

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 yerde i tirme → Topra ın gerilme/deformasyon özellikleri ile do rudan ili kili + gerçekçi bir çözüm → ZOR → Bu özellikler do rusal de i im göstermiyor.
- Uygulamada → ELAST S TE TEOR S + Toprak HOMOJEN + ZOTROP kabul edilir. Yenilme anından daha dü ük gerilme de erlerinde → DO RUSAL ili ki
- LER DÜZEY → SONLU ELEMENLAR YÖNTEM → Do rusal olmayan ili ki, heterojen + anizotrop özellikler

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

❖ Asal gerilmeler altında elastik bir malzeme için hacimsel deformasyon:

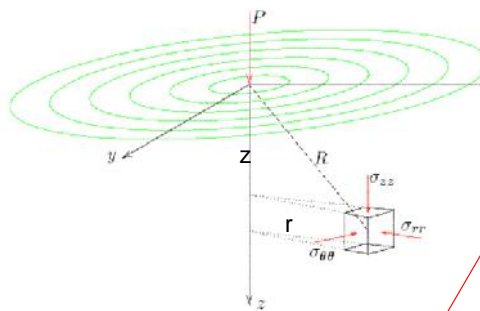
$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1-2\nu}{E} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

- Drenajsız koşullarda $\frac{\Delta V}{V} = 0 \rightarrow \nu = 0.5$
- 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 düz gerilme:

BOUSSINESQ EĞİTLERİ



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

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

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

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

- Etki Faktörü (I_p) → Pratik kullanım

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

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

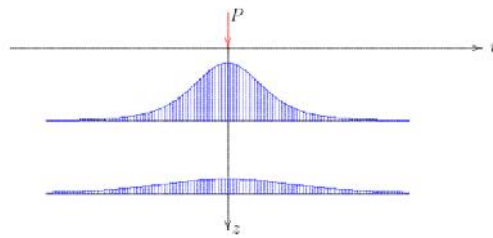
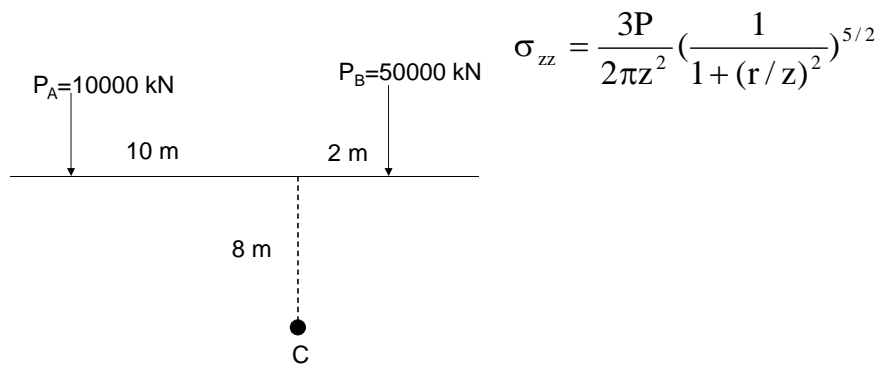


Figure 28.2: Vertical normal stress σ_{zz} .

- Örnek



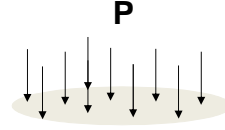
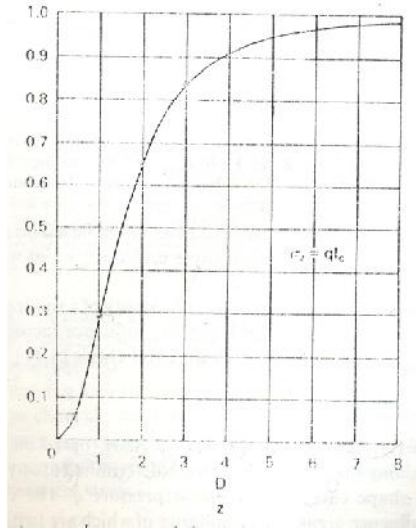
$$\sigma_{zz} = \frac{3P}{2\pi z^2} \left(\frac{1}{1+(r/z)^2} \right)^{5/2}$$

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

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

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

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=daireesel alanın çapı
D=2r

Kare alana etkiyen üniform gerilme

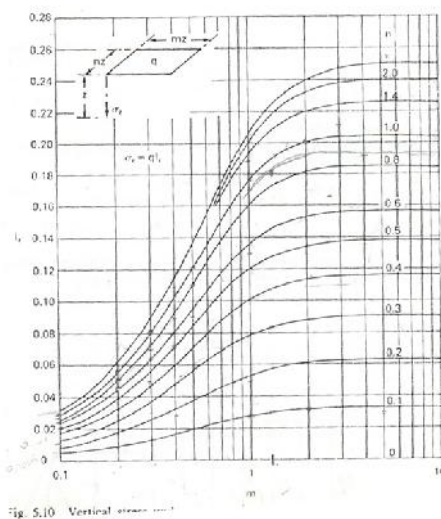


Fig. 5.10 Vertical stress

$$\sigma_z = P \times I_r$$

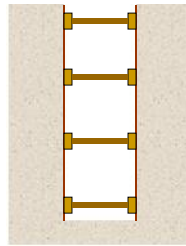
Fadum (1948)

YANAL TOPRAK BASINCI

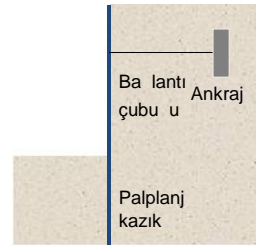
- ✓ Yanal basınç → dayanma yapıları arasındaki ilişki
- ✓ Boyutlandırılması, projelendirilmesi → Etkiyen yanıl basınç hesaplamaları → ÖNEMLİ BİR MÜHENDİSLİK PROBLEMİ
- ✓ Dayanma yapıları
 - Dayanma (istinat duvarları)
 - Palplanş perde
 - Kazı kaplaması
 - Fore kazıklar
 - Ankrajlar



Konsol istinat duvarı

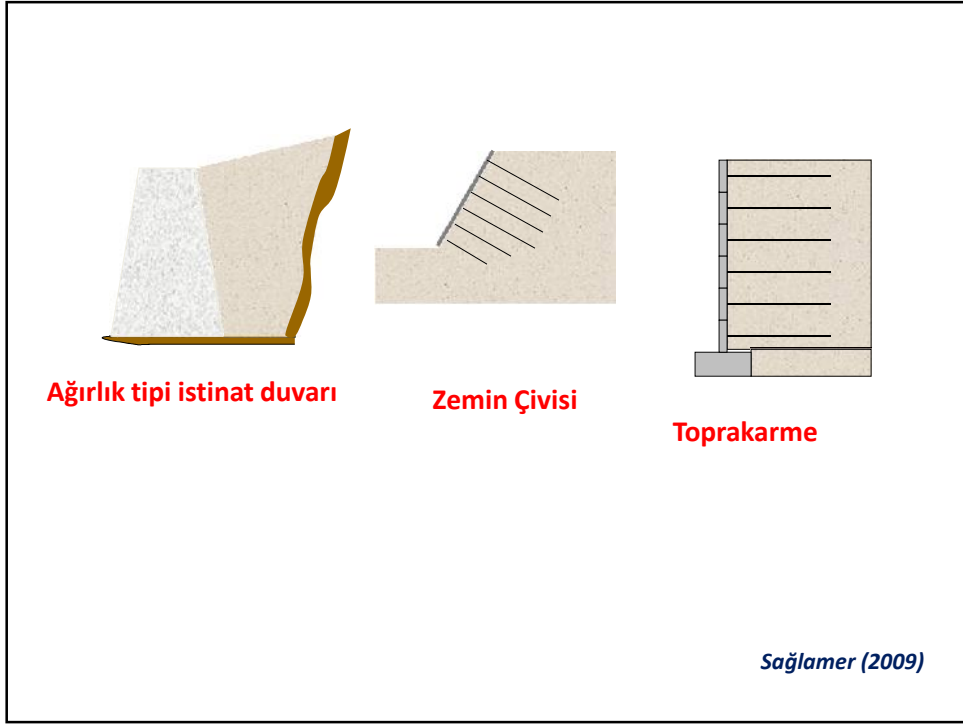


Destekli kazı



Ankrajlı palplanj kazık

Sağlamer (2009)

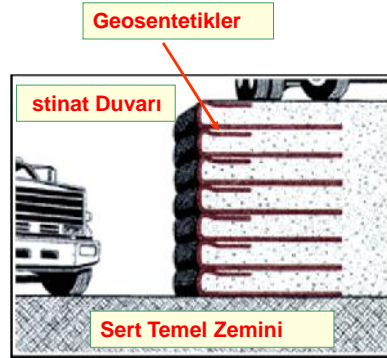




Palplanş kazık duvar

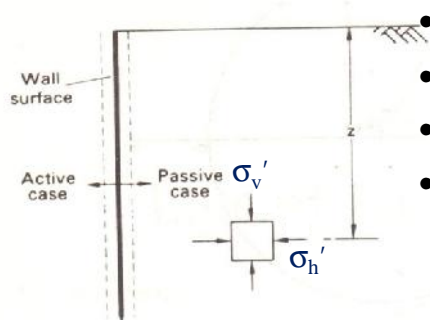
Sağlamer (2009)

Toprakarme son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır.



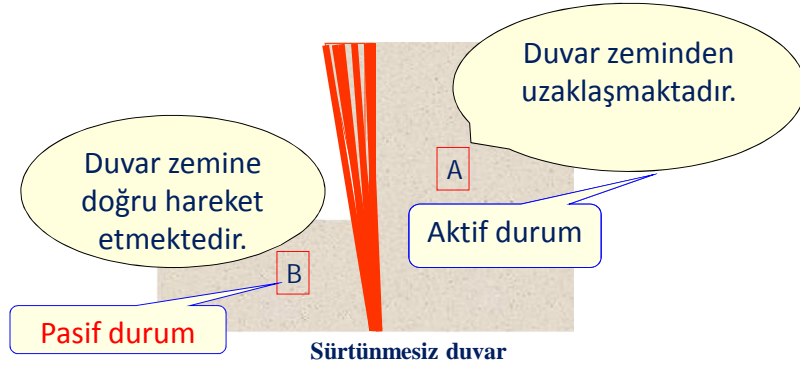
Sağlamer (2009)

- Rankine (1857) ve Coulomb (1776) Teorileri
- Karşılaştırma → 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

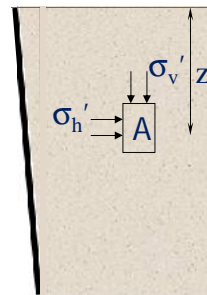
Kohezyonsuz Zeminlerdeki Aktif/Pasif Toprak Basınçları



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

Sağlamer (2009)

Kohezyonsuz Zeminlerdeki Aktif/Pasif Toprak Basınçları



$$\tau_v' = \gamma z$$

ba langıçta yanal yönde bir hareket yoktur.

$$\tau_h' = K_0 \tau_v' = K_0 \gamma z$$

duvar zeminden uzaklaacak yönde hareket etmeye başladığından dolayı,

τ_v' deeri aynı kalacak;

ve

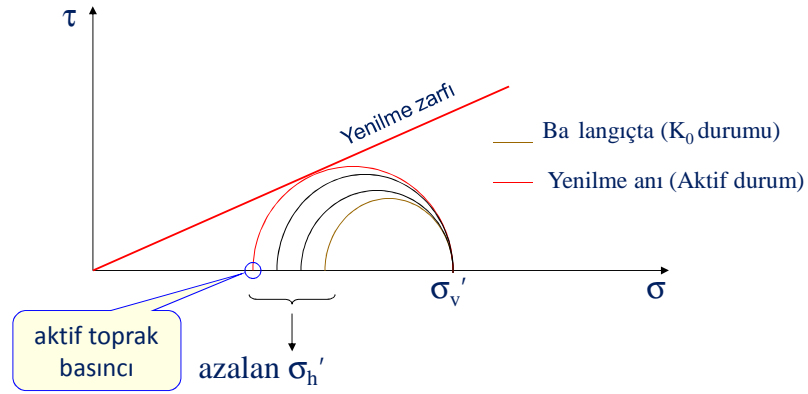
τ_h' deeri **yenilme** meydana gelene kadar azalacaktır.

Aktif durum

Sağlamer (2009)

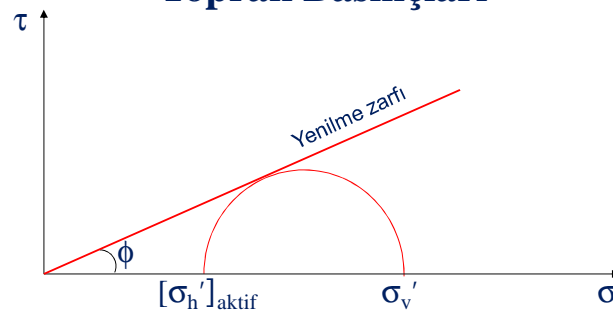
Kohezyonsuz Zeminlerdeki Aktif/Pasif Toprak Basınçları

Duvar zeminden uzaklaacak yönde hareket ettiğinden dolayı:



Sağlamer (2009)

Kohezyonsuz Zeminlerdeki Aktif/Pasif Toprak Basınçları



$$[\sigma'_h]_{\text{aktif}} = K_A \sigma'_v$$

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

Rankine aktif toprak basınç katsayısı

Sağlamer (2009)

Kohezyonlu Zeminlerde Aktif Toprak Basıncı

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

$$[\tau_h']_{active} = K_A \tau_v' - 2c\sqrt{K_A}$$

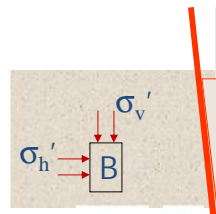
Sağlamer (2009)

Kohezyonsuz Zeminlerde Pasif Toprak Basıncı

Ba langıçta zemin K_0 durumundadır. Duvar zemine doğru hareket ettiğinden dolayı,

τ_v' de eri aynı kalacak ve

τ_h' de eri yenilme meydana gelene kadar artacaktır.

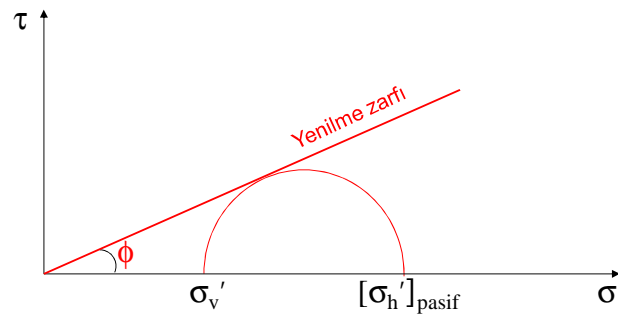
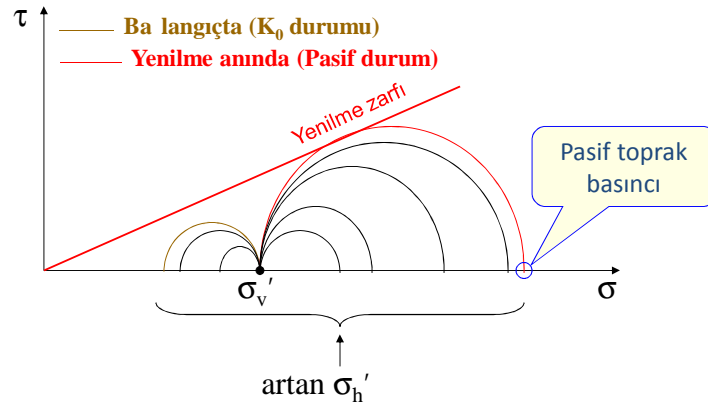


Pasif durum

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

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

Duvar zemine do ru hareket etti inden dolayı,



$$[\sigma'_h]_{pasif} = K_p \sigma'_v$$

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

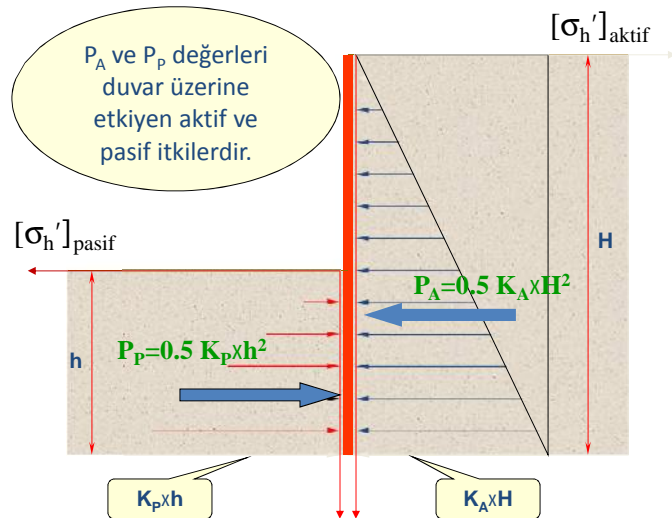
Rankine pasif toprak basınç katsayısı

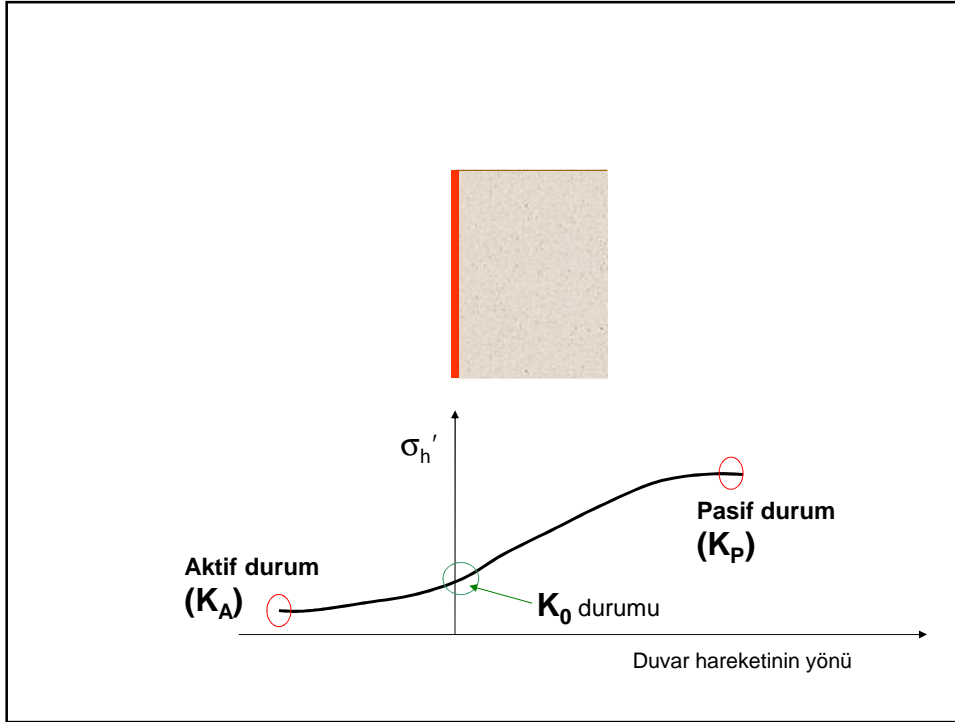
Kohezyonlu Zeminlerde Pasif Toprak Basıncı

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

$$[\tau'_h]_{passive} = K_p \tau'_v + 2c\sqrt{K_p}$$

Kohezyonsuz Zeminlerde Toprak Basınçlarının Dağılımı





Rankine Toprak Basınç Teorisi

$$[\tau' h']_{aktif} = K_A \tau'_v - 2c\sqrt{K_A}$$

$$[\tau' h']_{pasif} = K_P \tau'_v + 2c\sqrt{K_P}$$

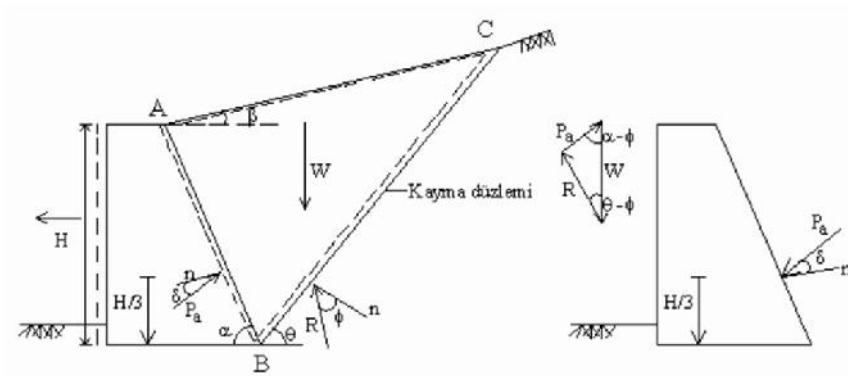
duvar ile zemin arasında sürtünmenin olmadığı varsayılır.

sadece dikey duvar arkasına etkiyen yanıl 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.

- CT, kohezyonsuz zeminlerde, aktif durum için (duvar öne doğru hareket ederken), arkada oluşan üçgen kamanın aşağı doğru hareketini (kaymasını) dikkate alır.

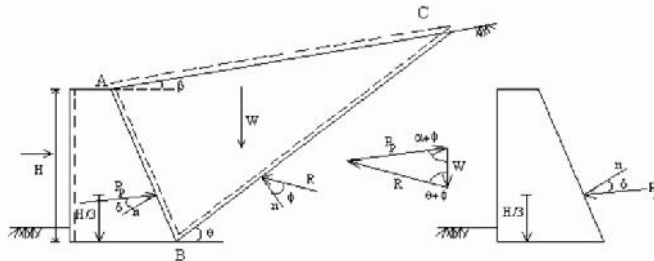


- *Etkiyen kuvvetler* : ABC kamasının kendi a ırlı ı (W), BC kayma düzlemi boyunca etkiyen R bile ke kuvveti ve AB düzlemi boyunca etkiyen P_a aktif bile ke kuvveti.
- Kama a a ı do ru hareket etti inden, P_a ve R kuvvetleri, yüzey normalleri ile hareket yönünün tersine sırasıyla δ ve ϕ açıları yapar.
- BC kayma düzleminde $\rightarrow \phi$
- $\delta \rightarrow$ duvar ile zemin arasındaki sürtünme açısıdır.

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

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

- Kohezyonsuz zeminler için, pasif durumda, duvar arkaya do ru hareket ederken, üçgen kama yukarı do ru hareket eder.
- Kohezyonlu zeminlerde, aktif durumda $\delta < \phi/3$ kabul edilir \rightarrow BC düzlem
- $\delta > \phi/3 \rightarrow$ pasif durum \rightarrow Düzlem \rightarrow E ri olarak kabul edilir.



$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p$$

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