

K.T.Ü MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

2026-2027 GÜZ DÖNEMİ

DENEY NO:1

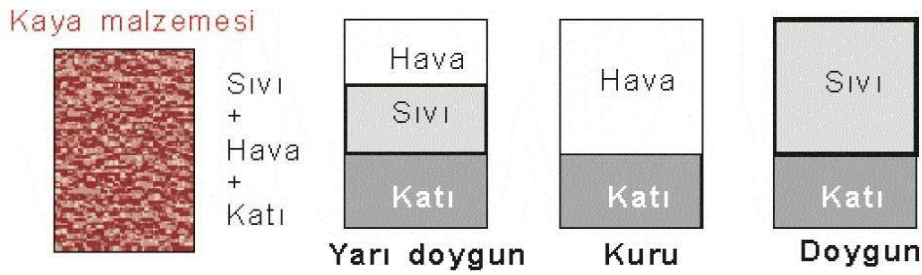
SU İÇERİĞİ, YOĞUNLUK VE GÖZENeklİLİK BELİRLEME DENEYİ

Arş. Gör. Taha Yavuz DEVECİ

1. DENEY AMACI ve GENEL BİLGİLER

Kaya mekaniğinde kayaçların davranışlarını belirleyebilmek için fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla bu deneyde kayaçların davranışını anlamada en önemli etkiye sahip olan su içeriği, yoğunluk, birim hacim ağırlık ve gözeneklilik parametreleri belirlenecektir.

Kaya malzemeleri hava, su ve katı kısımlardan oluşmaktadır. Doğadaki kayaçlar içerisinde sıvı ve gazlar farklı oranlarda bulunabilirler. Bu farklı durumların kayaç için belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Kaya malzemeleri kuru, yarı doygun ve doygun olma durumuna göre Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Kaya malzemesinin su içeriğine göre durumu

Şev stabilitelerinde, istinat duvarlarının hesaplamalarında, temel inşaatında, yeraltı maden ocaklarının stabilitelerinde, tahkimat tasarımlarında, yeraltında suyun problem olduğu durumlarda kayaçların bu fiziksel özelliklerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

2. ARAÇ-GEREÇ

Fırın ($105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ kapasiteli)

Hassas terazi (0,1gr duyarlılıkta)

Kumpas (0,1 mm duyarlılıkta)

Desikatör

Kağıt Havlu

Saf su

Hesap Makinesi

Numune

Piknometre

Hacimsel Ölçekli Kap

Düzgün geometriye sahip örnekler:

- Küp, dikdörtgenler, prizması veya silindirik örnek

- Küp numune kenarı 27 mm olmalı veya numune en küçük boyutu içerdiği tane boyutunun en az 10 katı olmalı
- Her bir numunenin ağırlığı 50 gr'dan az olmamalı
- En az üç numune kullanılmalı
- Kaya   rnekleri kurutuldu unda veya suya daldırıldığında  ı me veya kolaylıkla dağılma özelliği göstermemelidir.

Düzgün geometriye sahip olmayan  rnekler:

- Her birinin ağırlığı 50 g veya küçük örnek boyutu içerdiği tane boyunun en az 10 katı olan en az 10 adet agrega, topak veya parçadan oluşan temsili numune,
- Kaya   rnekleri kurutuldu unda veya suya daldırıldığında  ı me veya kolaylıkla dağılma özelliği göstermemelidir.

   t lm   Numune

3. DENEY YAPILIŞI

1. Yoğunluk ve Etkin Porozite Belirleme

- Düzgün geometrik şekilli numunelerde numune boyutları kumpasla birkaç kez 0.1 mm hassasiyetle birbirine dik iki yönde ölçülerek ortalama değerler bulunur ve bu değerlerden numune hacmi (V_T) hesaplanır.
- Numuneler tartılır ve doğal ağırlığı (W_{dog}) hesaplanır.
- Daha sonra numune 24 saat 105  C'de fırında kurutulur, desikatörde 30 dakika bekletilerek soğutulur. A ırlı ı tartılır. Bulunan değer, belirli hacimdeki kayacın kuru a ırlı ıdır (W_k).
- Numuneler 48 saat su içerisinde bekletilerek doygun hale getirilir. Kağıt havlu ile fazla suyu alınır. Hassas terazi ile tartılır. Bu değerde belirli bir hacimdeki kayacın doygun a ırlı ıdır (W_d). Bu verilerin ışığında kayacın diğer özellikleri aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanır.

Yoğunluk (ρ): Birim hacimdeki kütle olarak tanımlanır. (gr/cm³)

$$\rho = \frac{M_T}{V_T}$$

Birim Hacim Ağırlık (γ): Birim hacimdeki kayacın toplam ağırlığı olarak tanımlanır. (gr/cm³)

$$\gamma = \frac{W_T}{V_T}$$

Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k): Kuru durumundaki kayacın a ırlı ının toplam hacmine oranıdır.

$$\gamma_k = \frac{W_k}{V_T}$$

Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d): Doygun haldeki kaya örneğinin ağırlığının toplam hacmine oranıdır.

$$\gamma_d = \frac{W_d}{V_T}$$

Doğal Birim Hacim Ağırlık ($\gamma_{doğ}$): Doğadaki halinde boşlukların biraz su dolu olması durumundaki kayacın toplam hacmine oranıdır.

$$\gamma_{doğ} = \frac{W_{doğ}}{V_T}$$

Özgül Ağırlık (G): Katı kısmın ağırlığının aynı hacimdeki suyun ağırlığına oranıdır. Kısacası bir cismin birim hacim ağırlığının, suyun birim hacim ağırlığına oranıdır. Birimi yoktur.

$$G = \frac{\gamma}{\gamma_{su}}$$

Kuru Özgül Ağırlık (γ_k): Kuru durumundaki kayacın toplam hacmine oranıdır.

$$G_k = \frac{\gamma}{\gamma_{su}}$$

Doygun Özgül Ağırlık (γ_d): Doygun haldeki kaya örneğinin hacmine oranıdır.

$$G_d = \frac{\gamma_d}{\gamma_{su}}$$

Gözenek Hacmi (V_b): Kayaç içerisindeki boşlukların hacmidir. (cm³)

$$V_b = \frac{W_d - W_k}{\gamma_{su}}$$

Etkin Porozite/ Gözeneklilik (n): Boşluk hacminin toplam hacme oranıdır. (%)

$$n = \frac{V_b}{V_T} * 100$$

Katı Hacmi (cm³) (V_k): Boşluklar çıkarıldığında kalan hacim olarak ifade edilir.

$$V_k = V_T - V_b$$

Boşluk Oranı (e): Kayaçların boşluk hacminin katı kısmın (tanelerin) hacmine oranıdır. (%)

$$e = \frac{V_b}{V_k} * 100$$

Gözeneklilik ile boşluk oranı arasındaki eşitlikte aşağıda verilmiştir.

$$e = \frac{n}{100-n}$$

Gözenek Suyu Ağırlığı (W_{su}): Doğal ağırlığın kuru ağırlıktan farkıdır. (gr)

$$W_{su} = W_{doğ} - W_k$$

Doğal Su İçeriği (w): Belirli bir hacimde kayacın içerdiği su ağırlığının katı kısmın ağırlığına oranıdır. Yüzde olarak ifade edilir. (%)

$$w = \frac{W_{su}}{W_k} * 100$$

Doygunluk Derecesi (S_d): Su hacminin boşluk hacmine oranıdır. Yüzde olarak ifade edilir. (%)

$$S_d = \frac{V_{su}}{V_b} * 100$$

Su Emme Oranı: Bir kayaç suya batırılacak olursa içerisindeki boşluklar yani porozitelere belli bir müddet su ile dolar. Fakat bazen içerde kalan hava boşluklarının birbiriyle bağlantılı olmaması ve killerdeki şişme suyun girmesine engel olabilir. Bu durumda su emme oranları farklı olabilmektedir.

Ağırlıkça Su Emme Oranı: Boşluklardaki suyun ağırlığının katı kısmın ağırlığına oranıdır ve yüzde olarak ifade edilir.

$$\text{Ağırlıkça Su Emme Oranı} = \frac{W_d - W_k}{W_k} * 100$$

Hacimce Su Emme Oranı: Suyun ağırlığının katı kayacın toplam hacmine oranı olarak ifade edilir.

$$\text{Hacimce Su Emme Oranı} = \frac{V_d - V_k}{V_T} * 100$$

2. Mineral Tane Yoğunluğu ve Toplam Porozite

Alınan temsili 2 kg'lık numuneler, 0.2 mm açıklığı olan eleklerden geçecek şekilde öğütülür 105°C sıcaklıkta etüvde kurutularak, 30 dakika desikatör içinde soğutulur. Piknometrelerde kurutulur ve 0,01 gr duyarlılıkta tartılır (P1). Kapak çıkartılır ve 50-150 gr ağırlığındaki numune içerisinde soğutulduğu desikatörden çıkartılır hemen piknometre içerisine konularak

tartılır (P2). Sıcaklığı, deney sırasındaki ortalama oda sıcaklığından en çok ± 2 °C farklı olan su, yaklaşık yarısı dolana kadar piknometreye konur ve içindeki hava kabarcıklarının çıkarılması sağlanır. Daha sonra tepesine kadar suyla doldurulur. Piknometre dış yüzeyi iyice kurulandıktan sonra, 0,01 gr hassasiyette tartılır (P3). Piknometre boşaltılır, iyice temizlenir ve vidalı kapağın tepesine kadar oda sıcaklığındaki suyla tekrar doldurulur. Piknometre, dış yüzeyi yeniden kurutulduktan sonra 0,01 gr hassasiyette tartılır (P4). Bu işlemler birkaç kez tekrar edilir.

Piknometre boş ağırlığı=P1

Piknometre ve numune ağırlığı=P2

Piknometre, numune ve saf su ağırlığı=P3

Piknometre ve saf su ağırlığı=P4

$$\rho_g = \frac{(P_2 - P_1)}{(P_4 + P_2) - (P_1 + P_3)}$$

Toplam Porozite (n_T): Mineral tane yoğunluğunun kuru yoğunluktan farkını alıp mineral tane yoğunluğuna bölümü ile belirlenir.

$$n_T = \frac{\rho_g - \rho_k}{\rho_g} * 100$$

SORULAR

Aşağıda verilen soruları cevaplayınız.

Silindirik numuneler kullanılmıştır ve kullanılan numunelerin boy ve çap oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tabloda çap için virgülden sonrası için herkes öğrenci numarasının son iki hanesini yazarak hesaplamaları yapacaktır.

Örneğin; okul numarası 411875 olan kişi numunenin çapını 52,75 olarak alarak gerekli hesaplamaları yapacaktır. Hesaplamalarda virgülden sonra iki hane olacak şekilde yapıldığından emin olunuz.

Deney No	Boy (mm)	Çap (mm)	Doğal Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)
1	24,88	52,75	142,00	141,80	143,50
2	24,28	52,75	138,50	137,50	140,00
3	23,91	52,75	137,90	136,70	138,50
4	25,31	52,75	141,90	141,20	143,00

1. Yukarıda tabloda verilen verileri kullanarak hesaplayınız ve ortalamalarını bulunuz.
Hesaplamanın yapılmasını en az bir tanesi için açıklayıcı bir şekilde yazınız.

Deney No	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Gözenek Hacmi (cm ³)	Etkin Porozite (%)	Boşluk Oranı (%)	Doğal Su İçeriği (%)	Doygunluk Derecesi (%)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)
1									
2									
3									
4									
Ort.									

2. Piknometre deneyi ile yapılan deneylerin tabloda verilen veriler ile mineral tane yoğunluğunu ve toplam poroziteyi hesaplayınız. Kuru yoğunluğu (ρ_k) 2,49 gr/cm³ olarak alınız.

Piknometre No	P1	P2	P3	P4	Mineral Tane Yoğunluğu (gr/cm ³)	Toplam Porozite (%)
1	32,20	57,00	147,30	132,20		
2	31,60	56,40	147,20	132,00		
3	44,50	69,20	161,20	145,90		
Ortalama						

3. Kayaçların yoğunluk ve porozitelerini belirlemek neden önemlidir? Kısaca açıklayınız.

Kaynakça

Ergüvanlı, K. (1994). Mühendislik Jeolojisi. İstanbul, Seç Yayın Dağıtım, 16-33.