

## *Fotoelâstik metodla yapılan araştırmalarda üç boyutlu diş modellerinin hazırlanması ve meydana gelen kuvvet çizgilerinin analizi (\*)*

Dr. Muzaffer ERSOY (\*\*)

Sabit ve müteharrik protezlerde çığneyici kuvvetlerin, protezler üzerinde oluşturduğu dağılım şekilleri genel olarak fiziksel prensiblerle izah edilmiş bulunmaktadır. Son senelerde ortaya çıkan epoksi resin menşeli şeffaf materyaller protezler üzerinde beliren kuvvet çizgilerinin direkt ve indirekt yolla görülmesini temin etmişlerdir.

Tebliğimizde Deneysel Kuvvet Analizinin temel metodlarından biri olan «Fotoelâstik Kuvvet Analizi» için gerekli üç boyutlu diş modellerinin yapımı ve meydana gelen kuvvet çizgileri üzerinde örnekler vermeğe çalışacağız.

Deneysel Kuvvet Analizinin Temel Metodları :

- 1 -- Fotoelâstik Kuvvet Analizi,
- 2 — Gevrek Vernik Kaplama Tekniđi,
- 3 — Elektronik Gerilme Ölçüleri'dir. Bunlardan,

Fotoelâstik metodu, deneysel metodların en önde gelenlerinden biridir. Saydam cisimler içinden geçen polarmış ışığın çifte kırılması olayına dayanan optik bir fenomandır. Bu fenomenin daha 1816 yılında fizikçi Sir Davit Brewster tarafından saptanmış olmasına rağmen, mühendislik alanında kullanılmaya başlaması 1930'larda olmuş-

(\*) 1973 2. Dişhekimliği Haftasında tebliğ edilmiştir.

(\*\*) Ankara Mevki Hastahanesi Diřhekimii.

tur. Gerilim kuvvet analizi sahasında bu tekniğin tatbiki Londra Üniversitesi Profesörü E. G. Coker tarafından yapılmıştır.

Maddelerdeki gerilimi ölçmeğe yarayan bu deneysel metod, herhangi bir basınç veya gerilim altında bulunan bir maddenin iç yapısının artık bağımsız olarak kendi normal doğrultusunda kalamıyacağı esasına dayanmaktadır. Bilhassa muntazam olmayan maddelerin gerilim kuvvetlerini incelemek için faydalıdır. Fotoelâstik metotta malzemenin çekilme, basılma ve makaslama gerilimlerini meydana çıkarabilmek için ışıktan faydalanılmaktadır. Yine bu metod da deneye tabi olan model ve esas model geometrik olarak benzer ve yükler birbirine nisbetle aynı noktadan tatbik edilmektedir.

Fotoelâstiğin üç temel metodu :

1 — İki boyutlu model üzerinde çalışılarak yapılan iki boyutlu fotoelâstisite,

2 — Üç boyutlu model üzerinde çalışılan ve model içinde basınçların dondurulduğu üç boyutlu fotoelâstisite,

3 — Üzerinde çalışılan cismin yüzeyine çift kırıcı plâstiğin yaşırtılması ile meydana getirilen ince kaplama şeklinde olan fotoelâstik kaplama analizleri dir.

Üç boyutlu fotoelâstik metolla yaptığımız araştırmada gerekli olan ve kullandığımız metaryaller,

Modellerimizin kalıplarını yapmak için 130 dereceye dayanıklı alçıdan, alçı ile epoksi resinin yapışmaması için kalıp ayırıcı olarak da epoksi resin ayırıcılarından istifade edilmiştir.

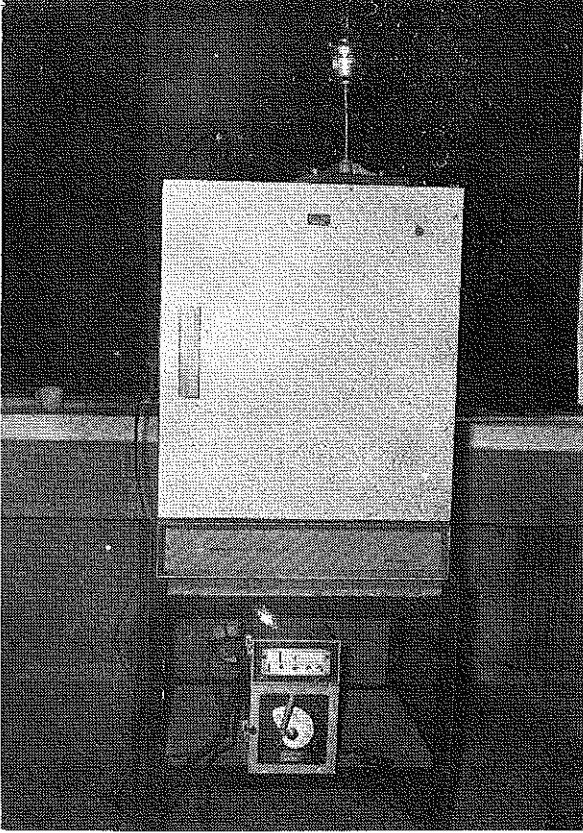
Üzerinde araştırma yaptığımız epoksi resin Araldite B ve sertleştiricisidir.

Polisajda, polyester pasta-poliş'lerini kullandık.

Ve nihayet aparey olarak da Araldite'den yaptığımız modellerimizi yükleyerek kuvvet çizgilerini dondurduğumuz özel bir fırını ve polariskop cihazını kullandık. Resim 1 ve 2.

Fotoelâstik fenomenın ilzenmesi için gerekli optik düzene polariskop adı verilir. Polariskop çeşitli düzeneklerden meydana gelmiş bir cihazdır. Bizim çalıştığımız düzenek şekli, Dairesel Transmission Polariskopudur. İzokromatik çizgileri gözlemek için kullanılan bir alettir. Düzenek şu parçalardan meydana gelmiştir :

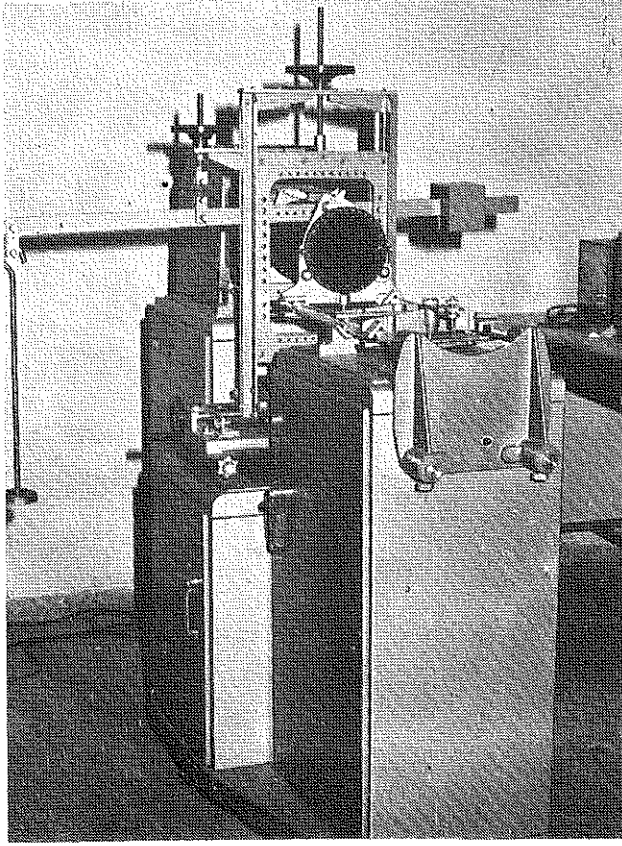
- 1 — Işık kaynağı,
- 2 — Polarizör,
- 3 — Birinci çeyrek dalga plâkası,
- 4 — Optik yolda çalıştığımız modeller,
- 5 — İkinci çeyrek dalga plâkası,
- 6 — Analizör,
- 7 — Gözetleme ekranı veya film'den müteşekkildir.



Resim 1. Kuvvet çizgilerini dondurduğumuz fırın

Basınç analizinde çalışacak polariskop için beyaz veya tek renkli ışık (monokromatik ışık) gerekir. Biz monokromatik ışığı kullandık. Monokromatik ışığın tercih edilmesi doğru ölçülebilmesidir. Çünkü beyaz ışıkta kullanılan birçok renk farklı çizgilerin oluşmasına sebep olabilir.

Fotoelâstisite, bir strüktürün başarısızlığa uğramasındaki basınçla ilgili faktörleri değerlendirmeye yarayan deneysel bir metoddur. Genellikle yapılan incelenen strüktürün fotoelâstik malzemeden modelini hazırlamaktır.



Resim 2. Polariskop cihazı

Uç boyutlu fotoelâstik çalışmalarımızda modellerimizi hazırlamak için, araştırmaya tabi tuttuğumuz ünitenin uygun ölçülerde pembe mumdan bir modelini yaptık. Yapmış olduğumuz bu modeli alçı içersine tamamen gömerek ufak bir döküm yolu bırakıp kalıbını aldık. Alçı donduktan sonra kalıpları kaynar suda 45 dakika ile bir saat arasında kaynatmak suretiyle içindeki mumların iyice akmasını sağladık. Böylece hazırlanan modellerin negatifi elde edilmiş oldu. Son-

ra bu kalıplara kalıp ayırıcımızdan sürerek kuvvet çizgilerini donduracağımız özel bir fırında (Resim 1) 110-120 dereceye kadar ısıttık. Bu arada kalıplara dökülecek fotoelâstik malzeme (Araldite B) prospektüsüne uygun olarak hazırlanarak 120 derecedeki kalıplara hava kabarcığı kalmayacak şekilde döktük. Bilâhare sertleşmenin olabilmesi için fotoelâstik malzemeyi döktüğümüz kalıplarımızı fırında 18 - 20 saat bekletildi. Bu müddet sonunda kalıpları fırından hemen çıkartmadık. Fırının hararetini her saatte beş derece düşürmek suretiyle sıfıra getirdik. Sonra kalıpları fırından çıkarttık. Alçı kalıpları dik katli bir şekilde kırmak suretiyle sertleşmiş epoksi resinden esas modelleri elde ettik. Daha sonra polisajı yaparak modellerimizin tamamen şeffaf hale gelmesini sağladık.

Çalışmalarımız sırasında hazırladığımız modeller içinde kuvvet çizgileri oluştuğu tesbit edildi. Bu nedenle beliren arzu edilmeyen çizgileri polisajdan sonra esas deneye başlamadan ortadan kaldırdık. Bu tavlama işlemi içinde modellerimizi serbest bir vaziyette fırında 120 derecede 8 saat beklettik.

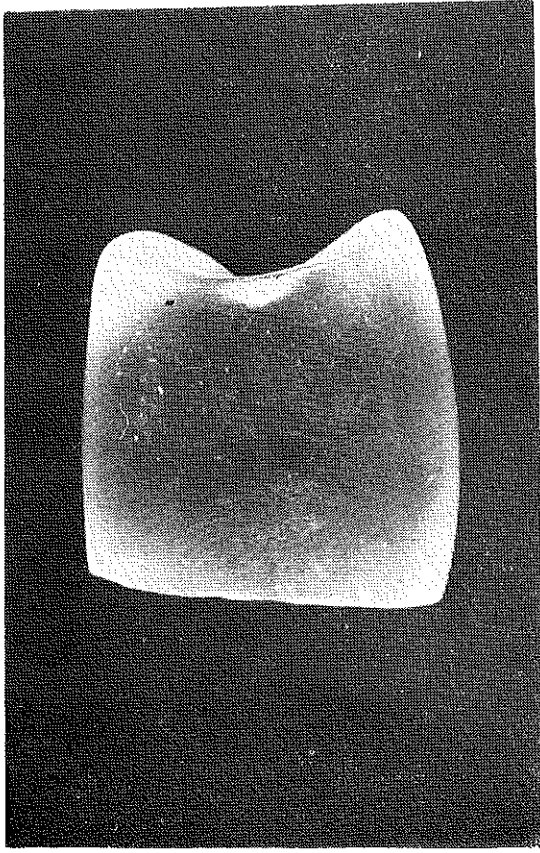
Böylece esas deneye başlamadan önce modellerimizin bünyesinde bulunan istenmiyen kuvvet çizgileri silinmiş ve modellerimiz deneye hazır vaziyete getirilmiş oldu. Bu haldeki modellerimizi yine fırın içersine koyup bu durumda kuvvet yüklemesi yaptık. Yüklemeden sonra fırın 120-130 derecede 20 saat bekletildi. Bu müddet sonunda da fırının harareti her saat beş derece olmak suretiyle düşürüldü. Neticede kuvvet çizgileri modeller içinde donup kaldı. Resim 3.

Kuvvet intikali üç boyutlu model plâstiğinin içinde donan kuvvet çizgileri ile gözlendi. Bunun gözlenmesi için kuvvet çizgilerini dondurduğumuz modellerden istenilen istikametlerde iki boyutlu kesitler aldık. Resim 4.

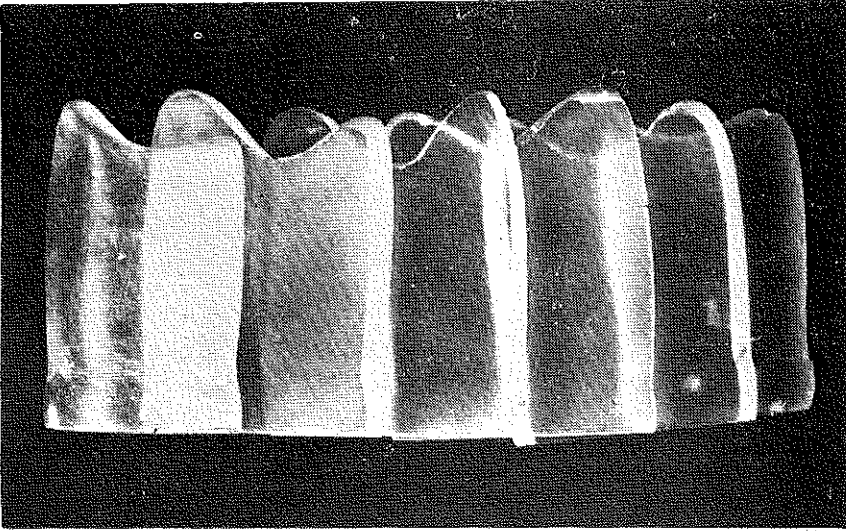
Bu kesitleri polariskoba (Resim 2) koyup inceledik. Herhangi bir yükleme olmadan modellerimizde donan kuvvet çizgilerinin akışını izledik ve görüntüleri fotoğrafla tesbit ettik. Resim 5 ve 6.

Ortadaki resim kuvvetin tatbik noktasına en yakın kesidi, sağdaki ikinci, soldaki de üçüncü kesidi göstermektedir. Kuvvet tatbik noktasından uzaklaştıkça kesitlerdeki kuvvet çizgilerinin azaldığı izlenmektedir.

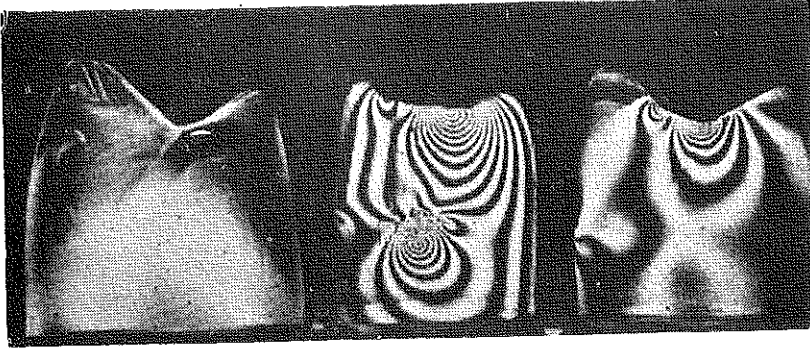
Görüntünün meydana gelme mekanizması şu şekilde olmaktadır: Bir kısım saydam cisimlerin her noktaya aynı olan optik özelliği getirilmelere maruz kalınca noktasal olarak değişir. Bu tür bir malzeme



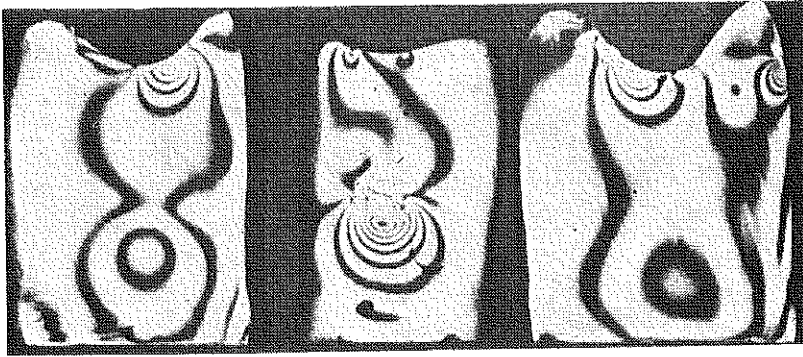
Resim 3. Kuvvet çizgilerini sabitleştirdiğimiz bir diş modeli



Resim 4. Kuvvet çizgilerini dondurduğumuz modellerden, kuvvet çizgilerini izleyebilmemiz için alınan bucco-lingual yöndeki kesitler



Resim 5. Modellerimizde donan kuvvet çizgilerinin akışı



Resim 6. Diğer bir dış modelinde yüklemelerin değiştirilmesi ile oluşan kuvvet çizgilerinin akışı

ışığın çifte kırılmasına sebep olur. Cismin içinden geçen ışığın optik yolu asal gerilme eksenleridir. Asal gerilme farkları bir noktada asal gerilme eksenlerinin kırılma endekslerini etkilediğinden, geçen iki bileşkesi arasında faz farkı doğar. Fark asal gerilme farklarına göre değişikliğe uğrar. Bu optik fenomen fotoelâstisitenin temelini teşkil eder ve bunun sonucu görüntü ortaya çıkar.

Görüntü neticesi ortaya çıkan izokromatik çizgiler, bir noktada birleştikleri zaman bu sahanın kuvvetli bir gerilim altında olduğu ortaya çıkar.

Eğer bu bölge ince ve sık şekilde yan yana oluşan çizgilerle örtülmüş ise o zaman bu bölgedeki mevcut kuvvetin, şiddeti ve aynı zamanda dağılımındaki mevcut olan düzenli hali ile aşırı gerilim yaratmaksızın yayıldığı anlaşılır.

Eğer çizgilerin oluşumu kalın, aralıklı fakat paralel değil ise kuvvetin daha az şiddette geniş sahalara doğru akmış olduğu görülür.

Ankara Dişhekimliği Fakültesi Protez Kürsüsü ile Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fotoelâstisite Laboratuvarında yapılan müşterek çalışmalar sonucu iki boyutlu olmak üzere, veneer kronların değişik şekillerinde kuvvetin dağılımı araştırılmış bunun ilginç neticeleri 1972 senesindeki 1. Uluslararası Dişhekimliği Kongresinde tebliğ olarak sunulmuş idi. Bu çalışmalara paralel olarak sürdürülen üç boyutlu epoksi resin ile fotoelâstik çalışmalar kendine has güçlükleri nedeni ile uzamış nihayet istenilen seviyede ayrıntılı ve kesin neticelere ulaşmak mümkün olmuştur. Aynı kürsüde devam eden iki boyutlu ve üç boyutlu epoksi resin fotoelâstisite çalışmaları ile bunların birbirine göre avantajlı durumları ortaya konmuş bulunmaktadır.

İki boyutlu epoksi resin diş veya krom modellerinde boyutlardan biri olan genişlik ve kalınlık, uzunluğa nazaran çok daha küçük ölçüler içinde kalmış bulunmaktadır. Dar saha üzerine uygulanan kuvvet muhakkak ki daha fazla kuvvet çizgilerinin oluşmasına sebep olacaktır. Aynı zamanda kuvvetin temas noktası ile oluşan çizgilerin aynı yönde ve geniş bir sahada yayılışını görmek imkânı maalesef iki boyutlu metotta mümkün olamamaktadır. Buna karşılık üç boyutlu fotoelâstisite metodunda, model üzerine uyguladığımız kuvvet tatbik noktasından itibaren en uzak sahalara kadar her yönde kuvvet çizgilerinin oluşmuş halini görmek ve bunları kıymetlendirmek mümkün olmaktadır.

Bunun sonucu dişler üzerine intikal eden kuvvetlerle, müteharrik ve sabit protezler gibi karışık şekilli geometrik olmayan diş tedavi şekillerindeki kuvvet intikallerini, hangi bölgelerin daha çok basınca maruz kaldığı, hangi kısımların zayıf olduğu ve bu protezlerin ne şekilde yapılmasının uygun olacağını gözlem yolu ile en doğru şekilde kullanışlı ve diğer metodlardan çok üstün olan fotoelâstisite metodu ile sağlanabilir.

Diğer deneysel metodların rekabetine rağmen, üç boyutlu gerilmelerin incelenmesi bilhassa, şekil değişikliklerinin gerilmelerin dağılımına olan etkisini incelemek bakımından fotoelâstisite halâ rakipsizdir ve ileri seviyede konstrüksiyon problemleri ile uğraşan her türlü üniversite, araştırma merkezi ve firmaların laboratuvarlarının vazgeçilmez unsurlarından bir tanesidir.



## L İ T E R A T Ü R

- 1 — **Craig, R. G. et. al.** : Experimental stress analysis of dental restorations, part 1. J. Prost. Dent., 17 : 277, 1967.
- 2 — **Esin, A.** : Fotoelastisite metodu. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Bölümü yayını. Mart, 1971.
- 3 — **Mahler, D. B., and Terkla, L. G.** : Analysis of stress in dental structures, D. Clin. N. Amer., 789-798, 1958.
- 4 — **Mahler, D. B., and Peyton, F. A.** : Photoelasticity as a research technique for analyzing stresses in dental structures, J. Dent. Res., 34 : 831-833, 1955.
- 5 — Mc. graw-hill encyclopedia of science and technology, photoelasticity, mc. graw-hill book co., N. Y., 10 : 151, 1966.