

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI**

**ENDİREKT (DOLAYLI) ÇEKME DAYANIMI (BRAZILIAN) DENEYİ**  
*(INDIRECT TENSILE STRENGTH (BRAZIL) TEST)*

## 1.GENEL BİLGİLER

Aynı doğrultuda birbirlerinden uzaklaşan zıt yönlerdeki kuvvetlerin oluşturduğu gerilmeye “Çekme Gerilmesi” denir. Çekme gerilmesi kayaçların boylarında uzamaya, enlerinde ise daralmaya neden olur. Her iki ucundan çekilen bir numunenin yenildiği andaki gerilme değerine “Çekme Dayanımı” denir ( $\sigma_t$ ). Çekme dayanımı, kayaçların mekanik özelliklerinden birisidir. Birçok kayaç; birisi çekme asal gerilmesi, diğeri basma asal gerilmesi olan iki eksenli gerilme alanı içerisinde, tek eksenli basma kuvveti ve çekme sonucu kırılır. Çekme dayanımı genel olarak zedelenmemiş sağlam kayanın ayırtkanlığı, sınıflaması ve tanımı için kullanılmakla birlikte bu değer, bazı tasarım problemlerinde de girdi olarak kullanılır.

Kayaçların çekme dayanımını belirlemek için uygulamada “Direkt Çekme” ve “Endirekt Çekme (Brazilian)” olarak tanımlanan iki deney yöntemi bulunmaktadır. “Direkt Çekme Deneyi”nin uygulanmasındaki bazı zorluklardan dolayı daha çok “Endirekt Çekme Deneyi” tercih edilmektedir.

## 2.DENEYİN YAPILIŞI

### 2.1. Amaç

ISRM 1981 standartında yapılan bu deneyin amacı, kayaçların tek eksenli çekme dayanımlarının dolaylı yoldan belirlenmesidir. Deneyin özü, yuvarlak disk şeklindeki numuneler üzerine düşey yönde basma kuvveti uygulandığında, numunenin yatay yönde oluşan çekme kuvveti neticesinde kırılması esasına dayanır.

**Deney Sorumlusu ve Hazırlayan: Arş. Gör. Serkan KAYA**

**Ders Sorumlusu: Prof. Dr. Ayhan KESİMAL**

**TRABZON - 2016**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI**

## 2.2. Deney numuneleri

Deney için 10 adet yuvarlak disk şeklinde numune önerilmektedir (Şekil 1). Numune kalınlıkları yaklaşık olarak kendi yarıçaplarına eşit olmalıdır ( $L/D = 1/2$ ). Numune çapları en az 54,7 mm (NX) olmalıdır. Numune yüzeyleri birbirine paralel ve düşey eksene dik olmalıdır. Numune alt ve üst yüzeyleri 0.25 mm içinde düzgün olmalıdır.



Şekil 1: Disk şeklinde kayaç numuneleri

## 2.3. Deney Düzenegi

1. Numune üzerine düşey yük uygulayabilecek ve bu yükleri ölçebilecek bir **hidrolik pres**;
2. Disk şeklindeki numunenin çap olarak zıt (yanal) yüzeylerine bir yay boyunca, kırılma anında yaklaşık olarak  $10^\circ$  açıyla temas sağlayacak şekilde tasarlanmış, çapı numune çapının 1,5 katı olan **2 adet çelik çene** (Şekil 2);

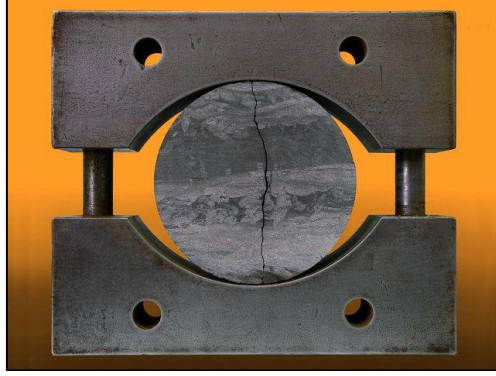
**Deney Sorumlusu ve Hazırlayan: Arş. Gör. Serkan KAYA**

**Ders Sorumlusu: Prof. Dr. Ayhan KESİMAL**

**TRABZON - 2016**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI**

3. Yük ve deformasyonu otomatik olarak kaydedecek program veya kalemli kaydedici.



Şekil 2: Çelik çeneler ve deney numunesi

#### 2.4. Deneyin Yapılışı

1. Standartlara uygun olarak hazırlanan 10 adet numunenin, kumpas yardımıyla çap ( $D$ ) ve kalınlıkları ( $L$ ) ölçülerek kaydedilir.
2. Her numunenin tabakalaşma doğrultusu ve bu doğrultuya göre yükleme yönü kaydedilir.
3. Numune, çelik çeneli aygıt içerisine, her ikisinin dönme eksenleri çakışacak şekilde yerleştirilir. Bu durumda yük, numunenin alt ve üst yüzeylerine dik olarak ve çapı boyunca uygulanabilecektir (Şekil 3).
4. Numune üzerine düşey yük devamlı ve sabit bir yükleme hızıyla uygulanır. Yükleme hızının  $0,2 \text{ kN / saniye}$  ( $20,4 \text{ kg/saniye}$ ) olarak, zayıf kayaları 15 – 30 saniyede kırarak şekilde uygulanması önerilmektedir.
5. Yük ve deformasyon kaydedicisi ile donatılmış bir test makinasında, ilk kırılmanın tam olarak belirlenmesi için deney süresince kayıt alınmalıdır. Numune kırıldığı

**Deney Sorumlusu ve Hazırlayan: Arş. Gör. Serkan KAYA**

**Ders Sorumlusu: Prof. Dr. Ayhan KESİMAL**

**TRABZON - 2016**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI**

andaki yük değeri okunarak kaydedilir ( $F_c$ ). Bazı durumlarda, ilk kırılmadan sonra çatlamış numunenin hala yüke dayandığı ve yükün artmaya devam ettiği gözlenir. Bu yüzden ilk kırılma anının tespiti gerçek  $F_c$  değerinin bulunması adına önemlidir. Kaydedici dikkatle izlenmelidir.

6. Numune kırıldıktan sonra şekli çizilir ve kırılma düzlemleri açıkça gösterilir.

7. Kayacın tek eksenli çekme dayanımı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

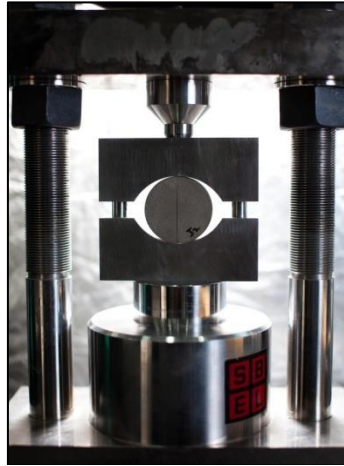
$$\sigma_t = 2.F_c / \pi.D.L; \text{ veya } \sigma_t = 0.636.F_c / D.L$$

$\sigma_t$ : Numunenin tek eksenli çekme dayanımı;  $kg/cm^2$

$F_c$ : Yenilme anındaki yük;  $kg$

$D$ : Numunenin çapı;  $cm$

$L$ : Numunenin kalınlığı;  $cm$



Şekil 3: Endirekt çekme dayanımı deney düzeneği

**Deney Sorumlusu ve Hazırlayan: Arş. Gör. Serkan KAYA**

**Ders Sorumlusu: Prof. Dr. Ayhan KESİMAL**

**TRABZON - 2016**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI**

**KAYNAKLAR**

Ceylanoğlu, A., 1996, Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri, T.C. C.Ü. yayınları Ders Notları, 26-29 s.

Emir, E., 2014, Kaya Mekaniği Ders Notları, ESOGÜ Maden Müh. Ders Notları, 13 s.

ISRM, 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring: ISRM suggested Methods. E.T. Brown (ed.), Pergamon Press, 178-184 s.

**Deney Sorumlusu ve Hazırlayan: Arş. Gör. Serkan KAYA**

**Ders Sorumlusu: Prof. Dr. Ayhan KESİMAL**

**TRABZON - 2016**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI**

**SORULAR**

- 1) Direkt ve indirekt çekme deneylerini kıyaslayınız. Uygulamada neden indirekt çekme dayanımı deneyi tercih edilmektedir? (30p)
- 2) Kayaçların çekme dayanımının belirlenmesinin maden mühendisliği açısından önemini tartışınız.(15 p)
- 3) 4 farklı kayaç numunesi üzerinde yapılan indirekt çekme dayanımı deneyi sonucunda bulunan kırılma yükleri ve kullanılan numune boyutları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Buna göre kayaçların çekme dayanımını hesaplayınız. (50p)

Kayaç Numuneleri	Kırılma Yüğü (Fc) (kN)	Numune Çapı (D) (mm)	Numune Kalınlığı (L) (mm)	Çekme Dayanımı ( $\sigma$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Çekme Dayanımı ( $\sigma$ ) (MPa)
Traverten	7,no	54,70	27,10		
Kireçtaşı	9,no		26,80		
Andezit	14,no		27,50		
Granit	22,no		28,10		

**Deney Sorumlusu ve Hazırlayan: Arş. Gör. Serkan KAYA**

**Ders Sorumlusu: Prof. Dr. Ayhan KESİMAL**

**TRABZON - 2016**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI**

**NOTLAR:**

- Tablolardaki “**Kırılma Yüğü**” sütunundaki virgülden sonraki kısma her öğrenci **kendi öğrenci numarasının son 2 hanesini** yazıp, hesaplamaları öyle yapacaktır.
- Rapor düzeni **5 puan** üzerinden değerlendirilecektir.
- $1 \text{ MPa} = 10,1972 \text{ kg/cm}^2$   
 $1 \text{ KN} = 101,9716 \text{ kg}$

**Deney Sorumlusu ve Hazırlayan: Arş. Gör. Serkan KAYA**

**Ders Sorumlusu: Prof. Dr. Ayhan KESİMAL**

**TRABZON - 2016**