



**KRON KAPLAMALI BİR DİŞİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ
MODELLEMESİ ve ANALİZİ**
*(COMPUTER-AIDED MODELLING AND ANALYSIS OF
A SINGLE-CROWNED TOOTH)*

Yeliz PEKBEY*, Binnur GÖREN KIRAL**, Seçil ERİM**

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak kron kaplamalı bir dişin bilgisayar destekli modelleme ve analizi yapılmıştır. İncelenen diş birinci keser santral dişdir. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Protez Anabilim Dalı'ndan sağlanan kesik ve kaplamalı diş modelleri 3-boyutlu ölçüm cihazında taranmıştır. Bu şekilde, diş geometrisi en uygun şekilde belirlenmiştir. 3-boyutlu koordinat ölçüm cihazından elde edilen konturlar, I-DEAS Master Series (Integrated Design, Engineering and Analysis Software) paket programına aktarılmıştır. Kesik dişin basamak şekline bağlı olarak, geniş açılı (chamfer) diş modeli hazırlanmıştır. Dişin karmaşık bir geometriye sahip olması sebebiyle, Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılmıştır. Kullanımı henüz yaygınlaşmaya başlayan IPS Empress kaplamasının yükleme altındaki davranışı, bu çalışmada incelenmiştir.

In this study, computer-aided modeling and analysis of a crowned tooth were made by using the finite element method. The tooth examined was the first central tooth. Prepared tooth and crowned tooth models obtained from Prosthesis Department of Dentistry Faculty-Ege University, were scanned in a 3-dimensional coordinate measuring machine (3D-CMM). In this way, the most suitable tooth geometry was determined. Scanned contours obtained by 3-D CMM were exported into I-DEAS Master Series (Integrated Design, Engineering and Analysis Software). Based on the shape of the prepared tooth, the chamfer model was constructed. The Finite Element Method was used due to the complicated geometry of the tooth. The behaviour of IPS Empress under loading was investigated in this study.

ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS

3-Boyutlu Sonlu Elemanlar Analizi, 3-Boyutlu Koordinat Ölçümü, Birinci Keser Santral Diş, IPS Empress kaplaması

3-D Finite Element Analysis, 3-D Coordinate Measuring, First Central Tooth, IPS Empress

*E.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü, Bornova, İZMİR

**DEÜ. Makina Mühendisliği Bölümü, Bornova, İZMİR

1. GİRİŞ

Dişlerin ve çevre dokuların çeşitli nedenlerle madde kaybına uğradığı ya da tamamen yok olduğu, yani kaybedildiği durumlarda, onları onarmak ya da işlevlerini üstlenmeleri amacıyla tümüyle onların yerine konmak üzere hazırlanmış materyallere protez adı verilir. Protezde, hastanın kaybolan fonksiyonları tekrar kazandırılmaya çalışılırken, aynı zamanda bozulan konuşmasının da düzeltilmesi ve estetik görünümün daha iyi olması amaçlanmaktadır. Yıllar boyunca insanların yemek yeme, çiğneme, yutkunma ve geceleri bazı nedenlerle diş gıcırdatmaları sonucunda, dişler farklı oranlarda aşınırlar. Ayrıca çürükler ve kaza sonucunda dişlerin bazı bölümlerinde kırılmalar oluşur (www.dentrium.com/protez.htm).

Dolguyla restore edilemeyecek kadar hasara uğramış dişlerin üzerine yapılan her türlü kaplamaya *kron* denir. Köprü denince eksik olan dişlerin komşuluğundaki dişler vasıtasıyla köprünelerek tamamlanması anlaşılır. Kron ve köprülerde dişlerin kesilerek kaplanmasında plastikten (Akrilik), metale ve porselene kadar çeşitli malzemeler kullanılır. Bunların içinde en sağlıklı ve zamana dayanıklı olanı porselen kaplamalardır, ki estetik olarak da vazgeçilmez özellikleri vardır (Hübsch vd., 2000).

Son yıllarda, kaplamaların dayanımlarını saptamak üzere Sonlu Elemanlar Yönteminin kullanımı önem kazanmıştır. Bu yöntem sayesinde pekçok uygulamanın karşılaştırmalı sonuçları sanal ortamda belirlenebildiğinden, biomekanik alanında önemli gelişmeler sağlanmıştır.

Metal desteksiz seramik kronların, değişik yükler altında dayanımlarını Sonlu Elemanlar Yöntemini kullanarak incelemişlerdir (Nakamura vd., 2000). Yine aynı yöntem kullanılarak dişin yapısı, biomalzemeler ve restorasyon, dental implant ve kök kanalları gibi pekçok uygulamanın incelenmesi gerçekleştirilmiştir (Rudolph vd., 2001).

Bu çalışmada diş modellerinin 3-boyutlu ölçüm cihazında taranması ile elde edilen koordinatlar, diş geometrisinin bilgisayarda gerçeğe yakın modellenmesini sağlamıştır. Bu da, sonuçların güvenilir olması açısından bir yeniliktir. Ayrıca, bu çalışmada en estetik ve en yeni teknoloji ürünü olan IPS Empress kaplama türü kullanılmakta olup, literatürde bu kaplamaya ilişkin çalışmalar henüz yaygınlaşmamıştır.

2. MODELİN OLUŞTURULMASI

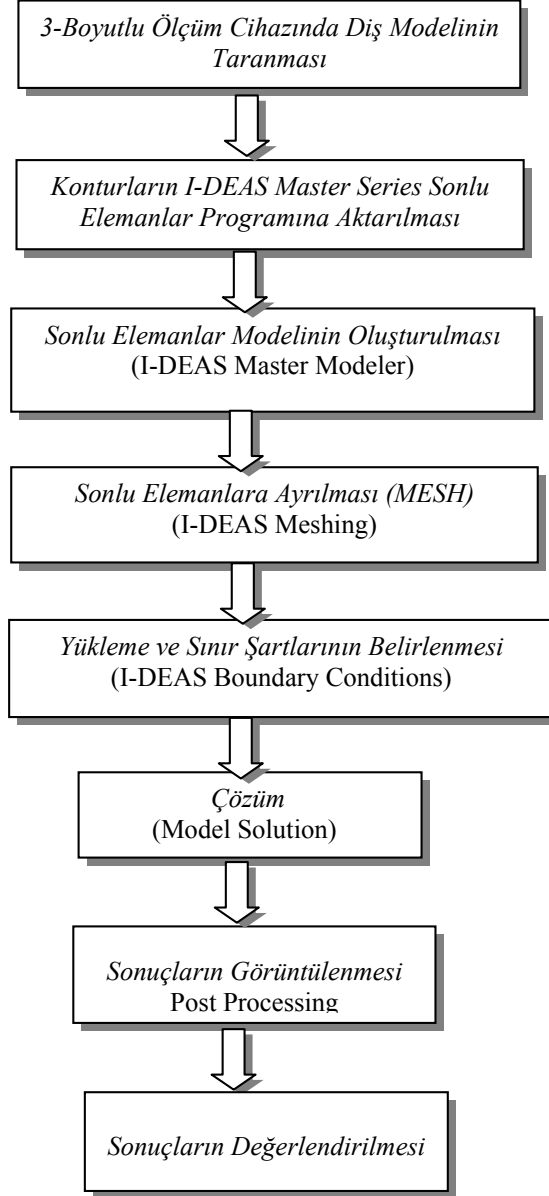
Bu çalışmada; metal desteksiz kron kaplamalı bir dişin 3-boyutlu sonlu eleman modeli hazırlanmış, uygulanan yükler altındaki mekaniksel cevabı incelenmiştir Kron kaplamalı diş; kesik diş, yapıştırıcı (Variolink II), kaplama tabakaları olan IPS Empress Core (basınçla-dökülebilir porselen) ve IPS Empress Layer tabakalarından oluşmaktadır.

İnsan dişi, anatomisi bakımından karmaşık bir geometriye sahip olup, 2 boyutta modellenmesi mümkün değildir. Ayrıca, diş yapısındaki çeşitli malzeme dağılımları da herhangi bir simetri göstermez. Bu nedenle, 3-boyutlu sonlu eleman modelinin oluşturulması gerçek gerilme durumunun belirlenmesinde, daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır.

Tıpta; ortopedi, kalp ve damar cerrahisi, plastik cerrahi, diş hekimliğinde ise implant, tedavi ve protez bilim dallarında sonlu eleman yönteminden yararlanılmaktadır (Balatlıoğlu, 2000). Sonlu elemanlar yöntemi, düzgün olmayan geometri, anizotropik malzeme özellikleri ve karmaşık sınır koşullarına sahip olan yapılar için uygun nümerik bir yöntem olması sebebiyle bu çalışmada kullanılmıştır.

Bu çalışma, esas itibariyle iki ana kısımdan meydana gelmiştir. Birinci kısımda, E.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Protez Anabilim Dalı'ndan kron restorasyonlu ve kaplamalı diş modelleri alınarak, 3-boyutlu koordinat ölçüm cihazında ölçümler yapılmıştır. İkinci kısımda ise, bu

ölçüm değerleri I-DEAS Master Series (Integrated Design, Engineering and Analysis Software) paket programına aktarılarak 3-boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulmuş ve analizi yapılmıştır. Konu ile daha ayrıntılı bilgiye Pekbey’de ulaşılabilir (Pekbey, 2002). Şekil 1, problemin tanımlanması ve analizi için gerekli olan işlem basamaklarını göstermektedir.



Şekil 1. Akış şeması

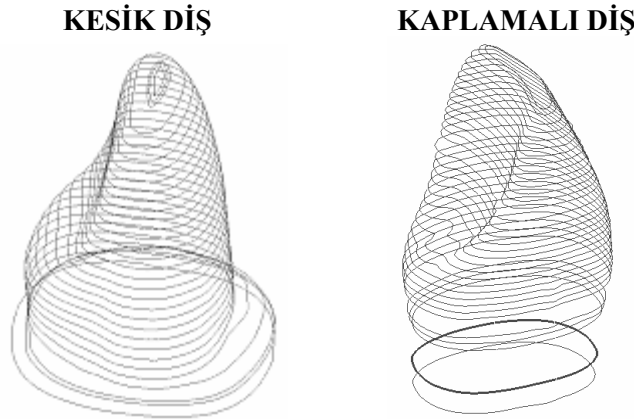
2.1. Dışın 3-Boyutlu Ölçüm Cihazında Ölçümü Ve Bilgisayara Aktarılması

Parçanın kontür modelinin oluşturulması için 3-boyutlu koordinat ölçüm cihazı (D.E.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü, BATÜL Laboratuvar) kullanılmıştır. Bu cihaz, Şekil 2’de görülen, eksen hareketleri X ekseninde 900mm, Y ekseninde 1000mm ve Z ekseninde 600mm olan “Mitutoyo EURO-CAPEX 9106” marka 3-boyutlu koordinat ölçüm cihazıdır.



Şekil 2. Üç boyutlu koordinat ölçüm cihazı

Parça üzerinden ölçüm almaya başlamadan önce, hem kesik diş hem de kaplamalı diş modelleri ayrı ayrı cihaza hareket etmeyecek bir şekilde bağlanmış ve diş modellerini oluşturmaya temel olacak koordinatlar tespit edilmiştir. I-DEAS Master Series Sonlu Elemanlar Programında modellenmek üzere 3–boyutlu ölçüm cihazında taranan kesik diş ve kaplamalı dişin kontur modelleri Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Kesik diş ve kaplamalı diş kontur modelleri

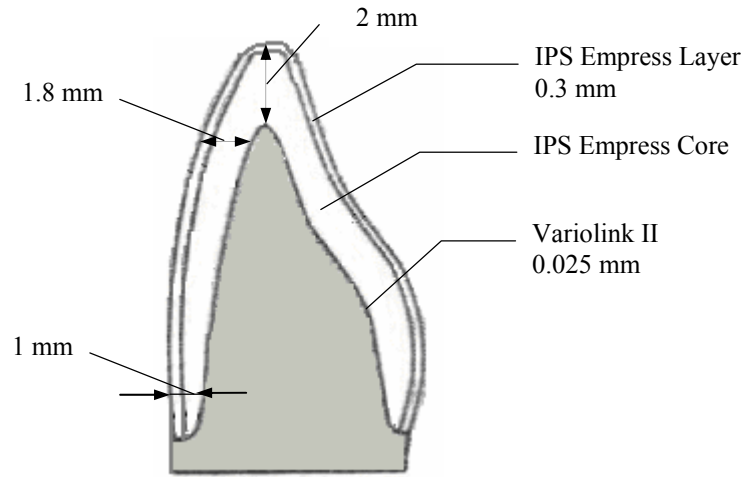
2.2 Katı Modelin Oluşturulması

Çalışmanın bu aşamasında, kron kaplamalı dişin gerilme analizinin yapılması için, üç boyutlu sonlu elemanlar modeli oluşturulmaktadır. Bunun için I-DEAS Master Series (Integrated Design, Engineering and Analysis Software) paket programı kullanılmıştır. Üç boyutlu ölçüm cihazından alınan “IGES” formatındaki kontürler, I-DEAS programının “Master Modeler” kısmına aktarılmıştır.

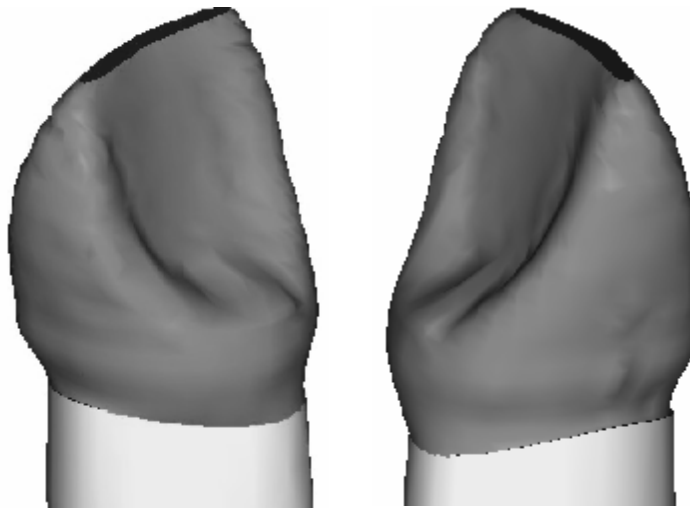
Kaplamalı diş modeli7, dört farklı hacimden oluşmaktadır. Model, en iç kısmı kesik diş, hemen üzeri yani 2.tabakası yapıştırıcı (Variolink II), 3. ve 4.tabakaları ise sırasıyla IPS Empress Core ve IPS Empress Layer olan kaplama tabakalarından oluşmaktadır.

Kesik diş üzerindeki yapıştırıcı (Variolink II) tabaka, 0.025 mm kalınlığındadır. Kaplamanın birinci tabakası, yani IPS Empress Core tabakasının üzerine 0.3 mm kalınlığında olan, kaplamanın ikinci tabakası IPS Empress Layer oturtulmuştur. Ayrıca, yapıştırıcı tabakanın en üst kısmı ile IPS Empress Layer kaplama tabakasının üst kısmı arasındaki aralığın 2 mm olması sağlanmıştır. Bu iki tabaka arasındaki yanıl aralıklar, tabanda 1 mm ve üst kısımlara doğru ise giderek artacak şekilde düzenlenmiştir. Nitekim, yapıştırıcı tabakanın en üst kısmında yanıl aralık 1.8 mm'dir (Şekil 4).

Restorasyonun cinsine bağlı olarak diş kesiminde, yani kesik dişin basamak şekli önemlidir. Kesik dişin kök kısmına geçiş yaptığı bölgede, gerilme yığılmasından kaçınmak amacıyla 135°'lik radyüs verilerek kök kısmına geçiş sağlanmıştır. Şekil 5'te, kron kaplamalı birinci keser santral dişin iki farklı açıdan katı modeli verilmektedir. Şekil 6'da ise diş oluşturulan tabakalar görülmektedir.

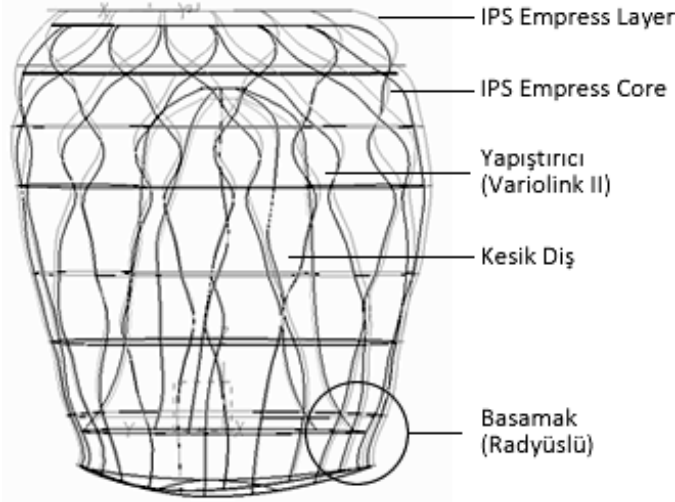


Şekil 4. Diş oluşturulan tabakalar ve kalınlıkları



Şekil 5. Kron kaplamalı dişin katı modeli

İncelenen diş modeli eğrisel yüzeylere sahiptir. Bu sebeple, parçanın en uygun şekilde sonlu elemanlar modelinin oluşturulması için model alt hacimlere ayrılmıştır. Parça 16 hacime ayrılarak hem daha hassas mesh yapılması hem de daha doğru sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır. Model 198729 düğüm ve her bir düğümü 3 serbestlik derecesine sahip parabolik 10 düğümlü 140350 tetrahedral elemandan oluşmaktadır.



Şekil 6. Kaplamalı diş modeli



Şekil 7. On düğümlü tetrahedral eleman

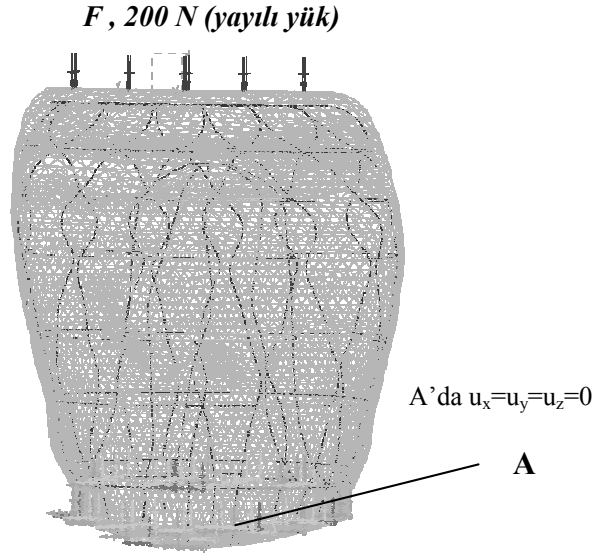
2.3 Malzeme Özellikleri ve Sınır Koşullarının Belirlenmesi

Yüklemeye altındaki parçanın gerilme dağılımına etkiyen en önemli faktörlerden biri de kullanılan malzemenin mekanik özellikleridir. Bu çalışmada kullanılan malzemeler homojen, izotropik ve lineer elastik olduğu kabul edilmiştir. Fakat herbir tabaka farklı fiziksel özelliklere sahip olması sebebiyle kaplamalı diş modeli anizotropik yapıdadır. Çizelge 1’de 3-boyutlu kaplamalı diş oluşturulan tabakaların malzeme özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1. Diş oluşturulan tabakaların malzeme özellikleri (Farah vd., 1997)

	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı
Kesik Diş	18600	0.31
Yapıştırıcı (Variolink II)	8300	0.24
IPS Empress Core	95000	0.25
IPS Empress Layer	60000	0.25

Sınır koşulları belirlenirken, sonlu elemanlar modelinde kaplamalı dişin kök kısmı ankastre olarak mesnetlenmiştir (Joshi vd., 2001). Kök bölgesinde herhangi bir gerilme dağılımı görülmemesi nedeniyle sonuçlar dişin açıkta kalan kısmı için verilmiştir. Yayılı olarak dişin üst kısmına uygulanan yükün toplam değeri 200 N’dur. Bu değer, literatürde birinci keser santral dişe etkiyen maksimum yük olarak geçmektedir (Hwang ve Yang, 2001; www.icnr.securesites.com). Yüklemeye ve sınır koşulları Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8. Kaplamalı dişin üç boyutlu sonlu elemanlar modeli

3. SONUÇLAR

Boyutları 3-boyutlu koordinat ölçüm cihazından alınarak I-DEAS programında sonlu elemanlar modeli hazırlanan, kron kaplamalı dişin gerilme analizleri statik yükleme durumu için yapılmıştır. Kaplamalı dişin her tabakasındaki meydana gelen Von-Mises, maksimum asal gerilme, maksimum kayma gerilmeleri değerleri ile eşdeğer birim uzama (zorlanma) değerleri incelenmiştir.

200 N'luk yük altında kron kaplamalı dişte oluşan Von-Mises, birinci asal gerilme, maksimum kayma gerilmeleri ile birim uzama dağılımları Şekil 9'da görülmektedir. Şekil 9a'da görüldüğü gibi kesik dişteki Von-Mises gerilmesi maksimum 5.77 MPa iken yapıştırıcı (Variolink II) üzerindeki gerilme 11.5 MPa değerine ulaşmaktadır. IPS Empress Core'daki Von-Mises gerilmesi 23.1 MPa, IPS Empress Layer'da ise 34.6 MPa'dır. En büyük Von-Mises gerilmesi şekilden de görüldüğü gibi en üst tabaka olan IPS Empress Layer tabakasında oluşmaktadır. Kesik diş kısmındaki Von-Mises gerilmesi IPS Empress Layer kaplama tabakasındaki gerilme değerinin sadece % 17'si kadardır.

Şekil 9b incelendiğinde, kesik diş, yapıştırıcı (Variolink II) ve IPS Empress Layer tabakalarındaki birinci asal gerilmeler eşit olup 3.71 MPa değerindedir. Maksimum asal gerilme IPS Empress Core kaplama tabakasında olup değeri 8.53 MPa'dır.

Şekil 9c'de ise her tabakada meydana gelen maksimum kayma gerilmeleri değişimi görülmektedir. Burada kesik diş ve yapıştırıcı tabakadaki kayma gerilmeleri birbirine eşit olup 3.33 MPa değerindedir. IPS Empress Core'da kayma gerilmeleri 13.3 MPa, IPS Empress Layer tabakasında ise 16.6 MPa değerine ulaşmaktadır.

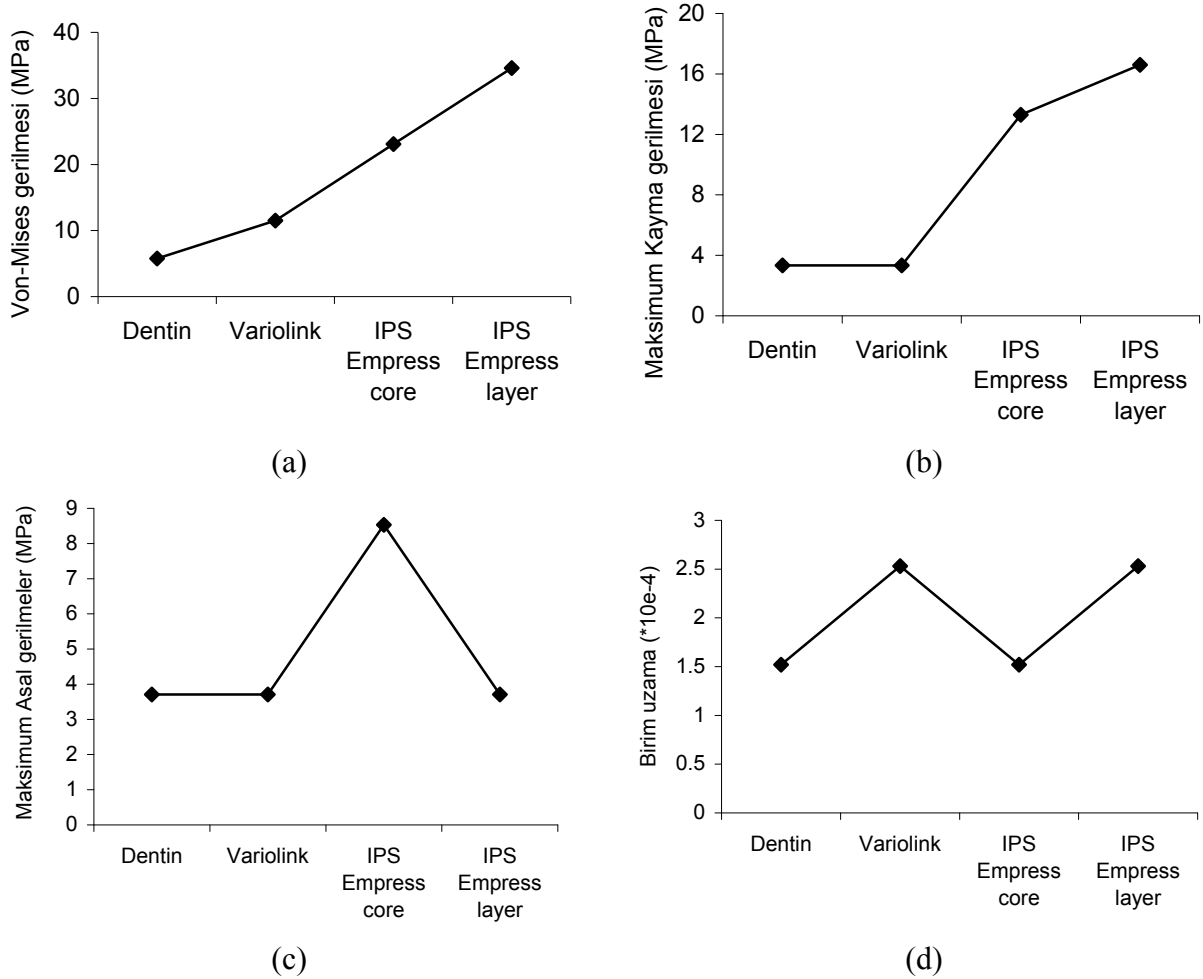
Her tabakadaki birim uzama (zorlanma) değerleri ise Şekil 9d'de görülmektedir. Yapıştırıcı (Variolink II) ve IPS Empress Layer tabakalarındaki birim uzama birbirine eşit olup diğer tabakalardaki birim uzama değerinden daha büyüktür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de görülmektedir.

Kaplamalı diş modeli incelendiğinde maksimum gerilmelerin yükün uygulandığı bölgede meydana geldiği anlaşılmaktadır. Kesik dişin köke yakın bölgelerinde, homojen bir gerilme dağılımı görülmektedir (Şekil 10). Bu düzgün gerilme dağılımı, kesik dişin kök kısmına geçiş bölgesinin radyüslü olmasıyla sağlamıştır.

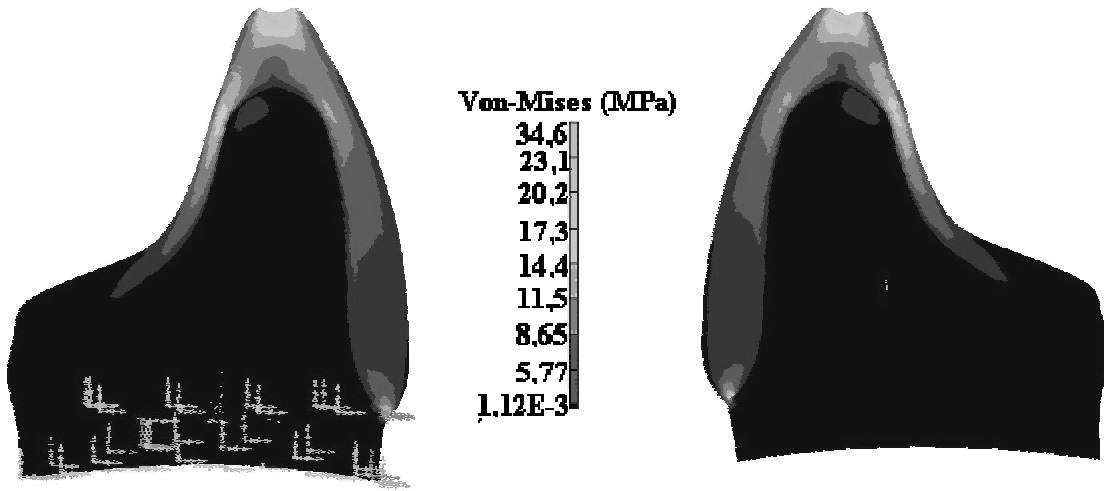
Diş modellerinin 3-boyutlu ölçüm cihazında taranması ile elde edilen koordinatlar, diş geometrisinin bilgisayarda gerçeğe yakın modellenmesini sağlamıştır. Bu modelin kullanılması ile, en estetik ve en yeni teknoloji ürünü olan IPS Empress kaplama türünün gerilme dağılımı incelenmiş ve diş hekimlerinin kullanımına sunulmuştur.

Çizelge 2. Tabakalardaki farklı gerilme ve birim uzama değerleri

	Eleman Sayısı	Gerilmeler (MPa)			Birim uzama (-)
		Von-Mises	1. Asal	Max. Kayma	
Kesik Diş (Dentin)	9499	5.77	3.71	3.33	1.52×10^{-4}
Yapıştırıcı (Variolink II)	10237	11.5	3.71	3.33	2.53×10^{-4}
IPS Empress Core	21192	23.1	8.53	13.3	1.52×10^{-4}
IPS Empress Layer	10603	34.6	3.71	16.6	2.53×10^{-4}



Şekil 9. Tabakalardaki gerilme ve birim uzama (zorlanma) değişimi



Şekil 10. Kesiti alınmış kron kaplamalı dişe ait gerilme dağılımı

KAYNAKLAR

- Balathioğlu A. (2000): “In Vitro Olarak Hazırlanan Alt Tam Protez Ve Destek Yapıların Üç Boyutlu Matematik Modelinin Oluşturulması”, İstanbul, İ.T.Ü Makina Fakültesi Biyomekanik Sempozyumu, s. 29-43
- Farah J.W., Dennison J.B., Powers J.M. (1997): “Effects of Designing on Stress Distribution of Intracoronary Gold Restorations”, Journal of American Dental Association, 94, 1151.
- Hübsch P.F., Middleton J., Knox J. (2000): “A Finite Element Analysis of the Stress at the Restoration-tooth Interface”, Comparing Inlays and Bulk Fillings, Biomaterials, 21, 1015-1019.
- Hwang W.J., Yang J. (2001): “Fracture Strength of Copy-milled and Conventional In-Ceram Crowns”, Journal of Oral Rehabilitation, 28, 678-683.
- Joshi S., Mukherjee A., Kheur M., Mehta A. (2001): “Mechanical Performance of Endodontically Treated Teeth”, Finite Elements in Analysis and Design, 37, 587-601.
- Nakamura T., Imanishi A., Kashima H., Ohyama T., Ishigaki S. (2001): “Stress Analysis of Metal-Free Polymer Crowns Using the Three-Dimensional Finite Element Method”, The International Journal of Prosthodontics, 14, 401-405.
- Pekbey Y. (2002): “Değişik Türden Malzeme İle Kaplanmış Dişin Gerilme Zorlanma Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekanik Anabilim Dalı, İzmir.
- Rudolph D.J., Willes M.G., Sameshima G.T. (2001): “A Finite Element Model of Apical Force Distribution from Orthodontic Tooth Movement”, Angle Orthodontist, 71, 127-131.