

## 17. ZEMİNİN MAKASLAMA DAYANIMI

Zemin kütlesinin makaslama dayanımı zemin kütlesinin herhangi bir düzlem boyunca kırılma ve kaymaya karşı koyabildiği birim alandaki iç dirençtir. Yapılarda karşılaşılan taşıma kapasitesi, şev duraylılığı ve yanal basınç gibi zemin duraylılık problemlerini analiz edebilmek için makaslama dayanımının iyi bilinmesi gerekmektedir.

### MOHR – COULOMB YENİLME KRİTERLERİ

Mohr (1900) malzemelerin yenilmesinin, normal ve makaslama gerilmesinin maksimum değerinde olmayıp, bunların kombinasyonu şeklinde olduğunu ifade etmiştir. Bu şekilde, bir yenilme düzlemi üzerindeki normal gerilme ve makaslama gerilmesi arasındaki ilişki şu şekilde ifade edilebilir (Şekil 17.1a):

$$\tau_f = f(\sigma)$$

17.1

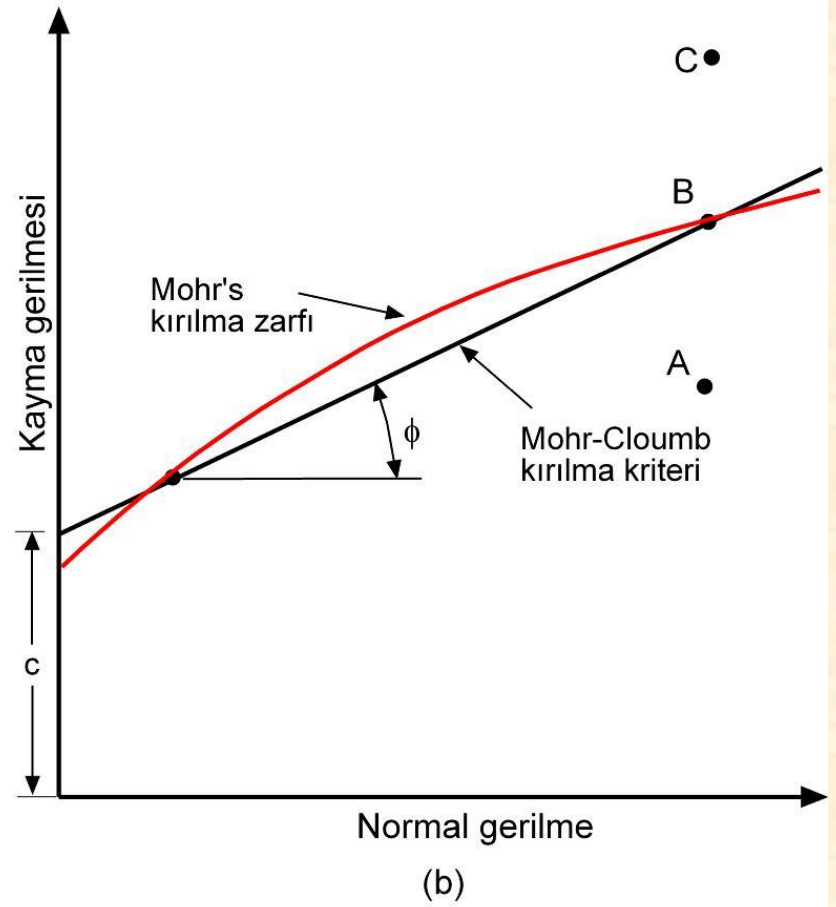
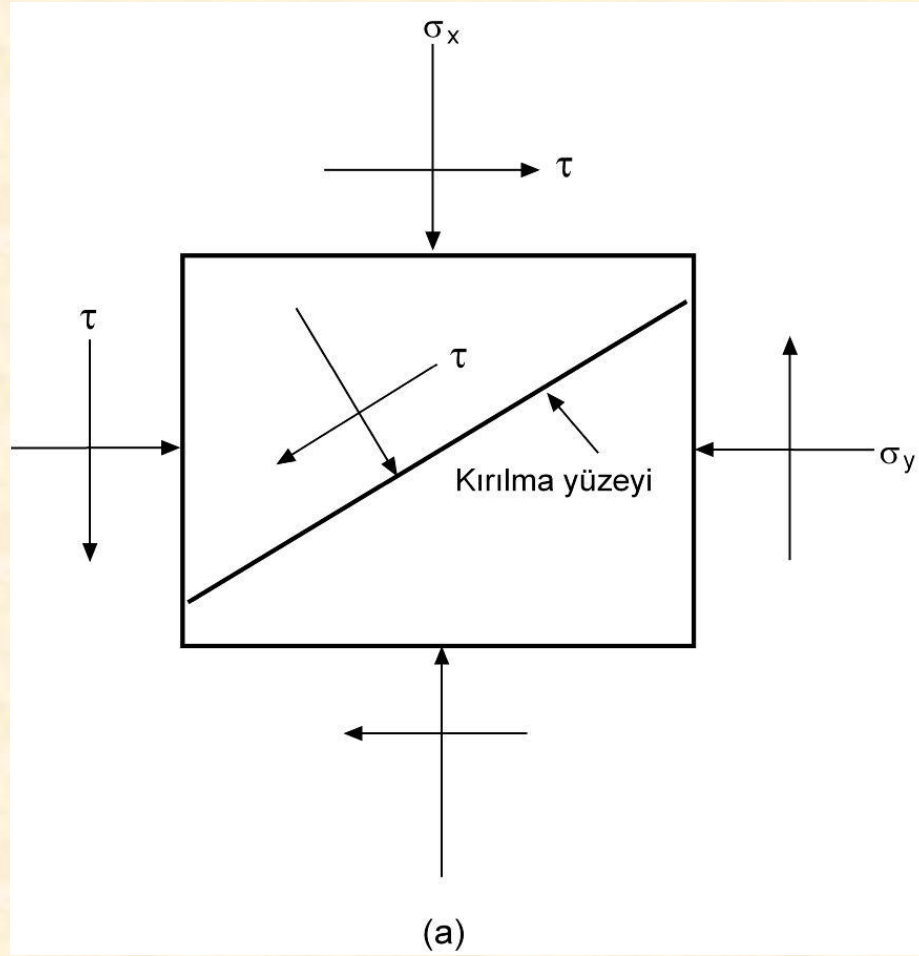
Eşitlikte tanımlanan yenilme zarfı eğri bir çizgi olup, Şekil 17.1.b' de gösterilmektedir. Pek çok zemin mekaniği problemi için, yenilme düzlemindeki makaslama gerilmesini; yaklaşık olarak normal gerilmenin lineer bir fonksiyonu olarak değerlendirmek yeterlidir (Coulomb, 1776). Bu lineer fonksiyon,

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (17.2)$$

eşitliği ile ifade edilir. Bu ilişki **Mohr - Coulomb yenilme kriteri** olarak adlandırılır. Burada;

$c$ =kohezyon ve  $\phi$ = içsel sürtünme açısıdır.

Eğer bir zemin kütesindeki bir düzlem üzerindeki normal gerilmenin ve makaslama gerilmesinin gösterimi, Şekil 17.1b'deki A noktasında ise makaslama yenilmesi meydana gelmez. Eğer normal gerilme ve makaslama gerilmesi B noktası gibi yenilme zarfının üzerine düşüyorsa makaslama yenilmesi kritik denge durumundadır. C noktasında yenilme meydana gelir.

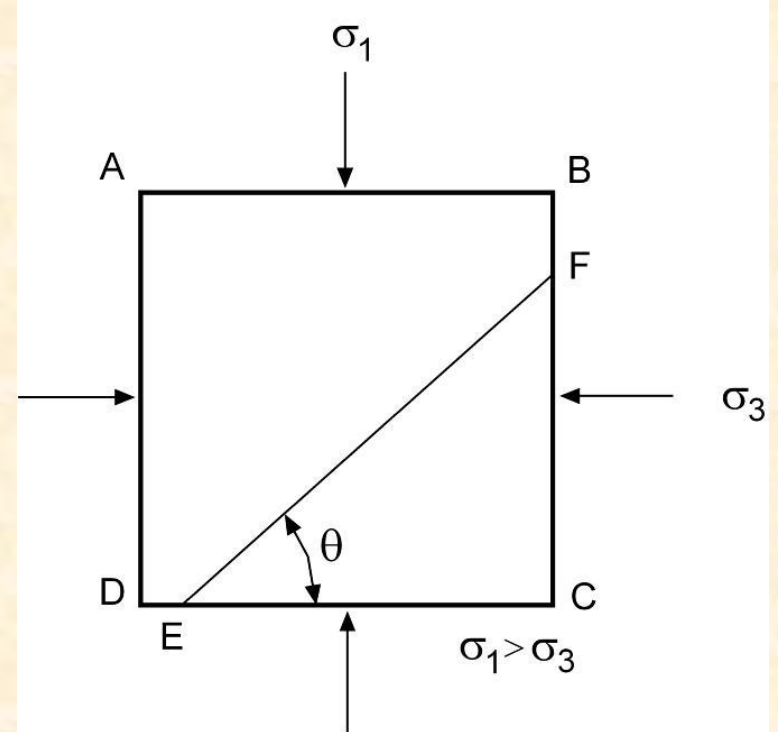


Şekil 17.1. Mohr kırılma yüzeyi ve Mohr-Coulomb kırılma kriteri

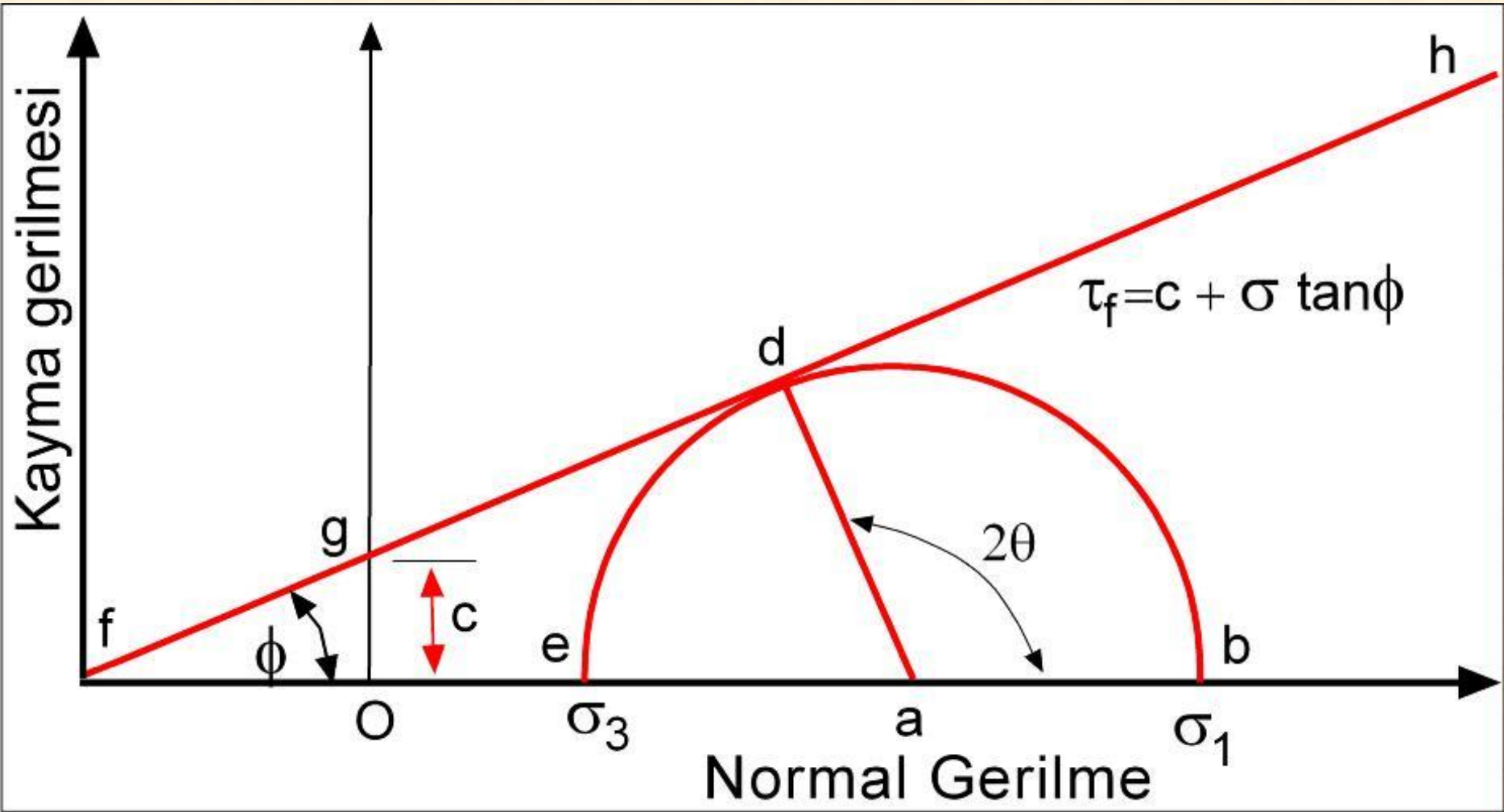
# Makaslamadan Dolayı Meydana Gelen Yenilme Düzleminin Eğimi

Bir düzlem üzerindeki makaslama gerilmesinden elde edilen değerler, Mohr Coulomb yenilme kriterinde yer aldığı gibi makaslama yenilmesi meydana getirecektir.

Birincil asal düzlemle, yenilmenin eğimini belirlemek için Şekil 17.2 incelendiğinde, yaklaşık birincil ve ikincil asal gerilmelerdir. Yenilme düzlemi EF yatay düzlemle açısı yapar. açısını ve arasındaki ilişkiyi belirlemek için Şekil 17.3 incelendiğinde Şekil 17.2' deki gerilme durumları görülmektedir.



Şekil 17.2 Bir zeminin esas düzlemdeki yenilme yüzeyinin eğimi



Şekil 17.3 Mohr dairesi ve kırılma zarfı

Şekil 17.3' deki  $fgh$   $\tau_f = c + \sigma \tan \phi$  ilişkisinden belirlenen yenilme zarfıdır. Işınsal  $ab$  doğrusu birincil asal düzlemle (Şekil 17.2'deki CD) ve ışınsal  $ad$  doğrusu yenilme düzlemiyle (Şekil 17.2' deki EF) tanımlanmaktadır.

Bu şöyle gösterilebilir:

$$\angle bad = 2\theta = 90 + \phi, \quad \text{yada}$$

$$\theta = 45 + \frac{\phi}{2} \quad (17.3)$$

Tekrar, Şekil 17.3'den,

$$\frac{\overline{ad}}{\overline{fa}} = \sin \phi \quad (17.4)$$

$$\overline{fa} = fO + Oa = c \cot \phi + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \quad (17.5a)$$

bir de,

$$\overline{ad} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (17.5b)$$

Eşitlik 17.4'de yerine formül 17.5a'ı ve formül 17.5b'i koyarsak, şunu elde ederiz

$$\sin \phi = \frac{\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}}{c \cot \phi + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}}$$

veya

$$\sigma_1 = \sigma_3 \left( \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \right) + 2c \left( \frac{\cos \phi}{1 - \sin \phi} \right) \quad (17.6)$$

Fakat,

$$\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

ve

$$\frac{\cos \phi}{1 - \sin \phi} = \tan \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

böylece,

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \text{elde edilir.} \quad (17.7)$$



## Doygun Zeminlerde Makaslama Yenilmesi Kriteri

Doygun zeminlerdeki toplam normal gerilme, efektif gerilme ve boşluk suyu basıncının toplamıdır, yada

$$\sigma = \sigma' + u$$

Efektif gerilme,  $\sigma'$ , zemin taneleri tarafından taşınmaktadır. Sonuçta, zemin mekaniğine uygulanır, Mohr - Coulomb yenilme kriteri aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\tau_f = c + (\sigma - u) \tan \phi = c + \sigma' \tan \phi \quad (17.8)$$

Kum ve anorganik siltler için  $c$  sıfırdır. Normal konsolide killer için,  $c$  yaklaşık olarak sıfır alınabilir. İçsel sürtünme açısı,  $\phi$ , *drenajlı içsel sürtünme açısı*

olarak kullanılabilir. İri taneli zeminler için  $\phi$  'nin tipik değerleri Çizelge 17.1' de verilmiştir.

$c$  ve  $\phi$  terimleri drenajlı makaslama dayanım parametreleri olarak tanımlanabilir.

Kuru ve drenajlı kumlarda makaslama kuvvetinin davranışı benzer veya aynıdır.



Çizelge. 17.1 Kum, çakıl ve siltde tipik drenajlı sürtünme açıları

Zemin tipi	$\phi$ (deg)
<b>Yuvarlak Kum :</b>	
Gevşek	27-30
Orta	30-35
Sıkı	35-38
<b>Köşeli Kum</b>	
Gevşek	30-35
Orta	35-40
Sıkı	40-45
<b>Kumla Çakıl</b>	34-48
<b>Silt</b>	26-35

Zeminin makaslama gerilmesi değişkenleri esas itibari ile laboratuvarda üç eksenli basma deneyi ve doğrudan makaslama deneyi ile belirlenebilir.