



İNSAN DIŞI KAPLAMALARINDA KULLANILAN FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ YAPIŞTIRICI SİMANLARIN GERİLME DAĞILIMINA ETKİLERİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

THE INVESTIGATION OF THE EFFECTS ON STRESS DISTRIBUTIONS OF LUTING CEMENTS HAVING DIFFERENT PROPERTIES USED IN A HUMAN TOOTH CROWN BY FINITE ELEMENT METHOD

Mak.Yük.Müh. Mehmet Sami GÜLER*
Prof. Dr. Yusuf Ziya BAYINDIR**

Prof. Dr. Sadri ŞEN*
Yrd. Doç. Dr. Çiğdem GÜLER***

Makale Kodu/Article code: 552
Makale Gönderilme tarihi: 07.05.2011
Kabul Tarihi: 05.10.2011

ÖZET

Amaç: Diş kaplaması, çeşitli nedenlerle çürük oluşmuş ve madde kaybının yüksek olduğu dişlerde, diş kaybetmeden yeniden işlevsellik kazandırmada büyük önem taşır. Diş kaplamalarına yönelik çalışmalarda deneysel ve teorik yöntemler kullanılmıştır. Fakat son zamanlarda, yürütülen bu çalışmalara paralel olarak nümerik çalışmalar yani bilgisayar destekli sayısal çalışmalar da bu konuda uygulanmaya başlamıştır. Bu çalışmanın amacı, farklı özellikte yapıştırıcı malzemelerle kaplama-yapıştırıcı-diş sert dokusu (dentin) katmanlarından oluşan modelde meydana gelen gerilme dağılımlarını sonlu elemanlar yöntemi ile değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Hesaplamalarda, dentin-kaplama malzeme özellikleri değiştirilmeden iki farklı malzeme özelliğine sahip yapıştırıcı siman kullanılmıştır. ANSYS paket programı kullanılarak sayısal deneyler yapılmıştır. Çözümler elastik olarak yürütülmüştür.

Bulgular: Yapılan sayısal deneylerin analiz edilmesiyle elde edilen sonuçlara göre; en düşük elastisite modülüne sahip yapıştırıcı durum (2. deney), oluşan gerilmeler açısından kritik bir durum göstermiştir.

Sonuç: Özellikleri diş sert dokusuna (dentin) çok yakın olan yapıştırıcı model (1. deney) von Mises gerilmeleri açısından en güvenilir durumu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapıştırıcı siman, sonlu elemanlar, gerilme dağılımı

ABSTRACT

Aim: Tooth crown has great importance in the point of view of without losing the tooth reestablishing the function of teeth in which cavities have been formed due to several

reasons and having high material lost. In the studies of tooth crown, experimental and theoretical methods have been used. Besides, recently in parallel with previous studies, numerical studies namely computer aided studies have commenced to be executed in this domain. The aim of this study is to evaluate stress distribution using finite element method in the crown-cement-tooth (dentine) model in which cements having different properties are utilized.

Materials and Methods: In the computations without changing the properties of tooth and crown two different types of luting cements have been employed. Using ANSYS packet program, numerical analysis were carried out. The analyses are executed in elastic zone.

Results: According to result of numerical analysis, the condition with the cement having them minimum elastic modüle (2. test) shows the critical stress case.

Conclusion: The model with the cement (1. test) having characteristic close to dentine reveals the most reliable case in the point of von Mises stress.

Keywords: Luting cement, finite elements, stress distribution

*Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği Erzurum

**Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Erzurum

***İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı Malatya



GİRİŞ

Diş hekimliği alanında kuron-köprü protezleri uygulamaları sıklıkla kullanılan bir tedavi yöntemidir. Kuron-köprü uygulamalarında amaç; çeşitli nedenlerle çürük olmuş ve madde kaybının yüksek olduğu dişlerde, dişi kaybetmeden yeniden işlevsellik kazandırmaktır. Bu yöntem diş sert dokusu (dentin), yapıştırıcı (siman) ve kaplama-kuron (dental materyal) ana kısımlarından oluşmaktadır. Bu kısımların malzeme özellikleri ve uyumları çalışmanın kalitesini etkilemektedir. Yapım hataları, çalışma esnasında çıkan hatalar, katmanlardaki çatlak ve ayrılma problemleri, çalışma esnasındaki etkiyen kuvvetler vb. gibi etkenler de önem arz etmektedir.

Diş kaplamalarına yönelik çalışmalarda deneysel ve teorik yöntemler kullanılmıştır. Fakat son zamanlarda, nümerik çalışmalar yani bilgisayar destekli sayısal çalışmalar da bu konuda uygulanmaya başlamıştır. Daha çabuk sonuç alınması, laboratuvar çalışmalarında yapılamayan/denenemeyen tasarım ve çalışma koşullarının rahatlıkla uygulanabilmesi ve alınan sonuçlarla daha ayrıntılı analiz yapılabilmesi açısından sayısal çalışmalar her alanda olduğu gibi bu alanda da gittikçe önem kazanmıştır.

Arabacı¹ yaptığı tez çalışmasında diş sert dokusu (dentin)-yapıştırıcı-kaplama modelinde kuvvet uygulandığında, maksimum gerilme değerlerinin diş sert dokusunda (dentin) meydana geldiğini belirtmiştir. De Jager ve arkadaşları² dayanıklı tam seramik restorasyonların başarıyla üretilebilmesi için gerilmeyi etkileyen faktörlerin ve onların dağılımlarının bilinmesinin önemli olduğunu ve düzgün olmayan siman tabakasının bağlanma gücünde aşırı gerilmelere neden olabileceğini rapor etmiştir.

Li ve arkadaşları³ pulpasız diş köklerinin titanyum alaşımı ile kombine edilmiş farklı yapıştırıcılarla restorasyonunu üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile incelemişler; elastisite modülünün, yapıştırıcıların özelliklerini değerlendirmek için gerçekten önemli bir parametre olduğu bulmuşlardır. Ayrıca, diş sert dokusuna (dentin) benzer elastik modüllü yapıştırıcıların güçsüz kökü güçlendirebileceğini ve diş sert dokusundaki (dentin) gerilimi azaltabileceğini de ifade etmişlerdir.

Rekow ve arkadaşları⁴, tam seramik kuronlarda meydana gelen maksimum gerilmelerin etkilerini sonlu elemanlar yöntemi ile incelemişler, gerilme

büyükliğünde; önemli faktörün kuron malzemesi ve kalınlığı olduğunu, yapıştırıcının (siman) elastisite modülü ve kalınlığının da etkili olduğunu belirlemişlerdir. Onlar⁴ kuron-yapıştırıcı (siman)-diş sert dokusu (dentin) sistemlerinde kurondaki gerilmelerin çok yönlü değerlendirilmesi gerektiğini, yapıştırıcı özellikleri ve diğer değişkenlerin de dikkate alınmasının önemini vurgulamışlardır.

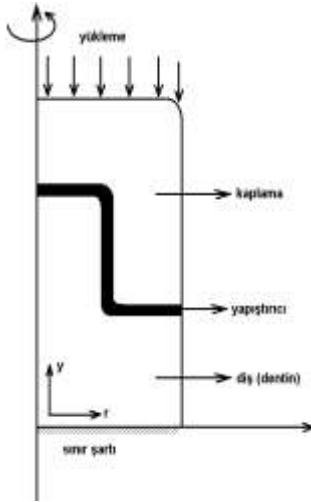
Bu çalışmanın amacı kaplama yapılmış dişte yük altında kullanılan yapıştırıcı özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan gerilme dağılımlarını Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) tabanlı ANSYS paket programı ile incelemektir. Ayrıca, elde edilecek bilgiler ışığında çatlak oluşumu ve kaplama (kuron)-yapıştırıcı (siman)-diş sert dokusu (dentin) ara yüzelerindeki ayrılma olasılıkları da belirlenmeye çalışılacaktır.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

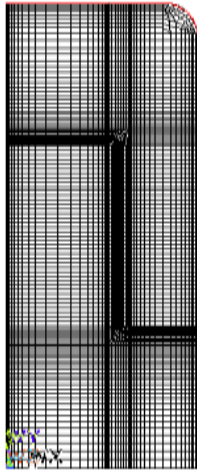
Bu çalışmada, farklı özellikte iki yapıştırıcı siman kullanılarak kaplama-yapıştırıcı-diş sert dokusu (dentin) katmanlarından oluşan modelde meydana gelen gerilme dağılımları Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) tabanlı ANSYS paket programı ile incelenmiştir. Oluşturulan modelde, diş sert dokusunda (dentin) dik açılı basamak tipi seçilmiştir. Yapıştırıcı olarak; birinci deneyde çinko fosfat siman ve ikinci deneyde ise hem ışık hem de kendiliğinden sertleşen (dual cure) rezin siman kullanılmıştır. Çözümler elastik olarak yürütülmüştür.

Oluşturulan modelin şematik görünümü ve sonlu eleman ağ yapısı sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Mesh oluşumunda kaplama-yapıştırıcı-diş ara yüzelerinin kritik bölgeler olduğu düşünülerek bu bölgelerde daha sık ağ yapısı oluşacak düzenleme yapılmıştır. Çalışmada, mekanik özelliklerine göre diş sert dokusu (dentin) ve kuron için elastisite modülü ve poisson oranı sabit değerler kullanılmıştır (Tablo 1). Yapıştırıcı siman için ise farklı malzeme özelliğine sahip, elastisite modülü ve poisson oranı değerleri birbirinden farklı olan 2 yapıştırıcı siman [çinko fosfat siman ve hem ışık hem de kendiliğinden sertleşen (dual cure) rezin siman] kullanılarak analiz yapılmıştır (Tablo 2).





Şekil 1: Deneyde kullanılan modelin görünümü



Şekil 2: Deneyde kullanılan modelin elemanlarına ayrılması

Tablo 1: Modelde kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri
(Rekow ve ark.⁴, Yıldız⁵, Doğan ve Doğan⁶, De Jager ve ark.⁷)

Deneyler	Malzemeler	Elastisite Modülü E (GPa)	Poisson Oranı ν
1. Deney	Diş sert dokusu (dentin)	14,7	0,33
	Yapıştırıcı (Çinko Fosfat Siman)	13,7	0,35
	Kaplama (Feldspatik, Ceramco Dentsply)	69	0,19
2. Deney	Diş sert dokusu (dentin)	14,7	0,33
	Yapıştırıcı (Dual Cure Resin Siman)	4,92	0,27
	Kaplama (Feldspatik, Ceramco Dentsply)	69	0,19

Tablo 2: Çalışmada kullanılan yapıştırıcı simanların içerikleri

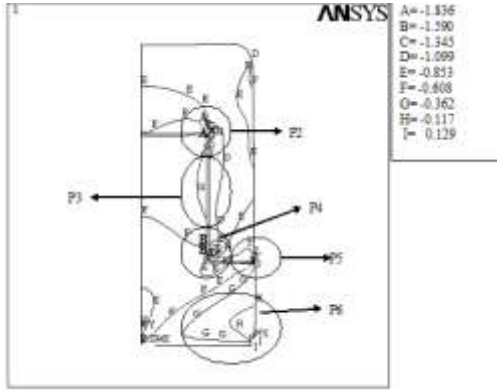
Yapıştırıcı Siman Tipi	Yapıştırıcı Siman	Üretici Firma	İçerik
Çinko fosfat siman	ZCI Zinc cement	SS White, Rio de Janeiro, Brazil	Toz: çinko oksit, magnezyum oksit Likit: ortofosforik asit, alüminyum hidroksit, çinko oksit, distile su
Dual cure rezin siman	RelyX ARC	3M ESPE, St Paul, MN/USA	Pasta A: BisGMA, TEGDMA, zirkonyum/silica doldurucuları, pigmentler, amin, ışıkla active olan başlatıcılar Pasta B: BisGMA, TEGDMA, zirkonyum/silica doldurucular, benzoil peroksit

Gerilmeler yük ile normalize (σ / P) edilerek şekillerde; A, B, C, D, E, F, G, H ve I harfleriyle birimsiz olarak verilmiş olup açıklamaların kolay yapılabilmesi için modelde P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 ve P8 simgeleri ile gösterilen bölgeler oluşturulmuştur. Çözümler elastik olarak gerçekleştirilmiştir. Modelin oluşturulmasında uzunluklar μm birimi, elastisite modülü ise $\text{N}/\mu\text{m}^2$ birimi ile verilmiştir. Kaplama dişin modelinden geçen y-eksenine göre simetrik olduğundan, ANSYS paket programında oluşturulurken programın dönel simetri oluşturma özelliğinden faydalanılarak modelin yarısı kullanılıp iki boyutlu analizler yapılmıştır. Kaplama diş modelinde; dişin yüksekliği $7000 \mu\text{m}$, dişin eni $5000 \mu\text{m}$, yapıştırıcının kalınlığı $50 \mu\text{m}$ ve kaplamanın yüksekliği $4950 \mu\text{m}$ olarak alınmıştır. Oluşturulan modelin kullanılabilirliği statik denge şartı olan kuvvetler toplamının sıfıra eşitliği (bileşke kuvvetin sıfıra eşit olduğu) sağlanarak kontrol edilmiştir.

BULGULAR

Kaplama-yapıştırıcı-diş sert dokusu (dentin) modelinin ANSYS paket programı kullanılarak modellenmesi ve sonlu elemanlar yöntemiyle gerilme analizinin yapılmasıyla aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

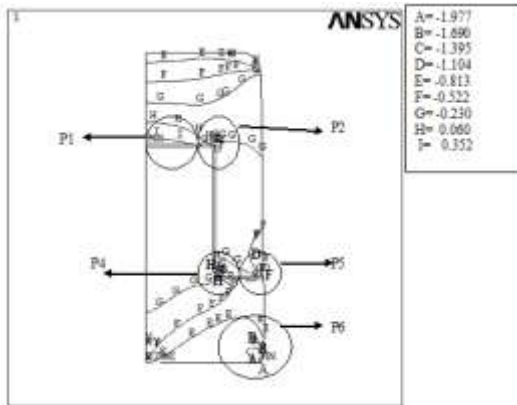
1.Deney: Çinko fosfat siman σ_r gerilmeleri (x-ekseni)



Şekil 3.1. Çinko fosfat siman kullanılan modeldeki radyal gerilme (σ_r) dağılımı

Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi, sadece P6 bölgesinin dentin taban dış kenarında pozitif radyal gerilme değeri görülmesine karşılık, modelin hemen hemen tamamında negatif gerilmeler hâkimdir. En büyük negatif radyal gerilme değeri, P2 bölgesinde görülmektedir. Kaplama-yapıştırıcı-dentin kritik birleşim yerinin bulunduğu P2, P3, P4 ve P5 bölgelerinde ise farklı şiddetli gerilme bölgeleri çok dar bir alanda görülmektedir. P6 ile P5 bölgelerindeki gerilme durumu P5 bölgesinin dış ortama bakan kısmında dentin-yapıştırıcı-kaplama birleşimini etkileyerek ayrılma ihtimalini doğurabilir. P2 ve P4 bölgelerindeki negatif gerilmeler kaplamanın kopmasına sebep olabilir, bu da süreksizlik doğuracağından kaplamanın ömrünü olumsuz yönde doğrudan etkileyecektir.

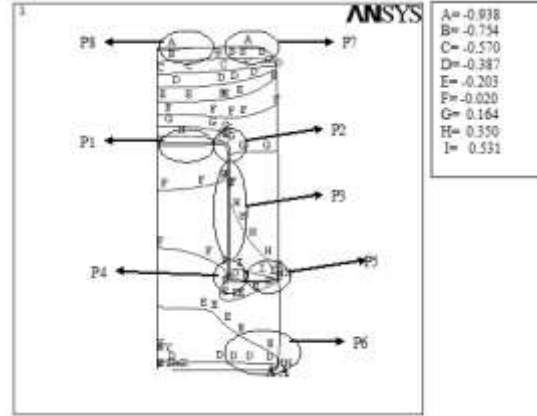
σ_y gerilmeleri (y-ekseni)



Şekil 3.2. Çinko fosfat siman kullanılan modeldeki y-yönünde gerilme (σ_y) dağılımı

Modelde, P1 ve kısmen P2 ve P4 bölgeleri dışında negatif σ_y gerilme değerleri görülmektedir. Kaplama-yapıştırıcı-dentin birleşim yerinde bulunan P1, P2 ve P4 bölgelerinde negatif ve pozitif gerilmeler birlikte görülmektedirler. Bu bölgelerde ayrılmaya neden olabilecek zorlanmaların görülme riski yüksektir.

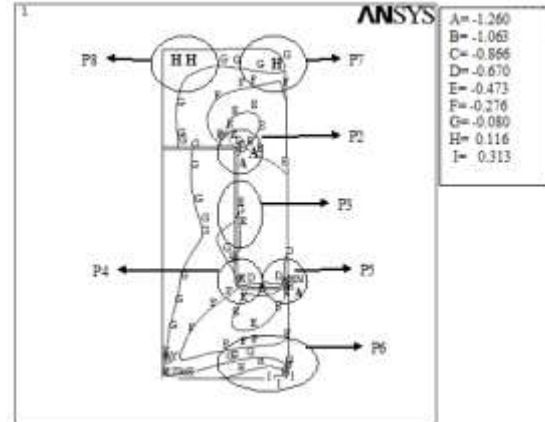
σ_θ gerilmeleri



Şekil 3.3. Çinko fosfat siman kullanılan modeldeki σ_θ gerilme dağılımı

Negatif σ_θ gerilmeleri P6, P7 ve P8 bölgelerinde, pozitif σ_θ gerilmeleri ise P1, P3, P4 ve P5 bölgelerinde görülmektedir. Bunun yanında, özellikle P3, P4 ve P5 bölgelerinde negatif ve pozitif gerilmeler birlikte yer almaktadırlar. Bu gerilme dağılımı bu bölgelerde özellikle yapıştırıcıda ayrılma veya çatlak oluşma riskini artıracaktır.

$\sigma_{r\theta}$ gerilmeleri

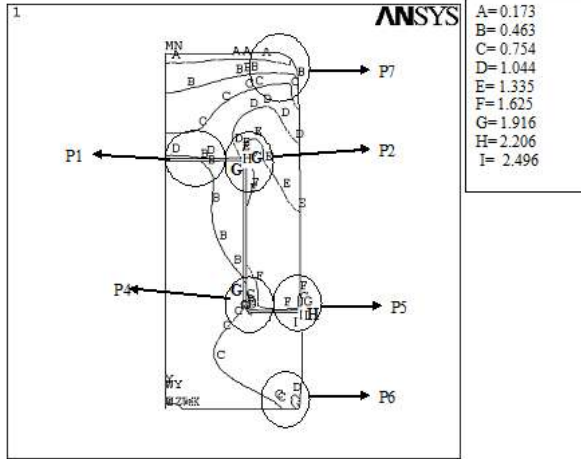


Şekil 3.4. Çinko fosfat siman kullanılan modeldeki $\sigma_{r\theta}$ gerilmesi gerilme dağılımı



σ_{r0} gerilmeleri P6, P7 ve P8 bölgelerinde farklı işaretli iken, diğer bölgelerde aynı işaretlidir. Farklı işaret ve farklı şiddette gerilmelerin görüldüğü P6, P7 ve P8 bölgelerinde kaplama-yapıştırıcı-dentin ara yüzeyinde ayrılma olasılığı vardır.

σ_M gerilmeleri (Von Mises eşdeğer gerilmeleri)

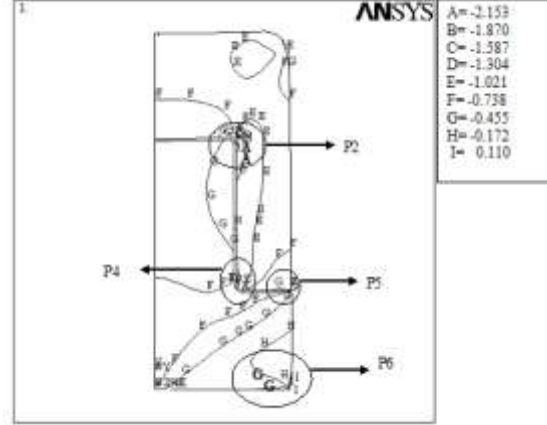


Şekil 3.5. Çinko fosfat siman kullanılan modeldeki Von Mises gerilmeleri (σ_M) gerilme dağılımı

P2, P4, P5 ve P6 bölgelerinin kritik bölgeler olduğu gerilme değerlerinin şiddetlerinden hareketle söylenebilir. Çünkü bu bölgelerde büyük eşdeğer gerilmeler yer almaktadır. Özellikle de, P5 bölgesinde en büyük gerilme değerinin görülmesi, buranın malzeme özellik değişimi ve geometrik geçiş açısından kritikliğinden kaynaklanmaktadır ve bu beklenen bir durumdur. P5 bölgesi, hem kaplama-yapıştırıcı-dentin katmanları birleşim yerinde olması hem de geometrik yerleşim olarak dış yüzeyde bulunması sebebiyle çok kritik bir bölgedir. Malzeme özellikleri dikkate alınarak, bu gerilme dağılımı ile genel anlamda modeldeki çatlak oluşumu ve katmanlar arasında ayrılmalar tahmin edilebilir.

2.Deney: Rezin siman

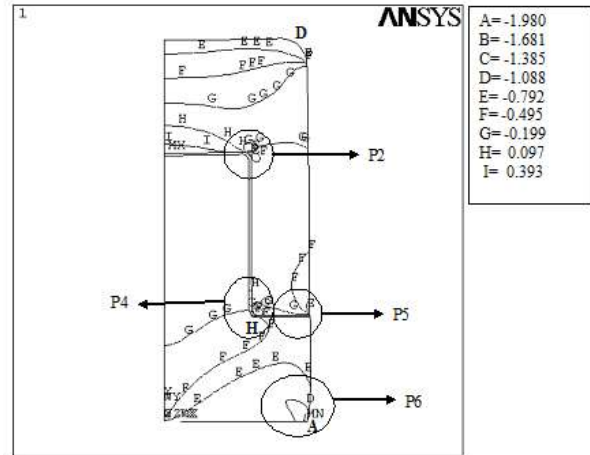
σ_r gerilmeleri (x-ekseni)



Şekil 4.1. Rezin siman kullanılan modeldeki radyal gerilme (σ_r) dağılımı

Negatif radyal yöndeki gerilme değerleri birinci deneye göre artış göstermektedir. P6 bölgesinde, pozitif gerilme şiddeti olan I-değerlerinde birinci deneye göre gerilme değeri azalma göstermiştir.

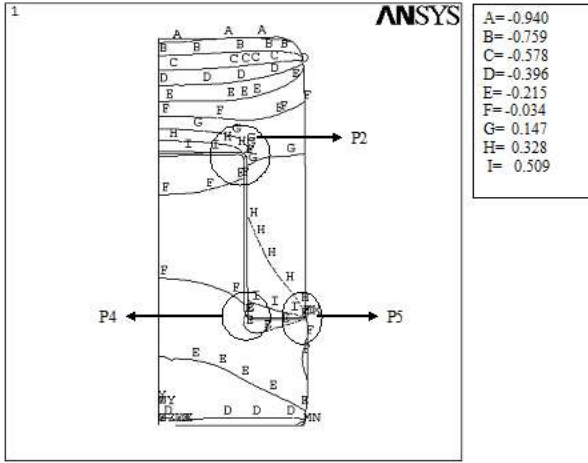
σ_y gerilmeleri (y-ekseni)



Şekil 4.2 Rezin siman kullanılan modeldeki y- yönünde gerilme (σ_y) dağılımı

Negatif açılal yönde etkiyen σ_y değerleri birinci deneye göre azalma göstermektedir. Pozitif yönde etkiyen σ_y , H ve I-değerlerinde ise çok az şiddette artış görülmektedir.

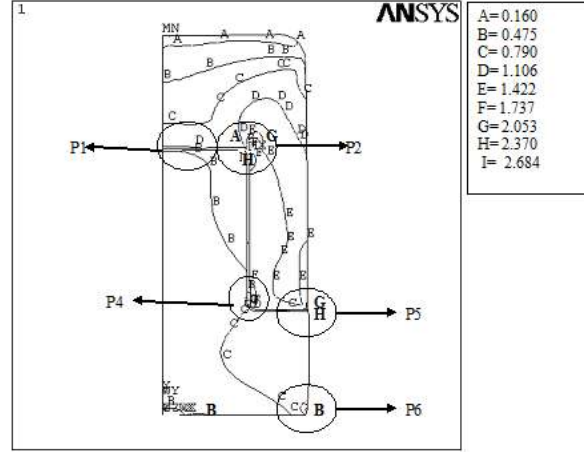
σ_{θ} gerilmeleri



Şekil 4.3. Rezin siman kullanılan modeldeki σ_{θ} gerilme dağılımı

Pozitif σ_{θ} 'lar birinci deneye göre çok az bir değerde azalış, negatif σ_{θ} 'lar ise çok az bir değerde artış göstermektedir.

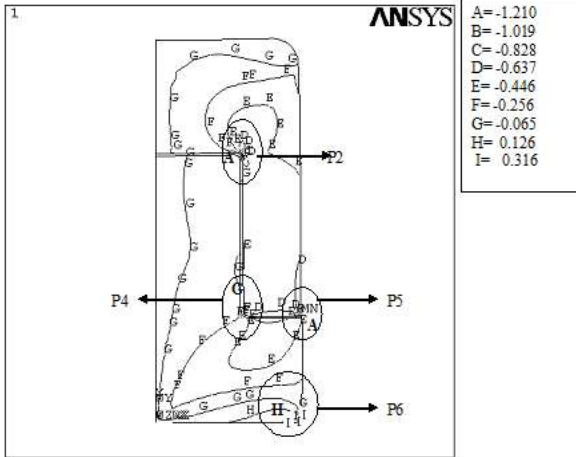
σ_M gerilmeleri (Von Mises eşdeğer gerilmeleri)



Şekil 4.5. Rezin siman kullanılan modeldeki Von Mises gerilmeleri (σ_M) gerilme dağılımı

Eş değer gerilme, birinci deneye göre, A-değeri hariç diğer tüm değerlerde çok az bir artış göstermektedir. A-değerinde de çok az bir azalış mevcuttur.

τ_{re} gerilmeleri



Şekil 4.4. Rezin siman kullanılan modeldeki τ_{re} gerilmesi gerilme dağılımı

Negatif yöndeki kayma gerilmesi τ_{re} , birinci deney değerlerine göre çok az bir azalma göstermektedir. Pozitif yöndeki kayma gerilmeleri, H ve I-değerinde çok az bir artış görülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kullanılan malzeme sayısını kısıtlamadan karmaşık bir yapıda oluşacak gerilmeleri bir arada ancak sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile elde edebiliriz. Bu yöntemin geometrik olsun veya olmasın her türlü cisme veya komplike yapılara kolayca uygulanabileceği belirtilmiştir.⁸⁻¹⁰ Diş hekimliği ve mühendisliğin bir kesişimi olan biyomekanik uygulamalarda da son zamanlarda sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır.⁷⁻¹⁵ Bu yöntem sayesinde komplike yapıya sahip olan diş kolaylıkla incelenebilmekte, diş için farklı durumlar (restoratif, endodontik veya protetik) bilgisayar ortamında değerlendirilerek ideal durumlar tespit edilebilmektedir.

Yapıştırıcı simanlarda oluşan adeziv ve/veya koheziv başarısızlıklar mikrosızıntı oluşmasında önemli bir faktördür. Eğer yapıştırıcıda kırılmalar meydana gelirse diş-kaplama arasındaki bağlantısı zayıflayacak ve tutuculuk etkilenecektir.¹⁶⁻¹⁸ Ayrıca, eğer simanda kırılmalar olursa diş-siman-restorasyon ara

yüzeylerinde mikrosızıntının görülebileceği de belirtilmiştir.¹⁹

Bu çalışmada model geometrisinin sabit kaldığı, dentin ve kaplama özellikleri değiştirilmeden yapıştırıcı siman kullanılarak yapılan diş kaplama [kaplama-yapıştırıcı ve yapıştırıcı-diş (dentin)] ara yüzeylerinde üretimden gelebilecek hataların olmadığı ve tutunmanın mükemmel olduğu varsayılmış ve dişte dik açılı basamak tipi oluşturulmuştur. İki farklı yapıştırıcı siman kullanılarak oluşturulan dişin yük altındaki gerilme dağılımı incelenmiştir.

Bu şartlar altında yapılan bilgisayar deneylerine göre elde edilen sonuçlardan;

(i) Radyal gerilmeler (σ_r) incelendiğinde; mutlak değerce en büyük pozitif gerilmeler, 1.deneyde görülmüştür (Şekil 3.1.). Mutlak değerce en büyük negatif gerilmeler ise 2. deneyde elde edilmiştir (Şekil 4.1.). Buna göre en büyük negatif r değeri görülen 2. deneyde çatlak ve/veya ayrılma ihtimali daha yüksektir.

(ii) Eksenel gerilmelerine (σ_y) göre ise; mutlak değerce en büyük pozitif değerler, Şekil 4.2'de görüldüğü gibi, 2. deneyde elde edilmiştir. Mutlak değerce en büyük negatif gerilmeler ise 1. deneyde (Şekil 3.2.) görülmüştür. Buna göre özellikle en büyük pozitif y gerilmesi görülen 2. deneyde çatlak ve/veya ayrılma riski açısından kritik bir durum mevcuttur.

(iii) θ açısız yönünde gerilme σ_θ dağılımı dikkate alındığında; σ_θ gerilmeleri için mutlak değerce en büyük pozitif değer 1. deneyde (Şekil 3.3.) görülmüştür. Mutlak değerce en büyük negatif gerilmeler ise 2. deneyde (Şekil 4.3.) belirlenmiştir. Buna göre modellerde pozitif en büyük gerilme ile negatif en küçük gerilmelerin mutlak değerlerinin beraber bulunduğu bölgelere göre çatlak ve/veya ayrılma riski 2. deneyde görülebilir.

(iiii) σ_{θ} gerilme dağılımına göre mutlak değerce en büyük pozitif gerilme değerleri 2. deneyde (Şekil 4.4.) tespit edilmiştir. Mutlak değerce en büyük negatif gerilmeler ise 1. deneyde (Şekil 3.4.) görülmüştür. Buna göre özellikle beraber bulunan pozitif en küçük gerilme ile negatif en küçük gerilmelerin mutlak değerleri toplamına göre çatlak oluşma riski 1. deneyde görülebilir.

(v) Mises gerilmelerine (σ_M) bakıldığında 2.deneyde (Şekil 4.5.) eş değer gerilme değeri 1. deneye göre daha büyük değerdedir.

Sonuç olarak, Mises eşdeğer gerilmelere bakılarak yapılacak değerlendirmede; 2. deney, çatlak ve/veya ayrılma bakımından riski daha yüksek modeldir. Daha güvenli bir durum için 1. deneyde kullanılan model tercih edilmelidir.

Kamposiora ve arkadaşları¹⁹ yaptıkları çalışmalarında en yüksek elastisite modülü olan simanda daha yüksek streslerin oluştuğunu bulmuşlardır.

Liu ve arkadaşları²⁰ sonlu elemanlar yöntemi ile tam seramik kuronlarda farklı siman tipi ve kalınlığının stres dağılımını incelemişler, siman tipi ve kalınlığının stres dağılımını etkilediğini, yüksek elastisite modülüne sahip simanın daha düşük çekme mukavemeti gösterdiğini bulmuşlardır.

Lie ve ark.³ simanların elastisite modüllerinin artmasıyla (1,8 GPa'dan 22,4 GPa'ya) dentinde Von Mises gerilme değerlerinin kademeleri olarak azaldığını ve simanların tüm diğer özellikleri arasında elastisite modülünün streslerin dağılımında çok önemli olduğunu belirtmiştir.

Suzuki ve arkadaşları²¹ kullanılan yapıştırıcı simanın tipinin servikal bölgede stres konsantrasyonunu büyük oranda etkilediğini ve servikal bölgedeki aşırı stres konsantrasyonunun dentine benzer elastisite modülü olan yapıştırıcı siman kullanılarak önlenilebileceğini belirtmişlerdir.

Shen²² simanların karakterizasyonunda elastisite modülü ve eğilme dayanımının (flexural strength) önemli bir etken olarak kabul edildiğini, mikrosızıntı ve/veya protezlerin yerinden çıkmasını engelleyerek, yüksek çigneme kuvvetlerine karşı direnç oluşturmada etkili olduğunu belirtmiştir. O²² ayrıca, dentinin elastisite modülünün 12-20 GPa arasında olduğu için daha yüksek elastisite modüllü bir siman kullanıldığında yüksek ısırma kuvveti olan alanlarda oluşan elastik deformasyona direncin daha iyi oluşacağını ve protezin tutuculuğunun daha uzun ömürlü olacağını ifade etmiştir.

Lie ve White²³ yapıştırıcı simanın yük altında benzer deformasyon davranışı sergileyebilmesi için elastisite modülünün restoratif materyal ve dentinin elastisite modülü arasında olması gerektiğini belirtmiştir.

Bu çalışmada malzeme özellikleri dentin ve kaplamaya yakın olan 1. deneydeki siman daha iyi sonuçlar sergilemiştir. Bulgularımız yazarların bulguları ile uyumludur. Bununla birlikte, Fu ve ark.²⁴ yaptıkları



sonlu elemanlar çalışmasında elastisite modülünün yapıştırıcı simanlar için önemini vurgulamış, daha düşük elastisite modülüne sahip rezin siman kullanıldığında çinkofosfat siman ile kıyaslandığında daha düşük stres değerleri elde edildiğini rapor etmiştir. Bu bulgu çalışmamızın bulguları ile uyumlu değildir. Farklılık çalışmamızda aynı yapıştırıcı simanların kullanılmamasından, aynı dişin modellenmemesinden veya aynı kuvvet değeri ile yükleme yapılmamasından kaynaklanmış olabilir.

Sonuç olarak; çalışmamızda 1. deneydeki modelde kaplama-yapıştırıcı-dentin bölümleri arasında kuvvet iletimi model bir bütünmüş gibi gerçekleşmiş, 2. deneydeki modelde ise kaplama-yapıştırıcı siman-dentin bölümleri arasında kuvvet iletimi açısından modelin bütünsel davranışının bozulduğu görülmüştür. 1.deneydeki modelde malzeme özellikleri hemen hemen dentin ile kaplama arasında olan yapıştırıcı siman kullanıldığı için, alınan sonuçlara göre bu yapıştırıcı simanın kullanımı daha başarılı sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. Ancak değişik geometrilerde nasıl davranacağına tespit edilebilmesi için modelin değiştirilip o şartlarda deney yapılması gerekmektedir. Ayrıca farklı malzeme özelliklerine sahip olan yapıştırıcılarla da bu modelin denenmesi çalışmamın ileri aşamaları olarak düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Arabacı Z. İnsan Ağız Dişinde Değişik Kaplamaların Gerilmeler Üzerindeki Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mak. Müh. Bölümü Mekanik Ana Bilim Dalı, İzmir,2003.
2. De Jager N, Pallow P, Feilzer AJ. The Influence of Design Parameters on the FEA-Determined Stres Distribution in CAD-CAM Produced All-Ceramic Dental Crowns. *Dental Materials*, 2005;21(3):242-251.
3. Li L, Wang Z, Bai Z, Mao Y, Gao B, Xin H, Zhou B, Zhang Y, Liu B. Three-Dimensional Finite Element Analysis of Weakened Roots Restored with Different Cements in Combination with Titanium Alloy Posts. *Chinese Medikal Journal*, 2006;119 (4): 305-311.
4. Rekow ED, Harsono M, Janal M, Thompson VP, Zhang G. Factorial Analysis of Variables Influencing Stres in All-Ceramic Crowns. *Dental Materials*, 2006;22(2):125-132.
5. Yıldız M. Sonlu Elemanlar ve Mekanik Stres Analiz Yöntemleri Kullanılarak Post-Core Restorasyonlarının Kuvvet Altındaki Davranışlarının İncelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Diş Hekimliği Fakültesi, Erzurum, 1997.
6. Doğan A, Doğan MD. *Dental Morfoloji*. Pelin Ofset ve Matbaacılık, Ankara,2000.
7. De Jager N, Pallow P, Feilzer AJ. The apparent increase of the Young's modulus in thin cement layers. *Dent Mater*, 2004; 20: 457-462.
8. Magne P, Douglas WH. Design optimization and evolution of bonded ceramics for the anterior dentition: A finite-element analysis. *Quintessence Int*, 1999 ; 30 : 661-72.
9. Troedson M, Derand T. Effect of margin design, cement polymerization, and angle of loading on stress in porcelain veneers. *J Prosthet Dent*, 1999; 82: 518-24.
10. Lang LA, Wang RF, Kang B, White SN. Validation of finite element analysis in dental ceramics research. *J Prosthet Dent*, 2001; 86: 650-4.
11. Lin CL, Chang CH, Cheng CS, Wang CH, Lee HE. Automatic finite element mesh generation for maxillary second premolar. *Comput Methods Programs Biomed*, 1999; 59: 187-95.
12. Eskitaşcıoğlu G, Berksun S. Stres analysis of metal-ceramic crowns with titanium, gold and base metal alloy. I. Uluslararası dental teknoloji ve materyaller sempozyumu. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi, 1995; s. 51-61.
13. Ersoy E, Eskitaşcıoğlu G, Zaimoğlu A. Stres analysis of different designs of titanium implants. I. Uluslararası dental teknoloji ve materyaller sempozyumu. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi, 1995; s. 63-81.
14. Troedson M, Derand T. Effect of margin design, cement polymerization, and angle of loading on stress in porcelain veneers. *J Prosthet Dent*, 1999; 82: 518-24.
15. Junge T, Nicholls JI, Phillips KM, Libman WJ. Loading fatigue of compromised teeth: A comparison of 3 luting cements. *Int J Prosthodont*, 1998;11:558-564.



17. El-Mowafy OM, Fenton AH, Forrester N, et al: Retention of metal ceramic crowns cemented with resin cements: Effects of preparation taper and height. J Prosthet Dent, 1996;76:524-529
18. Bernal G, Jones RM, Brown DT, et al: The effect of finish line form and luting agent on the breaking strength of Dicor crowns. Int J Prosthodont, 1993;6:286-290
19. Wiskott HW, Krebs C, Scherrer SS, et al: Compressive and tensile zones in the cement interface of full crowns: A technical note on the concept of resistance. J Prosthodont, 1999;8:80-91
20. Kamposiora P, Papavasiliou G, Bayne SC, Felton DA. Predictions of cement of microfracture under crowns using 3D-FEA. J Prosthodont 2000; 9:201-209.
21. Liu B, Lu C, Wu Y, Zhang X, Arola D, Zhang D. The Effects of Adhesive Type and Thickness on Stress Distribution in Molars Restored with All-Ceramic Crowns. J Prosthodont, 2011;20:35-44.
22. Suzuki C, Miuro H, Okada D, Komada W. Investigation of Stress Distribution in Roots Restored with Different Crown Materials and Luting Agents. Dent Mater J, 2008;27(2):229-236.
23. Shen C: Dental cements, in: Anusavice KJ (editor). Phillip's Science of Dental Materials. 11 ed. Philadelphia; Saunders: 2003. p. 443-494.
24. Li ZC, White SN. Mechanical properties of dental luting cements. J Prosthet Dent, 1999;81:597-609.

Yazışma Adresi:

Çiğdem GÜLER
İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Pedodonti Anabilim Dalı
44280 Malatya
Telefon: 422 3410106-6202
cigdem_zehir@yahoo.com

