

9. TOPRAKTA GERİLME DAĞILIMI VE YANAL TOPRAK BASINCI

- Birçok mühendislik probleminin çözümünde, uygulanan yükler altında toprak kütlelerinde meydana gelebilecek gerilme/deformasyon özelliklerinin belirlenmesi gereklidir.
- Gerilme ve yerdeğiştirme → Toprağın gerilme/deformasyon özellikleri ile doğrudan ilişkili + gerçekçi bir çözüm → ZOR → Bu özellikler doğrusal değişim göstermiyor.
- Uygulamada → ELASTİSİTE TEORİSİ + Toprak HOMOJEN + İZOTROP kabul edilir. Yenilme anından daha düşük gerilme değerlerinde → DOĞRUSAL ilişki
- İLERİ DÜZEY → SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ → Doğrusal olmayan ilişki, heterojen + anizotrop özellikler

❖ ELASTİSİTE TEORİSİ → E (Young's modülü),
ν (Poisson's oranı), Hooke Yasası

❖ Asal gerilmeler altında elastik bir malzeme için hacimsel deformasyon:

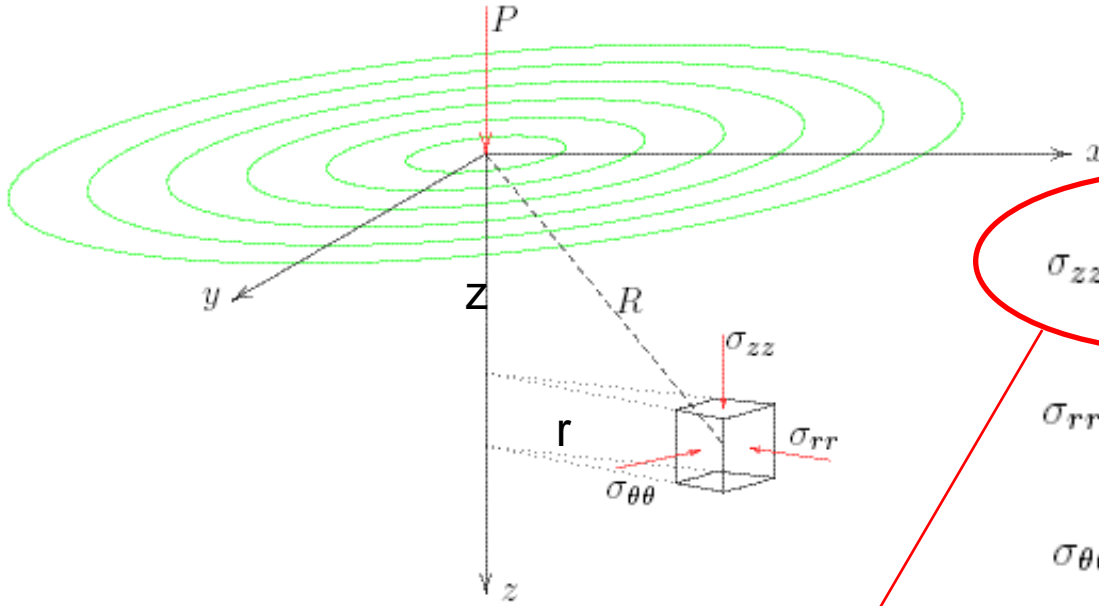
$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1-2\nu}{E} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

- Drenajsız koşulda $\frac{\Delta V}{V} = 0 \rightarrow \nu = 0.5$
- Konsolidasyon $\rightarrow \frac{\Delta V}{V} > 0$ ve $\nu < 0.5$

Farklı Yükler Altındaki Davranış

- Tekil Yük (Nokta Yük) Altında → Boussinesq (1885) tarafından önerilmiş olan P tekil yükü altında, z derinliğinde ve r yatay uzaklıkta bir noktadaki düşey gerilme:

BOUSSINESQ EŞİTLİĞİ



$$\sigma_{zz} = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{R^5},$$

$$\sigma_{rr} = \frac{P}{2\pi} \left[\frac{3r^2 z}{R^5} - (1 - 2\nu) \frac{1}{R(R+z)} \right],$$

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{P}{2\pi} \frac{1 - 2\nu}{R^2} \left(\frac{R}{R+z} - \frac{z}{R} \right),$$

$$\sigma_{zz} = \frac{3P}{2\pi z^2} \left(\frac{1}{1 + (r/z)^2} \right)^{5/2}$$

- Etki Faktörü (I_p) \rightarrow Pratik kullanım

$$I_p = \frac{3}{2\pi} \left(\frac{1}{1+(r/z)^2} \right)^{5/2}$$

$$\sigma_{zz} = \frac{P}{z^2} \times I_p$$

r/z	I_p	r/z	I_p	r/z	I_p
0.00	0.478	0.80	0.139	1.60	0.021
0.10	0.466	0.90	0.108	1.70	0.016
0.20	0.433	1.00	0.084	1.80	0.013
0.30	0.385	1.10	0.066	1.90	0.011
0.40	0.329	1.20	0.051	2.00	0.009
0.50	0.273	1.30	0.040	2.20	0.006
0.60	0.221	1.40	0.032	2.40	0.004
0.70	0.176	1.50	0.025	2.60	0.003

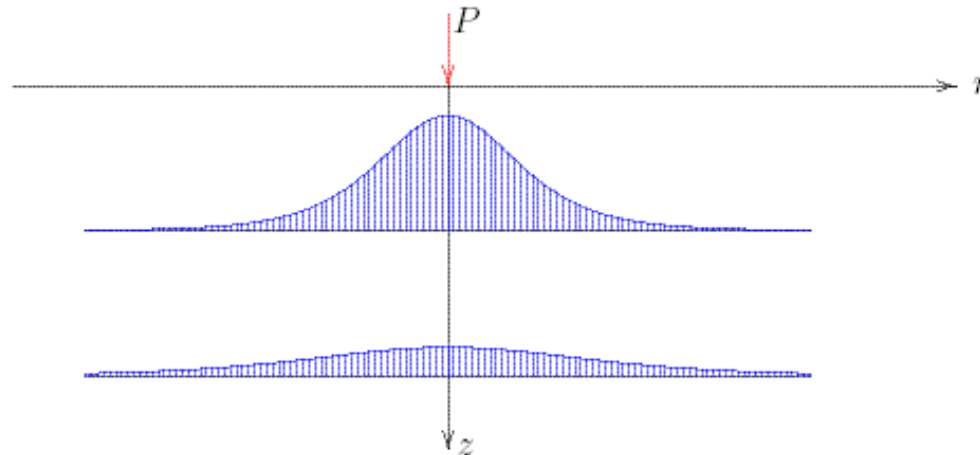
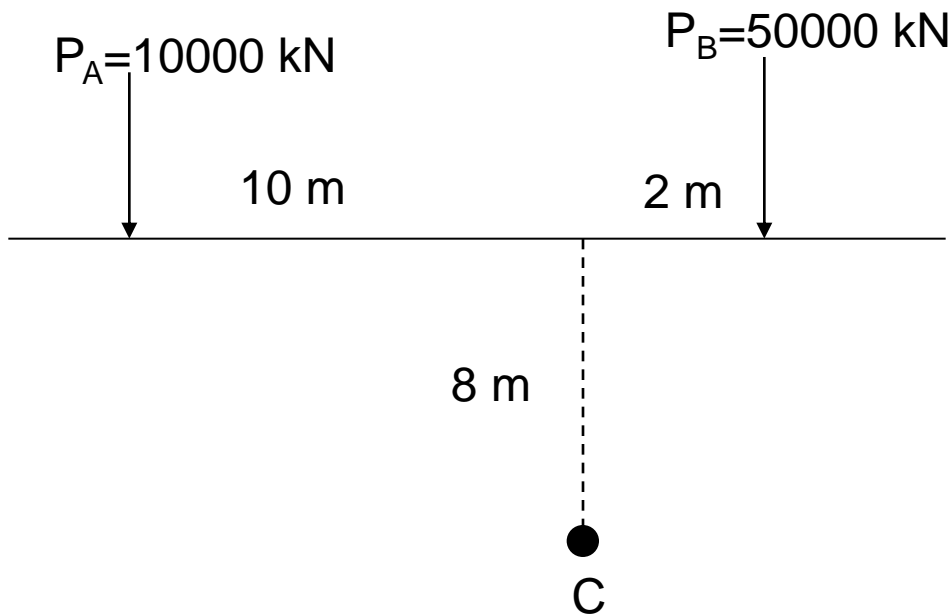


Figure 28.2: Vertical normal stress σ_{zz} .

- Örnek



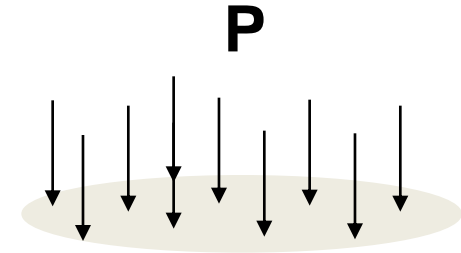
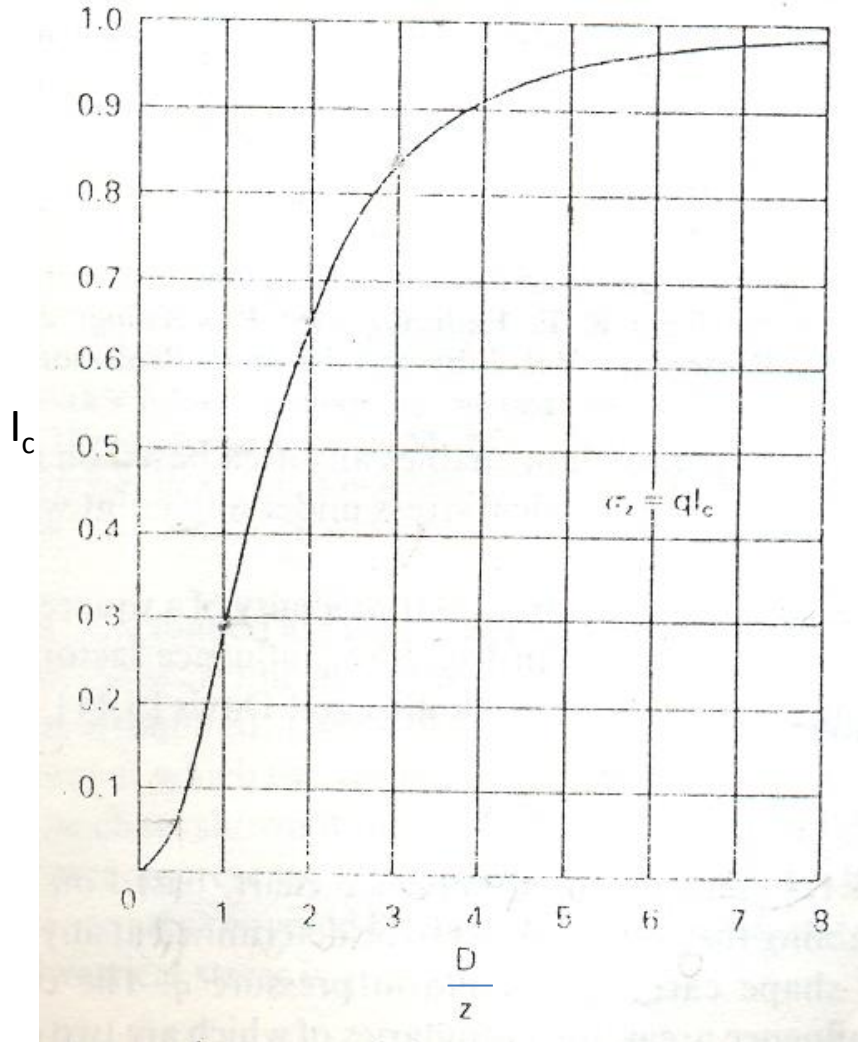
$$\sigma_{zz} = \frac{3P}{2\pi z^2} \left(\frac{1}{1 + (r/z)^2} \right)^{5/2}$$

$$\sigma_{zz} = \frac{3 \times 10000}{2\pi 8^2} \left(\frac{1}{1 + (10/8)^2} \right)^{5/2} = 74.6 \times 0.095 = 7.1 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{zz} = \frac{3 \times 50000}{2\pi 8^2} \left(\frac{1}{1 + (2/8)^2} \right)^{5/2} = 373.2 \times 0.859 = 320.7 \text{ kN/m}^2$$

$$7.1 + 320.7 = 327.8 \text{ kN/m}^2$$

Dairesel alana etkiyen üniform gerilme



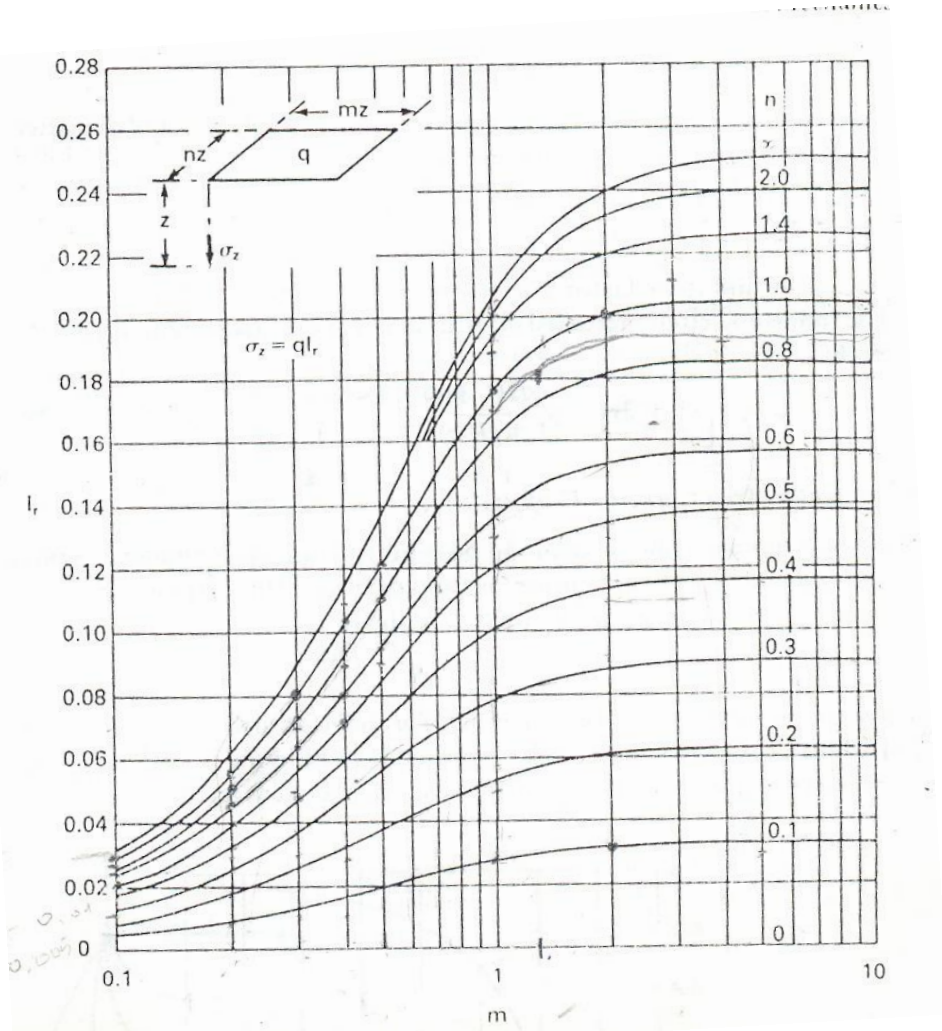
$$\sigma_z = P \times I_c$$

$$\sigma_z = P \left(1 - \frac{1}{1 + (r/z)^2} \right)^{3/2}$$

D=dairesel alanın çapı

D=2r

Kare alana etkiyen üniform gerilme



$$\sigma_z = P \times I_r$$

Fadum (1948)

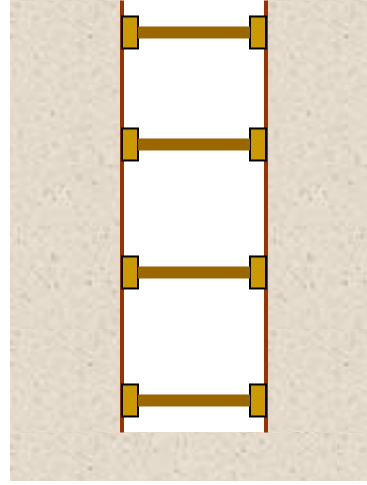
Fig. 5.10 Vertical stress under

YANAL TOPRAK BASINCI

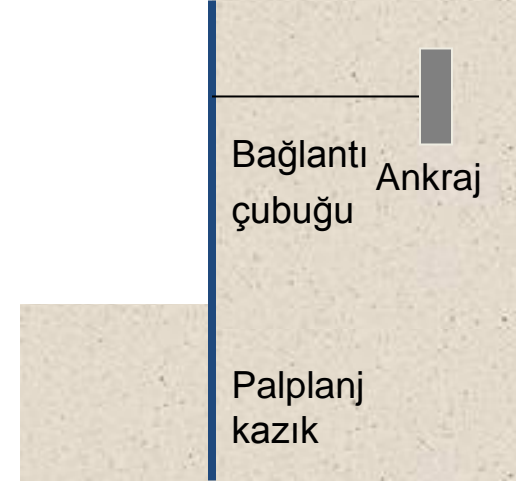
- ✓ Yanal basınç \longrightarrow dayanma yapıları arasındaki ilişki
- ✓ Boyutlandırılması, projelendirilmesi \longrightarrow Etkiyen yanıl basınç hesaplamaları \longrightarrow ÖNEMLİ BİR MÜHENDİSLİK PROBLEMİ
- ✓ Dayanma yapıları
 - Dayanma (istinat duvarları)
 - Palplanş perde
 - Kazı kaplaması
 - Fore kazıklar
 - Ankrajlar



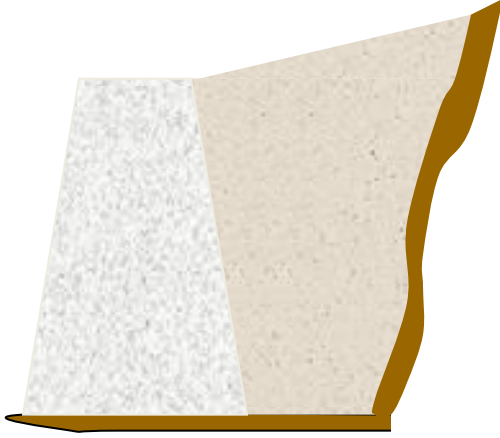
Konsol istinat duvarı



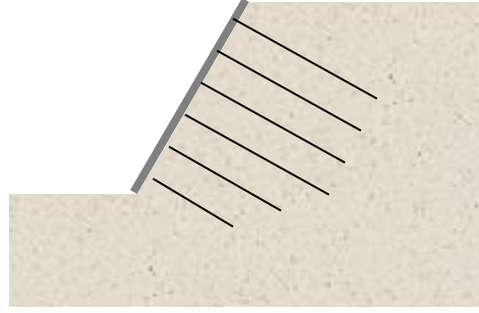
Destekli kazı



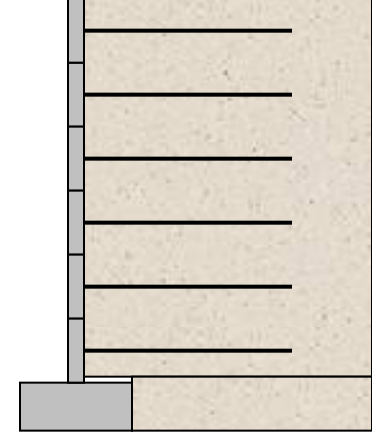
Ankrajlı palplanj kazık



Ağırlık tipi istinat duvarı



Zemin Çivisi



Toprakarme

Zemin Çivisi

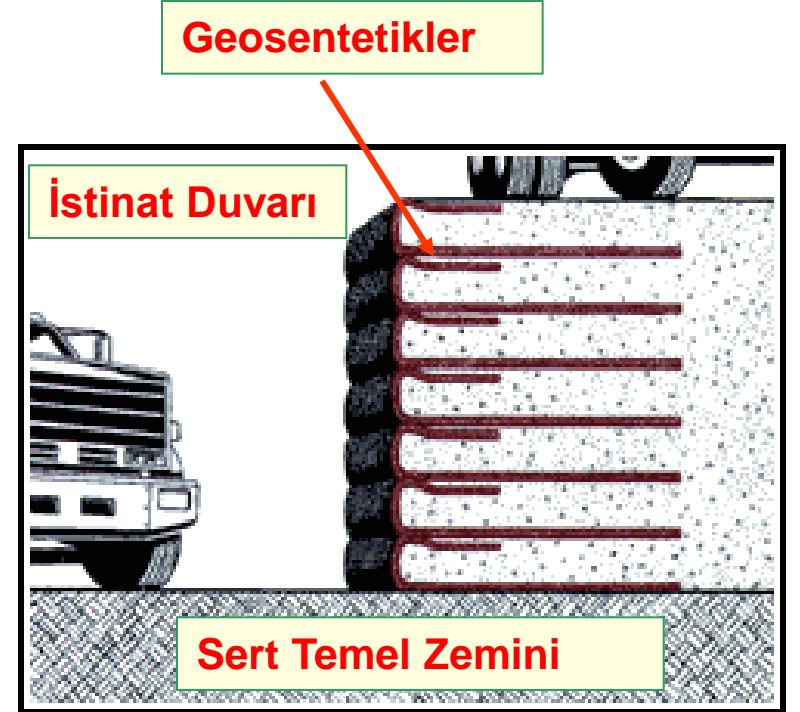


Sağlamer (2009)



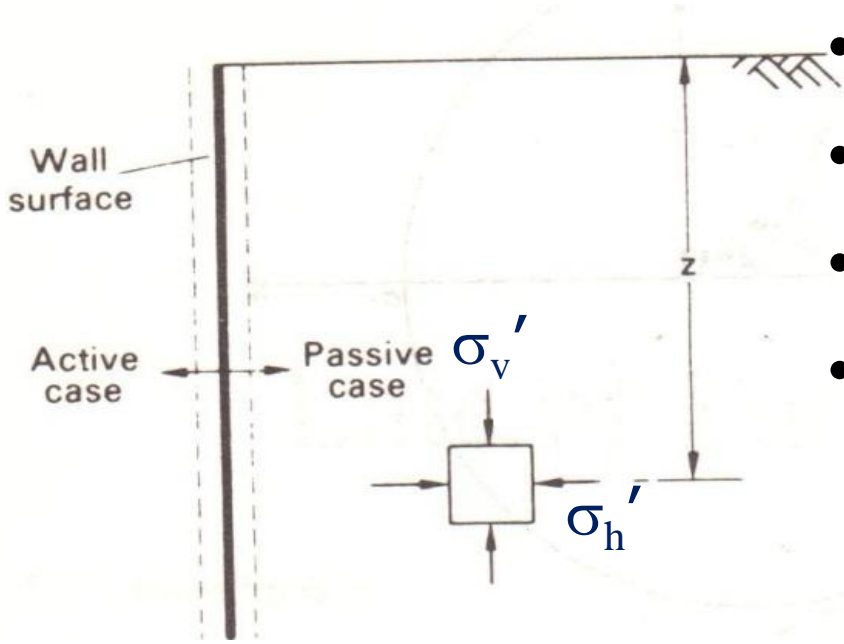
Palplanş kazık duvar

Toprakarme son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır.



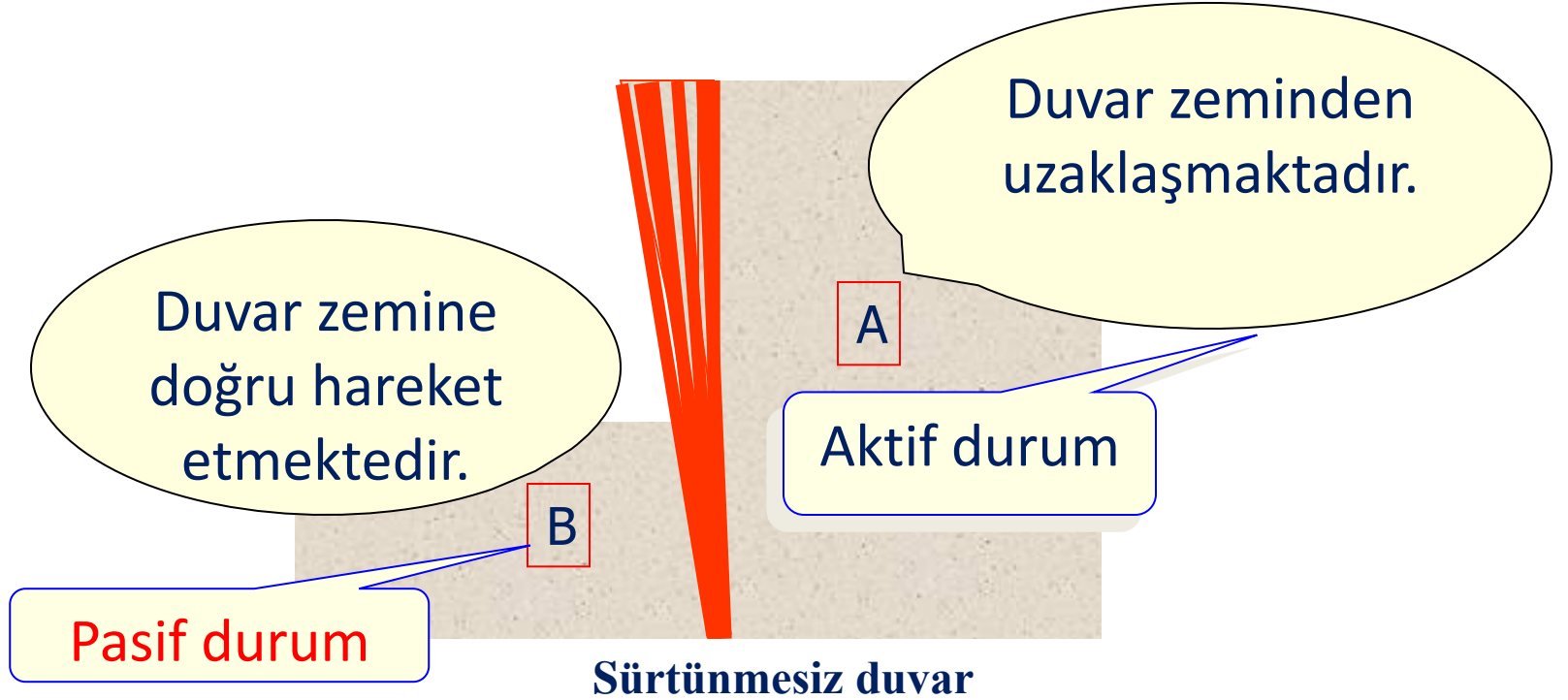
Sağlamer (2009)

- Rankine (1857) ve Coulomb (1776) Teorileri
- Karşılaştırma \longrightarrow Rankine Teorisi (RT), yapı arkası ile zemin arasındaki sürtünme açısını '0' olarak kabul ederken; Coulomb Teorisi (CT) , sürtünmeyi dikkate alır. RT, tabakalı zemin, kohezyonlu zemin, yeraltısuyu koşulları dikkate alındığında, daha kolay uygulama olanağı sağlar. RT, yanal zemin basınç dağılımını verirken; CT, bileşke kuvveti verir.



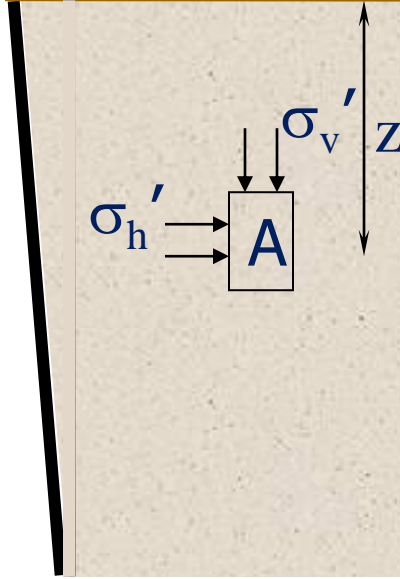
- Toprak kütlesi → homojen, izotrop
- z derinliğinde
- σ_v → düşey gerilme
- σ_h → yatay gerilme
- σ_h/σ_v → K_0 : sükunetteki toprak basınç katsayısı → yanal yönde deformasyon yok.
- σ_h → σ_3
- σ_v → σ_1

Kohezyonsuz Zeminlerdeki Aktif/Pasif Toprak Basınçları



Duvar hareketi sırasında A ve B olarak adlandırdığımız zemin elemanlarına bakalım.

Kohezyonsuz Zeminlerdeki Aktif/Pasif Toprak Basınçları



$$\sigma_v' = \gamma z$$

başlangıçta yanal yönde bir hareket yoktur.

$$\sigma_h' = K_0 \sigma_v' = K_0 \gamma z$$

duvar zeminden uzaklaşacak yönde hareket etmeye başladığından dolayı,

σ_v' değeri aynı kalacak;

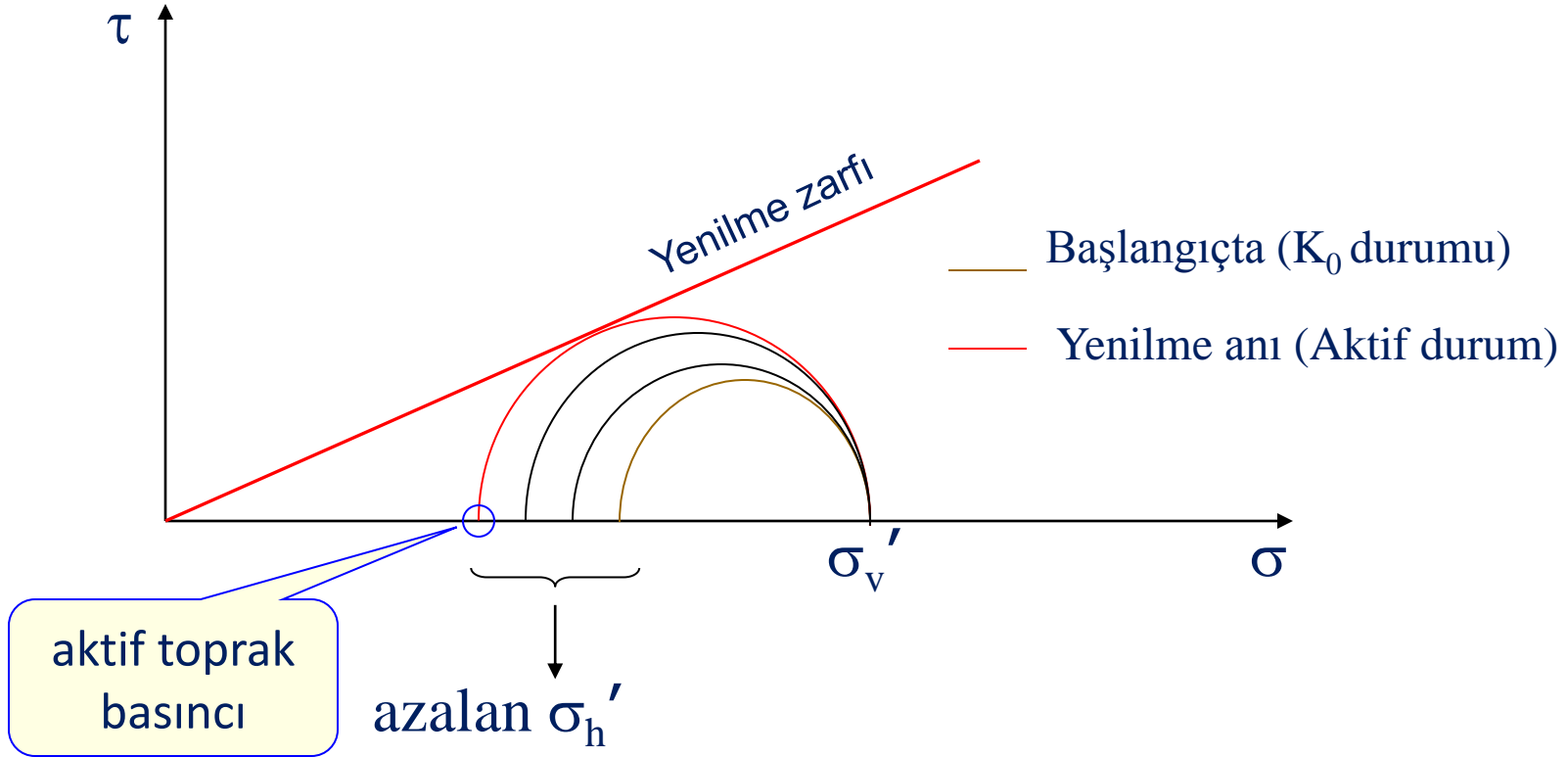
ve

σ_h' değeri yenilme meydana gelene kadar azalacaktır.

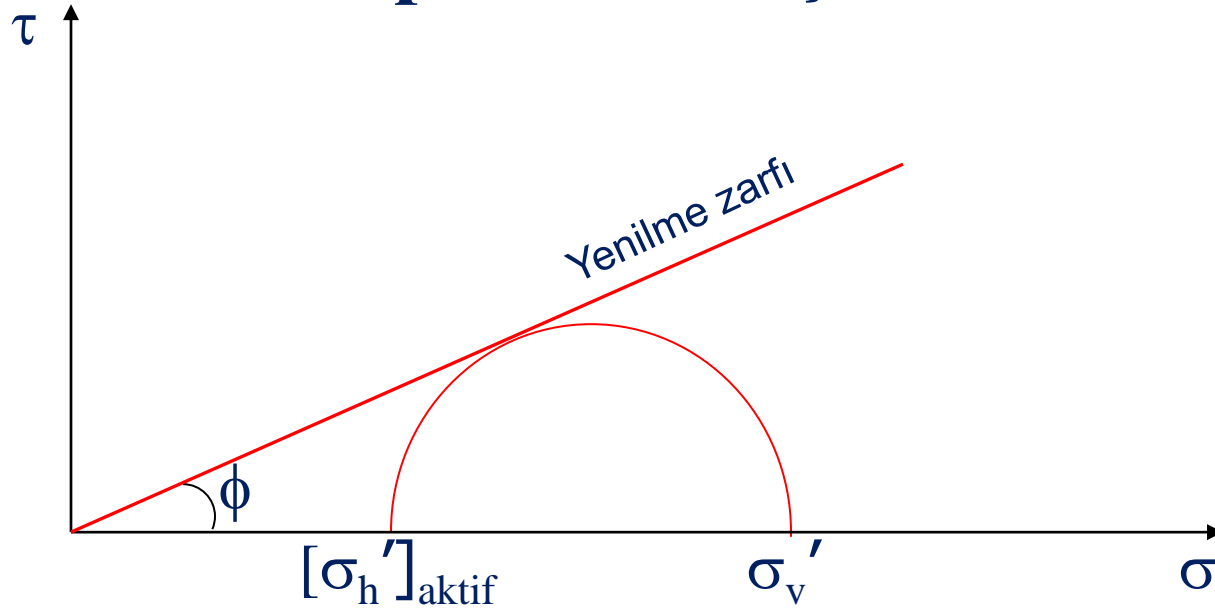
Aktif durum

Kohezyonsuz Zeminlerdeki Aktif/Pasif Toprak Basınçları

Duvar zeminden uzaklaşacak yönde hareket ettiğinden dolayı:



Kohezyonsuz Zeminlerdeki Aktif/Pasif Toprak Basınçları



$$[\sigma_h']_{aktif} = K_A \sigma_v'$$

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

Rankine aktif toprak
basınç katsayısı

Kohezyonlu Zeminlerde Aktif Toprak Basıncı

Kohezyonsuz zeminlerde karşılaşılan durumun aynısıdır. İkisi arasındaki tek fark kohezyonlu zeminlerde $c \neq 0$ olmasıdır.

$$[\sigma_h']_{active} = K_A \sigma_v' - 2c\sqrt{K_A}$$

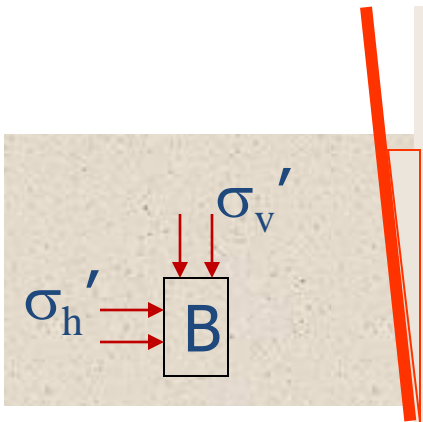
Kohezyonsuz Zeminlerde Pasif Toprak Basıncı

Başlangıçta zemin K_0 durumundadır.

Duvar zemine doğru hareket ettiğinden dolayı,

σ_v' değeri aynı kalacak ve

σ_h' değeri **yenilme meydana gelene kadar artacaktır.**

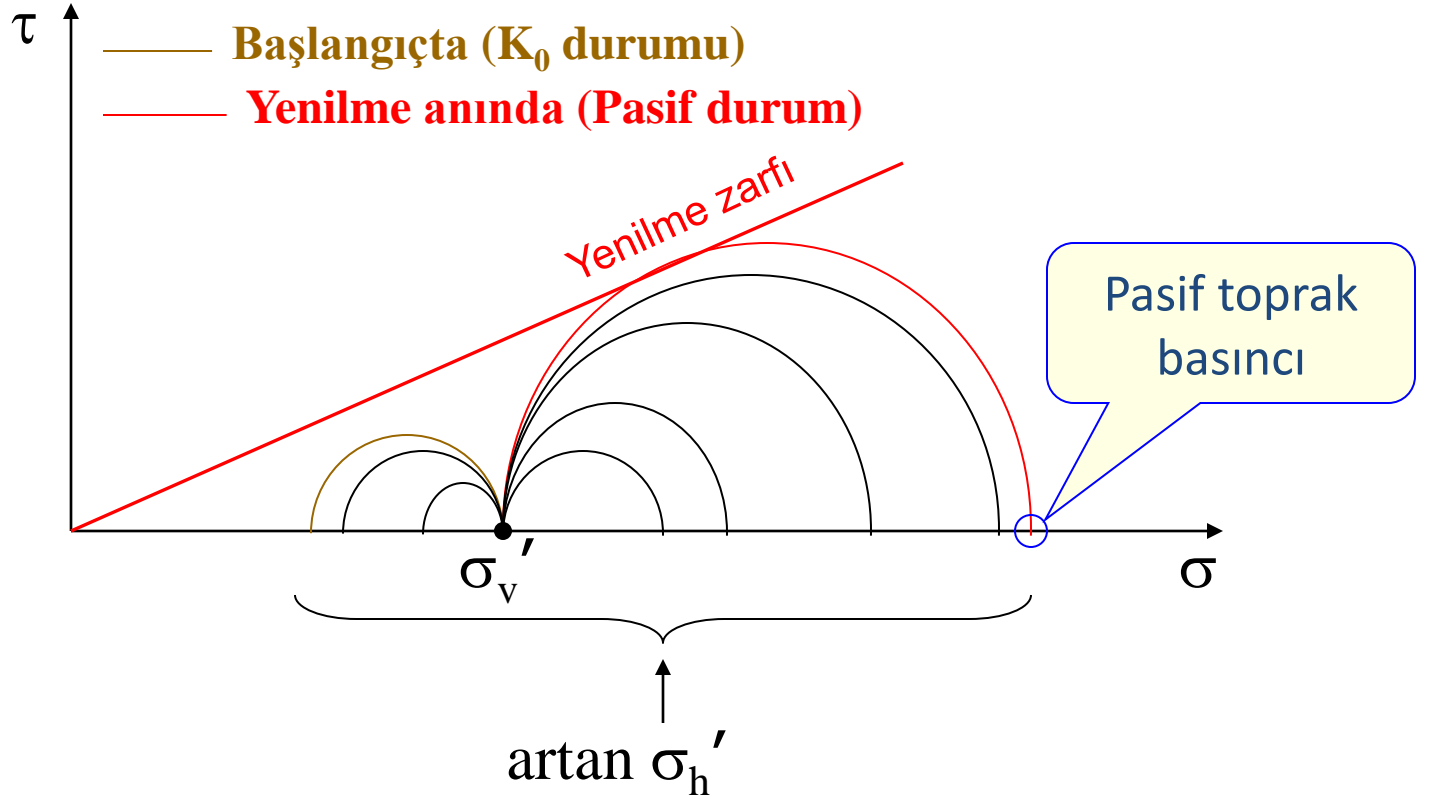


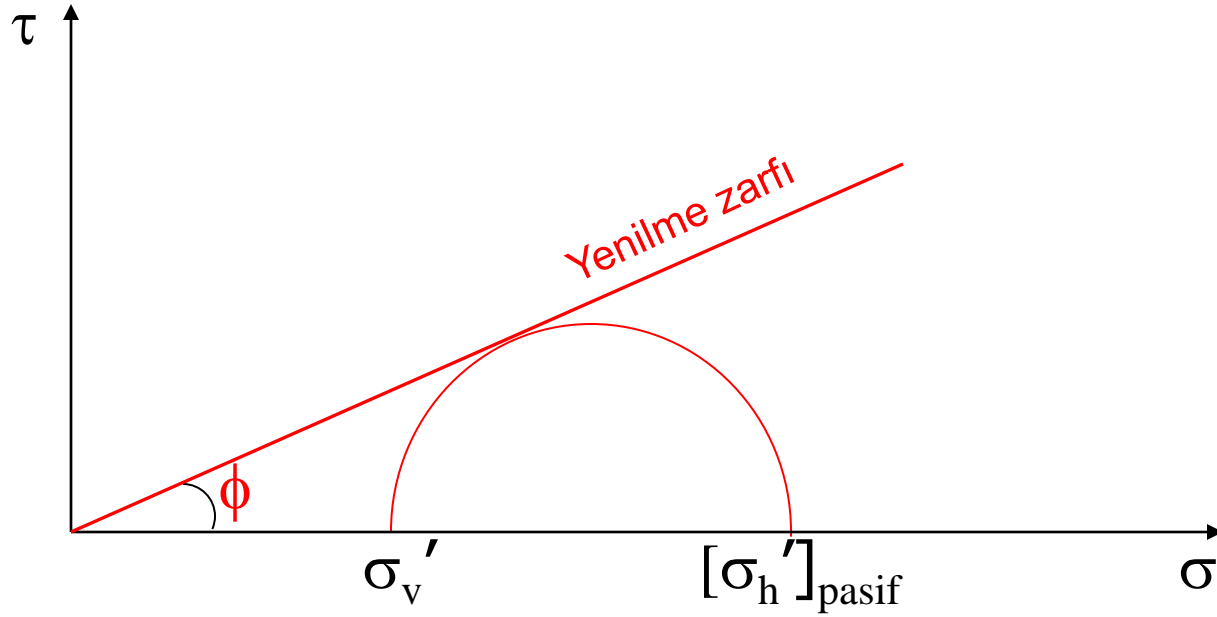
Pasif durum

$\Delta h \rightarrow$ artacak ve σ_1 gibi davranacak

$\Delta v \rightarrow \sigma_3 \rightarrow \gamma \times z$

Duvar zemine doğru hareket ettiğinden dolayı,





$$[\sigma_h']_{pasif} = K_P \sigma_v'$$

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

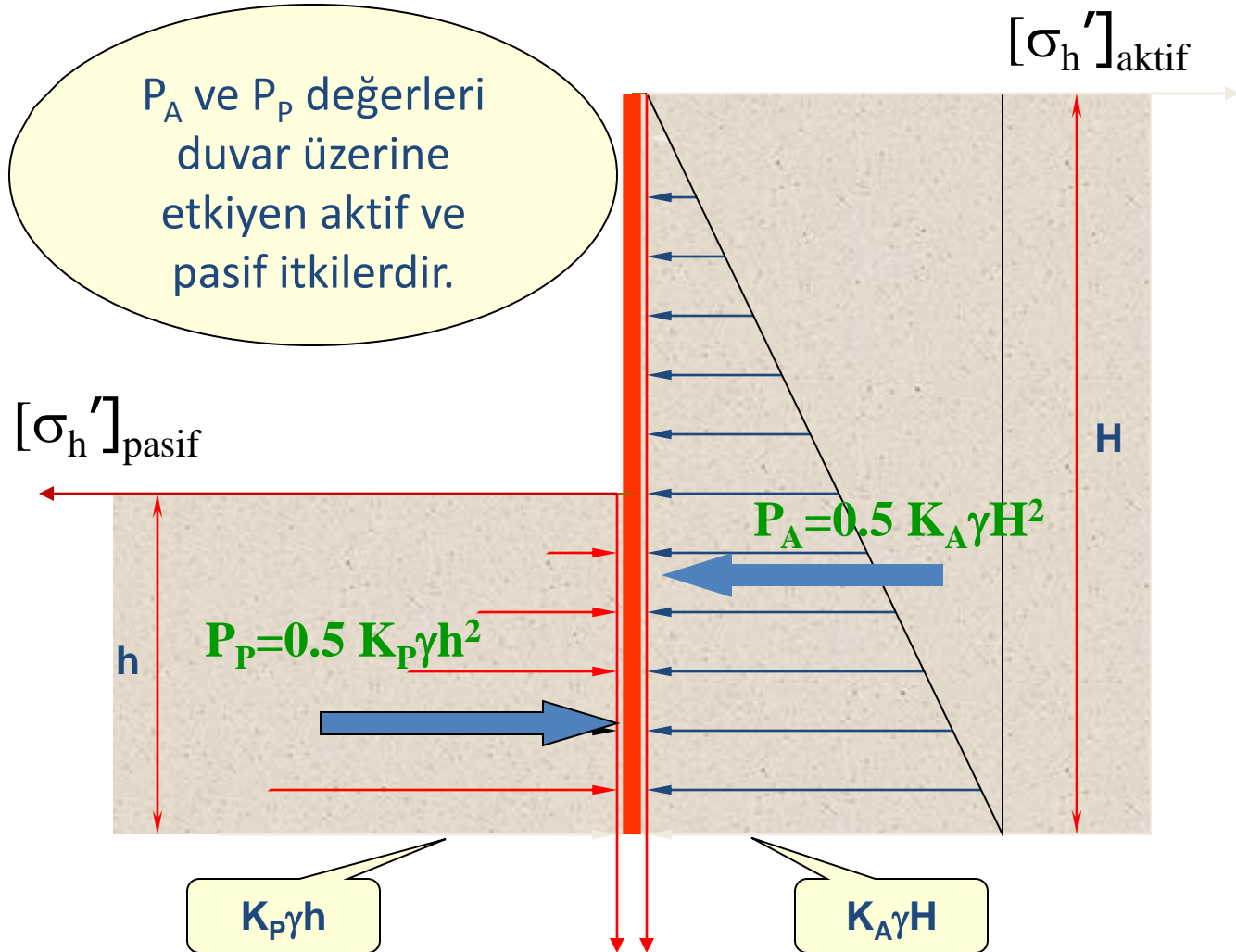
Rankine pasif toprak
basınç katsayısı

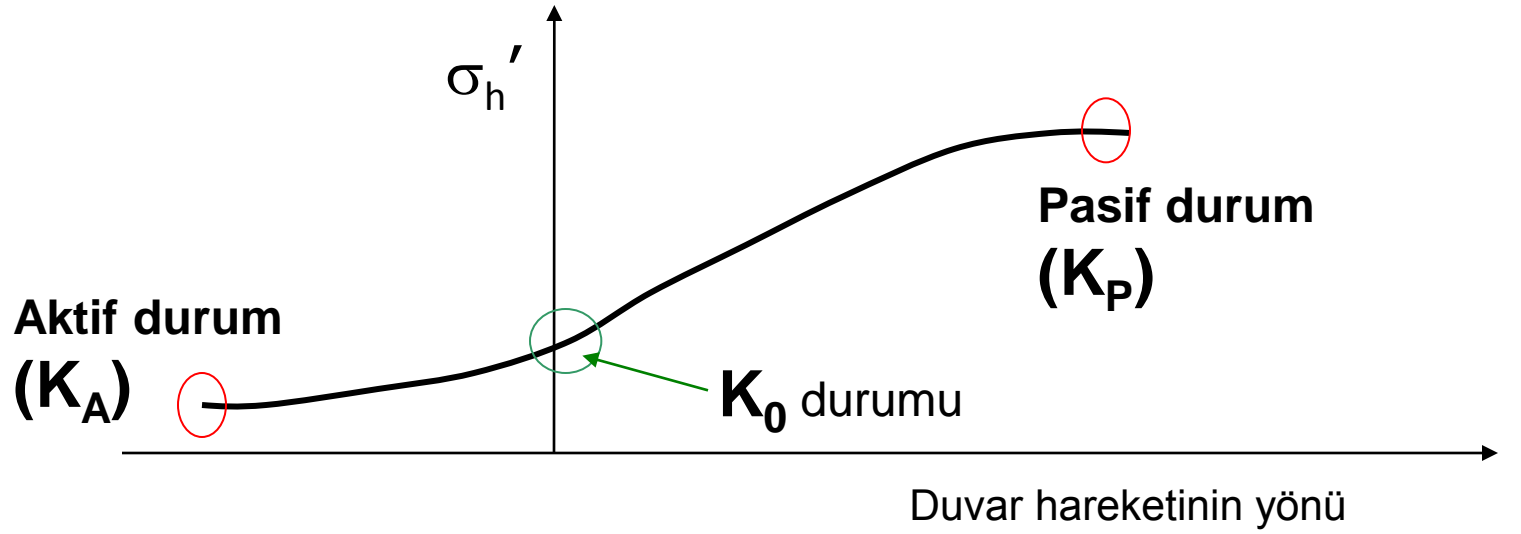
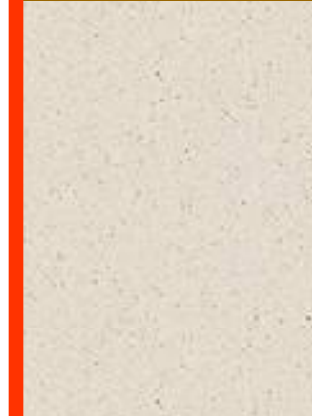
Kohezyonlu Zeminlerde Pasif Toprak Basıncı

Kohezyonsuz zeminlerde karşılaşılan durumun aynısıdır. İkisi arasındaki tek fark, kohezyonlu zeminlerde $c \neq 0$ olmasıdır.

$$[\sigma_h']_{passive} = K_P \sigma_v' + 2c\sqrt{K_P}$$

Kohezyonsuz Zeminlerde Toprak Basınçlarının Dağılımı





Rankine Toprak Basınç Teorisi

$$[\sigma_h']_{aktif} = K_A \sigma_v' - 2c\sqrt{K_A}$$

$$[\sigma_h']_{pasif} = K_P \sigma_v' + 2c\sqrt{K_P}$$

duvar ile zemin arasında sürtünmenin olmadığı varsayılır.

sadece düşey duvar arkasına etkiyen yanal basınçların hesaplanmasında kullanılır.

Coulomb Teorisi

- Duvar, öne veya arkaya doğru hareket ederken, duvar arkasında oluşan ve kayan zemin kütesinin dengesini dikkate almıştır.
- Kohezyonsuz zeminlerde, duvar arkasından kayan kütle, üçgen şeklindedir (kama).
- Zemin homojen ve izotrop
- Kayma yüzeyi bir düzlemdir.
- Duvar ile zemin arasında sürtünme vardır.
- Sürtünme kuvvetleri kayma yüzeyi boyunca üniform olarak dağılmıştır.
- En önemli özelliği, duvar arkasının pürüzlü kabul edilmesidir.

- *Etkiyen kuvvetler* : ABC kamasının kendi ağırlığı (W), BC kayma düzlemi boyunca etkiyen R bileşke kuvveti ve AB düzlemi boyunca etkiyen P_a aktif bileşke kuvveti.
- Kama aşağı doğru hareket ettiğinden, P_a ve R kuvvetleri, yüzey normalleri ile hareket yönünün tersine sırasıyla δ ve ϕ açıları yapar.
- BC kayma düzleminde $\longrightarrow \phi$
- $\delta \longrightarrow$ duvar ile zemin arasındaki sürtünme açısıdır.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

