

# FOTOELASTİSİTE

Mak. Y. Müh. Mehmet KARABATUR  
TBTAk - Gatom

## GİRİŞ

Işık geçiren, isotopik katı maddelerin belirli miktarlarda yüklenmeleri sonucu çifte kırılma özelliği göstermesine Fotoelastisite denir. Gittikçe gelişen teknoloji ve bu teknolojinin yarattığı ürünlerin giderek daha duyarlı mukavemet hesaplarını gerektirmesi, Deneysel Gerilim Analizlerine ve bu arada Fotoelastisiteye önem kazandırmıştır. Yakın zamanda kazandığı bu öneme rağmen Fotoelastisite yeni bulunmuş bir prensip değildir. İlk kez 1900 yılında Sir David Brewster, gerilimli bir cam malzeme üzerinde renkli desenleri polarize bir ışıkla incelemeyi başarmış ve daha o zamanlar az olmakla birlikte bir kaç uygulama yapılabilmıştır. 1930'larda "Dondurulmuş Gerilmeler" tekniğinin uygulanması ile 3 boyutlu analizlere olanak sağlanmıştır. Fotoelastik model malzemelerinin plastik sanayiine paralel gelişmeleri fotoelastik yöntemlerin pekçok mühendislik ve tıp alanlarında kullanımını sağlamıştır. Bugün ise fotoelastik kaplama yöntemleri, dağılmış ışık yardımı ile 3 boyutlu analizler gibi çok yararlı uygulamalarda fotoelastisite bir bütün olarak dizayn mühendisinin veya gerilim analistinin vazgeçemediği bir araç haline gelmiştir.

Bu yazıda fotoelastisitenin temel prensipleri özet olarak anlatılmaya çalışılacak ve bu anlatımda tüm fotoelastik yöntemlerin temel olan 2 boyutlu model analizleri örnek alınacaktır.

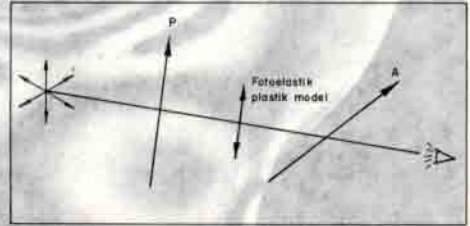
## Temel Prensipler

Bir ışık kaynağından yayılan ışınlar bütün düzlemlerde titreşimleri olan rastgele bir demet halindedirler. Bu ışık kaynağı önüne konacak bir P polarizör filtresi, bu titreşim elemanlarından sadece birinin geçmesine izin verir. Bu ışın ise çifte kırılma özelliği olan bir plastikten geçerse  $n_1$  ve  $n_2$  kırılma indisleri ile iki elemandan oluşacaktır. Burada eksenini birincinin dik ikinci bir polarizör filtre, A kullanılacak olursa (Şekil 1) bu iki eleman tek bir düzlemde gözlenebilir ve

kırılma farklılığı dolayısı ile model üzerinde oluşan "firing"ler izlenebilir veya fotoğrafla saptanabilir.

Işık geçtiği ilk filtre polarizör, ikinci filtre ise analizör olarak tanımlanır. Kalınlığı t olan plastik bir malzeme ise ışığa  $\delta = t (n_1 - n_2)$  kadarlık bir göreceli gecikme verecektir.

Işık geçiren plastikler herhangi bir şekilde yüklenmedikleri zaman homojen ve isotropik maddelerdir. Ancak bunlara bir basınç veya gerilim uygulandığında yapıları değişir ve heterojen bir hale gelirler ve üzerlerine düşen polarize bir ışını iki ayrı kırılma indisi ile geçirmeğe başlarlar. İşte fotoelastisitenin temelini ışık geçiren plastiklerin bu özelliği oluşturur. Eğer herhangi bir makina elemanının ya da yapısal bir

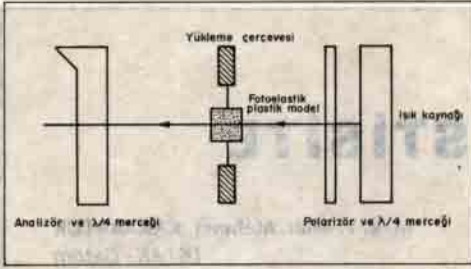


Şekil 1. Polarize bir alanda ışın demetinin gözlenmesi.

elemanın bu geçiren plastiklerden bir modeli yapılabilir ve polarize bir alanda incelenecek olursa, modelin üzerine uygulanan kuvvetler dolayısıyla oluşacak gerilmeleri ve birim deformasyonları modelin ışığa bu çifte kırılma özelliğinden dolayı verdiği göreceli gecikme yardımı ile hesaplayabiliriz.

Bu amaçla kullanılan optik aletlere polariskop denir. Birkaç değişik tipte imal edilebilen bu aletlerden geçirenlik tipi bir polariskop şematik olarak Şekil 2'de izah edilmektedir.

Bu polariskobun yükleme çerçevesinde yüklenen bir model plastik üzerinde N sayıda oluşan

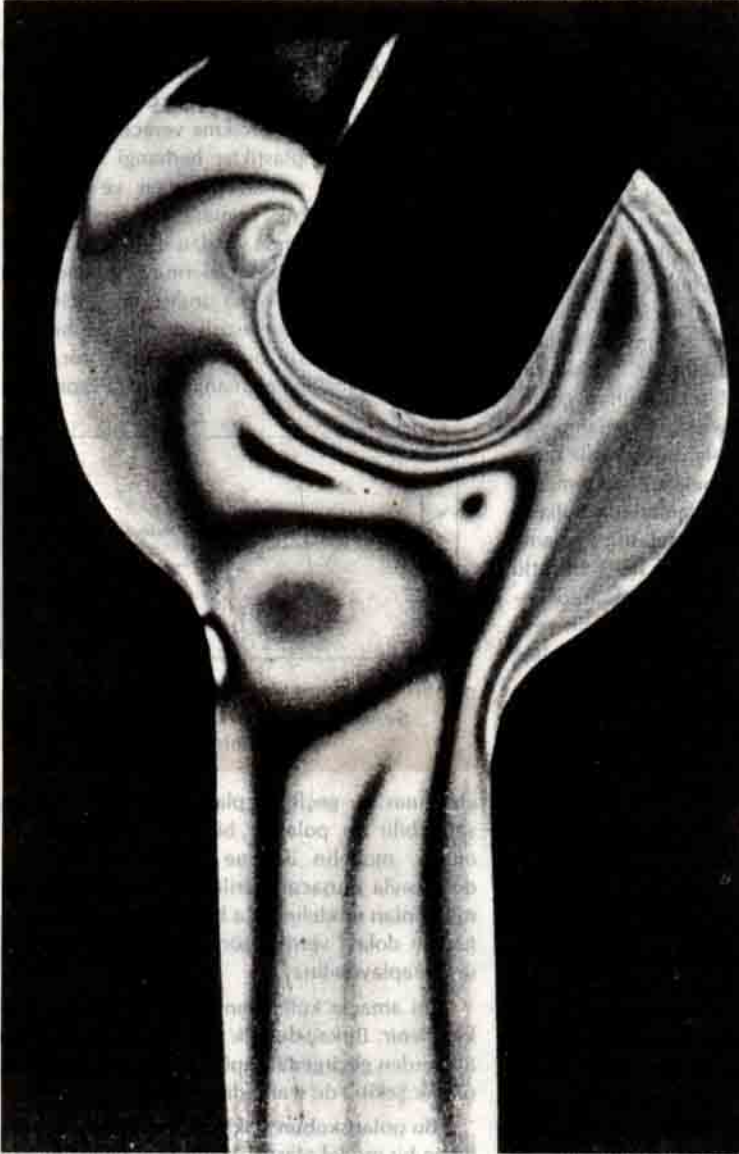


**Şekil 2. Geçirgenlik polariskobunun şematik görünüşü.**

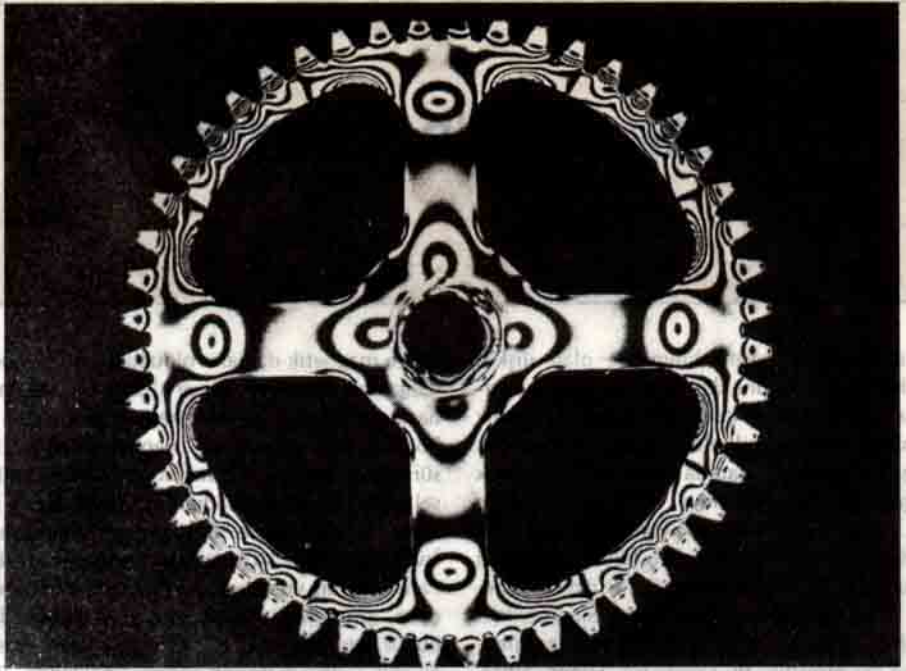
firinçler bize X-y koordinatlarından oluşan bir gerilim alanındaki gerilmeleri

$$\sigma_x - \sigma_y = \frac{N \lambda}{t C} \quad \text{formülü ile verecektir.}$$

Burada  $\sigma_x = x$  yönündeki gerilmeler,  $\sigma_y = y$  yönündeki gerilmeler,  $\lambda =$  kullanılan ışık kaynağının dalga boyu,  $t =$  model kalınlığı ve  $C =$  plastik malzemeye ait, gerilim-optik katsayısı denilen bir sabittir. Polarizör ve analizörleri döndürerek bu gerilmelerin yönlerinin saptanması olanağı da vardır. Şekil 3 ve Şekil 4'de bir polariskopla incelenen modellere ait fotoğraflar görülmektedir.



**Şekil 3. Bir somun anahtarına ait modelin polariskopda incelenmesi.**



**Şekil 4. Bir dişi üzerinde oluşan gerilmelerin polariskopda görünüşü.**

#### Fotoelastik Malzemeler

Camdan epoksi reçinelerine kadar tüm ışık geçiren malzemeler fotoelastik özellik gösterebilirler. Ancak bu malzemeler değişik fotoelastik duyarlık gösterdikleri için uygulanma alanları da farklıdır. En çok kullanılan fotoelastik malzemelere örnek olarak cam, sellüloid, akrilik, epoksi reçineleri, polyester, poliüretan ve jelâtin verilebilir. Bunlardan epoksi reçineleri en çok fotoelastik duyarlık gösterdikleri için araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Ancak tüm bu

malzemelerin fotoelastik etkinliklerinin de diğer mekanik özellikleri gibi türlü çevresel etkenlerle (örneğin sıcaklık) değiştiğini unutmamak gerekir.

#### KAYNAKLAR

1. HEYWOOD R. B., Photoelasticity for Designer, Pergamon Press, 1969 London.
2. RENDER S., Photoelasticity, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Vol. 9, PP. 590 - 610.
3. KUSKE A., ROBERTSON G., Photoelastic Stress Analysis, John Wiley and Sons 1974, London.

#### GÜZEL SÖZLER

- *Egoizm böyle bir dehşet yaratır ki, onu saklamak için nezaketi icad etmişizdir, fakat o bütün perdeleri deler, geçer ve her fırsatta kendini belli eder.*
- *Bizi mutlu eden günler aynı zamanda bizi akıllandırır.*
- *Eğer bir toplantı uzun sürerse sonu barışla bitmelidir, hiç kimse düşmanlarına bütün gün meydan okuyamaz.*

A. SCHOPENHANER

John MASEFIELD

Alfred DUGGAN