



Ankara Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü



JEM234 MUKAVEMET

Ders Notları

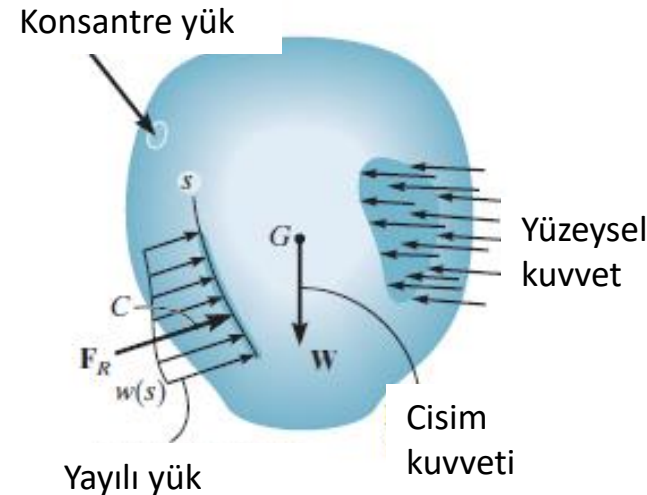
Doç. Dr. Koray ULAMIŞ

# 1. TEMEL KAVRAMLAR

Mukavemet, harici yükleme koşulları altında katı cisimlerdeki gerilme ve şekil değiştirme koşullarını inceleyen mekanik bilimi alt dalıdır. Cisimlerde gerilme cismin yapıldığı material özellikleri, şekil değitirme ise gerilme sonucunda oluşan deformasyonları kapsar. Ayrıca, yüklemenin yönüne bağlı olarak cismin duraylılığı da mukavemetin konusudur. Harici yükleme yüzey yükleri ve cisim kuvveti olarak ikiye ayrılabilir.

**Yüzey yükleri**; iki cismin temas noktaları veya yüzeylerinde meydana gelir. Bu durumda yükler ilgili temas alanına yayılır. Bu alan toplam cismin alanından çok küçük ise "**Konsantre Kuvvet-Yük**" oluşur ve tek noktada etki eder. Örneğin bisikletin lastik temasının tüm yeryüzü temas alanına göre etkisi konsantre yük şeklindedir.

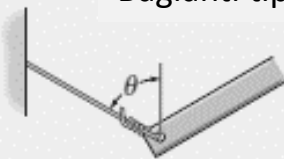
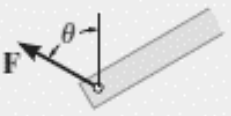

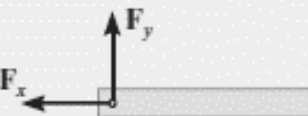

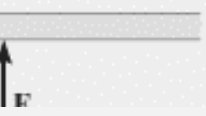
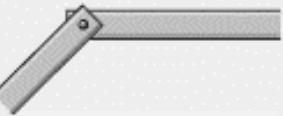
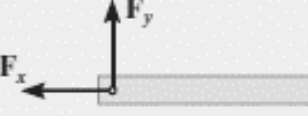
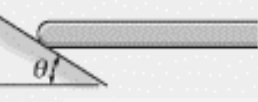


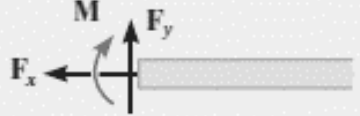
Yüzey yüklemesi belirli bir ölçülebilir alanda etki ederse "**Yayıllı Kuvvet-Yük**" oluşur. Bu durumda kuvvetin tesiri/uzunluğu boyunca yük bir Alana etki eder ve seri oklarla ifade edilir. Bileşke kuvvet " $w(s)$ " yayıllı yük eğrisi altındaki alan ile ifade edilir ve ilgili alanın ağırlık mekrezinde etki eder.



Cisme etkiyen kuvvet türleri (Hibbeler, 2010)

**Cisim yükleri**; İki cisim arasında direkt temas olmadan gelişen kuvvet türüdür. Örneğin elektromanyetik alan ve yer çekimi kuvveti. Bu kuvvetler tekil yük ile ifade edilir. Gravitede bu etki cismin “ağırlığı”dır.

**Destek Tepkileri**; Cisimler arasındaki noktasal veya alansal etki ve tepkileri kapsar. Genel kural olarak destekler cisimde herhangi yönde ötelenmeyi engeller ise tepki kuvveti harici yük ile zıt yönde gelişir iken, eğer rotasyon (dönme) engellenirse cisme moment çifti etki eder. Örneğin hareketli mesnetler yüzeye dik hareketi engeller ve temas noktasında “F” kuvvetine neden olur. Cisim hareketli mesnet etrafında serbest hareket edeceğinden moment çifti gelişmez.

Bağlantı tipi	Reaksiyon	Bağlantı tipi	Reaksiyon
 Kablo	 Bir bilinmeyen, F	 Harici perçin	 İki bilinmeyen
 Hareketli	 Bir bilinmeyen, F	 Dahili perçin	 İki bilinmeyen
 Sürtünmesiz	 Bir bilinmeyen, F	 Sabit mesnet	 Üç bilinmeyen

## Denge Denklemleri

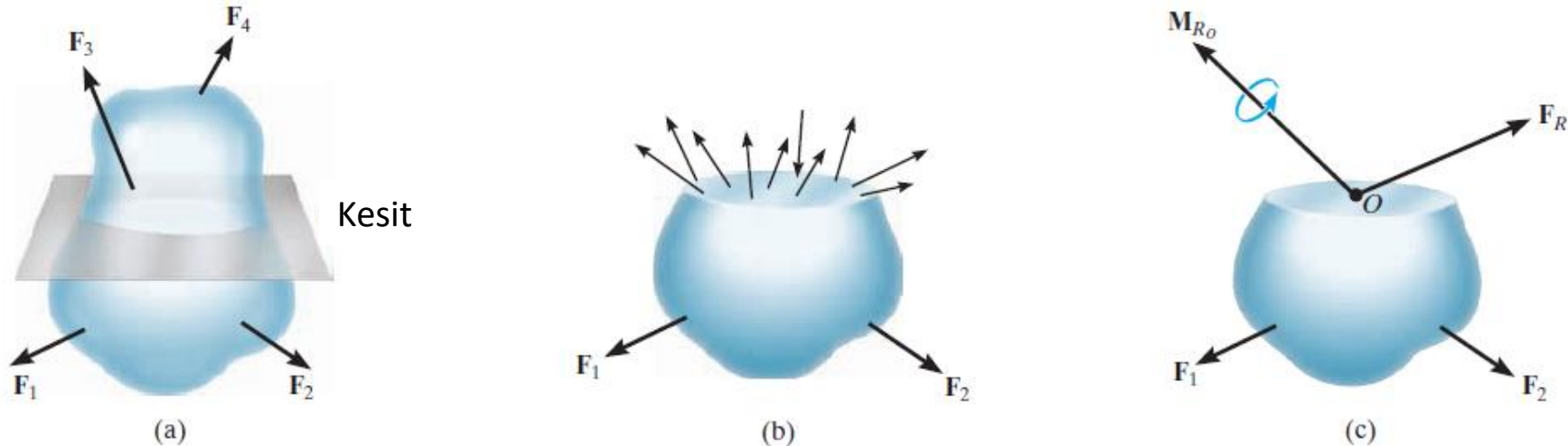
Cisimlerin dengesi “kuvvet dengesi” ile cismin herhangi bir yönde yerdeğiştirmesinin ve/veya herhangi bir düzlem boyunca ivmelenmesinin önüne geçmek için gerekli iken, “moment dengesi” de rotasyonun engellenmesi için gereklidir. Eşitlikteki toplamlar cisme etkiyen tüm kuvvet ve momentlerin toplamıdır. Cismin kartezyenler ile ifade edilen düzlemlerde olması durumunda ise,

$$\begin{aligned}\Sigma \mathbf{F} &= \mathbf{0} \\ \Sigma \mathbf{M}_O &= \mathbf{0}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 & \Sigma F_y &= 0 & \Sigma F_z &= 0 \\ \Sigma M_x &= 0 & \Sigma M_y &= 0 & \Sigma M_z &= 0\end{aligned}$$

## Serbest Cisim Diyagramı

Şekilde “a” ile gösterilen cisme etkiyen dengede dört adet harici kuvvet olduğunu düşünelim. Cismin herhangi bir kesimindeki içsel reaksiyonları belirlemek için “b” deki gibi kesit alınır. Kesit düzleminde (b) harici kuvvetler dışında cismin tepkisel olarak geliştirdiği dahili (iç) reaksiyon kuvvetleri de gelişecektir. Zira bu düzlem alt ve üst kısmın ortak etkilerini yansıtacaktır. Bu aşamada alt parçadaki harici yüklemelere göre toplam kuvvet ve moment “c” deki şekilde herhangi bir referans noktada gösterilebilir. Bu nokta tercihen kesit alanının merkezi olacaktır.



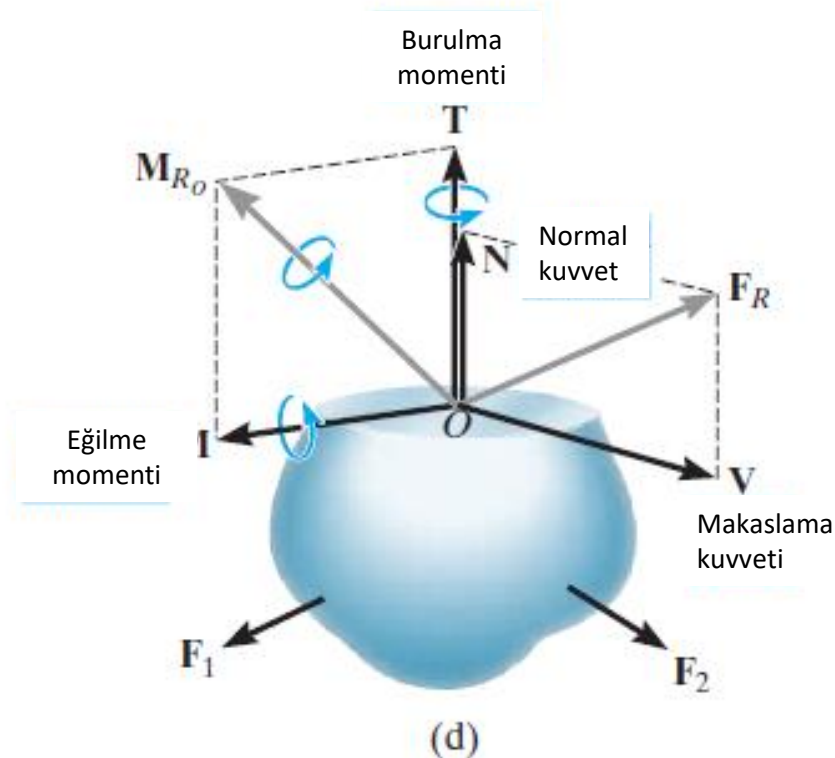
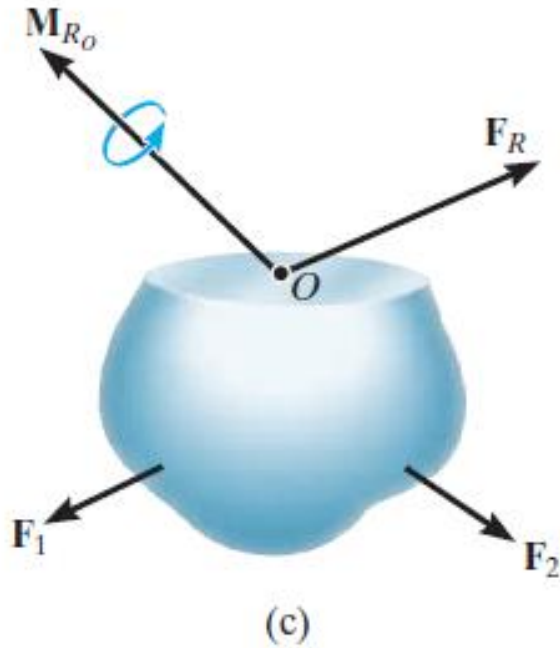
Serbest cisim diyagramı (Hibbeler, 2010)

**Normal Kuvvet (N):** Alana dik etkiyen kuvvet bileşeni olup, cismin segmentlerinin sıkışma veya çekme kuvvetine maruz kalması ile gelişir.

**Makaslama Kuvveti (V):** Düzleme paralel olup, harici kuvvetlerin segmentleri biri diğerinin üzerinde kaymaya zorlaması ile gelişir.

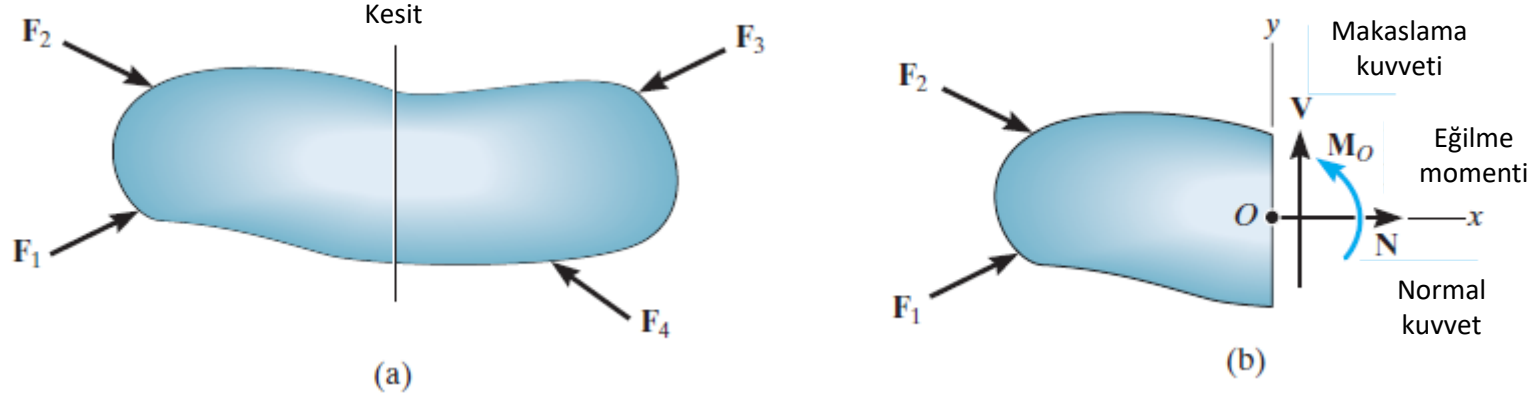
**Burulma Momenti (Tork-T):** Düzleme dik eksen etrafında segmentlerin birbirine göre burulması/çevrilmesi ile gelişir.

**Eğilme Momenti (M):** Düzleme paralel eksen boyunca kuvvetlerin segmentleri eğilmeye zorlaması ile gelişir.



## Eş Düzlemde Yükleme

Cisim eşdeğer kuvvetlere maruz ise (a), kesit düzleminde normal kuvvet, makaslama kuvveti ve eğilme momenti gelişir. Normal kuvveti belirlemek için  $(N) \sum F_x=0$  ve Makaslama kuvvetini belirlemek için  $\sum F_y=0$  kullanılır. Toplam moment ise "z" eksenini boyunca hesaplanabilir.



Kesit kuvvetleri ve momentler (Hibbeler, 2010)

### Mesnet Tepkileri Hesaplama Yöntemi

- Harici yüklemeye maruz kalacak kesim belirlenerek serbest cisim diyagramı çizilir.
- Cisim üzerindeki kesit lokasyonunu belirlemek için tüm yük ve moment/moment çiftlerinin etki ettiği yerler  $s_{cd}$  da gösterilir.
- Kesit alınan lokasyondaki  $N, V$  ve  $M$  gösterilir.
- Eşdeğer çifler var ise sadece ağırlık merkezindekiler gösterilir.
- Yük koşullarına göre gerekli ise  $x, y, z$  eksenleri çizilir.
- İlgili lokasyonlardaki bileşkeye göre moment alınır. Eğer bileşke negative ise tahmin edilene göre ters yönde yükleme ve buna bağlı moment gelişir.