

KÜTLE ÖZELLİKLERİ

Tabii ve ideal bir zemin örneği aşağıda verilmiştir. Katı, sıvı ve hava kısımların kütle ve hacimleri; W_a , W_w , W_s , V_a , V_w ve V_s ile ifade edilmiştir.

Toplam boşluk hacmi

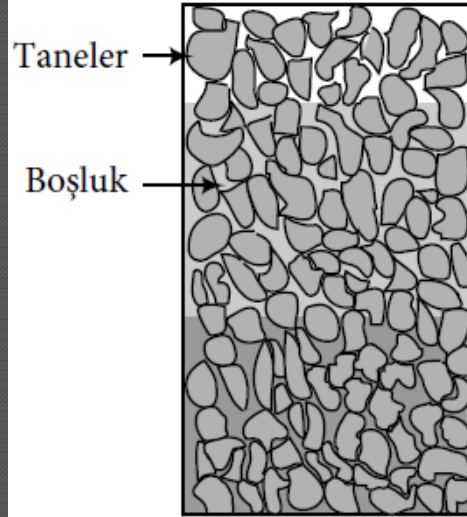
Toplam hacim

Toplam kütle

$$V_b = V_a + V_w$$

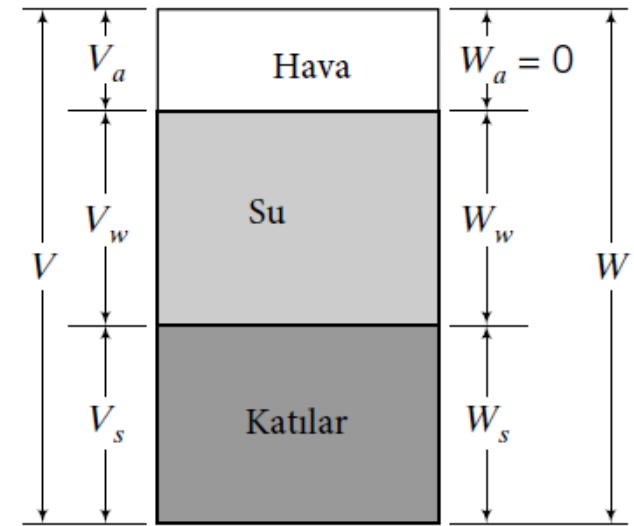
$$V = V_a + V_w + V_s$$

$$W = W_a + W_w + W_s$$



(a) Zemin

İdealizasyon
→



(b) İdeal Zemin

Su İçeriği (w)

Su ağırlığının katı ağırlığına oranıdır

$$w = \frac{\text{Zeminin Toplam Ağırlığı (g)} - \text{Zeminin Kuru Ağırlığı (g)}}{\text{Zeminin Kuru Ağırlığı (g)}} = \frac{W_w - W_s}{W_s}$$

Boşluk Oranı (e)

Katı hacminin boşluk hacmine oranıdır

$$e = \frac{\text{Boşluk Hacmi}}{\text{Katı Hacmi}} = \frac{V_b}{V_s} \quad \text{Normal Şartlarda}$$

$$e = \text{Su İçeriği} \times \text{Özgül Ağırlık} = w \cdot G_s \quad \text{Suya Doygun}$$

$$e = \frac{\text{Su İçeriği} \times \text{Özgül Ağırlık}}{\text{Suya Doygunluk Derecesi}} = \frac{w \cdot G_s}{S_r} \quad \text{Suya Kısmen Doygun}$$

Porozite(n)

Danenin toplam hacminin boşluk hacmine oranıdır

$$n = \frac{\text{Boşluk Hacmi}}{\text{Toplam Hacim}} = \frac{V_b}{V} = \frac{e}{1+e}$$

**Doygunluk
Derecesi (S);**

Boşluk hacminin su hacmine oranıdır.

$$S_r = \frac{\text{Su Hacmi}}{\text{Boşluk Hacmi}} = \frac{V_w}{V_b} = \frac{w \times G_s}{e}$$

**Dane
Yoğunluğu(ρ);**

Katının kütlesinin katının hacmine oranıdır.

$$\rho = \frac{\text{Katının kütlesi}}{\text{Katının hacmi}} = \frac{M_s}{V_s}$$

**Özgül Ağırlık
(G_s)**

Danenin birim hacimdeki ağırlığına nedir.

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \times \gamma_w} = \frac{M_s}{V_s \times \rho_w} = \frac{M_s}{V_s} \quad (\rho_w = 1 \frac{Mg}{m^3})$$

**Kuru Birim
Hacim
Ağırlık(γ_k)**

Kuru birim hacim ağırlık, taneler arası boşluklar **tamamen hava ile dolu olmasıdır.**

$$\gamma_k = \frac{\gamma_s}{1 + e} = \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + e} = \frac{G_s}{1 + e} = G_s \times (1 - n)$$

**Doygun Birim
Hacim
Ağırlık(γ_d)**

Taneler arası boşluğun tamamen su ile dolu olması

$$\gamma_d = \gamma_k \times \left(1 + \frac{e}{G_s}\right) = \gamma_k \times (1 + w)$$

**Doğal Birim
Hacim
Ağırlık(γ_n)**

Doğal birim hacim ağırlık, taneler arası boşluklar kısmen su ile dolu,

$$\gamma_n = \frac{G_s \times S \times e}{1 + e} = (1 - n) \times (1 + w) \times \gamma_s$$

**Su Altındaki
Birim Hacim
Ağırlık(γ_a)**

Su altındaki birim hacim ağırlık, zemin veya madde suyun altında,

$$\gamma_a = \gamma_d - \gamma_s$$

Rölatif Yoğunluk(D_r)

Kaba taneli zeminlerin en düşük yoğun ve en yüksek yoğunu arasındaki dereceyi nitelendiren bir indekstir.

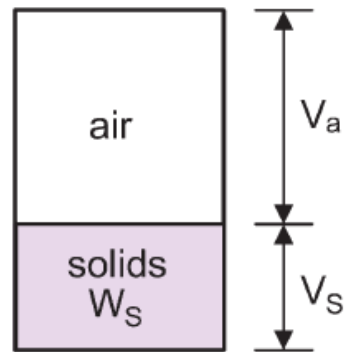
Rölatif yoğunluk D_r (%)	Porozite n (%)	Açıklama
0–20	100–80	Çok düşük
20–40	80–60	düşük
40–70	60–30	Orta yoğunlukta
70–85	30–15	Yoğun
85–100	<15	Çok yoğun

Yoğunluk İndeksi(I_d)

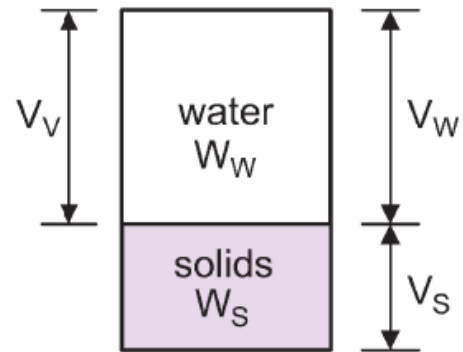
Rölatif yoğunluk için boyutsuz ölçüdür.

$$I_D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$$

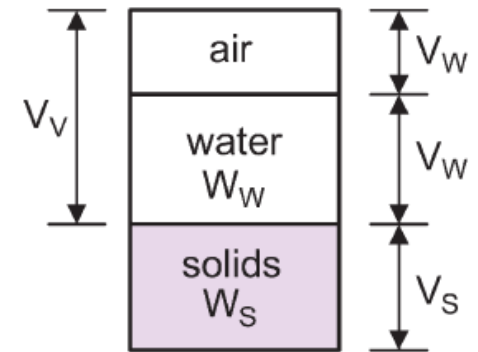
KÜTLE ÖZELLİKLERİ



(a) Dry soil



(b) Saturated soil



(c) Partially saturated soil

Water content	$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{M_w}{M_s}$
Void ratio	$e = \frac{V_v}{V_s}$
	$e = wG_s$ (saturated)
	$e = \frac{wG_s}{S_r}$ (partially saturated)
Porosity	$n = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{1+e}$
Degree of saturation	$S_r = \frac{V_w}{V_v}$
Particle specific gravity	$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} = \frac{M_s}{V_s \rho_w}$
Bulk density	$\rho_b = \rho_w \frac{(G_s + eS_r)}{1+e}$
Dry density	$\rho_d = \frac{\rho_w G_s}{1+e} = \frac{\rho_b}{1+w}$
Saturated density	$\rho_{sat} = \rho_w \frac{(G_s + e)}{1+e}$
Submerged density	$\rho' = \rho_w \frac{(G_s - 1)}{1+e}$
Bulk unit weight	$\gamma_b = \gamma_w \frac{(G_s + eS_r)}{1+e}$

Dry unit weight $\gamma_d = \frac{\gamma_w G_s}{1+e} = \frac{\gamma_b}{1+w}$

Saturated unit weight $\gamma_{sat} = \gamma_w \frac{(G_s + e)}{1+e}$

Submerged unit weight $\gamma' = \gamma_w \frac{(G_s - 1)}{1+e}$

Density index $I_D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$

Doç.Dr.Andaç AKDEMİR ZEMİN MEKANIĞI DERS NOTLARI 2019-2020
PROBLEM ÇÖZÜMLERİ VE PROBLEM SETİ -2 (KÜTLE ÖZELLİKLERİ)

1. Suya doymuş bir kil tabakasından alınan zemin numunesinin toplam kütlesi 1300 g ve kuru kütlesi 1050 g olarak ölçülmüştür. Danelerin özgül yoğunluğunun 2,7 g/cm³ kabul ediniz. Bu zeminin su muhtevası, porozitesi ve doğal(toplam) birim hacim ağırlığını hesaplayınız.

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{1300 - 1050}{1050} \times 100 = \%23,8$$

$$e = \frac{w \cdot G_s}{S} = \frac{0,238 \times 2,7}{1 \text{ (Suya doymuluk derecesi)}} = 0,6428$$

$$n = \frac{e}{1 + e} = \frac{0,6428}{1 + 0,6426} = 0,391$$

Doğal birim hacim ağırlığı;

$$\gamma = \frac{G_s + e \cdot S}{1 + e} = \frac{2,7 + 0,6426 \times 1}{1 + 0,6426} = 4,75 \text{ kN/m}^3$$

2. Siltli kil zemin hacmi 12,45 cm³ , toplam ağırlığı 25,6 g, kuru ağırlığı 22,1 g ve danelerin özgül yoğunluğu 2,5 g/cm³ olarak belirlenmiştir. Bu zeminin boşluk oranını ve suya doymuluk derecesini hesaplayınız.

Boşluk oranı;
$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{\frac{M_s}{G_s \cdot \rho_w} = V_s}{V - V_s} = \frac{\frac{22,1}{2,5 \cdot 1}}{12,45 - 8,84} = 2,449$$

Suya doymuluk derecesi
$$S = \frac{w \cdot G_s}{e} = \frac{\frac{25,6 - 22,1}{22,1} \cdot 2,5}{2,449} = 0,16(\%16)$$

3. Organik zemini alınan bir zeminden alınan numunenin ağırlığı 1,5 kN ve hacmi 0,12 m³ olarak belirlenmiştir. Zeminin su içeriği % 14,7 dir. Danelerin özgül ağırlığı 2,2 g/cm³ olduğu saptanmıştır. Zeminin ; Doğal(toplam) birim hacim ağırlığı, kuru birim hacim ağırlığı, boşluk oranı, porozite, suya doymuluk derecesini hesaplayınız.

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{1,5}{0,12} = 12,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_k = \frac{\gamma}{1 + w} = \frac{12,5}{1 + 0,147} = 10,898 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_k = \frac{G_s \times g}{1 + e} \text{ olduğundan}$$

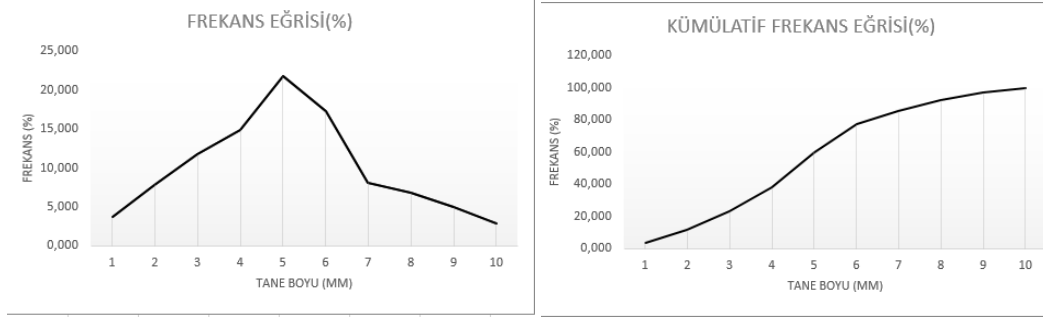
$$e = \frac{G_s \times g}{\gamma_k} = \frac{2,2 \times 9,81}{10,898} = 1,98$$

$$n = \frac{e}{1 + e} = \frac{1,98}{1 + 1,98} = 0,664$$

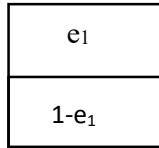
$$S = \frac{V_w}{V_v} = \frac{w \times G_s}{e} = \frac{0,147 \times 2,2}{1,98} \times 100 = \%16,33$$

4. Bir elek analizi sonuçları tablo' da verilmiştir. Frekans ve kümülatif frekans eğrilerini çiziniz.

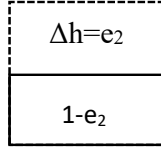
ELEK NO	MM	AĞIRLIK(G)	FREKANS(%)	KÜMÜLATİF (%)
1	2	5,5	3,667	3,667
2	0,5	11,8	7,867	11,533
3	0,25	17,6	11,733	23,267
4	0,2	22,4	14,933	38,200
5	0,18	32,7	21,800	60,000
6	0,15	25,9	17,267	77,267
7	0,11	12,2	8,133	85,400
8	0,08	10,2	6,800	92,200
9	0,06	7,4	4,933	97,133
10	0,02	4,3	2,867	100,000
		150	100	



5. İlk boşluk oranı $e_1=1,86$ olan kil numunesi 18,2 mm kalınlığa sahiptir. Kil numunesinin üzerine yük konulduğunda (5 km/mm^2) kalınlığının 16,4 mm düştüğü görülmüştür. Sıkışmış kilin boşluk oranını bulun.



V_1



V_2

$$\Delta h = 18,2 - 16,4 = 1,8 \text{ mm}$$

$$\frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1}$$

$$\frac{h_1 - h_2}{h_1} = \frac{1,86 - e_2}{1 + 1,86}$$

$$\frac{1,8}{18,2} = \frac{1,86 - e_2}{1 + 1,86} \quad e_2 = 1,58 \text{ mm}$$

6. Suya doymun bir kil numunesinin su içeriği % 26,7 dür. Özgül ağırlığı $2,7 \text{ g/cm}^3$ ise numunenin kuru (γ_k), doğal (γ_d) ve su altındaki (γ_a) birim hacim ağırlıklarını bulunuz.

$$\gamma_s = \rho \times G = 1 \times 2,7 = 2,7 \text{ t/m}^3$$

$$e = w \times \gamma_s = 0,267 \times 2,7 = 0,72$$

$$n = \frac{e}{1 + e} = \frac{0,72}{1 + 0,72} = 0,42$$

$$\gamma_k = \frac{\gamma_s}{1 + e} = \frac{2,7}{1 + 0,72} = 1,57 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_d = \gamma_n(\text{suya doymun olduğundan}) = \gamma_k \times (1 + n) = 1,57 \times (1 + 0,42) = 2,23 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_a = \gamma_d - \gamma_w = 2,23 - 1 = 1,23 \text{ t/m}^3$$

7. Bir arazi numunesi 10 cm x 10 cm x 10 cm boyutunda bir numune kabı ile alınıp tartıldığında 2,5 kg geliyor. 105 °C de etüvde kurutulduktan sonra tartılıyor ve 2,2 kg geliyor. Kuvars zemin numunesinin özgül ağırlığı $2,5 \text{ g/cm}^3$ tür. Zemin numunesinin etüve konmadan önce ve sonraki birim hacim ağırlığını ve 1 m su sütünü altındaki birim hacim ağırlığı yüzde ne kadar değişir.

$$w = \frac{2500 - 2200}{2200} = 0,14$$

$$e = w \times G = 0,14 \times 2,5 = 0,35$$

$$n = \frac{e}{1 + e} = \frac{0,35}{1 + 0,35} = 0,26$$

$$\gamma_k = \frac{\gamma_s(G)}{1 + e} = \frac{2,5}{1 + 0,35} = 1,85 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_n = \gamma_s \times (1 - n) \times (1 + w) = 2,5 \times (1 - 0,26) \times (1 + 0,14) = 2,11 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_n = \frac{G + S \cdot e}{1 + e} = 2,11 = \frac{2,5 + S \cdot 0,35}{1 + 0,35} \rightarrow S = 0,996$$

$$\gamma_a = \gamma_n - 1 = 2,11 - 1 = 1,11 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Değişim oranı} = 1,11/2,11 \quad \% 52,6$$

8. Birim hacim ağırlığı 12,2 kN/m³ su içeriği % 12 olan 2,5 g/cm³ özgül ağırlığındaki danelerin boşluk oranını, porozitesini bulunuz.

$$\gamma_k = \frac{\gamma}{1+w} = \frac{12,2}{1+0,120} = 10,893 \text{ kN/m}^3$$

$$e = \frac{G_s \times g}{\gamma_k} = \frac{2,5 \times 9,81}{10,893} = 2,251$$

$$n = \frac{e}{1+e} = \frac{2,251}{1+2,251} = 0,692$$

9. Bir kazı işleminde 4000 m³ toprak alınmıştır. Zeminin boşluk oranı 0,80 ve su içeriği % 40 dir. Kazılan yere boşluk oranı 0,55 ve su içeriği % 20 olan malzemeden kaç m³ dolgu yapılabilir.

$$\frac{V_1}{1+e_1} = \frac{V_2}{1+e_2} \quad \frac{4000}{1+0,80} = \frac{V_2}{1+0,55}$$

$$V_2=3444 \text{ m}^3$$

10. Doygun bir kil numunesinin ağırlığı 600 gramdır. Numune 24 saat 105 °C lik etüve konuyor. Etüv sonunda çıkarılan numune ağırlığı 500 gramdır. Numunenin özgül ağırlığı 2,7 g/cm³ ise numunenin; Su içeriğini, boşluk oranını, doymuş birim hacim ağırlığı, kuru birim hacim ağırlığı ve efektif birim hacim ağırlığı bulunuz.

$$a) w = \frac{W_w}{W_d} = \frac{600-500}{500} = 0,2$$

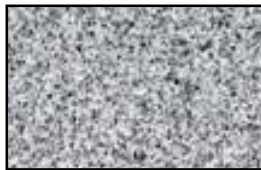
$$b) e = \frac{w \times G_s}{S} = \frac{0,2 \times 2,7}{1} = 0,54$$

$$c) \gamma_d = \frac{G_s \times \gamma_w \times (1+w)}{1+e} = \frac{2,7 \times 1 \times (1+0,2)}{1+0,54} = 1,79$$

$$c) \gamma_k = \left(\frac{\gamma_d}{1+w} \right) = \left(\frac{1,79}{1+0,2} \right) = 1,75$$

$$c) \gamma_a = \gamma_d - \gamma_w = 1,79 - 1 = 0,79$$

11. İlk durumu şekilde verilen üçgen tabanlı bir kutuda kuru kumun kütlesi 100 kg dır. Kumun rölatif sıkılığı 0,65 dir. Kumun tane yoğunluğu 2,65 g/cm³, porozite 0,50 ve maksimum kuru birim hacim ağırlığı 1,87 Mg/m³ dür. Kaptaki kumun ne kadar yükseleceğini belirleyiniz.



Kumun hacmi

$$0,5 \text{ m} \quad V = 0,3 \times \frac{0,8}{2} \times 0,5 = 0,06 \text{ m}^3$$

Kuru birim hacim ağırlıkType equation here.



0,8 m