

# Kayaların Gevrek Kırılabilirliğinin Değişik Yöntemlerle Belirlenmesi \*

Yazan : V. Huckaxx  
B. Dad\*\*

Seçkin İNCEEFE^

## GİRİŞ :

Gevrek kırılabilirlik kayaların en önemli mekanik özelliklerinden biridir. Ancak değişik yazarlar bu terimi başka başka anlamakta, dolayısıyla ölçümleri de belli bir uyumluluk içinde olmamaktadır. Bu yazıdan amaç, gevreklik kavramının analizini yapmak ve ölçüm yöntemlerini belirtmektir.

Gevrek Kırılabilirlik ve Sünümlülük Kavramları :

Maddelerin mekanik bir özelliği olarak gevrek kırılabilirlik değişik yazarlar tarafından değişik tanımlanıyor. Hetenyi'ye göre sünümlülük özelliğinin olmaması veya sünümlülüğün zıddıdır. Gevrekliğin derecesi, bir maddenin düşük uzama (çekmede) yüzdesi veya kesit alanının azalma yüzdesi ile ifade edilir. Terim görecidir. Çünkü genel olarak kabul edilen belli bir sınır değer yoktur. Yani şu değer altında madde gevrekliktir veya üstünde sünümlüdür dememektedir. Morley ise gevrekliği sünümlülüğün olmaması halidir diyor ve sünümlülüğünü de şöyle tanımlıyor:

Çekme kuvveti ile kesit alanı küçültülebilen maddelerin bu durumunu sağlayan mekanik özelliktir. Fizik ve mekanik kitaplarında benzer tanımlar vardır. Obert ve Duvall a göre gevreklik dökme demir ve birçok taşlarda olduğu gibi «elastik geri-

limin» ötesinde çatlaklardan dolayı maddenin kırılabilirlik durumudur. Ramsay'a göre ise gevreklik maddelerin elastik sınırı içinde deforme olurken içsel kohezyonun parçalanmasıdır. Tam bu durumda ki gerilim koşulları da kırılma kuvvetini tanımlar. Gevrek kırılabilirlik «Glossary Of Geology And Related Sciences» e göre ise,- plastik akmanın olmadığı ortamda maddenin kırılabilirlik özelliğidir.

Yukarıdaki tanımlardan kırılabilirliğin (gevrek) çok kesin bir kavramını çıkarmak güçtür. Ancak gevrek kırılabilirlik derecesi yüksek olan bir maddede şu özellikler (genelde) vardır :

- Uzama miktarının azlığı
- Çatlaklı kırılma
- Sıkıştırma kuvvetinin çekme kuvvetine oranla fazla oluşu
- Yüksek içsel sürtünme açısı
- Yüksek elastik geri toparlanma yeteneği
- Girintili çıkıntılı çatlakların oluşumu
- Kırılmada ince parçacıkların oluşumu

Gevreklik Ölçümlerinin Prensipleri :

Tanımlarda kesin bir birliğin olmaması, ölçümlerde de belli bir standardın olmamasının nedenidir. Bununla birlikte değişik prensipler aşağıda anlatılmıştır:

x International Journal Of Rock Mechanics And Mining Sciences, Cilt: 11, No: 10, Ekim 1974.

\* Madencilik ve Metalürji Bölümü, Laval Üniversitesi, Quebec, Kanada  
xxs Maden Y. Müh. M.T.A. Ankara

1 — Gevrekliğin tekrar eski haline dönebilen deformasyon yüzdesinden belirlenmesi:

Coates'e göre gevrek kırılabilirlik; kırılma noktasında, tekrar eski haline dönebilen deformasyon oranının toplam deformasyon oranına bölümüdür. Bu kavram yazıda B<sub>1</sub> olarak sembolize edilmiştir. Şekil : 1'e göre;

$$B_1 = DE/OE$$

2 — Gevrekliğin tekrar geri verilebilen enerji yüzdesi ile belirlenmesi:

Bu, Baron tarafından kullanılan bir kavramdır. Şekil : 1 den (B<sub>2</sub> bu kavrama göre gevrek kırılabilirlik),

B<sub>2</sub> = Geri Verilebilen Enerji/Toplam Ener-

ji=DCE kapalı alanı/oABCE kapalı alanı  
3 — Çekme ve sıkıştırma kuvvetlerinden gevrekliğin belirlenmesi :

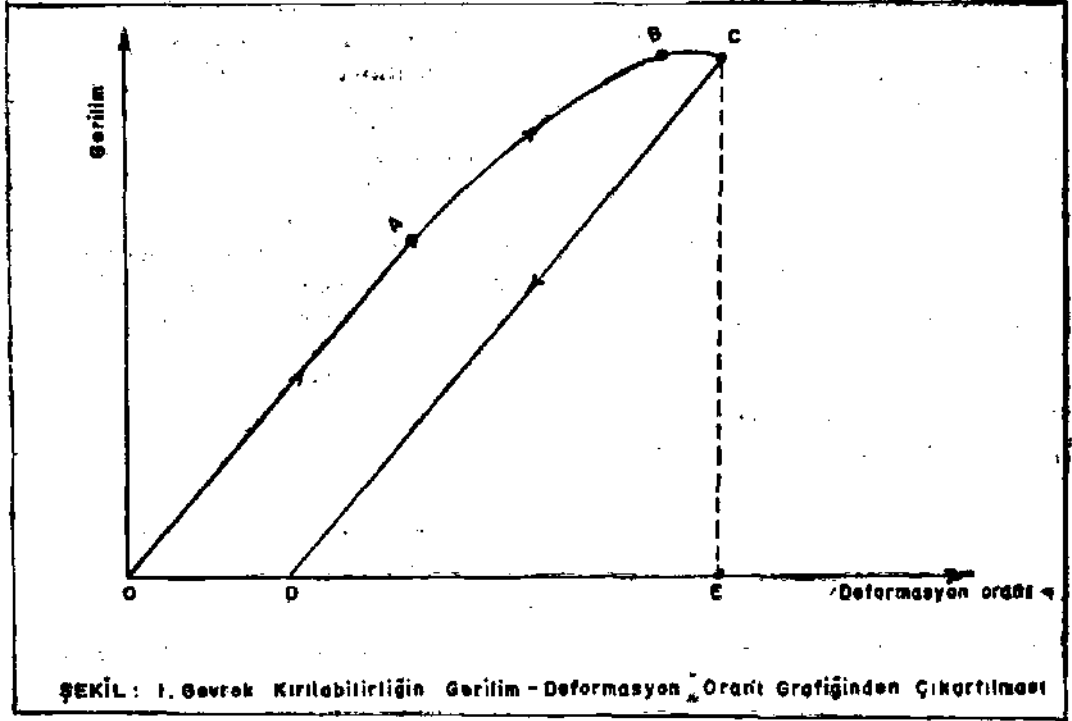
Sıkıştırma ve çekme kuvvetlerinin farkları arttıkça gevreklik derecesinin de fazla olduğu gözlenen bir gerçektir. Buradan giderek gevrekliğin (B<sub>3</sub>) belli bir eşitliği elde edilebilir:

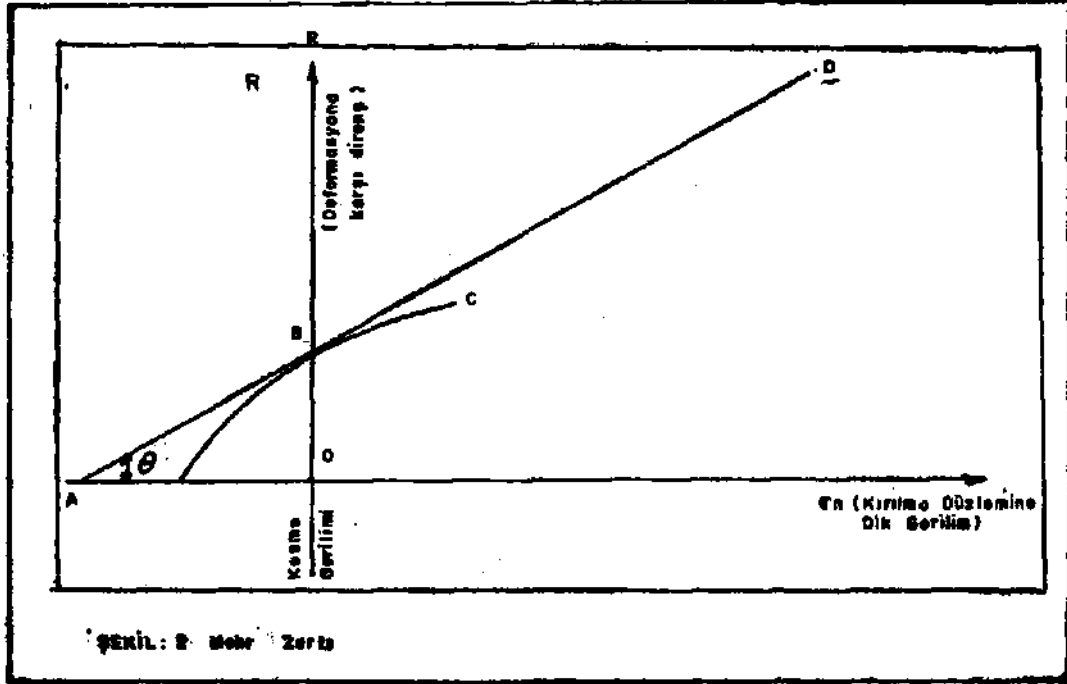
$$B_3 = (\sigma_s - \sigma_c) / (\sigma_s + \sigma_c)$$

Burada :

$\sigma_s$  = Sıkıştırma gerilimi

$\sigma_c$  = Çekme gerilimi





Şekil: 2 - Mohr Zartı

4 — Mohr zarfından yararlanılarak kırılabilirliğin belirtilmesi :

Mohr teoriye göre deformasyona karşı en fazla direnç (Şekil : 2)

$$R = C + \sigma_n \tan \theta$$

Burada .

R = Deformasyona karşı direnç

$\theta$  = Kırılma düzlemine dik sarilim

C = Koharyon

$\theta$  = içsel sürtünme açısı kısmi diferansiyel alındığında

$$\left( \frac{\partial R}{\partial \sigma_n} \right) = \tan \theta \text{ bulunur}$$

$$B_3 = \frac{\frac{\partial R}{\partial \sigma_n}}{\sqrt{1 + \left( \frac{\partial R}{\partial \sigma_n} \right)^2}} = \sin \theta$$

$B_3$  = Mohr zarfından ;  $\sigma_n = 0$  iken tanımlanan gevrek kırılabilirlik.

Artan yan baskı ile deformasyona karşı direncin artması gevrek kırılabilirliğin karakteristik bir görünümüdür. Sünümlü maddelerin de içsel sürtünme açıları küçük değerlerde kalmaktadır.

5 — Gevrekliğin kesme geriliminden belirlenmesi :

Bu yöntem de bir öncekine benzer; Mohr gerilim çemberinden faydalanılır. Kırılabilirlik radyan olarak verilir.

$$B_3 = \frac{(\sigma_s - \sigma_c)}{\sigma_s + \sigma_c} \times 100$$

6 — Gevrek kırılabilirliğin Protodyakonov Darbe deneyinde meydana gelen ince parçacıklarla belirlenmesi :

Yukarıda da belirtildiği gibi kırılmada ince parçacıkların oluşumu «gevrek kırılabilirlik» özelliğe bağlıdır. Protodyakonov darbe deneyinden ise kırılabilirliğin belirlenmesinde bu özellikten dolayı yararlanır. Gevrek kırılabilirlik ince parçacıkların oluşumlarının (% lerinin) fonksiyonu olarak ortaya konmaktadır.

$$B_s = q < T,$$

$B_s$  a **Kırlabilirlik**  
İnce parçacık y izda »i  
( - 28 meş )

<Tg => T«k «ksvnl sıkıştırma  
gorilimi

Deney ve Sonuçlar :

Gevrek kırılabilirliğin belirlenmesinde dört ayrı deney yapılmıştır. Bu deneyler : gerilim - deformasyon oranı tablosu, sıkıştırma ve çekme deneyleri, üç boyutlu sıkıştırma deneyleri (Mohr zarfı elde etmek için) ve darbe deneyi.

Burada anlatılan deneyler için iki ayrı tip örnek seçilmiştir: Skarn ve Silt taşı.

Bunlar Gaspe bakır madenlerinden (Murdoch ville - Quebec) alınmıştır, örnekler çapı bir inç, yüksekliği de iki inç. olan silindirik şekillerde hazırlanmıştır. Örnekler mikro deformasyonu ölçebilen aygıtlara konur ve gerilim - deformasyon oranı grafiği otomatik kaydedici ile çizilir. Çekme kuvvetini belirlemek için Brezilya Deneyi uygulanır. Protodyakonov Darbe deneyi için bir buçuk inci geçmeyen düzensiz parçalar protodyakonov aygıtında kullanıldı. Üç boyutlu sıkıştırma deneylerinde baskı sınırları 0-7500 psi idi.

Deneylerin sonuçları Tablo : 1-2-3-4' de gösterilmiştir. Tablolardaki değerler her on deneyin (iki cins taş için ayrı ayrı) ortalamalarıdır.

**Tablo : 1 Gevrek Kırılabilirliğin Gerilim -Deformasyon Oranı Grafiğinden Belirtilmesi.**

| Kaya Tipi | En büyük deformas. oranı $E_v$ ( $\mu\text{cm/cm}$ ) | Elastik def. oranı ( $\mu\text{cm/cm}$ ) | Toplam Enerji (Kırılma noktasına kadar $W_v$ (cm/kg)) | Elastik Enerji (Kırılma noktasında $W_e$ , cm/kg) | Gevrek kırılabilir                    |                                       |
|-----------|--|--|---|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
|           |  |  |   |   | $B_f = \frac{E_v \cdot 100}{E_v}$ (%) | $B_g = \frac{W_e \cdot 100}{W_v}$ (%) |
| Skarn     | 793  | 450                                      | 3,8807  | 1,5233  | 56,74                                 | 39,25                                 |
| Silt taşı | 851  | 414                                      | 2,2770  | 0,6986  | 48,71                                 | 30,70                                 |

**Tablo : 2 Gevrekliğin Sıkıştırma ve Çekme Kuvvetinden Belirlenmesi**

| Kaya Tipi | Sıkıştırma Kuvveti ( $\text{kg/cm}^2$ ) | Çekme Kuvveti ( $\text{kg/cm}^2$ ) | $\theta = \frac{\pi}{2} - 2\alpha$ | Buradaki $\alpha$ kesilme yüzeyinin ana baskı doğrultusu ile yaptığı dar açıdır |
|-----------|---|------------------------------------|------------------------------------|---|
|           |   |                                    |                                    |   |
| Silt taşı | 2000                                    | 217                                | 80,40                              |   |

**Tablo : 3 Mohr Zarfından Gevrek Kırılabilirlik**

| Kaya Tipi | İçsel Sürtünme Açısı ( $\theta$ ) | $B_4 = \tan \theta \times 100 / \sqrt{1 + \tan^2 \theta}$ |
|-----------|-----------------------------------|---|
|           |                                   |   |
| Silt taşı | 55°                               | 81,91   |

Tablo : 4 Protodyakonov Darbe I i Deneyi

| Kaya Tipi | Beş darbe-<br>den sonra<br>ince parça<br>yüzdesi, q<br>(—28 meş) | <b>Tek eksenli<br/>sıkıştırma<br/>kuvveti<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | $B_s = q \sigma_s$ |
|-----------|--|---|--------------------|
| Skarn     | 7,54   | Tek eksenli<br>sıkıştırma<br>kuvveti<br>(kg/cm <sup>2</sup> )         | $B_s = q \sigma_s$ |
| Silt taşı | 4,28   | 2323  | B. = q ÇT          |

2000  
Sonuç :

Bu deneylerden sonra aşağıdaki önemli noktayı belirtmekte fayda vardır :

— Gevrek kırılabilirliğin değişik deneylerde değerleri farklıdır. Ancak tüm deneylerde Skarn'ın gevrek kırılabilirliği silt taşınıninkinden daha fazladır.

Bu gün için gevrek kırılabilirlik kavramları birbirlerinden farklıdır. Bunun nedeni, her ayrı yöntemin; teknoloide kendri uygulama alanındaki pratikliğidir. Gevrek kırılabilirlik dendiğinde kavramı da vermek gerekir.