,24)}。このため今回の試作FRPは溝のないものを製作した。

築造用レジンの選択に当たっては、重合方式の違いがFRPおよび歯質との接着性に影響を及ぼすのではないかと考えた。そこで現在臨床で一般的に用いられている築造用レジの中から、光重合型、デュアルキュア型および化学重合型をそれぞれ1～2種類ずつ選択した。またボンディング材には、現在臨床で主流となっているデュアル

キュア型の中から、予備実験で高い接着力を示し、かつ象牙質表面にも使用可能なLBを選択した。

海外も含め市販されているFRPは、直径1～2mm程度の棒状の形態をしているため、築造用レジンとの接着性については引き抜き試験を行って調べた研究が多く^{19,25)}、圧縮剪断接着試験により検討した研究は見当たらない。しかしレジンの歯質および金属に対する接着性については、従来圧縮剪断接着試験により測定されることが多い。そこで従来の材料との比較を行うために、試作FRPも直径6mmの円柱状の形態をしたものを別に製作し、圧縮剪断接着試験により築造用レジンとの接着性について検討した。

FRPを併用したレジン支台築造には、築造窩洞に直接築造用レジンで築盛する直接法と、模型上で作製したレジンコアを、接着性レジンで築造窩洞に合着する間接法がある。坪田ら²⁶⁾は複数の歯面処理法をうまく組み合わせて行えば、直接法より間接法の方が、築造用レジンの象牙質に対する接着強さは強いと報告している。しかしながら臨床的には、簡便な直接法で十分な接着強さが得られれば、間接法よりも応用しやすいと考えられる。そこで今回は、直接法によるFRP併用レジン築造法を想定し、ヒト抜去歯を用いて試作FRP、築造用レジンおよび象牙質3者間の接着強さを調べるため、引き抜き試験を行った。

ただこの時に使用する築造用レジンとしては、光重合型のものでは根管にまで光が届きにくく、小久保ら²⁷⁾も述べているように未重合の部分が残る可能性が大きい。そこで引き抜き接着試験にはデュアルキュア型と化学重合型の4種類の築造用レジンを用いた。

2. 結果について

試作FRPと築造用レジンとの接着強さを、圧縮剪断接着試験により測定した結果、光重合型およびデュアルキュア型レジンが高い値を示し、サーマルサイクル前で24.9～28.7MPa、サーマルサイクル後で24.6～27.4MPaの範囲であった。天川ら²⁸⁾はヒト抜去歯と築造用レジンの剪断接着強さを調べており、PCで約10MPa、DCで13MPa、CMで8MPaであったと報告している。また阿部ら²⁹⁾はやはりヒト抜去歯を用い、レジン

築盛の高さを変化させて圧縮剪断接着試験を行った結果、最大20MPaであったと報告している。このことから、光重合型およびデュアルキュア型レジンと今回試作したFRPとの剪断接着強さは象牙質と築造用レジンの接着強さより大きいことが伺われる。剪断接着強さは、光重合型のPC、デュアルキュア型のDCおよびUCの3種の間では有意差は認められなかったが、化学重合型のNBおよびCMは上記の3種より有意に低い値を示した。したがって試作FRPと築造用レジンの接着強さには、重合方式の違いが影響を及ぼしていることが推察される。特にCMは粉液タイプであり、練和中に混入した気泡が試作FRPとの界面に残った可能性も否定できない。他にも今回使用したボンディング材はデュアルキュア型のLBのみであったが、本来接着システムはそれぞれの築造用レジンに対して最適なボンディング材が開発されており、組み合わせを変えると接着力も低下する。そのことが剪断接着強さに影響を与えたものと考えられる。

またサーマルサイクル後では、DCおよびUCでは剪断接着強さの低下はわずかであったが、NBおよびCMでは相対的に大きかった。この理由としては、まずデュアルキュア型レジンと化学重合型レジンの吸水率の違いが考えられる。原島ら³⁰⁾は、デュアルキュア型レジンに比較すると吸水率が低く、劣化しにくいと述べている。また小久保ら²⁷⁾、田中ら³¹⁾も述べているように、築造用レジンとボンディング材の組み合わせなど、接着システムの違いによるところが大きいと考えられる。

ヒト抜去歯を使用した引き抜き強さでも、サーマルサイクル前ではデュアルキュア型のUCが16.8MPa(392N)と最大値を示した。またUCおよびDCは化学重合型のNBおよびCMに比較して有意に大きな値を示した。これは圧縮剪断接着試験と同様の結果である。既製金属ポスト併用レジン支台築造に関する研究で、天川¹⁹⁾は築造用レジンにDCを用いてコア部まで築盛した場合、引き抜き強さは587.7Nであったと報告している。しかし今回の実験では、試作FRPによるポストのみの引抜き試験を行っているため、単純な比較

はできない。コア部まで築造用レジンで築盛すれば、歯質との接着面積も増加するため、引き抜き強さもさらに大きな値が得られたものと予想される。サーマルサイクル後の引き抜き強さは、全ての築造用レジンで値が低下し、CMを除く3種類では有意に小さくなった。これは圧縮剪断接着試験とはやや異なる結果である。また試験後の試料を見ると、デュアルキュア型レジンでも、象牙質との間での界面破壊を呈した試料が増加している。この理由としては、まず吸水によりレジン自体の機械的性質が劣化したことの他に、象牙質とレジンとの熱膨張係数の相違から、サーマルサイクルの温度差で、レジンと象牙質が膨張と収縮を繰り返すことにより、水分が根管象牙質との界面に侵入し、接着の破壊が進行したことが考えられる。また高温槽浸漬時の加熱でレジンの重合反応が進み、重合収縮により根管象牙質との界面に引っ張り応力が集中したことも、界面の破壊を助長したものと推測される。引き抜き接着試験後の試料破壊面の様相を観察した結果、引き抜き強さの大きかったデュアルキュア型のDCおよびUCでは、混合破壊の様相を呈した試料が多く、FRP自体が破壊したのも認められた。一方引き抜き強さの小さい化学重合型のNBでは、象牙質と築造用レジンとの間の界面破壊が多く見られた。このことから、引き抜き強さはレジンと象牙質との接着強さに左右されることが推察される。したがって、直接法によるFRP併用支台築造を成功させるためには、栗田ら³²⁾も述べているように、歯質との接着力を高める歯面処理法、ボンディング材および築造用レジンを選択することが重要と考えられる。

実際の臨床においては、FRPを併用したレジン支台築造を行う場合、維持力はどの程度必要なのであろうか。このことについて詳しく言及した研究は少ないが、青木³³⁾はポストが支えなければならぬ力は約270Nと想定されると述べている。今回の実験ではデュアルキュア型のレジンを使用した場合に、ほぼこの値に近い引き抜き強さが得られた。したがって今回使用した試作FRPは、デュアルキュア型レジンを使用すれば、直接法によるレジン支台築造に応用可能であると思われる。

結 論

直接法によるFRP併用レジン築造の適切な方法を追究するために、圧縮剪断接着試験および引き抜き接着試験を行って接着性を検討し、以下の結論を得た。

1. 試作FRPと築造用レジンの剪断接着強さは、光照射型およびデュアルキュア型の築造用レジンが、化学重合型のものに比較して有意に高い値を示し、サーマルサイクルによる値の低下も少なかった。

2. ヒト抜去歯を用いた試作FRPの引き抜き強さは、デュアルキュア型の築造用レジンを用いたものが、化学重合型よりも有意に高い値を示した。

3. 引き抜き接着試験後の試料破壊面は築造用レジンの種類により異なる様相を呈し、デュアルキュア型の築造用レジンでは混合破壊が多く、化学重合型では築造用レジンと象牙質の間での界面破壊が多かった。

以上の結果より試作FRPを併用したレジン築造には、デュアルキュア型の築造用レジンが適していることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるに臨み、本研究にあたり終始ご懇篤なるご指導を賜った奥羽大学歯学部歯科補綴学講座嶋倉道郎教授、また貴重な御助言をいただきました奥羽大学歯学部生体材料学講座長山克也教授、ならびに奥羽大学歯学部診療科学講座鎌田政善教授に謹んで感謝の意を表します。また、本研究を遂行するにあたりご協力を頂きました株式会社日東紡FRP研究所主任研究員の平山紀夫博士に深謝致します。最後に、本研究に御協力下さいました生体材料学講座、歯科補綴学第I講座の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

本論文の一部は第22回日本接着歯学会（平成16年1月鹿兒島市）、第44回日本歯科理工学会（平成16年9月京都市）において発表し、要旨は奥羽大学歯学会第37回例会（平成16年6月郡山市）において発表した。

文 献

- 1) 長谷川晃嗣, 小田 豊: 破折を起こさない支台築造を考察する—既製根管ポストと歯根の破折について—, 接着歯学 16; 88-95 1998.
- 2) 山口正義, 藤沢真理子, 篠原勝彦, 上谷 徹ほ

- か：歯牙破折の実態調査. 岐歯学誌 **16**; 571-576 1989.
- 3) Tiziano, T., Mario, B. and Marco, C.: Vertical root fracture in endodontically treated teeth: A clinical survey of 36 cases. *J Endod* **19**; 87-90 1993.
 - 4) 橋本 興, 坪田有史: 漏斗状ポスト孔の支台築造に関する研究. 補綴誌 **46**; 54-63 2002.
 - 5) 川崎貴生, 高山芳幸: 無髄歯の予後を良好にするための築造体とは. 補綴誌 **47**; 244-252 2003.
 - 6) 福島俊士: その1 mmがものを言う. *Dental Review* **64**; 109-114 2004.
 - 7) 石原正隆: 支台築造された失活歯の残存歯質が破折強度および破折様相に与える影響. 鶴見歯学 **24**; 157-170 1998.
 - 8) 塩野英昭: 支台築造の新しい潮流 ファイバーポストに関する総説と臨床例. *Dental Review* **62**; 131-140 2002.
 - 9) 渡部圭吾, 山口貴弘, 室井直代: FibreKor POST™ SYSTEMを用いた支台築造. 歯科審美 **13**; 1-5 2000.
 - 10) William, G. D.: The Flexible Aesthetic Post. *Dentistry Today* **13**; 90-93 1994.
 - 11) Freedman, G.: How to select Esthetic posts. *Dental products Report*; August 2001; 46-53 2001.
 - 12) Freedman, G., Howard, F. K., Kenneth, S. S. and Gary, D. G.: Endoesthetics Part II: Castable ceramic post/core restorations. *Ontario dentist* **70**; 521-524 1993.
 - 13) 松永健嗣: レジン支台築造におけるファイバーポストの形状に関する研究. 日歯内療誌 **24**; 16-19 2003.
 - 14) 海渡智義, 新谷明一, 横山大一郎, 新谷明喜: 最近の支台築造におけるファイバーを応用したレジンコアの構造力学的な特徴. *DE* **145**; 1-4 2003.
 - 15) 増田浩男, 服部正巳, 須崎 明, 山田三良ほか: ファイバーポストを用いた間接法ポストコア作製についての一考案. 接着歯学 **22**; 1-6 2004.
 - 16) 高橋英和, 岩崎直彦: ファイバーポストの特徴. *DE* **145**; 13-16 2003.
 - 17) Cohen, B. I., Pagnillo, M., Musikant, B. L. and Deutsch, A. S.: Comparison of the retentive and photoelastic properties of two prefabricated endodontic post systems. *J Oral Rehabil* **26**; 488-494 1999.
 - 18) 山脇弘一, 植村益次: 一方向強化材と多層積層複合材の弾性常数の一解析. 東京大学宇宙航空研究所報告 **7**; 315-383 1971.
 - 19) 天川由美子: 鑄造支台築造とレジン支台築造の保持力に関する研究. 補綴誌 **42**; 1054-1065 1998.
 - 20) 高橋英和: 支台築造歯の歯根破折のメカニズム. 補綴誌 **45**; 669-678 2001.
 - 21) 谷野之紀, 黒江敏文, 佐藤範幸, 立花佳奈ほか: 三次元有限要素法を用いた支台築造の応力解析—ファイバーポストおよび各種金属ポストの弾性係数の違いによる影響—. 北海道歯誌 **25**; 10-18 2004.
 - 22) 岩久正明, 河野 篤, 千田 明, 田上順次: 第1章概論. 保存修復学21 第1版; 6 永末書店 京都 2002.
 - 23) Drummond, J. L.: In vitro evaluation of endodontic posts. *Am J Dent* 13 Special Issue; 5B-8B 2000.
 - 24) Robert, M. L. and David, G. P.: The effect of serrations on Carbon Fibre Posts—Retention within the root canal, core retention, and post rigidity. *Int J Prosthodont* **9**; 484-488 1996.
 - 25) 神山稔巳, 林 忠義, 熊沢裕幸, 花村典之: 支台築造用既成ポストに関する研究 第1報 テーパーポストについて. 鶴見歯学 **14**; 483-489 1988.
 - 26) 坪田有史, 深川菜穂, 大祿貴俊, 橋本興ほか: 間接法によるレジン支台築造の研究—各種象牙質面処理による接着強さとSEM観察について—. 接着歯学 **21**; 118-128 2003.
 - 27) 小久保裕司, 小林敏栄, 設楽幸治, 近藤誉一郎ほか: 支台築造用コンポジットレジンに関する研究 第5報 デュアルキュア型について. 補綴誌 **37**; 536-542 1993.
 - 28) 天川由美子, 石原正隆, 岩並恵一, 坪田有史ほか: 支台築造用コンポジットレジンに関する研究第10報 各種支台築造用コンポジットレジンの接着強さについて. 鶴見歯学 **21**; 305-311 1995.
 - 29) 阿部菜穂, 坪田有史, 橋本 興, 天川由美子ほか: 多用途型ボンディングシステムによる支台築造用レジンの接着強さ. 接着歯学 **18**; 216-225 2000.
 - 30) 原島 厚, 中 貴弘, 本多宗暁, 山崎淳史ほか: 熱水浸漬による支台築造用コンポジットレジンの物性変化. 歯材器 **23**; 211-219 2004.
 - 31) 田中卓男, 鎌田幸治, 平 曜輔, 松村英雄ほか: 熱サイクル試験における高温浸漬温度が接着耐久性に及ぼす影響. 補綴誌 **38**; 149-154 1994.
 - 32) 栗田宅哉, 広瀬由紀人, 越智守生, 坂口邦彦: 試作ポスト用ガラス繊維強化樹脂 (GFRP) の曲げ強さ—ガラス繊維の含有率と表面処理が与える影響—. 日本歯科産業学会誌 **17**; 14-22 2003.
 - 33) 青木保之: 合釘の形態による保持力の差について. 鶴見歯学 **6**; 181-197 1980.
- 著者への連絡先: 細野直子, (〒963-8611) 郡山市富田町寺三角堂31-1 奥羽大学歯学部歯科補綴学講座
Reprint requests: Naoko HOSONO, Department of Prosthetic Dentistry, Ohu University School of Dentistry 31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan