

K.T.Ü MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

2023-2024 GÜZ DÖNEMİ

DENEY NO: 4

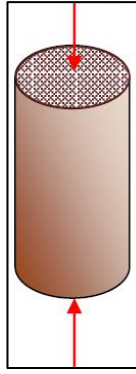
TEK EKSENLİ SIKIŞMA (BASMA) DAYANIMI DENEYİ

(UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH TEST)

Arş. Gör. Melek Hanım BEŞER

1. Amaç: Kaya malzemelerinin üzerlerine uygulanan belirli bir basınç altında kırılmadan önce ne kadar yüke dayandığını belirlemektir.

2. Tanım: Bir kaya malzemesinin dayanımı, dış kuvvetlere karşı direncini ifade eder. Uygulanan yük, kaya malzemesinin direncini aştığında, malzeme yenilmeye uğrar. Kaya malzemelerinin dayanımının belirlenmesinde kullanılan en yaygın metot tek eksenli basınç dayanımı testidir. Tek eksenli basınç dayanımı yükün kayaca tek yönden uygulanması anlamına gelmektedir (Şekil 1). Tek eksenli basınç dayanımı " σ_c " ile gösterilir. Bu deney silindirik veya prizmatik numunelere uygulanmaktadır.



Şekil 1. Tek eksenli sıkışmada kaya malzemesine uygulanan yük

Kaya numunesinin basınç dayanımı testi yapılarak o numunenin kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) gibi parametreleri yaklaşık olarak bulunabilir. Bunlar;

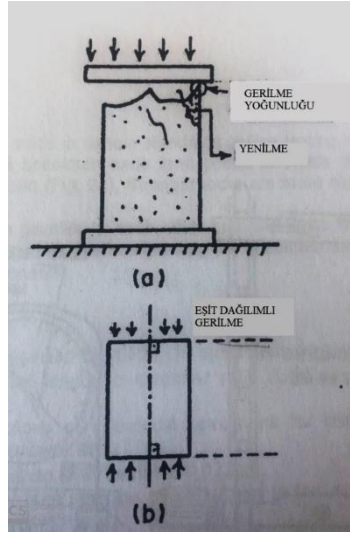
Kohezyon (c); normal gerilme olmadığı durumda, kaya malzemesini oluşturan mineral molekülleri arasındaki çekimden dolayı makaslama düzleminde makaslama gerilmesine karşı gösterilen direnç olarak tanımlanabilir.

İçsel sürtünme (ϕ); kaya malzemesini oluşturan tanelerin birbirine sürtünmesi, kenetlenmesi vb. durumlar sonucunda oluşan dirençtir. İçsel sürtünme ile yenilme açısı arasındaki ilişki $\phi=90-2\theta$ olarak ifade edilir.

3. Numune Hazırlama

Genellikle numuneler karot makinesi ile elde edildiği için deney, silindirik numunelere uygulanmaktadır. Numuneler karot kesme makinesi ile istenilen boya getirilmektedir. Deneyde kullanılacak olan karot numunelerinin alt ve üst yüzeyleri birbirine paralel ve pürüzsüz olmalı, herhangi bir çatlak kırık vb. kusur içermemelidir. Numune yüzeyleri oldukça önemlidir,

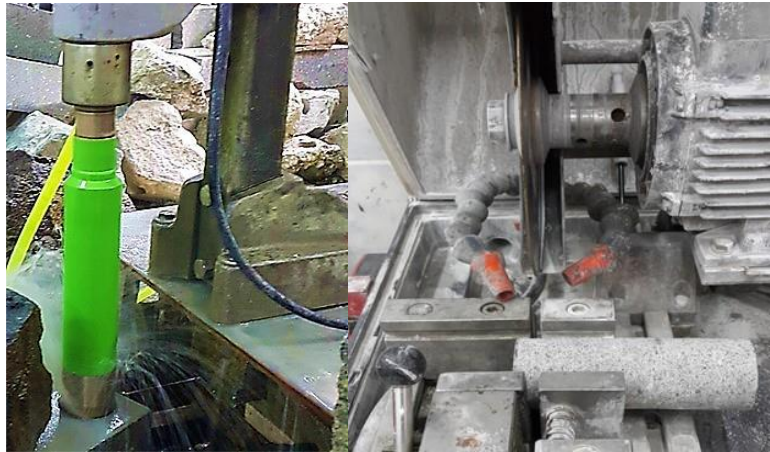
istenilen standartlara uygun olmaması durumunda numune daha düşük yüklerde yenilmeye uğrayabilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. a) Yüzeyleri düzgün olmayan numune b) Yüzeyleri paralel ve pürüzsüz olan numune

ISRM standardında tek eksenli basınç dayanımı deneyi boy/çap (L/D) oranı: 2,5-3.0 olan ve genellikle NX çaplı (54,7 mm) çaplı silindirik karot numuneleri ile yapılmaktadır. Bu nedenle alınan blok veya örneklerden karotlar alınır ve gerekli boy çap oranı için kesilerek pürüzsüz numuneler elde edilir (Şekil 3). Farklı çaplarda da deney uygulanabilmektedir. Numune sayısı en az 5 adet olmalıdır.

Numuneler alındıktan sonra en fazla 30 gün içerisinde kullanılmalıdır. Aksi takdirde örnek içerisindeki doğal su kaybedilebilir. Bu yüzden gerekiyorsa deney yapılmadan önce her bir örneğin su içeriği tayini yapılmalıdır.



Şekil 3. Karot alma ve düzeltme

4. Deneyin Yapılışı

Örneklerin boy (L) ve çap (D) değerleri kumpas yardımıyla ölçülerek kaydedilir. Numune, hidrolik pres tablaları arasına yerleştirilir. Yükün numune üzerine homojen şekilde yayılmasını sağlamak amacıyla numune alt ve üst kısmına numune ile aynı çapta olan çelik diskler konulur. Hidrolik preslerde numunenin üzerine konulduğu alt tabla yukarı doğru hareket eder. Prese bağlı bilgisayar aracılığıyla numune üzerine düşey yük uygulanır. Yük, saniyede 0,5 – 1 MPa arasında bir değerde gerilme oluşturacak şekilde sürekli ve sabit bir hızla uygulanır. Numune yenildiği anda bilgisayardan yenilme yükü (**F_c**) okunarak kaydedilir (Şekil 4).

Deney en az 5 adet numune üzerinde gerçekleştirilir ve her bir numunenin dayanım değerleri hesaplanarak bunların ortalaması alınarak, kayacın Tek Eksenli Basma Dayanımı hesaplanır.



Şekil 4. Tek eksenli basınç dayanımı numune ve kırılma anı

5. Hesaplamalar

Basınç dayanımı,

$$\sigma_c = F_c / A \quad (\text{N/mm}^2)$$

F_c: Kırılma yükü, (kN)

A: Numune alanı, $A = \pi r^2 / 2$ (mm²) formülleri ile hesaplanmaktadır. Burada;

r: Numune çapı, (mm)

KISA BİLGİLER:

Tek Eksenli Basınç Dayanımını Etkileyen Faktörler:

* Numune boy/çap oranı

L/D ↓ ise σ_c ↑ (Yan basınç etkisi oluşur)

L/D ↑ ise σ_c ↓ (Bükülme meydana gelir)

* Yükleme hızı ↑ ise σ_c ↑

* Numunenin alt ve üst yüzeylerinin paralellığı ve bu yüzeylerin yanall yüze göre dikliğı

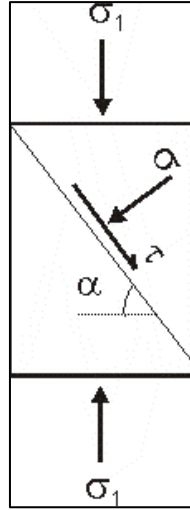
* Yüklemenin numune düşey eksenine paralellığı

* Numunenin büyüklüğü ↑ ise σ_c ↓ (Heterojen, en zayıf yerden kırılır)

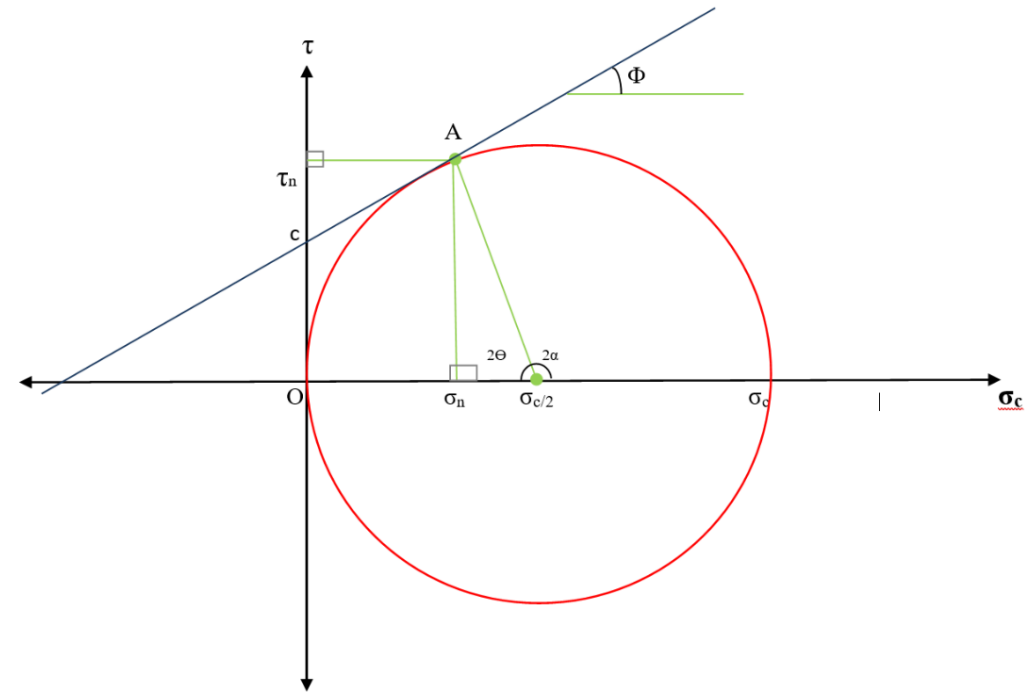
* Nem oranı ↑ ise σ_c ↓

Mohr Diyagramı

Alman mühendis Christian Otto Mohr tarafından ortaya konulan Mohr Çemberi, bir cismin içindeki ayırma yüzeylerine etkileyecek olan normal ve teğetsel gerilmelerin ve açılarn, X-Y eksen grafiğinde çizilen bir çember ve doğru parçaları ile ifade edildiğı bir diyagramdır (Şekil 5). X eksenine σ (normal gerilme) ve Y eksenine τ (makaslama gerilmesi) yerleştirilir. Bu diyagramdan, kırılma düzleminde meydana gelen normal (σ_n) ve makaslama (τ_n) gerilmeleri ile kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) gibi değerler hesaplanabilir (Şekil 6). Bu değerler ayrıca formüller yardımıyla da hesaplanabilir.



Şekil 5. Kırılma yüzeyine etkileyen kuvvetler ve kırılma açısı



Şekil 6. Mohr Diyagramı

Dairenin merkezi X ekseninde, eksenden uzaklığı ise iki düzlemde etkileyen gerilmelerin toplamının yarısıdır. Tek eksenli basma deneyinde tek yönde yük uygulandığı için, bu mesafe σ_c değerinin yarısıdır. Dolayısıyla bu merkezden, çapı σ_c kadar olan Mohr çemberi çizilir. X ekseninde çemberin merkezinden $(\sigma_c/2)$, yatay eksenle, deneyden sonra numunenin kırılan yüzeyinden ölçülen kırılma açısının 2 katı kadar (2α) değer ölçülüp bir doğru parçası çizilir. Bu doğru parçasının, çemberi kestiği nokta işaretlenir (A). A noktasının Y eksenine ve X eksenine olan

dik mesafeleri sırasıyla σ_n ve τ_n değerlerini verir. A noktası-çemberin merkezi arası doğru parçasının yatayla yaptığı diğer açı ise 2Θ değerini verir ($2\alpha+2\Theta = 180$). A noktasından bir teğet çizilir. Bu teğetin eğimi ϕ 'yi, Y eksenini kestiği nokta c 'yi, X ekseninin kestiği nokta da kayacın çekme dayanımını verir.

Söz konusu değerler, Θ bulunduktan sonra aşığıdaki formüller yardımıyla da hesaplanabilir:

$$\Theta = 90 - \alpha$$

$$\sigma_c = 2c \tan [45 + (\Theta/2)]$$

$$\sigma_n = (\sigma_c / 2) [1 - \cos (2\Theta)]$$

$$\tau_n = (\sigma_c / 2) [\sin (2\Theta)]$$

$$\phi = 90 - 2\Theta$$

σ_c : Tek eksenli basma dayanımı, MPa

c: Kohezyon, MPa

Θ : Yenilme düzleminin eğim açısı

σ_n : Kırılma düzleminde meydana gelen normal gerilme, MPa

τ_n : Kırılma düzleminde meydana gelen makaslama gerilmesi, MPa

ϕ : İçsel Sürtünme Açısı

ÖNEMLİ NOTLAR:

- Rapor düzeni de deęerlendirmeye dahil edilecektir.
- Çizimler, milimetrik kâğıda, düzenli ve hassas bir şekilde yapılarak rapora eklenecektir. Pergel, cetvel vb. kullanılmadan elle, ölçeksiz yapılan ya da farklı kağıtlara yapılan çizimler kabul edilmeyecektir.
- Birim çevrimleri aksi belirtilmedikçe standartlara uygun değerler kullanılarak yapılmalıdır.

NOT: 1 MPa = 10,1972 kg/cm²

1kN = 101,9716 kg

KAYNAKLAR

Ceylanoglu, A., 1996, Kaya Mekanigi Laboratuvar Deneyleri, T.C. C.Ü. yayinlari Ders Notlari, 26-29 s.

Emir, E., 2014, Kaya Mekanigi Ders Notlari, ESOGÜ Maden Müh. Ders Notlari,13 s.

ISRM. Ulusay R. and Hudson J. A. (eds)., 2007. The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring, 1974–2006. Suggested methods prepared by the commission on testing methods. Compilation arranged by the ISRM Turkish National Group. ISRM, Ankara, 151-153.

Kaya, S., 2018, Tek Eksenli Basinc Dayanimi Deneyi, KTÜ Maden Müh. Kaya Mek. Föyü.

Tutluoglu, L. Ve Ünal, E. Kaya Mekanigi Ders Notlari. ODTÜ Maden Mühendisligi Bölümü, Ankara.

SORULAR

Tabloda özellikleri verilen 5 adet kireçtaşı numunesi üzerinde ISRM standartlarında Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir.

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 400458 olan kişi numunenin çapını 52,58 olarak alarak gerekli hesaplamaları yapacaktır. Hesaplamalarda virgülden sonra iki hane olacak şekilde yapıldığından emin olunuz.

Örnek No	Boy (L) (mm)	Çap (D) (mm)	Yenilme Yüzeyinin Yatay ile Açısı (α)	Yenilme Yüğü (F_c) (kN)	Tek eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)
1	137,91	54, ■	60	210,42	
2	137,27	54, ■		204,65	
3	138,43	54, ■		208,53	
4	138,21	54, ■		212,56	
5	138,45	54, ■		215,87	
			Ortalama		

- Numunelerin Tek Eksenli Sıkışma (Basınç) Dayanımı değerlerini formülde yerine koyarak ve en az bir tanesini açıkça ifade ederek hesaplayınız ve yukarıdaki tabloda ilgili yerleri doldurunuz. Aritmetik ortalamalarını alarak kayaca ait σ_c değerini bulunuz.
- Tek eksenli basınç dayanım sınıflama sistemini araştırınız ve verilen kayacın ortalama tek eksenli basınç dayanımına göre hangi sınıfa girdiğini belirleyiniz.
- Kireç taşı numunesinin ortalama basınç değerinden yola çıkarak Mohr Diyagramını çiziniz. Kohezyon (c), yenilme düzleminin eğim açısı (Θ), içsel sürtünme açısı (ϕ), kırılma düzleminde meydana gelen normal (σ_n) ve makaslama (τ_n) gerilmelerini hesaplayarak aşağıdaki tabloda yerlerine yazınız. Bütün parametreleri grafik üzerinde olması gereken yerde gösteriniz.

α	Θ	τ_n (MPa)	σ_n (MPa)	c (MPa)	Φ
60°					

