



MUKAVEMET DERSİ

(Temel Kavramlar)

Prof. Dr. Berna KENDİRLİ

Ders Planı

HAFTA	KONU
1	Giriş, Mukavemetin tanımı ve genel ilkeleri
2	Mukavemetin temel kavramları
3-4	Normal kuvvet
5-6	Gerilme analizi
7	Şekil değiştirme analizi
8	Arasınava
9-10	Kesme etkisi
11	Kirişlerde kesit tesirleri
12-13	Eęilme etkisi
14-15	Burkulma etkisi

Yararlanılan Kaynaklar

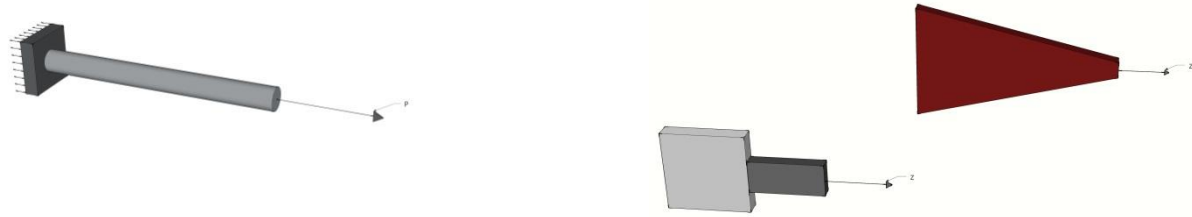
- Girgin, İ., Beyribey, M., 1990. *Mukavemet*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1191, Ders Kitabı: 341, Ankara.
- Omurtag, M., 2012., *Mukavemet I*. Birsen yayınevi, İstanbul, 472s.

Mukavemetin Temel Kavramları

- Projede öngörülen dış yükleri emniyetli bir biçimde taşıyan cisimlere *taşıyıcı sistemler* adı verilir.
- Taşıyıcı sistemler yükleme durumlarına ve yük taşıyan boyutlarına göre, *çubuk, plak, levha* ve *kabuk* olarak sınıflandırılabilir.
- *Çubuklar*, tek boyutlu taşıyıcı sistemler olarak ele alınmaktadır.
- Çubuk, iki boyutu üçüncü boyutuna göre küçük olan cisimdir.
- Bir çubukta *eksen (tarafsız eksen)*, *boy (L)* ve *en kesitinin (dA)* bilinmesine gereksinim vardır.

Mukavemetin Temel Kavramları

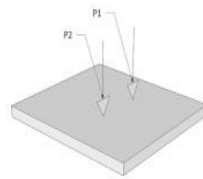
- Eksen, en kesitin ağırlık merkezinden dik olarak geçer.
- Kiriş ve kolonlar **doğru eksenli**, halka ve kemerler ise **eğri eksenli çubuklar** olarak tanımlanır.
- En kesit, eksene dik olarak alınan kesiti ifade eder.
- Çubuklar sabit ya da değişken kesitli olabilirler.



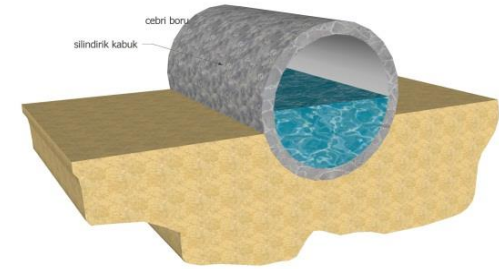
Sabit ve değişken kesitli çubuklar

Mukavemetin Temel Kavramları

- *Plak ve levha*, kalınlıkları diğer boyutlarına göre çok küçük olan cisimlerdir.
- Düzlem yüzeyine dik olarak yük taşıyan cisimlere *plak*, düzleme dik yük taşıyan cisimlere ise *levha* adı verilir.
- *Kabuk* ise, orta yüzeyi eğrisel olan taşıyıcı sistemdir. Kabuk sistemler, silindirik, hiperbolik, küresel tiplerde olabilir.



Levha



Kabuk

Gerilme

- Dış kuvvetler, etkileri altındaki cismin moleküllerini birbirinden ayırmaya, ezmeye ve kaydırmaya çalışırlar. Bu etki karşısında cismin molekülleri yer değiştirerek denge konumlarını korumaya çalışır.
- Cismin moleküllerinin oluşturduğu bu kuvvetlere *iç kuvvetler* adı verilir.
- İç kuvvetlerin cismin birim en kesit alanına etkiyen miktarı ise *gerilme* olarak adlandırılır.
- **Gerilme**, iç kuvvetin herhangi bir noktadaki dağılım şiddeti olarak da tanımlanabilir.
- Dış kuvvetler, etki ettiği cismin en kesit alanına dik gerilmeler oluşturuyorsa bunlara *normal gerilme* (σ), kesit alanına paralel gerilmeler oluşturuyorsa *teğetsel gerilme* (τ) adı verilir.

Gerilme

- Cismi basmaya ve çekmeye çalışan gerilmeler normal gerilmelerdir.
- Teğetsel gerilmeler ise en kesit yüzeyi üzerinde cismi kaydırmaya ya da kesmeye çalışan gerilmelerdir.
- *Basma gerilmesi*, cismi ezmeye ve boyunu kısaltmaya çalışan kuvvete karşı oluşan içsel dirençtir.
- Özellikle kolon, duvar ve temelerde görülür.
- *Çekme gerilmesi*, cismi koparmaya ve boyunu uzatmaya çalışan kuvvete karşı oluşan içsel dirençtir.
- Özellikle kirişlerin, döşemelerin ve merdivenlerin alt kısımlarında ortaya çıkar.

Gerilme

- *Kayma (kesme) gerilmesi*, cisme ait kesitin iki yüzeyini birbirini üzerinde kaymaya zorlayan kuvvete karşı oluşan içsel dirençtir.
- Daha çok kirişlerde ortaya çıkan içsel bir dirençtir. Mesnet tepkisi ve kiriş ağırlığı etkisi ile oluşan ters yönlü kuvvet çifti bir kesme kuvveti oluşturur.

Şekil ve Yer Değiştirme

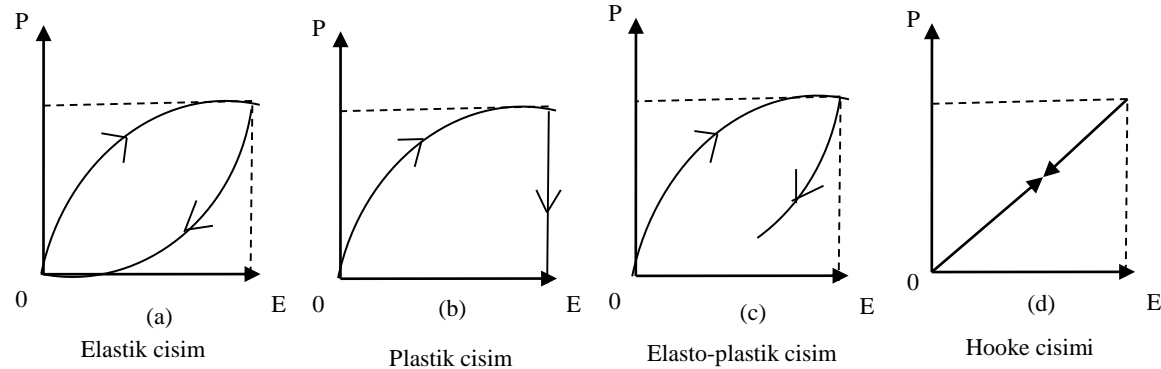
- Dış kuvvetlerin etkisi ile cismin molekülleri yer değiştirir. Bu durumda cisimde şekil değiştirmeler meydana gelir.
- Cisimlerin şekil ve yer değiştirmeleri, uzunluklarındaki ve açı durumlarındaki değişimlerinin belirlenmesi ile hesaplanabilir.
- Normal gerilmeler uzunluklarda, kayma (kesme) gerilmeleri açısal olarak şekil ve yer değiştirmeye neden olur.

Katı Cisimlerin Mekanik Özellikleri

- Kuvvetin uygulama öncesi ve sonrası ile ortadan kalkması durumlarında cisimdeki şekil değiştirmeler malzeme özelliklerine göre farklılık gösterir.
- Dış yüklerin kaldırılması durumunda cisimdeki şekil değiştirme tamamen geri dönebiliyorsa bu tür cisimlere **elastik cisim** adı verilir.
- Dış yük etkisi ortadan kalktıktan sonra şekil değiştirmenin aynen kaldığı cisimlere de **plastik cisim** denir.

Katı Cisimlerin Mekanik Özellikleri

- Uygulamada kullanılan cisimler tam elastik ya da tam plastik özellik göstermezler. Bu cisimlerde dış yük etkisi kalktığıında şekil değiştirmenin bir kısmı kalırken diğer kısmı geri döner. Bu durumdaki cisimlere ise **elasto-plastik cisim** adı verilir.



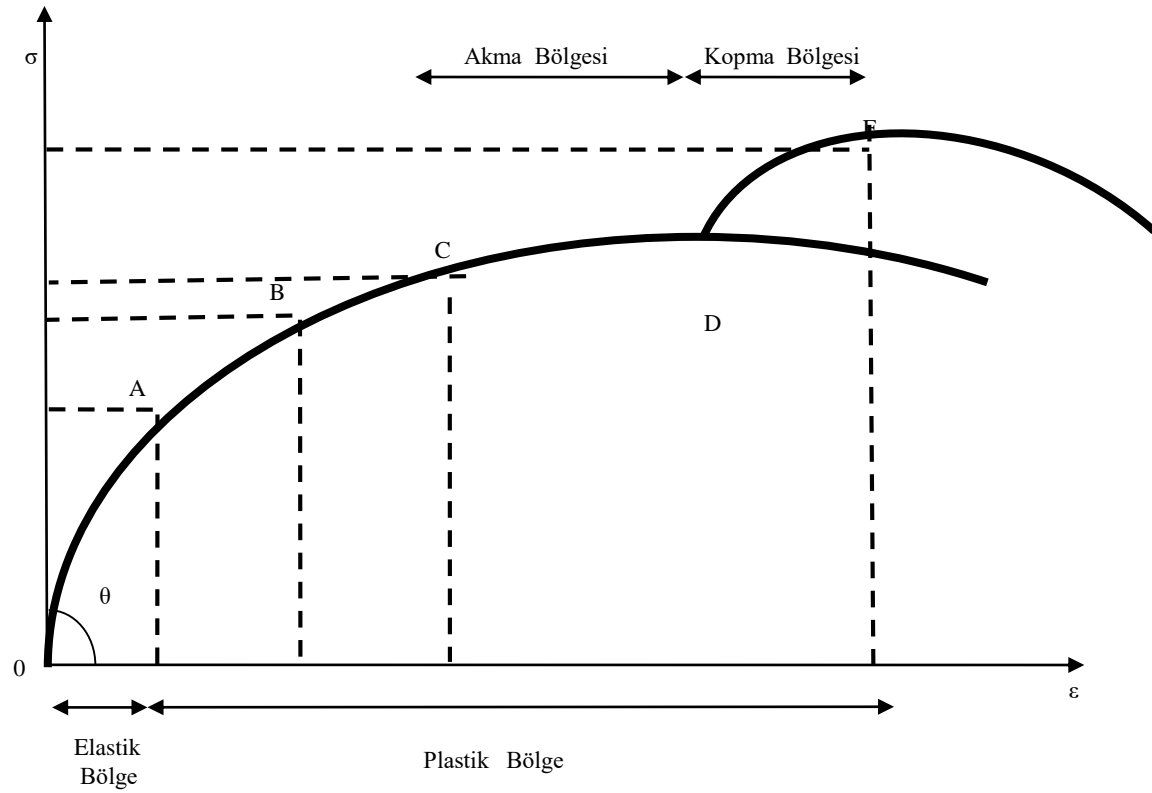
Katı Cisimlerin Mekanik Özellikleri

- Cisimlerin içyapılarının karmaşık olması nedeniyle mekanik özelliklerinin belirlenmesinde daha çok deneysel yöntemler kullanılır.
- *Statik deneylerde* cisme uygulanan dış kuvvetler yavaş yavaş artırılır. Artan yük altında malzemedeki değişimler gözlemlenir.
- *Dinamik deneylerde* ise ortam koşulları ve yüklemelerde ani değişiklikler oluşturularak cismin davranışı ve değişimi belirlenir.
- *Çekme deneyi*, malzemelerin farklı yükleme koşullarında, şekil ve yer değiştirmeleri ile dayanım sınırlarını belirlemek amacıyla yapılır.

Katı Cisimlerin Mekanik Özellikleri

- Deneysel bir ortamda yapı çeliğine uygulanan çekme kuvveti sonucu, artan yükleme koşulları altında, belirli bir sınıra kadar uygulanan kuvvet miktarı ile uzama arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğu, *Robert Hooke (Hooke Kanunu)* tarafından ortaya atılmıştır.
- Kuvvet ile şekil değiştirme arasındaki ilişkinin doğrusal (lineer) olduğu cisme *Hooke cismi* adı verilir.
- Bu kanuna göre “*kuvvet ne kadar ise uzama da o kadardır*” denilir.
- Ancak cismin, dış kuvvetin belirli bir büyüklük sınırı aşılınca Hooke cismi özelliği göstermesi mümkün değildir. Bu sınır değerine *orantılılık sınırı* adı verilir.

Katı Cisimlerin Mekanik Özellikleri



$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

$$E = \tan \theta = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Hooke Diyagramı

Katı Cisimlerin Mekanik Özellikleri

- Diyagrama göre orantılılık sınırına (A) kadar olan bölgeye **orantılılık bölgesi** adı verilir.
- Bu bölgede kuvvetin etkisi ile şekil değiştirme oranı doğru orantılı olarak artacaktır.
- Bu sınırın hemen yanındaki B noktasına kadar, uygulanan yük kaldırıldığında cisim ilk durumuna geri dönebilmektedir.
- Bu noktadan sonra cismin elastiklik özelliği kaybolmakta ve farklı şekil değiştirmeler oluşmaktadır. Bu nedenle B noktasına **elastiklik sınırı** adı verilir.

Katı Cisimlerin Mekanik Özellikleri

- Projelirmede malzemelerin yükler karşısındaki tepkilerinin belirli olması gerekir.
- Diyagramda C noktasından sonra yük artırılmasa bile cismin boyunda uzamalar ve kesitinde incelmeler görülür. C noktasında malzeme akışa geçtiğinden bu noktaya **akma sınırı** ve bu sınırdaki dayanımın değerine de **maksimum gerilme** adı verilir.
- D noktasında ise cisim, kesit azalmasından dolayı kopmuştur. Bu nedenle D noktasına **kopma noktası** adı verilir.
- Cismin kopmaya kadar olan uzamasının ilk boyuna oranına *kopma uzaması* denir.
- Kopma uzaması değeri küçük olan malzemeye **gevrek**, bu değerin büyük olduğu malzemeye ise **sünek (düktil) malzeme** adı verilir.

Katı Cisimlerin Mekanik Özellikleri

- Hooke diyagramına göre, malzemenin emniyetli olarak taşıyabileceği en fazla yük A noktasına kadardır. Hesaplamalarda A ile B karşılaştırılır ve bu noktadaki gerilme malzemenin *maksimum gerilmesini* (σ_{max}) ifade eder.
- Yapı elemanlarının projelendirilmesinde malzemede maksimum gerilmenin altındaki bir değerin oluşacağı kabul edilir. Bu değere *emniyet gerilmesi* adı verilir.
- Malzemede gerçek koşullarda oluşacak gerilme, emniyet gerilmesi değerinin altında olmalıdır. Maksimum gerilmenin emniyet gerilmesine oranına *emniyet katsayısı* adı verilir.

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{max}}{n} \quad n \geq 1$$