

CLASS V KAVİTELERDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ RESTORASYON MALZEMELERİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Doç.Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN*

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF VARIOUS RESTORATIVE MATERIALS IN CLASS V CAVITIES

ABSTRACT

This study investigated the strength properties of various composites (Silux Plus, Z 100) compomer (Compoglass F, Dyract AP) and resin modified glass ionomer (Fuji II LC) restorative materials. The materials were assumed to be applied in a Class V cavity of a maxillary central incisor. 3-Dimensional Finite Element Method and NASTRAN package was used during the study. The tooth whose model was adopted from Wheeler had 294 elements and 420 nodes. An incisal loading of 20 kg acting at an angle of 26° with the longitudinal axis was applied to the teeth. The possible effects of different load magnitudes and different loading angles were also studied. For this purpose loads of 10 kg and 40 kg and the loading angles of 0° and 90° were also taken into consideration.

It was found out that the increase in the loading angle effects more prominently than the increase in the amount of the load but both creates larger stresses in the tooth. It was also determined that the stresses developed in the restored teeth were reduced with an increase in the the Modulus of Elasticity of the restorative materials. Hence in this study, Z 100 which has the largest modulus of elasticity was performed better than the other materials concerned.

Key Words: Class V, composite resin, compomer, resin modified glass ionomer

ÖZET

Bu çalışmada bir Class V kaviteye uygulandığı varsayılan rezin modifiye cam iyonmer (Fuji II LC), kompozit rezin (Silux Plus, Z 100) ve kompomer (Compoglass F, Dyract AP) içeren restorasyon malzemelerinin mukavemet özellikleri 3-Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi ve NASTRAN programı yardımıyla incelendi. Class V kavite-nin bir üst ön keser dişe açıldığı kabul edildi ve modeli Wheeler'dan alınan diş 294 eleman ve 420 düğüm noktasından oluşmaktaydı. Dişe uzun eksenine ile 26 derecelik bir açı yapan 20 kg. lık bir insizal yük uygulandı. Farklı yüklerin ve farklı yüklenme açılarının olası etkilerini değerlendirmek amacıyla 10 ve 40 kg. lık iki farklı yük ve 0° ile 90° iki farklı yüklenme açısı da çalışmada göz önüne alındı.

Çalışmanın sonuçlarına göre yüklenme açısının, yük miktarına göre daha etkin olduğu ancak her ikisinin de dişte oluşan gerilmeleri arttırdığı belirlendi. Ayrıca dişte oluşan gerilmelerin, kullanılan restorasyon malzemesinin elastik modülündeki artmayla birlikte azaldığı da bulundu. Çalışmada, en yüksek elastik modülüne sahip, Z 100 dişte en düşük gerilmeleri oluşturdu.

Anahtar Kelimeler: Class V, kompozit, kompomer, resin modifiye cam iyonmer

GİRİŞ

Servikal lezyonların patolojisi çeşitli faktörlere bağlıdır.² Bunlar çürük, abrazyon, erozyon ve okluzal stresleri kapsayan faktörlerdir.¹²

Değişik etkenlerle oluşan servikal lezyonlarda dolgu materyali olarak genellikle rezin modifiye cam iyonmer simanlar, kompozit rezinler ve poliasit modifiye rezinler (kompomer) kullanılmaktadır.^{3,11} Bu materyellerin dişe bağlanma özelliği retansiyonu artırmasına rağmen, servikal lezyonların retansiyonu dişe gelen mekanik streslerden olumsuz etkilenmektedir.¹⁰

Yapılan çalışmalarda okluzal kuvvetlerin Class V restorasyonları etkilediği ve^{6,7} Class V restorasyonların okluzal kuvvetlerin etkisiyle yerinden çıktığı yada kırıldığı belirtilmiştir.⁹

Class V restorasyonlardaki başarısızlıkların kullanılan materyellerin özelliklerine bağlı

olduğu belirtilmektedir, bunlar deneysel ve klinik gözlemlerin sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.^{13,20} Ancak bu konu ile ilgili olarak teorik amaçla yapılan çalışmalarda bulunmaktadır. Bu çalışmaların en yaygını Sonlu Elemanlar Yöntemi ile yapılan çalışmalardır.^{8,14,15,16} Diş hekimliği alanında Sonlu Elemanlar Yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem yardımıyla kompleks ve düzensiz bir yapı olan dişler gerçeğe en yakın biçimde modellenilebilmekte ve yükler altında dişte oluşan çatlamlar ve kırılmalar saptanabilmektedir. Böylece modellenen diş yapısına gelen olası kuvvetler ve bunların etkileri sağlıklı ve gerçeğe en uygun biçimde incelenebilmektedir.^{4,18,19}

Bu amaçla çalışmamızda üst ön keser dişteki Class V kaviteye rezin modifiye cam iyonmer (Fuji II LC), kompozit rezin (Silux Plus, Z 100) ve kompomer (Compoglass F, Dyract AP) uygulandığı kabul edilmiş ve bu malzemelerin,

* GÜ. Dişhekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı

yükler altındaki dayanıklılığı 3-Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılarak incelenmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada 3-Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılarak, üst ön keser dişin modeli, Wheeler'in diş geometrisine göre modellendi. Model 294 eleman ve 420 düğüm noktasından oluşturuldu. Analizler NASTRAN yazılımı kullanılarak yapıldı. Şekil 1 hazırlanan diş modelini göstermektedir. Çalışmada kullanılan malzemelerin aşağıdaki özelliklere sahip olduğu kabul edildi.

1. Dişin mine, dentin ve restoratif materyellerden oluştuğu kabul edildi ve pulpa çok düşük elastik modülüne sahip olduğu için çalışmada ihmal edildi.

2. Periodontal ligament ve sementin etkileri çok ince olması nedeniyle ihmal edildi.

3. Materyeller homojen, isotropik ve elastik olduğu kabul edildi.

4. Dişi destekleyen alveoler kemiğin esnek olmadığı kabul edildi.

Dişin, bukkal yüzeyinde 4x4x1.5 boyutlarında olmak üzere ve kavite alt sınırları sementmine bileşiminde olan bir Class V kavite içerdiği kabul edildi. Class V kaviteye Fuji II LC, Silux Plus, Dyract AP, Compoglass F ve Z 100 uygulandığı varsayıldı. Dolgu materyallerinin uygulandığı diş, dişin uzum aksı ile 0°, 26° ve 90° açılar yapacak şekilde 10, 20 ve 40 kg'lık yüklerin uygulandığı kabul edildi.

Çalışmada kullanılan tüm malzemelere ait mekanik değerler Tablo I'de verildi. Tabloda verilen Poisson Oranı bir yönde uygulanan yüke karşılık, üç yönde oluşan gerilme değerlerinin belirlenmesinde kullanılan bir değerdir ve her malzeme için farklıdır.¹

Çalışmada kırılma kriteri olarak Von Mises kriteri kullanıldı. Bu kriter yardımıyla herhangi bir yüklem altında dişte oluşan tüm normal ve kesme gerilmeleri (normal and shear stresses) aşağıdaki şekilde tek bir gerilme cinsinden ifade edilebilir.

$$\sigma_e = \frac{1}{2} \left((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

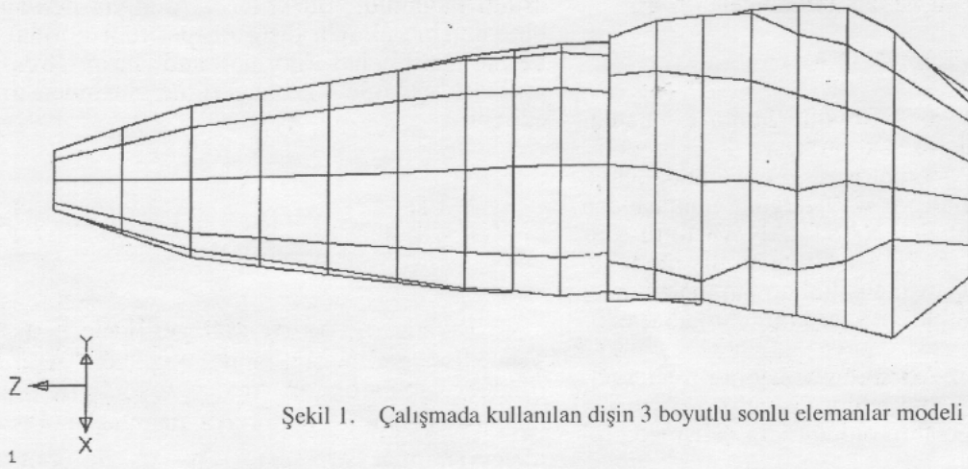
Burada $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ asal gerilmeleri, σ_e ise Von Mises gerilmesini tanımlamaktadır. Asal gerilmeler yapıda oluşan ve x, y, z yönlerinde basma ya da çekme olarak ortaya çıkan normal gerilmeler (normal stresses) $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ ile xy, yz, xz düzlemlerinde etkiyen kesme gerilmeleri (shearing stresses) $\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ cinsinden bulunur.^{1,17} Diş kırılğan bir malzemedir (brittle material) ve kırılğan malzemelerin kırılmasında etkin olan faktör çekme gerilmeleridir. Bu nedenle bir çekme gerilmesi değeri veren Von Mises kriteri dişin mukavemet analizinde en uygun yaklaşımı sağlar.

BULGULAR

Bu çalışmanın sonuçları Von Mises gerilme değerlerine göre belirlendi. Von Mises gerilmesinin yüksek çıkmasının kırılma olasılığını artırdığı kabul edildi. Çalışmada Class V kaviteye uygulanan farklı yüklem açıları, farklı yüklem değerleri ve değişik restoratif materyellerin dişteki etkileri incelendi ve değerlendirildi.

Tablo I. Çalışmada kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri

Malzemeler	Mekanik Değerler	
	Elastik Modülü, E [MPa]	Poisson Oranı, ν
Mine	48000	0.33
Dentin	13000	0.31
Fuji II LC	3200	0.27
Compoglass F	8200	0.28
Silux Plus	5520	0.27
Z 100	15200	0.28
Dyract AP	10700	0.28



Şekil 1. Çalışmada kullanılan dişin 3 boyutlu sonlu elemanlar modeli

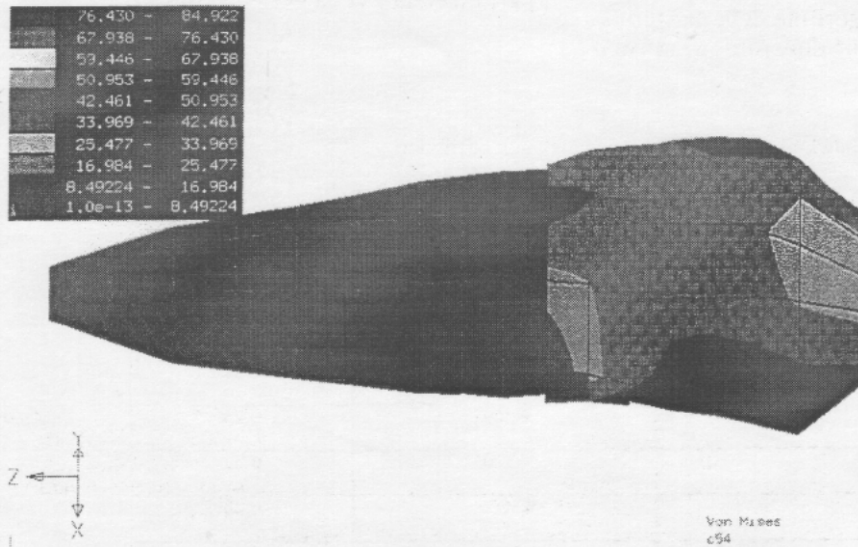
Çalışmada ilk önce Z 100 materyalinin uygulandığı dişin 26° ile insizal kenara gelen 20 kg'lık bir yük altında olduğu kabul edildi. Şekil 2 bu dişe ait Von Mises gerilme dağılımını vermektedir. İlgili dişte oluşan maksimum gerilme Şekil 2'de gösterildiği gibi 84.92 MPa olarak bulundu. Dişteki tüm elemanlarda oluşan Von Mises gerilmeleri Şekil 3 te verildi. Restorasyon bölgesi 145, 152, 153, 162, 167 ve 176 numaralı elemanlardan oluşmaktadır. Şekil 3'ten görüldüğü gibi bu bölgede oluşan gerilmeler yüklemenin yapıldığı insizal kenara göre daha düşük değerlere sahiptir.

İncelenen diğer bir konu farklı yüklenme açılarıydı. Bunun için 20 kg'lık yükün diş eksenine boyunca geldiği (0° yüklenme açısı) kabul edildi.

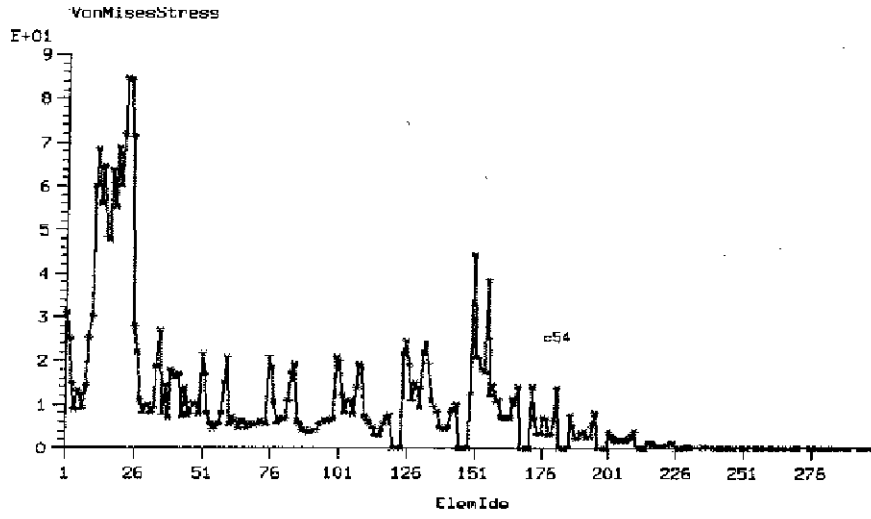
Şekil 4 Z 100 uygulanan elemanlarda oluşan Von Mises gerilmelerini göstermektedir. Şekil 5 ise aynı yük ve aynı malzeme için yükün diş eksenine dik geldiği (90° yüklenme açısı) durumda elemanlarda oluşan Von Mises gerilmelerini göstermektedir.

Çalışmada üçüncü bir konu olarak yüklenme miktarının etkisi incelendi. Bunun için yüklenme açısı 26° de sabit tutuldu ve sırasıyla 10 ve 40 kg'lık yük uygulandı. Şekiller 6 ve 7 bu durumlara ait Z 100 uygulanan dişteki elemanların Von Mises gerilme değerlerini göstermektedir.

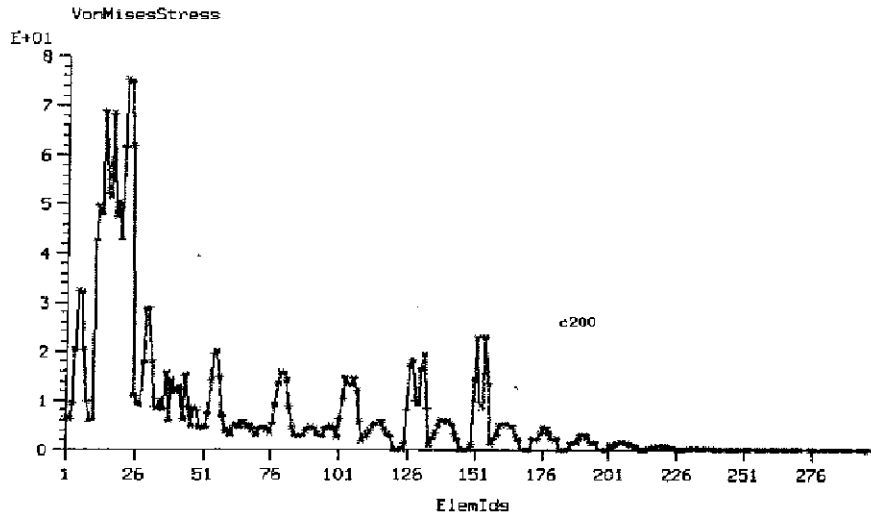
Şekiller 8-13 ise Şekil 3'de verilen Von Mises gerilmelerinin bileşenleri olan normal ve kesme gerilmelerini göstermektedir.



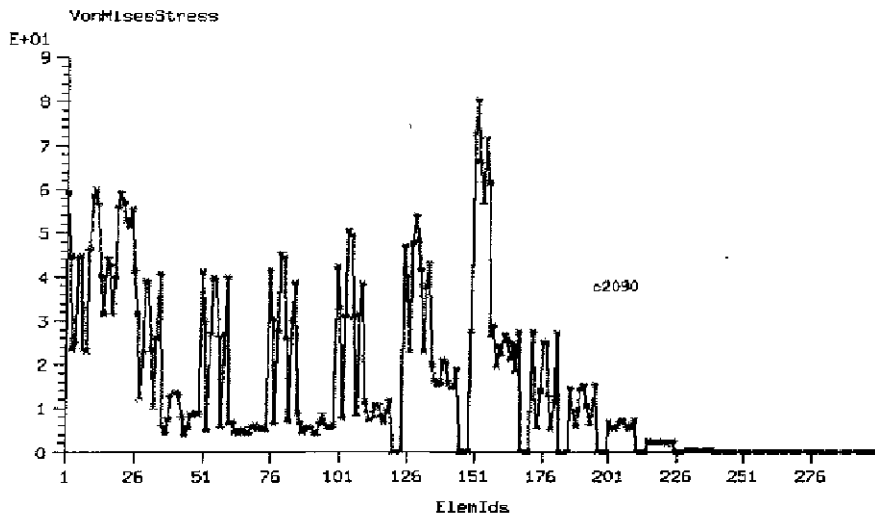
Şekil 2. 26° ve 20 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişte oluşan Von Mises gerilme dağılımı



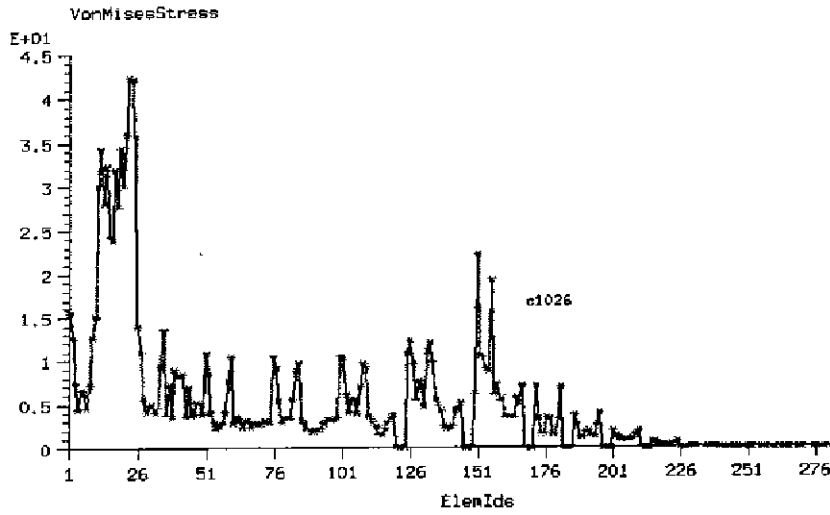
Şekil 3. 26° ve 20 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan Von Mises gerilme dağılımı



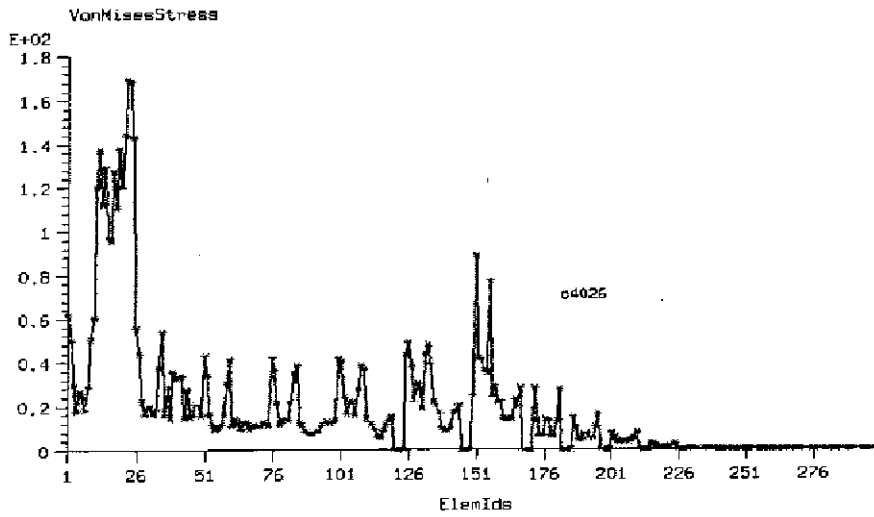
Şekil 4. 0° ve 20 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan Von Mises gerilme dağılımı



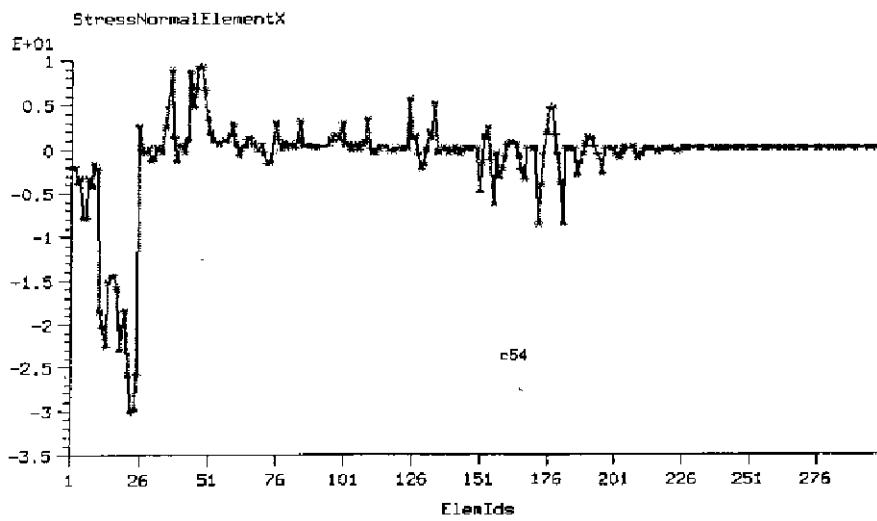
Şekil 5. 90° ve 20 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan Von Mises gerilme dağılımı



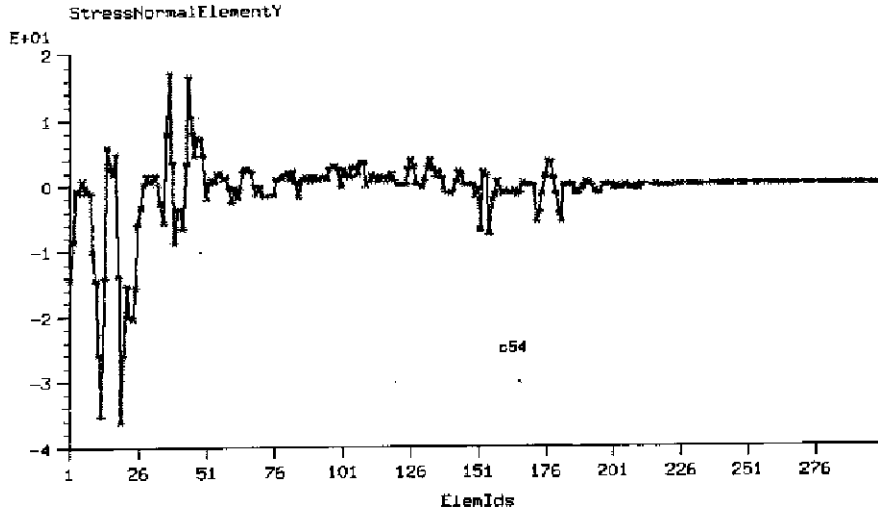
Şekil 6. 26° ve 10 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan Von Mises gerilme dağılımı



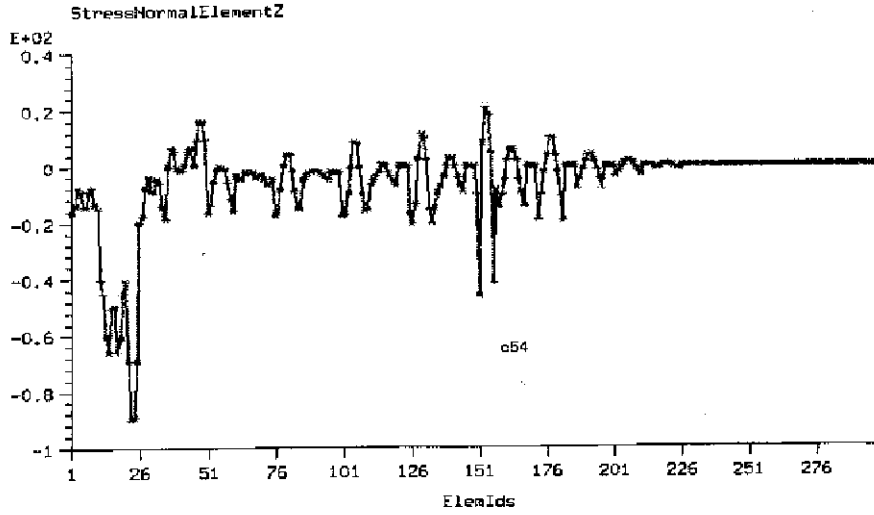
Şekil 7. 26° ve 40 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan Von Mises gerilme dağılımı



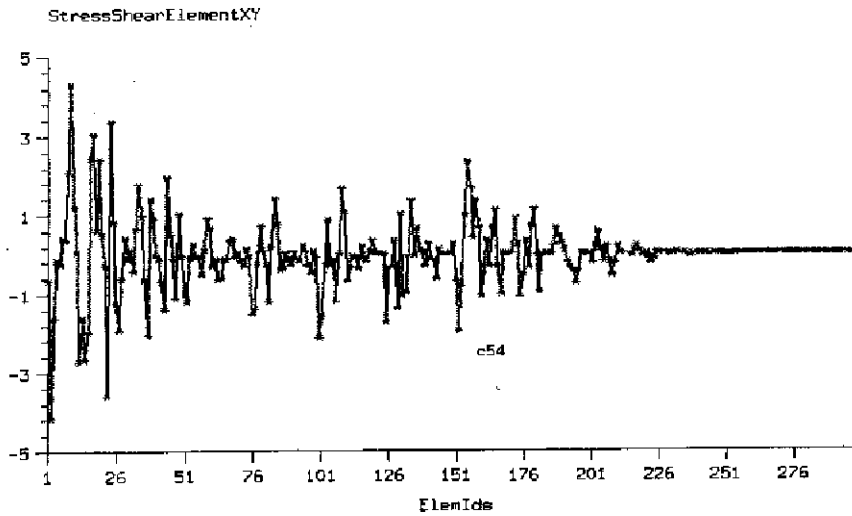
Şekil 8. 26° ve 20 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan σ_x gerilme dağılımı



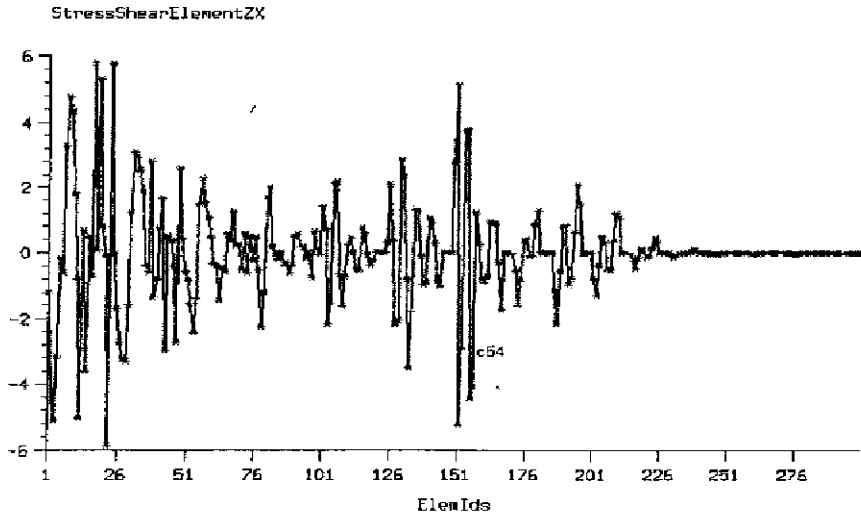
Şekil 9. 26° ve 20 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan σ_y gerilme dağılımı



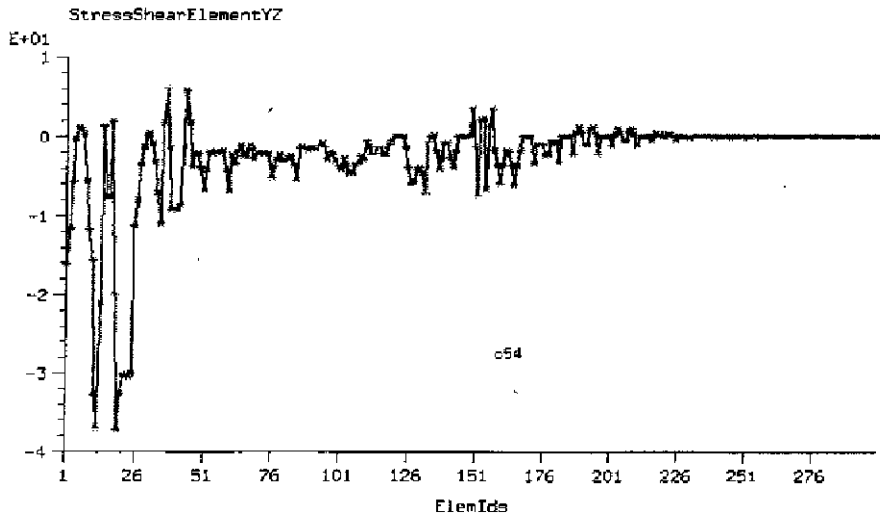
Şekil 10. 26° ve 20 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan σ_z gerilme dağılımı



Şekil 11. 26° ve 20 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan τ_{xy} gerilme dağılımı



Şekil 12. 26° ve 20 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan τ_{xz} gerilme dağılımı



Şekil 13. 26° ve 20 kg yük altındaki, Z 100 ile restore edilen dişin tüm elemanlarında oluşan τ_{yz} gerilme dağılımı

TARTIŞMA

Servikal lezyonların onarımında çeşitli restoratif materyeller kullanılmaktadır. Bu materyeller ise klinik takip ve deneysel çalışmalarla değerlendirilmiştir.^{10,20}

Diğer bir bakış açısı ise Class V kavite-lerde kullanılan dolgu materyallerinin biyomekanik açıdan değerlendirilmesidir. Bu çalışmada Class V restorasyonları biyomekanik açıdan değerlendirilmiştir.

Biyomekanik çalışmalarda çok tartışılan noktalardan biriside yükün hangi açıyla ve hangi

değerde uygulandığının saptanması ve çalışmada bu değerlerin kullanılmasıdır. Bu dalda çeşitli araştırmacılar tarafından değişik yük değerleri ve değişik yükleme açıları önerilmiştir. Bizde çalışmamızda genel bir değerlendirme yapabilmek amacıyla karşılaşılan limit değerleri gösteren farklı yükleme açıları ve farklı yükleme değerleri kullandık. Travmatik yükleri dişe dik gelen yükler olarak, insizal kenardan gelen yükleri ise servikal lezyonların etyolojisi olan ve bu restorasyonlarda etkileri olduğu belirtilen kuvvetler¹² (bruksizm) olarak değerlendirmemize aldık.

Sonuçlarımıza göre yükleme travmatik bir nitelik kazandığında, dişteki Von Mises gerilmelerinin de arttığı görüldü. Klinik uygulamalardan da bilindiği gibi travmatik yüklemelerde dişte kolaylıkla kırılmalar meydana gelmektedir. Bunun temel nedeni yükleme açısı arttığında dişdeki kesme gerilmelerinin de artmasıdır. Bu artan kesme gerilmeleri Von Mises gerilmesini artırır.

Yine yükleme miktarındaki değişikliklerin de dişteki gerilme değerlerini değiştirdiği de saptanmıştır. Şekiller 3, 6 ve 7 incelendiğinde her üç durumda da gerilme dağılımlarının değişmediği ancak yükün artmasıyla doğru orantılı olarak gerilme değerlerinin de arttığı görülebilir. Bu durum yük miktarının da yükleme açısıyla birlikte önemli bir parametre olduğunu göstermiştir.

Çalışmamızda elde edilen ve sunulan önemli noktalardan birisi de bu tür çalışmalarda izlenecek yöntemin saptanması ile ilgilidir. Bu tür çalışmalarda en önemli noktalardan biri de değerlendirme yapılacak kriterin belirlenmesidir. Sadece çekme ve basma ya da sadece kesme gerilmeleri incelenerek varılan sonuçlar daima hatalıdır. Üç boyutlu çalışmaların en önemli noktası oluşan tüm gerilmelerin toplam etkisinin göz önünde tutulması ve incelemenin buna dayanarak yapılmasıdır. Şekiller 8-13, Şekil 3 ile birlikte incelendiğinde bu durum daha açık olarak görülmektedir. Şekiller 8-13 dişte oluşan tek cins gerilme bileşenini göstermekte, Şekil 3 ise tüm gerilme bileşenlerinin sonuçta oluşan toplam etkisini yani Von Mises gerilme değerini vermektedir. Görüldüğü gibi her bir bileşenin değeri Von Mises değerinden çok farklıdır. Bu da değerlendirme için bileşenlerin tek başına göz önüne alınmasının son derece hatalı sonuçlar vereceğini açıkça göstermektedir.

Çalışmamızda tüm malzemeler incelendiğinde eşdeğer yük miktarları ve yük açıları için dişte ve dolgu materyalinde oluşan en düşük gerilme değerlerini Z 100 ün en yüksek gerilme değerlerini ise Fuji II LC nin verdiği gözlemlenmiştir. Bunun da nedeni kullanılan dolgu malzemelerinin Elastisite Modülü değerlerinin restorasyon bölgesinde oluşan yapısal süreksizliği ters orantılı olarak etkilemeleridir.

Buna göre sadece mekanik özelliklerine göre bir değerlendirme yapılması gerekirse, çalışmada kullanılan materyaller kapsamında Class V kavitelere en uygun dolgu materyalinin Z 100 olduğu belirlenmiştir. Diğerleri ise sırasıyla Dyract AP, Compoglass F, Silux Plus ve Fuji II LC dir.

KAYNAKLAR

1. Beer FP, Johnston RJr. Mechanics of materials. Second SI Metric Edition McGraw-Hill, Singapur, 1992.
2. Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Stress - induced cervical lesions. J Prosthet Dent 1992 67: 718-722.
3. Christensen GJ. Compomers vs. resin-reinforced glass ionomers. JADA 1997 128: 479-480.
4. Darendeliler S, Darendeliler H, Kınoğlu T. Analysis of a central maxillary incisor by using a three-dimensional finite element method. J Oral Rehabil 1992 19: 371- 383.
5. Ho M, Lee S, Chen H, Lee M. Three-dimensional finite element analysis of the effects of posts on stress distribution in dentin. J Prosthet dent 1994; 72: 367-372.
6. Hood JAA. Biomechanics of the intact prepared and restored tooth: some clinical implications. Int Dent J 1991 41: 25-32.
7. Jørgensen KD, Matona R, Shimokobe H. Deformation of cavities and resin fillings in loaded teeth. Scan J Dent Res 1976 84: 46-50.
8. Katona TR, Winkler MM. Stress analysis of a bulk-filled Class V light-cured composite restoration. J Dent Res 1994 73(8): 14-70.
9. Lee WC, Eakle WS. Possible role of tensile stress in the etiology of cervical erosive lesions of teeth. J Prosthet Dent 1984 52: 374.
10. McCoy RB, Anderson MH, Lepe X, Johnson GH. Clinical success of Class V composite resin restorations without mechanical retention. JADA 1998 129: 593-599.
11. Mehl A, Hiekel R, Kunzelmann KH. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without 'softstart-polymerization'. J Dent 1997 25: 321-330.
12. Osborne-Smith KL, Burke FJT, Wilson NHF. The aetiology of the non-carious cervical lesion. Int Dent J 1999 49: 139-143.
13. Powell LV, Johnson GH, Gordon GH. Factors associated with clinical success of cervical abrasion/erosion restorations. Oper Dent 1995 20: 7-13.
14. Rees JS, O'dougherty D, Pullin R. The stress reducing capacity of unfilled resin in a class V cavity. J Oral Rehabil 1999 26: 422-427.
15. Rees JS, Jacobsen PH. The effect of interfacial failure around a class V composite restoration analysed by the finite element method. J Oral Rehabil 2000 27: 111-116. 14. 13.

16. Winkler MM, Katona TR, Paydar NH. Finite element stress analysis of three filling techniques for Class V light-cured composite restorations. J Dent Res 1996 75 (7): 1477-1483.

17. Yaman DS. Sonlu elemanlar yöntemi ve diş hekimliğindeki uygulamalar Atatürk Ü Dişhek Fak Derg 1995 5(1):87-96.

18. Yaman DS, Alaçam T, Yaman Y. Analysis of stress distribution in a vertically condensed maxillary central incisor root canal. J Endod 1995 21(6): 321-325.

19. Yaman DS, Alaçam T, Yaman Y. Analysis of stress distribution in a maxillary central incisor subjected to various post and core applications. J Endod 199824(2): 107-111.

20. Ziemiecki TL, Dennison JB, Charbeneau GT. Clinical evaluation of cervical composite resin restorations placed without retention. Oper Dent 1987 12: 27-33.

Yazışma Adresi :

GÜ. Dişhekimliği Fakültesi
Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı
06510 Emek-Ankara
Tel: 0 312 2126220/351
Fax: 0 312 2239226