The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	コンポジットレジンの疲労亀裂進展抵抗に関する研究
Author(s)	植垣, 信子
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41862
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【7】

氏　　名	植　垣　信　子（うえがき　のぶこ）
博士の専攻分野の名称	博　士（歯　学）
学　位　記　番　号	第　15335　号
学位授与年月日	平成12年 3 月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 歯学研究科歯学臨床系専攻
学　位　論　文　名	**コンポジットレジンの疲労亀裂進展抵抗に関する研究**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　恵比須繁之 （副査） 教　授　高橋　純造　　助教授　高島　史男　　講　師　保田　好隆

論　文　内　容　の　要　旨

【研究目的】

コンポジットレジンは審美的で、歯質の可及的保存が可能な修復材料として、広く臨床に用いられているものの、辺縁破折や磨耗など耐久性に問題があることが指摘されている。その一因として、口腔内での疲労、すなわち微小な欠陥から亀裂が生じ、しだいに亀裂が進展していく現象（疲労亀裂の進展）が関わっているものと考えられている。したがって、口腔内での耐久性の問題を解決するためには、疲労亀裂の進展メカニズムを解明することが必要となる。そこで本研究では、亀裂先端の応力と変位を一意に決定するパラメーターであるK値を制御した疲労亀裂進展試験を大気中および水中で行い、疲労亀裂進展特性曲線を求め、破断面を分析することにより、コンポジットレジンの疲労挙動を詳細に検討し、耐久性の強化を図る高靭性の機構について考察を加えた。

【材料および方法】

1）大気中における市販コンポジットレジンの疲労亀裂進展試験

8種類の市販コンポジットレジンを用いて大気中で疲労亀裂進展試験を行った。試験はASTMの疲労亀裂進展速度の試験方法の規格であるASTM E647－91に準じて行い、疲労亀裂進展特性曲線を求めた。試料は同規格で推奨されている標準コンパクト試験片を用いた。試料作製7日後、電気油圧サーボ式材料強度試験機で、大気中室温下、応力比0.2、10Hzの正弦引張り負荷を与え、ΔK漸減法で亀裂を進展させた。亀裂長さは歪みゲージにより背面歪み法で測定した。疲労試験終了後、試料に引張り負荷を与えて急速破壊させ、試料断面を走査型電子顕微鏡（SEM）にて観察した。

2）水中環境における市販コンポジットレジンの疲労亀裂進展試験

8種類の市販コンポジットレジンで試験片を作製後、37℃水中で7日間保管し、試験開始24時間前に耐水性の歪みゲージを貼り、37℃水中環境で疲労亀裂進展試験を行った。その他の試験条件および破断面の観察は、大気中の場合と同様に行った。

3）実験コンポジットレジンの疲労亀裂進展試験

フィラーの影響を検証するため、市販コンポジットレジンでの試験結果を参考に、フィラーのみを変えた5種類の実験コンポジットレジンを作製した。実験コンポジットレジンは、ベースモノマーを2、2－bis［4－（2－hydroxy－3－methacryloxypropoxy）phenyl］propaneとtriethylene glycol dimethacrylateに統一し、10μm以上の無

機フィラー（石英）を1／3程度含むグループA（平均粒径5.5μm)、10μm以上の無機フィラーをほとんど含まないグループB（平均粒径2.5μm）および有機複合フィラーを含むグループCとした。グループAおよびBは石英が65%あるいは70%になるよう、また、グループCは有機複合フィラーが65%になるように調製した。各実験コンポジットレジンには、フィラーを分散させる目的でコロイダルシリカを5%含有させた。試験条件は市販コンポジットレジンの場合と同様で、大気中および水中で疲労亀裂進展試験を実施し、SEM観察を行った。

4）フィラー粒径の疲労亀裂進展抵抗への影響

レーザー回折式粒度分布測定装置SALD−1100により実験コンポジットレジンの粒度分布を測定し、疲労亀裂進展部と急速破壊部それぞれの破断面の算術平均粗さ（Ra）をレーザーフォーカス変位計LTと3次元形状測定プログラムEMS98−3Dによって求めた。これらの結果とSEM観察から、フィラー粒径の疲労亀裂進展抵抗への影響を検討した。

【結果および考察】

1）亀裂進展特性は製品間で大きく異なっていた。SEM観察の結果、疲労亀裂進展部はフィラーの露出が多く認められ凹凸のある破断面を呈しているのに対し、急速破壊部ではフィラーの露出が不明瞭で平坦な破断面を呈しており、進展抵抗の高いコンポジットレジンほど破断面の性状の差異が明瞭になる傾向にあった。また、疲労亀裂進展部において、無機フィラーの破壊はほとんど観察されなかったのに対し、有機複合フィラーは亀裂に貫通されて割れている像が多く認められた。以上のことから、サイズの大きな無機フィラーが疲労亀裂の進展を迂回させ、進展抵抗の向上に効果があることが示唆された。

2）水中環境下における疲労亀裂進展試験では、いずれのコンポジットレジンも大気中の試験時に比べ進展抵抗が上昇したが、破断面における大気中との差異は認められなかった。水中環境で進展抵抗が上昇した理由としては、①吸水によってマトリックスレジンが可塑化し、亀裂先端部が鈍化し、応力集中が緩和されたこと、②コンポジットレジンの重合収縮時に生じた内部応力が吸水により緩和され、亀裂先端部の応力が減少したこと、③吸水によるマトリックス内の膨潤で、亀裂先端が開かないような残留圧縮応力が働いたことなどが考えられる。

3）フィラー粒径が同じ場合、フィラー含有量が多いほうが進展抵抗が高く、また、フィラー含有量が同じ場合、フィラー粒径が大きいほうが進展抵抗が上昇した。特に、無機フィラー粒径が、進展抵抗向上の大きなファクターであることが確かめられた。一方、有機複合フィラーは、粒径が大きくても無機フィラーに比べて亀裂の進展抵抗への寄与が低いことが明らかになった。

4）10μm以上の無機フィラーを含まない実験コンポジットレジン（グループB）や、有機複合フィラー含有実験コンポジットレジン（グループC）では疲労亀裂進展部と急速破壊部の破面の粗さに有意差がなかったのに対し、10μm以上の無機フィラーを約1／3含む実験コンポジットレジン（グループA）では有意差を認めた。この結果とSEM観察から、10μm以上の無機フィラーを含有したコンポジットレジンは、高靭化の機構であるクラックブリッジングやクラックディフレクションが生じて、亀裂の進展抵抗が上昇したものと考えられる。

【結論】

コンポジットレジンの疲労亀裂進展試験を大気中および口腔内の状態に近い水中環境で行った結果、水中環境では大気中よりも疲労亀裂の進展抵抗が上昇することが明らかになった。また、フィラーの粒径、含有量、種類が進展抵抗に影響し、特に無機フィラー粒径が大きなファクターであることが確かめられた。さらに、進展抵抗の上昇に寄与する無機フィラーの大きさは少なくとも10μm以上であり、亀裂破面が粗くなりクラックブリッジングやクラックディフレクションを生じることがコンポジットレジンの高靭化に有効であることが示唆された。

論文審査の結果の要旨

本研究は、歯科臨床で汎用されているコンポジットレジンの疲労挙動を、K値を制御した疲労亀裂進展試験から評価したものである。その結果、水中環境では大気中に比べ、コンポジットレジンの疲労亀裂の進展抵抗が上昇することを明らかにした。さらに、10μm以上の粒径のフィラーの存在が進展抵抗の向上に有効であることを示した。

以上の研究結果は、疲労強度に配慮したコンポジットレジンを設計する上で、重要な知見を与えるものであり、博士（歯学）の学位授与に値するものと認める。