



MEKANİK LABORATUARI-2

Deney Sorumlusu ve Uyg. Öğr. El.

Doç. Dr. Mete Onur KAMAN

Yrd. Doç. Dr. Mustafa GÜR

Yrd. Doç. Dr. Murat Yavuz SOLMAZ

Arş. Gör. Serkan ERDEM

Arş. Gör. Yunus Onur YILDIZ

Laboratuvar-II dersinde Mekanik Dersi Laboratuvarının ilk bölümünü, fotoelastik metotla gerilmelerin tespiti konusu ve ikinci bölümünü ise tellerin elastisite modüllerinin ve yayların kayma modüllerinin tespiti konuları oluşturmaktadır.

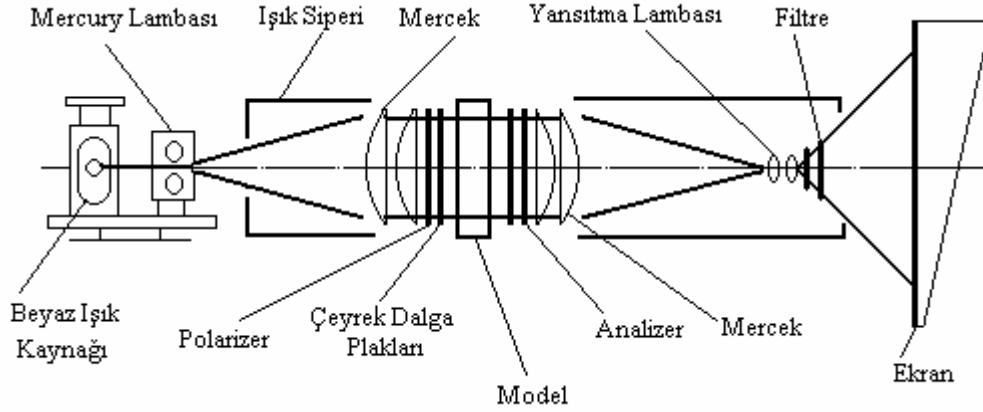
DENEY 1. FOTOELASTİK YÖNTEMLE GERİLME ÖLÇÜLMESİ

Makine veya yapı elemanları, özellikle karmaşık bir geometrik şekil ihtiva etmiyor iseler, gerilmelerin ve şekil değiştirmelerin hesaplanması analitik metotla rahatlıkla yapılabilir. Daha karmaşık şekiller ihtiva eden elemanlar için analitik çözümlerde büyük güçlüklerle karşılaşmaktadır. Ancak bu güçlüklerden, sayısal metotlar veya yüzeysel şekil değiştirmelerin Strain-gauge ' ler yardımı ile ölçülmesi veya fotoelastik metot gibi deneysel metotlardan faydalanılması halinde büyük ölçüde kurtulunabilir. Fotoelastik metot, David Brewster'in gerilmeye maruz ve polarize ışık altında bırakılan bir camda gerilme sebebi ile parlak renkli şekillerin görülmesi hakkındaki buluşuna dayanır. Brewster bu renkli şekillerin yükleme şartları altında cam modellerin polarize ışıktaki incelenmesi ile kargir köprüler gibi mühendislik yapılarındaki gerilmelerin ölçülmesine hizmet edebileceği fikrini öne sürmüştür. Fotoelastik renk şekilleri ile analitik çözümler arasındaki karşılaştırmalar fizikçi Maxwell tarafından yapıldı. Bu, çok daha sonra C. Wilson tarafından tekil kuvvetle yüklü kirişteki gerilmelerin incelenmesine uygulandı.

Fotoelastik metot, özellikle delik çevrelerinde ve radius bölgelerindeki gerilme yığılmaları üzerinde yapılan çalışmalarda önemli sonuçlar vermektedir. Böyle hallerde en büyük gerilme sınırda meydana gelmektedir. Serbest kenarlarda asal gerilmelerden birinin sıfır olması sebebi ile bu en büyük gerilme optik metotla doğrudan elde edilebilir.

DÜZLEM POLARİSKOP

Optik yoldan gerilmeleri ölçen en tipik cihazdır. Bir düzlem polariskopu basit bir şekilde şematik olarak aşağıdaki gibi çizmek mümkündür (Şekil 1).



Şekil 1. Düzlem Polariskopun şematik resmi

Esas olarak, düzlem polariskop beş kısımdan oluşur:

a) Işık Kaynağı: Tek dalga boylu monokromatik bir ışık saçmaktadır. Nokta ışık kaynağı ve tek dalga boylu ışık bulmak çok güç olduğu için bunun yerine geçmek üzere civa buharlı lamba veya halojen lambalar kullanılır. Lambanın kaynağı mümkün mertebe küçük seçilir. Lambadan çıkan ışınlar elektromagnetik dalgalar gibi uzayın her tarafına yayılır. Diğer taraftan bu ışınlar, ışın doğrultusuna dik olan her doğrultudaki titreşimlerden oluşmuş ışın demeti gibi düşünülebilir.

b) Polarizer: Polarizeri meydana getiren elemanın kristalleri o şekilde dizilmiştir ki, lambadan çıkan ışınların tek yönde geçmesine (titreşmesine) müsaade etmektedir. Şekil 1’de görüldüğü gibi sadece düşey eksen boyunca olan titreşimler geçmektedir.

c) Model : Düzlem gerilme haline maruz hangi cisim incelenecekse, onun modeli hazırlanır. Model olarak; bakalit (katalin), fosforit, kolombiya reçinesi, üretan, epoksi ve çok az da cam malzemeleri kullanılmaktadır. Model malzemesinin ışığı geçirgenlik (saydam) özellikte olması birinci dereceden önemlidir. Bu sahada ilk çalışmalar ondokuzuncu asrın başlarında cam ile yapılmıştır. Cam elastisite modülü çok yüksek olduğu için şekil değişimleri küçük olmakta ve görüntüler de zayıf olmaktadır. Dolayısıyla cam modeller böyle çalışmalara pek uygun düşmemektedir.

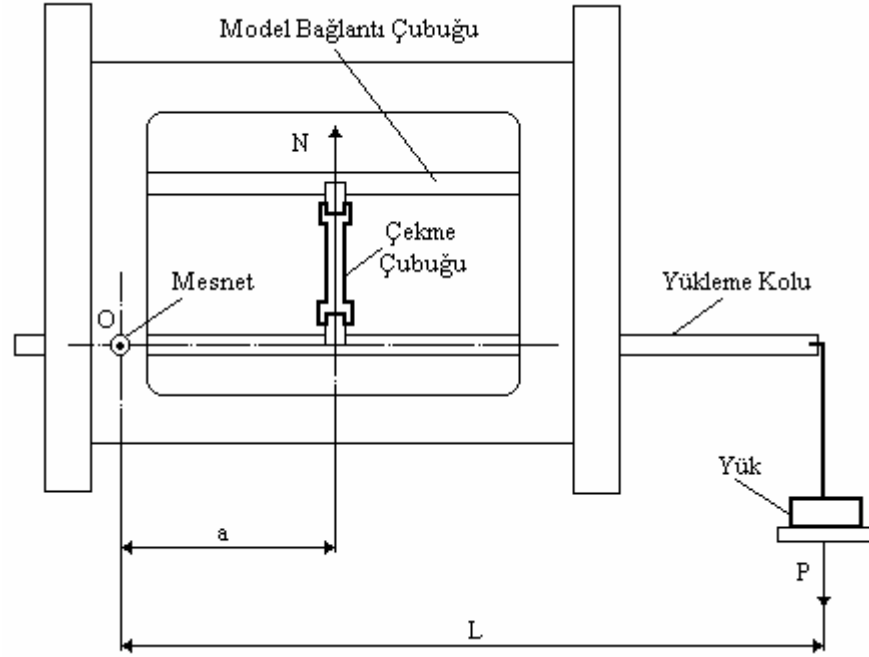
d) Analizer: Malzeme yapısı yönünden polarizerin aynısıdır. Yalnız bunun eksen polarizer eksenine diktir.

e) Ekran: Polarizer, model ve analizlerden geçen ışınlar ekran üzerine düşer. Eğer model üzerinde herhangi bir yükleme yoksa, ekran üzerine polarizer ve analizlerin dik durumundan dolayı sadece nokta boyutunda ışık düşmektedir ki, bu durum ekranda görüntüsüz (siyah) duruma karşı gelmektedir. Fotoelastik ölçmelerde %10’ a kadar hata yapılabilir.

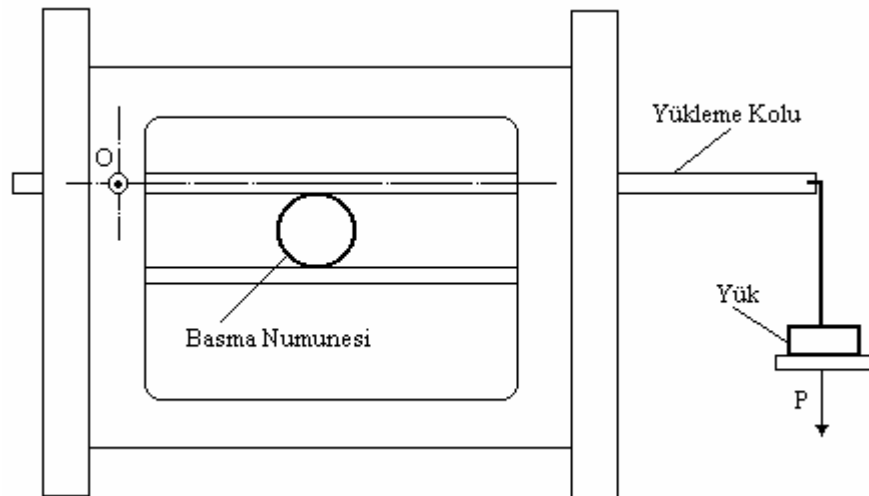
Ölçmeler kalitatif analize daha müsaittir. Kantitatif analizin daha hassas olması için fotoelastik ölçmelerin yanısıra strain-gaugelerle de ölçümler yapılmalıdır.

Modele Uygulanan Yükün Tayini

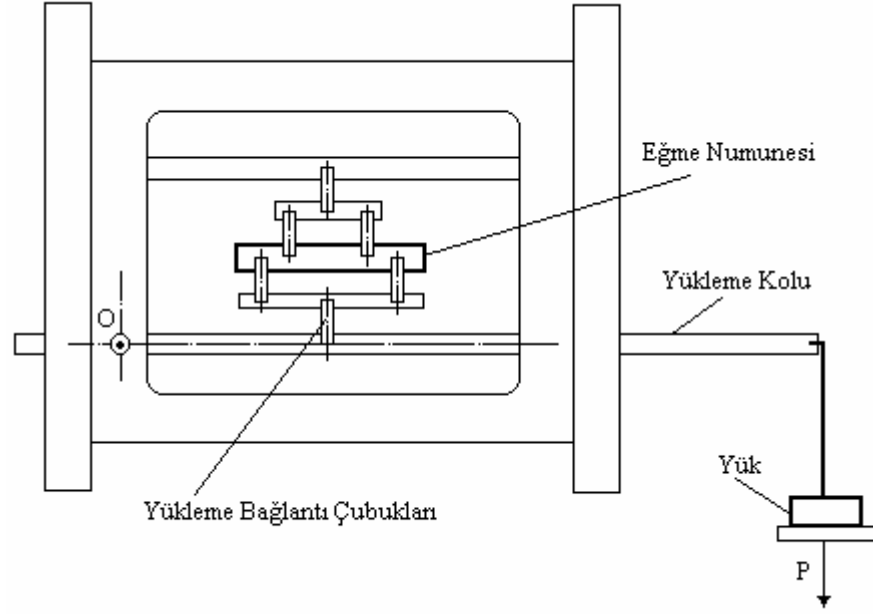
Ölçümü yapılacak olan parçanın, uygun biçimde hazırlanmış modeline uygulanacak çekme, basma ve eğme yüklerinin hesabı Şekil 2' de gösterilen düzeneğe yardımıyla yapılır. Mevcut mekanizmadan görüldüğü gibi, bir uca konulan ve değerleri tarafımızdan bilinen ağırlıkların modelde meydana getirdiği yükün değeri, O noktasına göre momentin alınması ile rahatlıkla tespit edilebilir.



a- Çekme numunesi için yükleme düzeneği



b- Basma numunesi için yükleme düzeneği



c- Eğme numunesi için yükleme düzeneği

Şekil 2. Farklı yükleme durumlarına ait numunelerin yerleştirilmesi

Buna göre Şekil 2.a'daki çekme numunesi için uygulanacak çekme kuvveti;

$$M_o=0$$

$$-P \cdot L + N \cdot a = 0$$

$$N = \frac{P \cdot L}{a}$$

(1)

ifadesiyle bulunur.

DENEY 2 : MÜHENDİSLİK SABİTLERİNİN BELİRLENMESİ

1- TELLERİN ELASTİSİTE MODÜLLERİNİN TESPİTİ

Mukavemet hesaplarının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi öncelikle, kullanılacak malzemenin mukavemet büyüklüklerinin doğru olarak tespiti ve seçilmesine bağlıdır. Malzemelerin yüklemeye bağlı olarak göstermiş oldukları şekil değişiklikleri ve zorlanma şekli, dizayn için önemli bir durumdur. Elastisite modülünün tayininde tel malzemelerin çalışma şekli de dikkate alınırsa yani, çekmeye çalışan elemanlar olduğu düşünülürse, Hooke Kanunu doğrultusunda kuvvet ile uzama eğrisinden faydalanılması akla gelecektir. Kuvvet ve uzama eğrisinin elde edilmesi ise aşağıda izah edildiği gibi basit bir deneyle gerçekleştirilebilir (Şekil 3). Elastisite Modülü;

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{PL}{A\Delta L} \quad (2)$$

olarak tanımlanır. Buradaki büyüklükler,

P :Yük (N)

A :Yükün uygulandığı kesit alanı (mm²)

L :Uzunluk (mm)

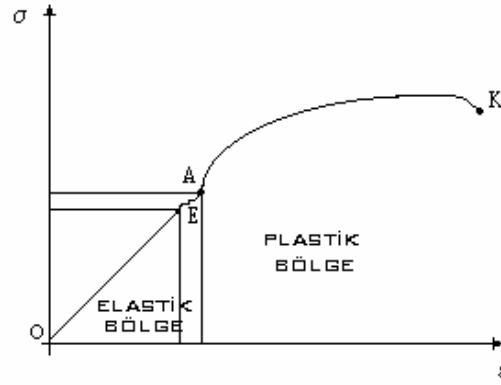
ΔL :Uzama miktarı (mm)

E :Elastisite modülü (N/mm²)

σ :Gerilme(N/mm²)

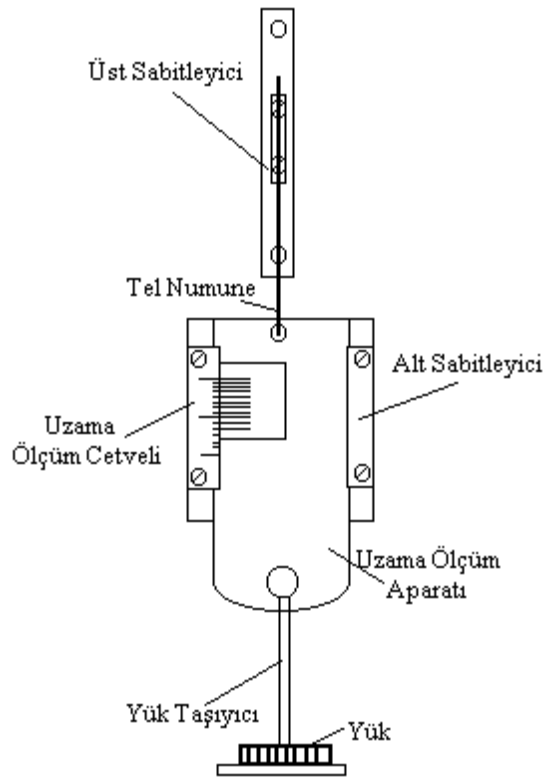
ε :Şekil değiştirme oranı

şeklinde verilmektedir. Bir cismin elastik davranışının anlamı, kalıcı şekil değişiminin olmaması demektir. Cisme uygulanan kuvvetle şekli değişen ancak kuvvetin etkisi kaldırıldığında eski halini alan şekil değişimi elastik şekil değişimidir. Bu durum gerilme-şekil değiştirme diyagramında elastik sınır olarak tanımlanır (Şekil 3. E noktası). Çekme kuvveti artırılacak olursa lineerlik ortadan kalkar ve eğrinin yatay eksene paralel gittiği görülür. Bu durumun başladığı A noktasına akma sınırı adı verilir (Şekil 3. A noktası). Akma sınırını geçen yüklemelerde malzeme elastik olma özelliğini kaybeder ve plastik şekil değişikliği başlar. Bu bölgede uygulanan gerilmeler kaldırıldığında, cisimde kalıcı plastik şekil değişimleri oluşur. Şekil 3'deki K noktası ise kopma noktasıdır.



Şekil 3. Gerilme şekil değiştirme diyagramı

1.1. Deney Düzeneği



Şekil 4. Deney düzeneği

Şekilde tel numunenin bir ucu üstten sabitleştirilir diğer ucu ise alt sabitleyici üzerinde hareket edebilen yük taşıyıcının ucuna bağlanır

1.2. Deneyin Amacı: Malzemesi bilinmeyen bir tel için elastisite modülü tayini ve buna bağlı olarak tel malzemesinin mukavemet büyüklüklerinin tespit edilmesidir.

1.3. Deneyin Yapılışı: Uygulanan her bir yük değerine karşılık telde meydana gelen uzamalar ayrı ayrı tespit edilir ve oluşturulan tabloya yazılır (Tablo 1). Deney elastik sınırlar içerisinde yapılır ve yüklemelerin sınırı akmayı geçmeyecek şekilde seçilir.

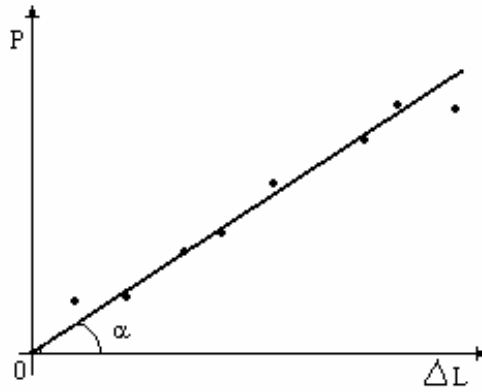
Tablo 1. Telin yük-uzama değerleri

Malzeme _____ Çap(mm) _____ Test Uzunluğu L(mm) _____

Deney No	Yük (N)	Skalada Okunan Değer (mm)	Uzama ΔL (mm)

1.4. Sonuçların Değerlendirilmesi

Elde edilen sonuçlar neticesinde her yüklemeye karşılık bir uzama değeri elde edilir. Tablo 1' den faydalanılarak yük(P) ve uzama(ΔL) arasında bir grafik oluşturulur. Grafik üzerinde elde edilen noktalar uygun bir eğriyle birleştirilir. Şekil değişimi elastik sınırlar içerisinde kaldığından çizilecek grafik eğrisi lineer bir doğru olur.

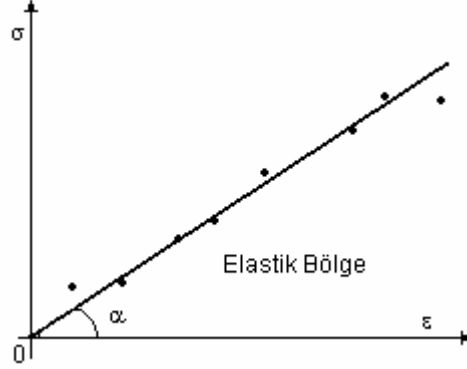


Şekil 5. Yük-uzama grafiği

A- E elastisite modülünün tayini için elde edilen deney sonuçları Hooke Kanununa uygulanır(Eşitlik 2). Deney sırasında telin uzunluğunun ve kesitinin diğer değerler yanında sabit kaldığı kabul edilebilir. Eşitlik 2 ' ye dikkat edilirse değişken olan değer $\frac{P}{\Delta L}$ oranıdır, bu oran ise P - ΔL grafiğindeki doğrunun eğimini vermektedir. Bulunan eğim Eşitlik 2' de yerine yazılarak tel malzeme için elastisite modülü tayin edilmiş olur. Bulunan elastisite modülü değeri literatürdeki değerlerle karşılaştırılarak hata oranı yüzde olarak bulunur.

B- Elastisite modülünün tayini için ikinci bir yol ise, her bir yük değerine karşılık gelen uzama miktarı yapılan her bir deney için ayrı ayrı 2 eşitliğinde yerine konulur. Bulunan bu elastisite modüllerinin ortalaması alınarak , ortalama bir elastisite modülü bulunur. Yine bu değer de literatürdeki değerlerle karşılaştırılır.

C- Çizilecek olan ikinci grafik ise gerilme–şekil değiştirme grafiğidir(σ - ϵ). Bu grafiğin eğimi Hooke Kanununa göre elastisite modülüne eşittir. Bu grafiğin çizimi, yük-uzama grafiğinde olduğu gibi, deney sonucu elde edilen değerler yardımıyla ortalama lineer bir doğru çizilerek gerçekleştirilir. Bulunan E değerinin literatürle karşılaştırması yapılır.



Şekil 6. Gerilme-şekil değiştirme grafiği

2- HELEZONİK YAYLARIN KAYMA MODÜLLERİNİN TESPİTİ

Bu tür yaylar d yarıçaplı dairesel kesitli bir yay telinin, bir silindir etrafında helezon eğrisi biçiminde sarılmasından oluşur. Yüklemeden dolayı şekil değiştirme esnasında, yaylar üzerinde enerji birikir ve yük kaldırıldığında zaman bu enerji kısmen geri verilir.

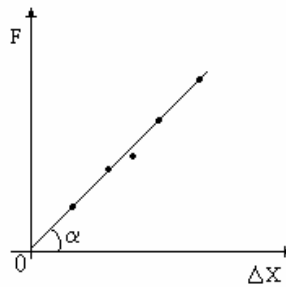
Genellikle F kuvvetine maruz kalan yayların şekil değiştirmeleri uzama veya kısalma (ΔX) şeklindedir. Yük ile yayın şekil değiştirmesi arasındaki bağıntıya yayın karakteristiği denir. Doğrusal karakteristiğe sahip olan yayların rijitliği(yay katsayısı),

$$k = \frac{F}{\Delta X} \quad (3)$$

ifadesiyle verilmektedir. Bu ifade geometrik açıdan kuvvet-uzama(veya kısalma) grafiğindeki doğrunun eğimidir. Dolayısıyla 3 eşitliği,

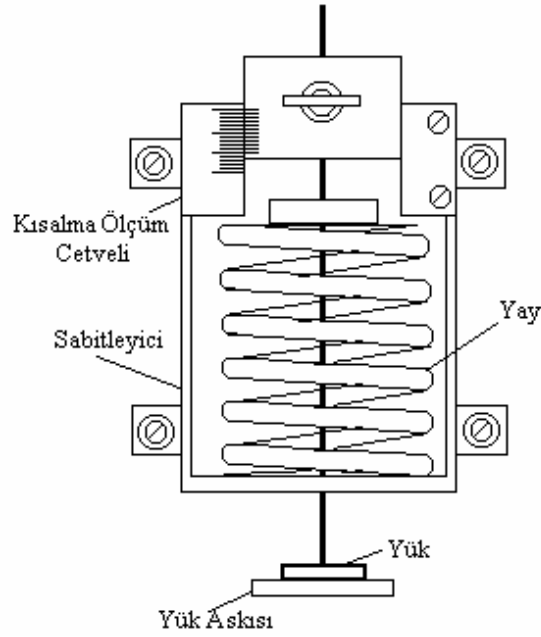
$$k = \tan(\alpha) \quad (4)$$

halini alacaktır.



Şekil 7. Kuvvet-uzama grafiği

2.1. Deney Düzenegi



Şekil 8. Deney düzeneği

Duvara sabitlenmiş olan deney düzeneğinde yay yük askısına konulan ağırlıklar tarafından basınca zorlanmaktadır.

2.2. Deneyin Amacı: Malzemesi bilinmeyen yaylar için kayma modülünün bulunması, dolayısıyla yay malzemesi, yay karakteristiklerinin tespit edilmesi ve yay malzemesinin mukavemet değerlerinin bağlı olduğu etkenlerin irdelenmesidir.

2.3. Deneyin Yapılışı: Deney düzeneğine yerleştirilen yaya yük askısına ağırlıklar konulmak suretiyle yükleme yapılarak, her yük değerine karşılık yaydaki kısalma miktarları tespit edilir ve aşağıda verilen tabloya yazılır. Bu durum her bir yay tipi için tekrarlanır.

Tablo 2. Yayın yük-kısalma değerleri

Yay tipi: _____

Tel çapı (d) mm: _____ Sarım sayısı(n): _____ Yay dış çapı(Dd) mm: _____

Deney No.	Yük (N)	Kısalma Miktarı ΔX (mm)		
		Yay A	Yay B	Yay C

2.4. Sonuçların Değerlendirilmesi

Deneyler sonucunda kademeli olarak artırılan her yüke karşılık bir kısalma değeri elde edilecektir. Tablo 2' den faydalanılarak yük(F) ve kısalma(ΔX) arasında bir grafik oluşturulur(Şekil 7). Grafik üzerinde, elde edilen noktalardan faydalanılarak, ortalama bir lineer doğru çizilir. Elde edilen eğim değeri yayın rijitliğini (k) verecektir.

Yayın rijitliği ile kayma modülü arasındaki bağıntı aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$k = \frac{F}{\Delta X} = G \cdot \frac{d^4}{8nD^3} \quad (5)$$

Bu ifadede;

F :Uygulanan kuvvet (N)

ΔX :Yer değiştirme miktarı(yaydaki kısalma)(mm)

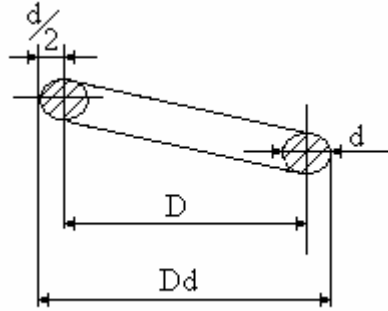
d :Yay teli çapı (mm)

n :Yay teli sarım sayısı(-)

D :Yayın ortalama çapı(mm)

G :Kayma modülü(N/mm²)

olarak tanımlanmaktadır. Buradaki D değeri Şekil 9'da görüldüğü gibi ortalama sarım çapını ifade etmektedir.



Şekil 9. Kesit alınmış bir yayın boyutları

A- Kuvvet(yük-F)-Şekil değiştirme(ΔX) grafiğinden bulunan k değeri (5) eşitliğinde yerine konularak deneyi yapılan yay için kayma modülü hesaplanır. Bulunan bu değerden faydalanılarak literatürde yayın hangi malzemeden yapıldığı bulunur. Kayma modülü malzemeler için karakteristik bir özellik olduğundan hata oranı yüzde olarak tespit edilir.

B- Kayma modülünün tayini için ikinci bir yol olarak ise, her bir yük değerine karşılık gelen kısalma miktarı yapılan her bir deney için ayrı ayrı olarak (3) ifadesinde yerine konulur. Bulunan bu yay rijitlik değerleri (5) ifadesinde ayrı ayrı yazılarak her deney için bir kayma

modülü değeri bulunur. Bulunan bu kayma modüllerinin ortalaması alınarak, ortalama bir kayma modülü hesaplanır. Yine bu değeri de literatürdeki değerlerle karşılaştırılmalıdır.

ÖDEVLER AŞAĞIDAKİ DÜZENDE HAZIRLANACAKTIR

- a-** Yapılan deneyler hakkında kısa bilgi verilecek.
- b-** Deney sonuçları değerlendirilerek grafikler milimetrik kağıda çizilecek
- c-** Hesaplamalar; sonuçlar kısmında yazılı olan her bir maddeye göre yapılacak sonuçlar her madde için irdelenecektir (Elastisite Modülü için 1.4- A, B, C şıkları, Kayma Modülü için 2.4- A ve B şıkları).