

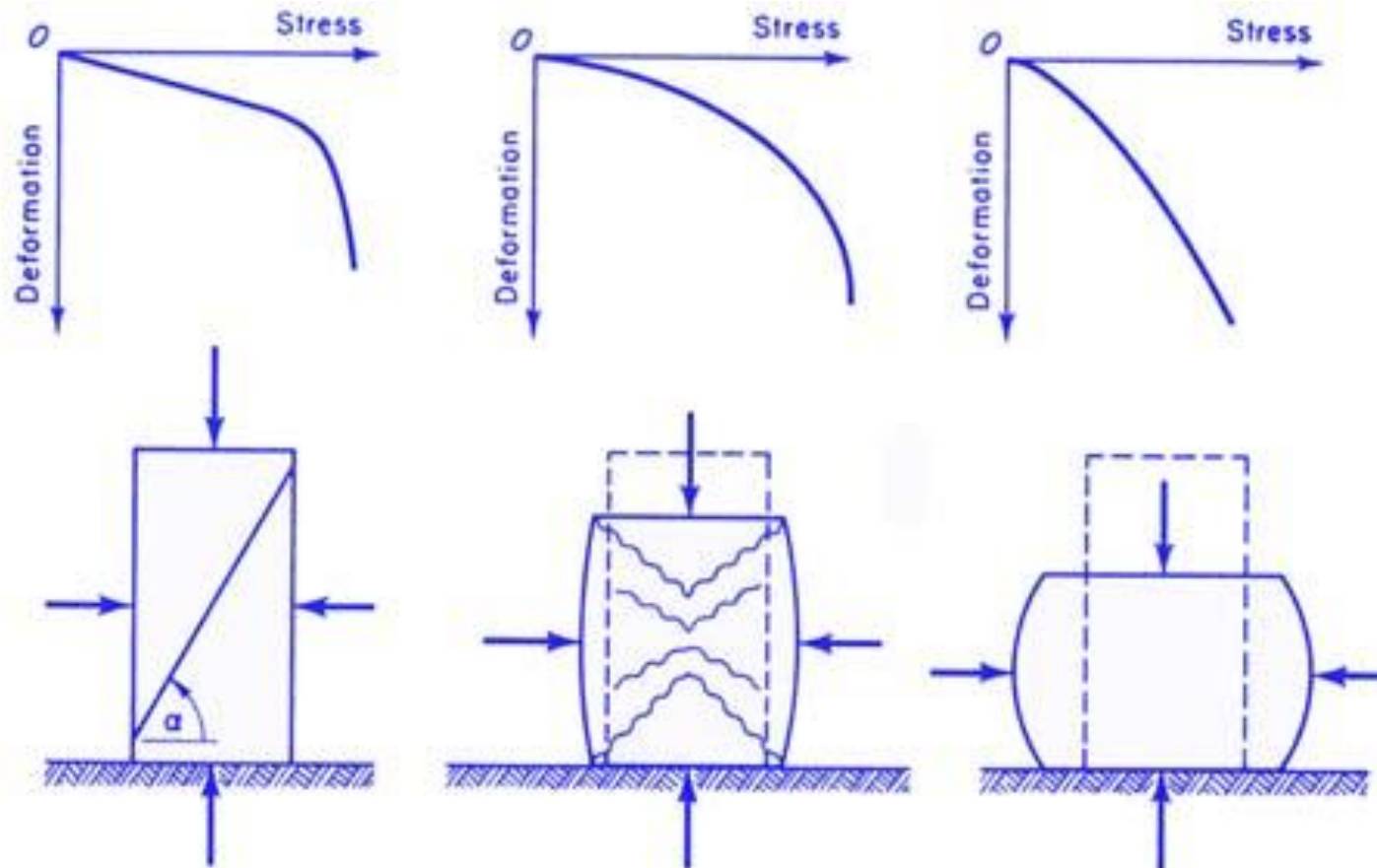
7. TOPRAĞIN DAYANIMI

DAYANIM

- Dayanım bir malzemenin yenilmeye karşı gösterdiği dirençtir.
- Gerilme-deformasyon ilişkisinin üst sınırıdır.



Toprak Zeminin Yenilmesi



(a) Brittle, sharp failure with a clearly expressed shear plane.

(b) Intermediate type of failure (shear cones and bulging).

(c) Plastic failure with well-expressed lateral bulging.

Types of compression failures.

Temel Kavramlar

- **Makaslama Dayanımı:** Toprağın makaslama gerilmelerine karşı göstereceği maksimum direnç (shear strength)
- Temel taşıma gücü, karayolu, havaalanı projelendirmesi, toprak dolgu, şev duraylılığı, dayanma duvarı (istinat) hesaplamaları vb.
- **Makaslama Dayanım Parametreleri : c ; ϕ**
 - c : Tanelerin birbirini çekmesi ve kenetlenmesi nedeniyle (cohesion)
 - ϕ : Tanelerin birbirleriyle sürtünmesinden kaynaklanır (internal friction angle)

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

τ : makaslama dayanımı, gerilmesi

c : Kohezyon

σ_n : Normal gerilme

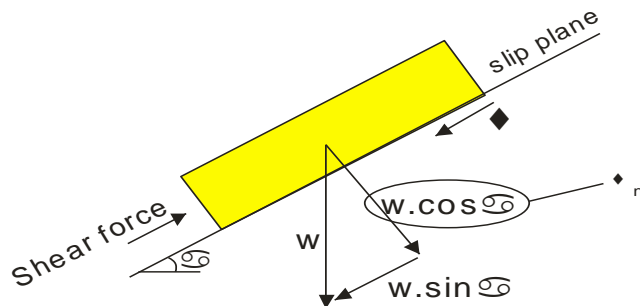
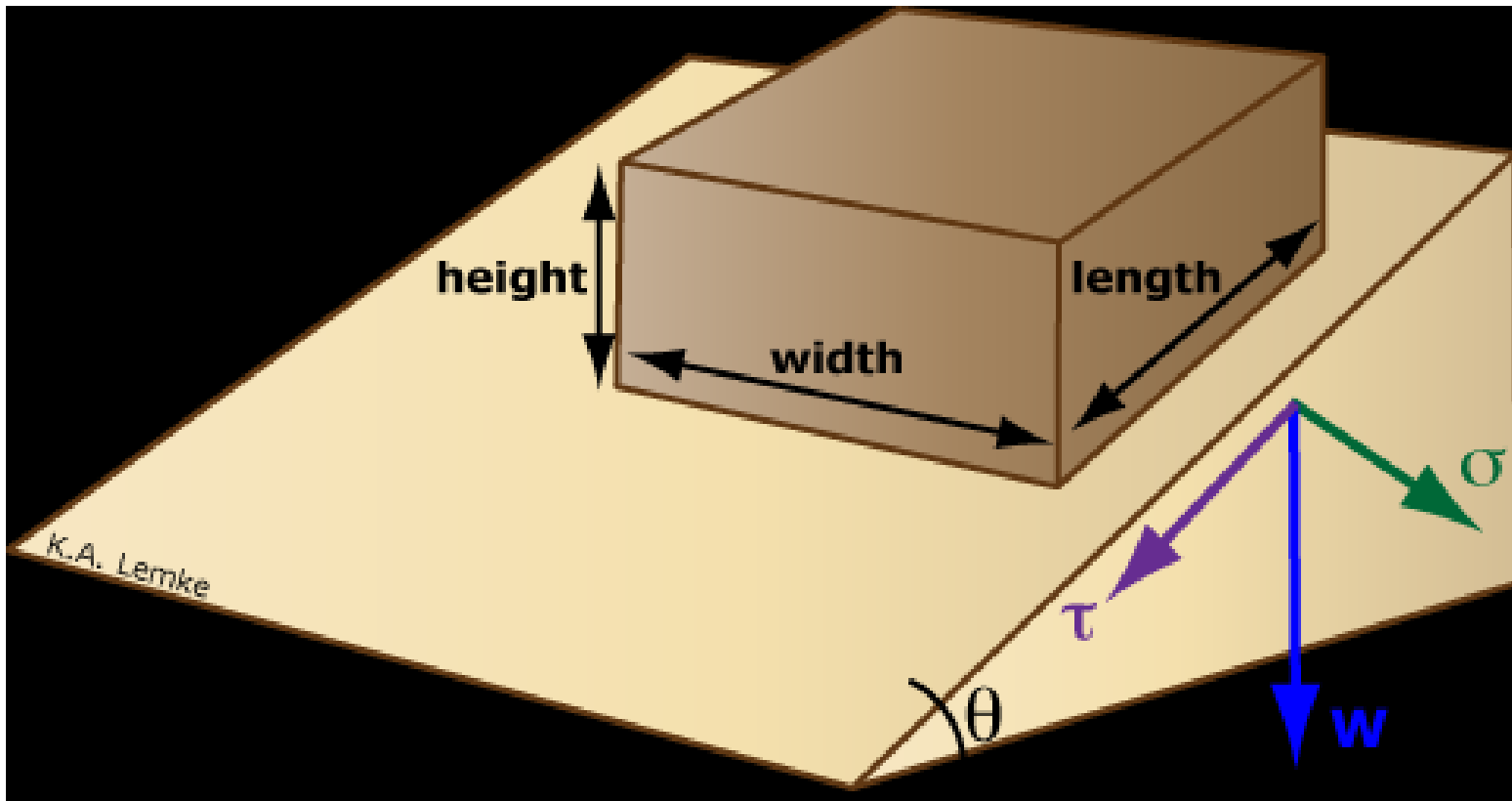
ϕ : İçsel sürtünme açısı

Mohr-Coulomb Yenilme Teorisi: *Toprağın makaslama karşı gösterdiği direnç sabit bir değer olmayıp, yenilme anında kayma düzlemine etkiyen normal gerilmeye bağlı olarak değişen bir değere sahiptir.*

- Makaslama dayanımı, toprağın drenaj özellikleri ile de yakından ilgilidir: İRİ TANELİ → Drenaj iyi; İNCE TANELİ → Drenaj kötü
- Kohezyonlu (cohesive soils), kohezyonsuz topraklar (non-cohesive soils)
- Örnekleme
 - Örselenmiş
 - Örselenmemiş



Makaslama kuvvetleri ve bileşenleri



$$\tau = c + \sigma_n \tan(\phi)$$

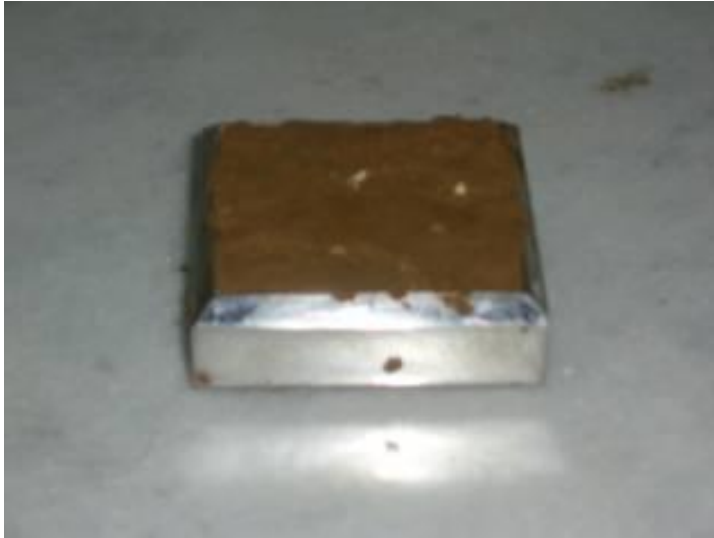
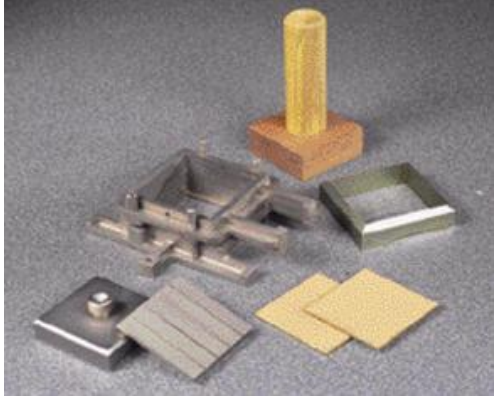
σ_n is the normal stress

- Toprak kütlelerinin makaslama gerilmelerine karşı gösterdiği davranış, sadece uygulanan/var olan kuvvetlerle (toplam gerilmeler) değil, gözeneklerdeki su ve bundan kaynaklanan gözenek suyu basıncı ile de ilgilidir.
- Hatırla → Efektif (etkin) gerilme, σ' (Terzaghi)
- Bu durumda toprağın makaslama dayanımı → Toplam gerilme ile gözenek suyu basıncı arasındaki fark (σ') ile ifade edilir.

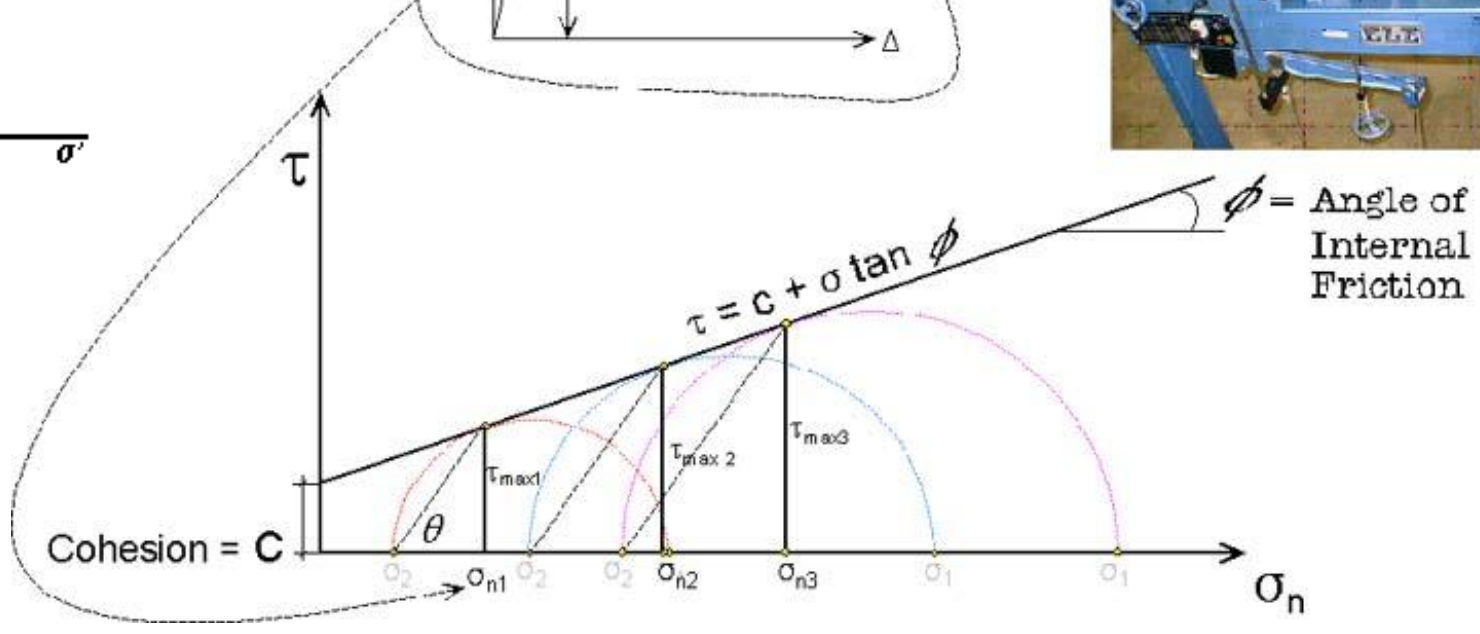
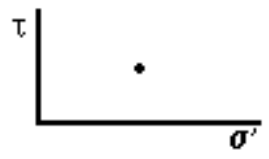
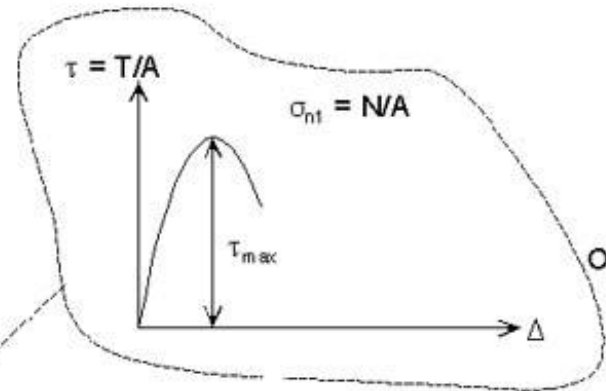
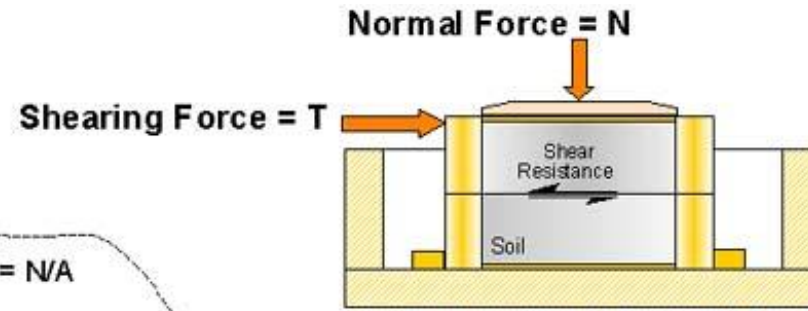
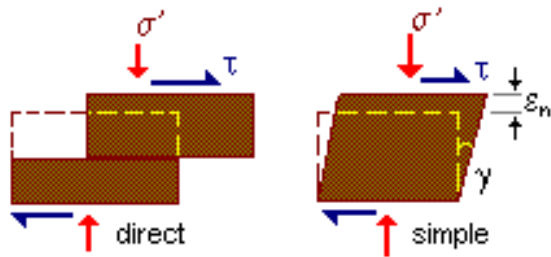
$$\tau' = c' + \sigma'_n \tan(\phi')$$

Makaslama Dayanımının Belirlenmesi

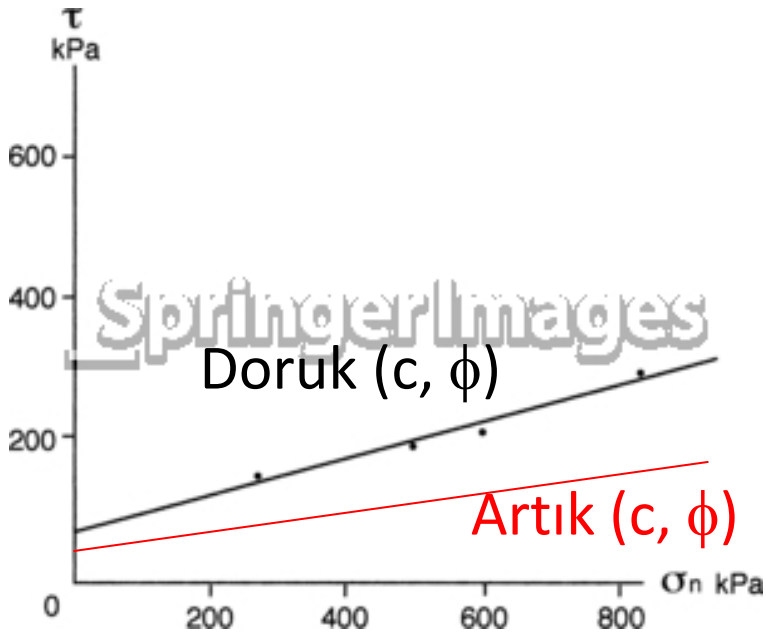
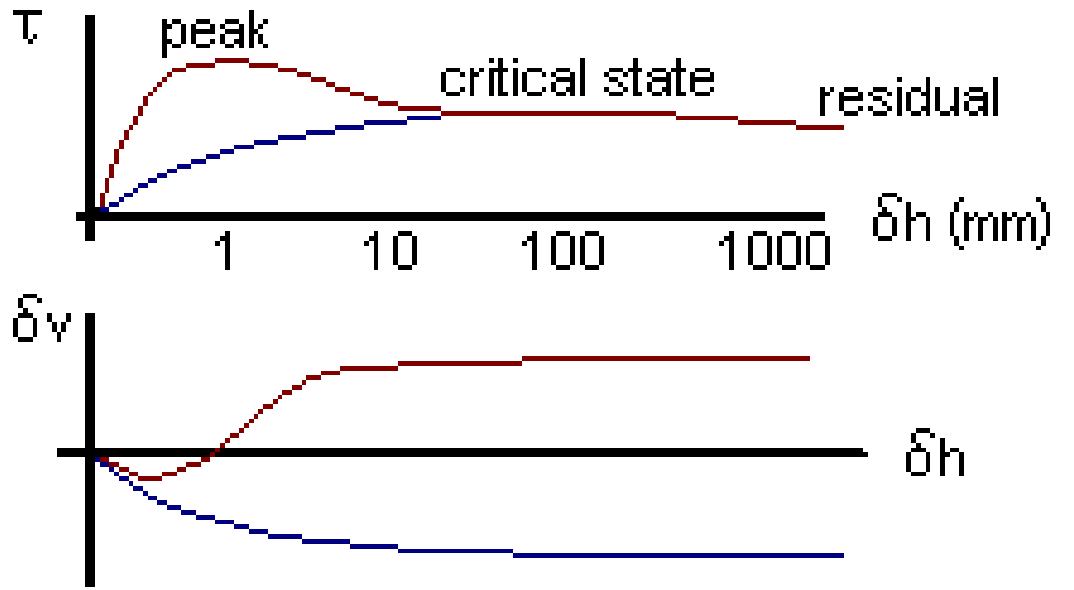
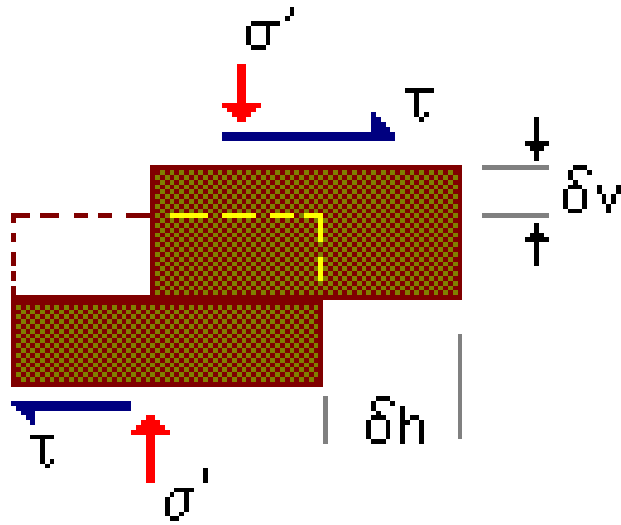
1. Doğrudan Makaslama Deneyi (Direct Shear Test)



Direct Shear Test



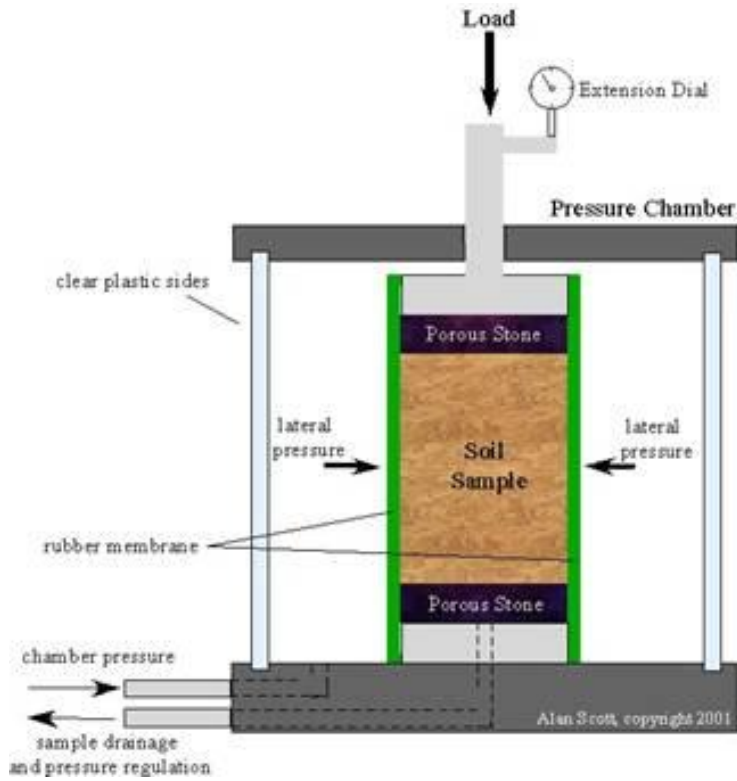
ϕ = Angle of Internal Friction



- Örnek sabit bir hızda (amaca yönelik olarak) makaslanır.
- Makaslama gerilmeleri bir yük halkası ile ölçülür.
- Farklı normal gerilmeler altında deney tekrarlanır.

2. Üç Eksenli Sıkışma Deneyi (Triaxial Compression Test)

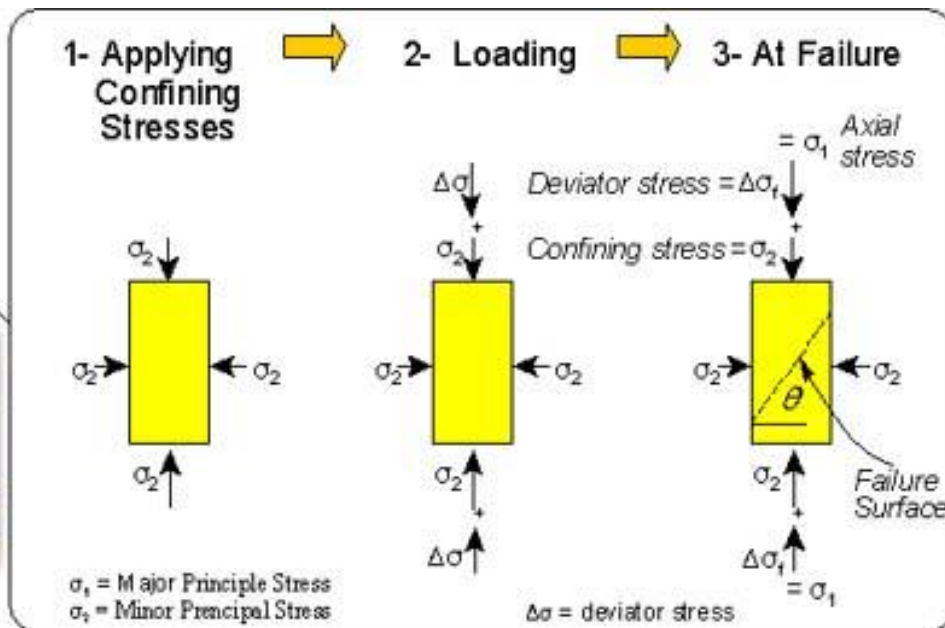




- Örselenmemiş toprak örneği, tüpten çıkartıldıktan sonra, üç eksenli hücreye yerleştirilir.
- Su kaybını önlemek için üst başlık yerleştirildikten sonra, örnek etrafına kauçuk bir kılıf geçirilir.
- Örnek hazırlama işlemi bittikten sonra, hücre su ile doldurulur.
- Hücredeki suya basınç uygulanarak, arazi koşullarını temsil edecek şekilde gerilme koşulları yaratılabilir.
- Su basıncı, minimum asal gerilmeye karşılık gelir.
- Yenilme gerçekleşinceye kadar, yükleme çubuğu yardımıyla sabit hızda deformasyon uygulanmaya devam edilir.

Triaxial compression test

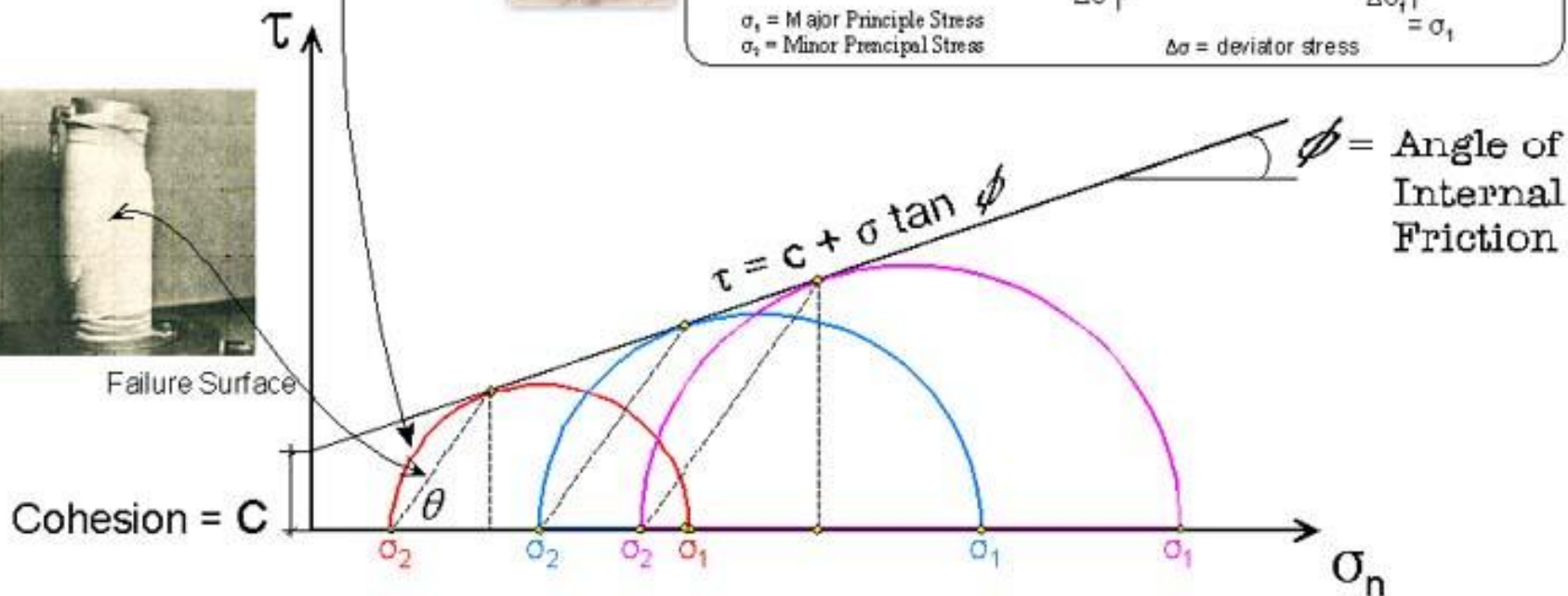
Triaxial Compression Test



Each Circle = One Test



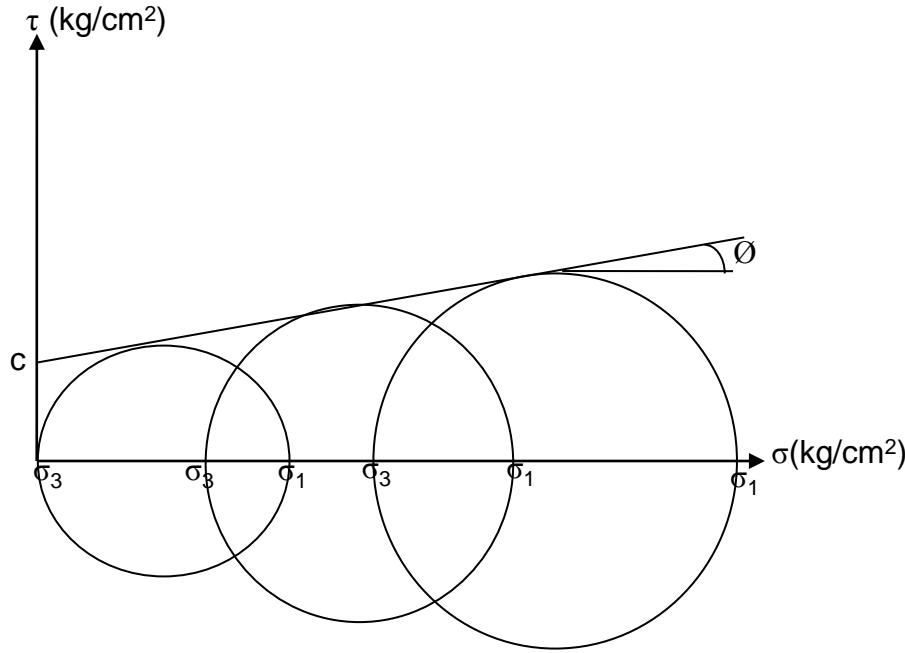
Failure Surface







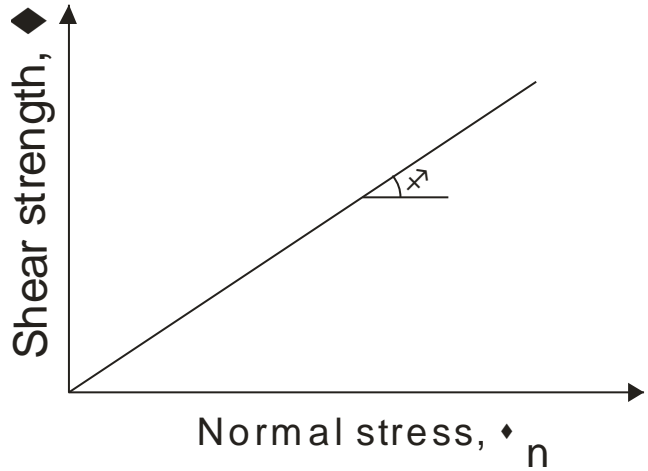
- Yükleme çubuğunda uygulanan bu gerilme sonucunda ölçülen gerilme değeri, deviator gerilme ($\sigma_1 - \sigma_3$) olarak adlandırılır.
- Hücre basıncına eklendiğinde, maksimum asal gerilmeye (σ_1) ulaşılır.
- Farklı hücre basınçlarında bir seri deney uygulanırsa, **MOHR** daireleri elde edilebilir.



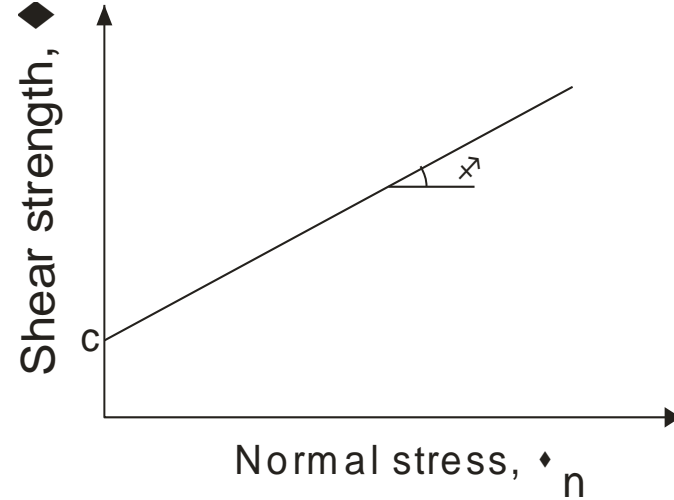
Deney Türleri

- Konsolidasyonsuz-Drenajsız (UU, quick test) → Örneğin yüklenmesi ve makaslanması sırasında drenaja izin verilmez. Hücre basıncı uygulandıktan sonra, hızlı bir yükleme ile deney gerçekleştirilir.
- Konsolidasyonlu-Drenajsız (CU) → Belirlenen normal gerilim altında hücre basıncıyla konsolide edilir. Bu süreçte drenaja izin verilir. Konsolidasyon bitince, drenaja izin verilmeden makaslama gerçekleştirilir. Boşluk suyu basıncı ölçülebilir.
- Konsolidasyonlu-Drenajlı (CD) → Hücre basıncı ile önce konsolidasyona tabi tutulur. Ek gözenek suyu basıncı oluşturmayacak şekilde, yavaş ve düşey yönde yükleme yapılır. Efektif dayanım parametreleri belirlenir.
- Kısa süreli-uzun süreli duraylılık (inşaat kazısı, otoyol vb.)
- **Karşılaştırma**
 - **Doğrudan makaslama** → Hem doruk, hem artık değerler + UU ve CD
 - **Üç eksenli** → Doruk değerler + yanal basınç + gerilim dağılımı + boyut + ortam koşullarını yansıtabilme

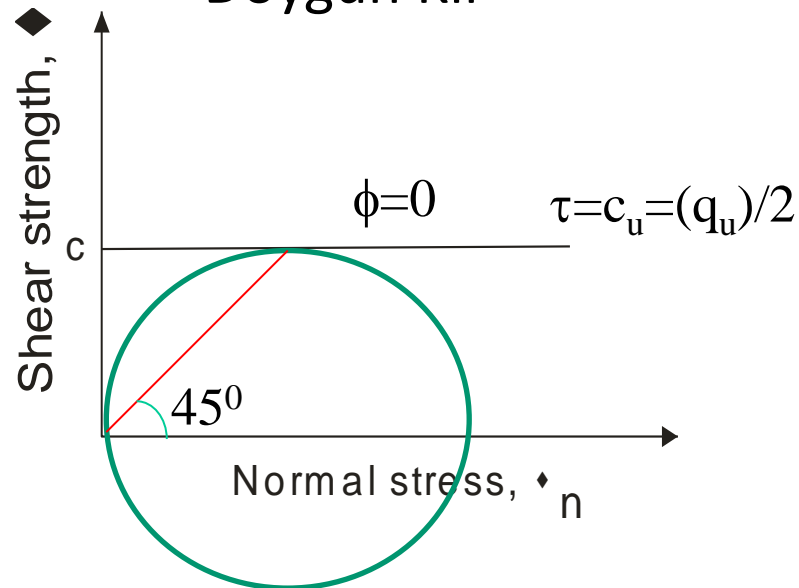
Kohezyonsuz toprak (kuru kum)



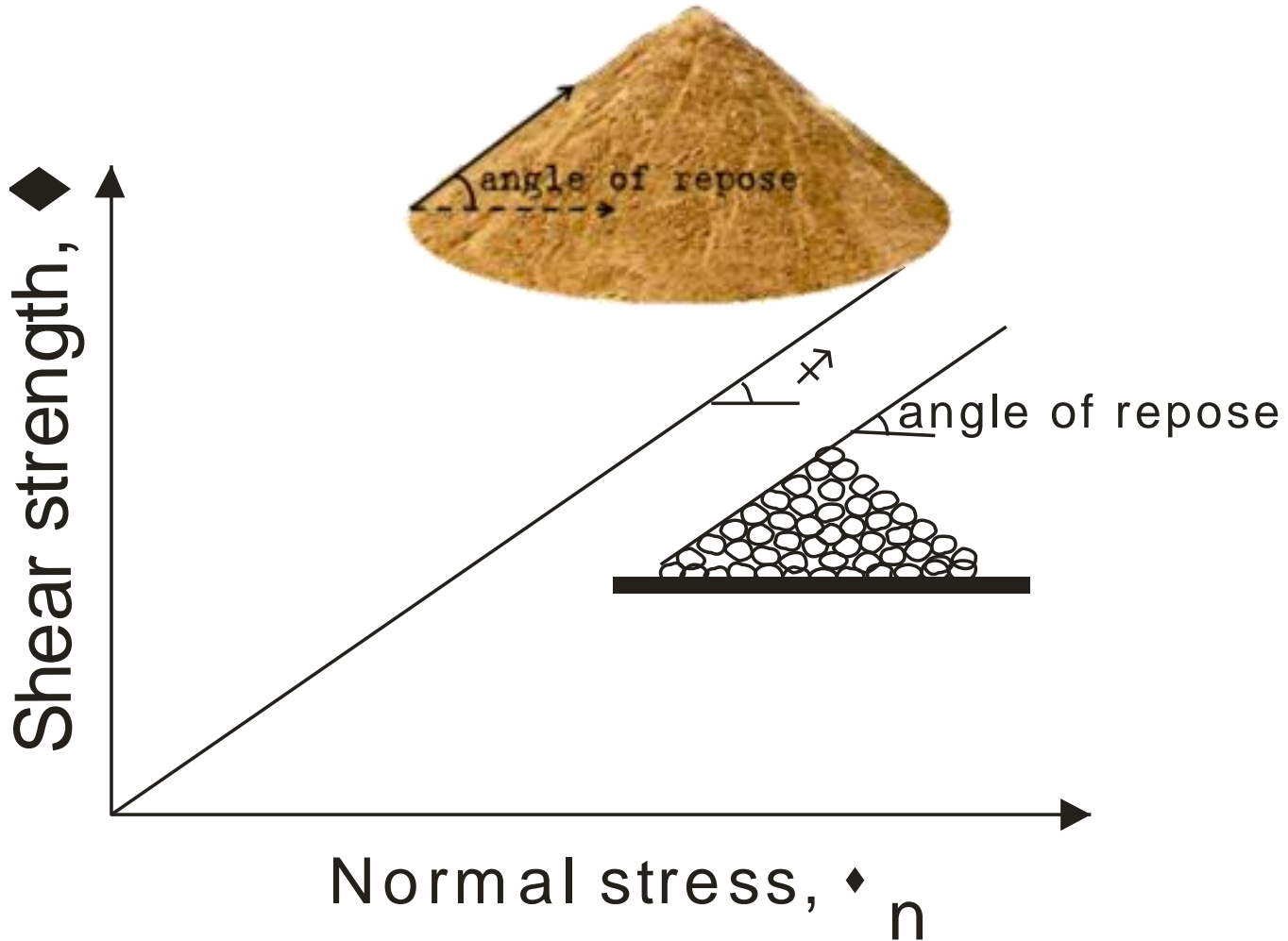
Karışık kohezyonlu toprak



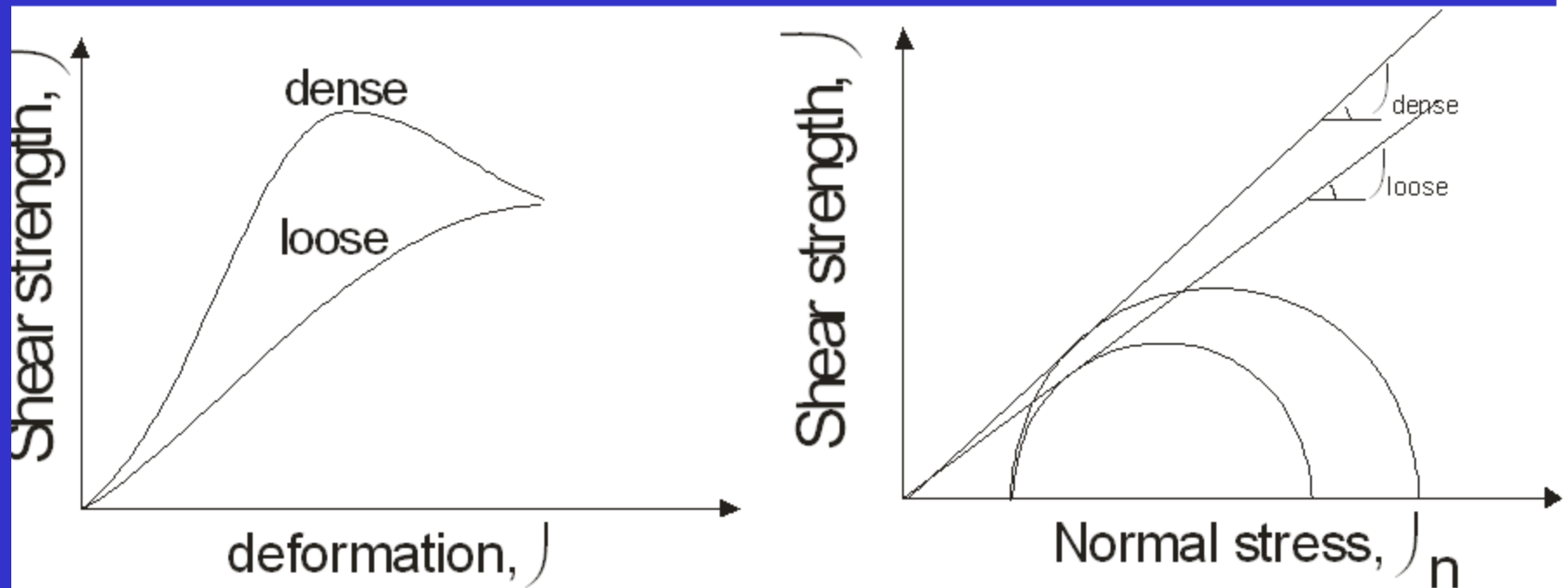
Doygun Kil



Yığılma Açısı (angle of repose) (kum)



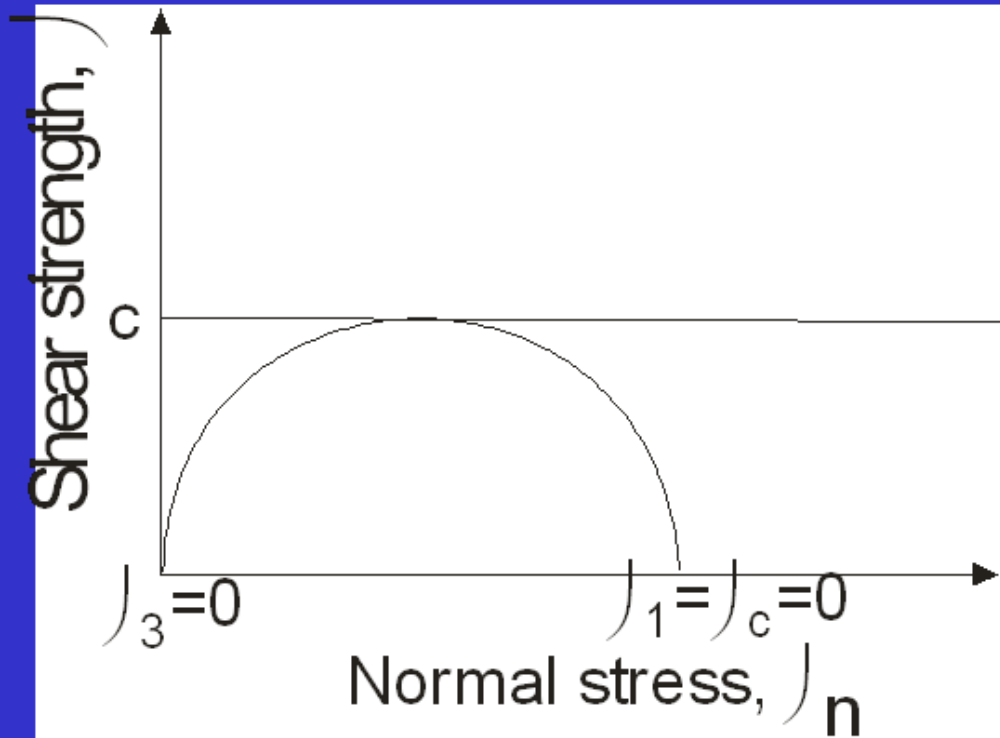
Shear strength of sand



$$\tau = \sigma_n \tan(\phi)$$

Undrained shear strength of clay

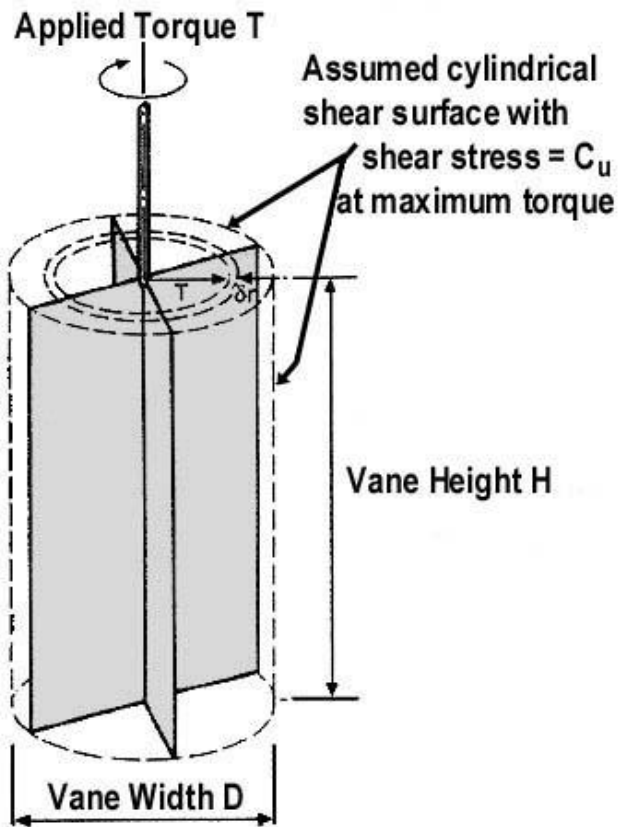
- Undrained shear strength (cohesion) of saturated clay is equal to half of uniaxial compressive strength



$$\tau = c_u$$

3. Vane (Kanatlı Sonda) Deneyi

- Killi zeminlerde, drenajsız koşullarda, laboratuvar ya da arazide uygulanabilen bir deneydir (100 kPa'dan az)
- Döndürme momenti



$$T = \pi c_u \left(\frac{d^2 h}{2} + \frac{d^3}{6} \right)$$

