

Dr. H. Sönmez-JEM720



BÖLÜM -2: Süreksizliklerin Tanımlanması ve Jeomekanik Özellikleri

Hatırlayalım!

Süreksizlik: kaya kütlelerinde çekilme dayanımına sahip olmayan veya çok düşük çekilme dayanımına sahip tabakalanma düzlemi, eklem, fay, makaslama zonu, dilinim, şistozite vb. gibi jeolojik anlamda zayıflık düzlemlerinin tümünü içeren genel bir kavramdır

Ulusay ve Sonmez (2007)

Dr. H. Sönmez-JEM720



Süreksizlik Türleri

- **Dokanak;** iki farklı litolojik birim arasındaki sınır.
- **Tabaka düzlemi;** Sedimanter kayaların oluşumu sırasında tane boyu ve yönelimi, mineralojik bileşim, renk ve sertlik gibi faktörlerdeki değişime bağlı olarak gelişen bir yüzeydir.
- **Fay ve makaslama zonu;** yüzeyi boyunca birkaç santimetreden kilometrelere uzunluğa kadar göreceli bir yerdeğıştirmenin meydana geldiği makaslama yenilmesine maruz kalmış yüzeylerdir.
- **Eklem;** yüzeyi boyunca herhangi bir yer değıştirmenin meydana gelmediği doğal kırıktır.
- **Dilinim (Klivaj);** ince taneli kayalarda, sıkıştırıcı kuvvete dik yönde oluşmuş, sık aralıklı ve birbirine paralel yönde gelişmiş zayıflık düzlemleridir.
- **Fisür;** Fookes ve Denness (1969) tarafından "sürekli bir malzemeyi ufak birimlere ayırmadan bölen süreksizlik"
- **Foliasyon (Yapraklanma);** yüksek basınç ve/veya yüksek sıcaklık altında farklılaşma veya minerallerin tercihli yönelimi nedeniyle ortaya çıkan metamorfik kökenli zayıflık yüzeyleridir.
- **Damar;** çevre kayasından farklı özellikteki bir malzeme tarafından doldurulmuş kırıktır.

Ulusay ve Sonmez (2007)

Dr. H. Sönmez-JEM720



Fay yüzeyi (Antalya-Adrasan Korsan koyu)



Foto: H. Sönmez

Dr. H. Sönmez-JEM720



Fay yüzeyi

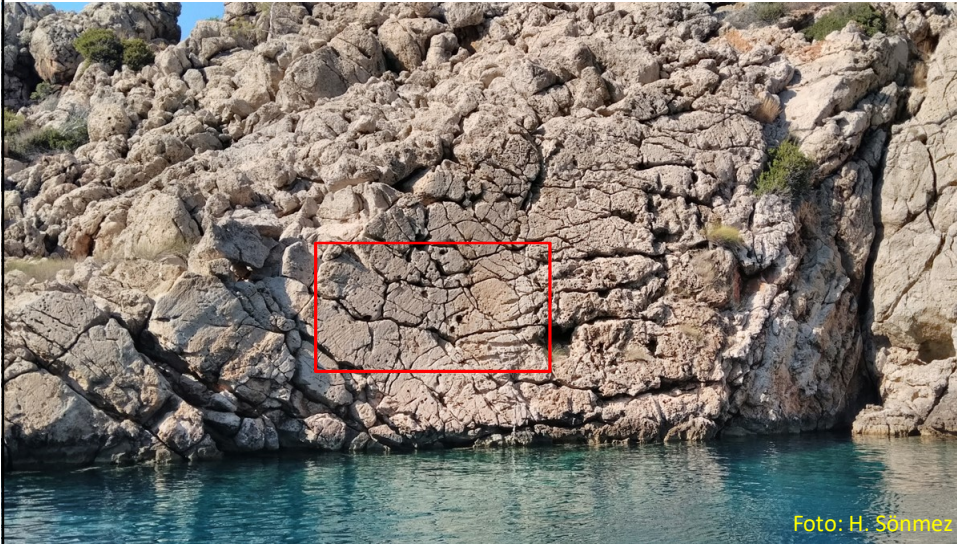


Foto: H. Sönmez

Dr. H. Sönmez-JEM720



Fay yüzeyi



Dr. H. Sönmez-JEM720



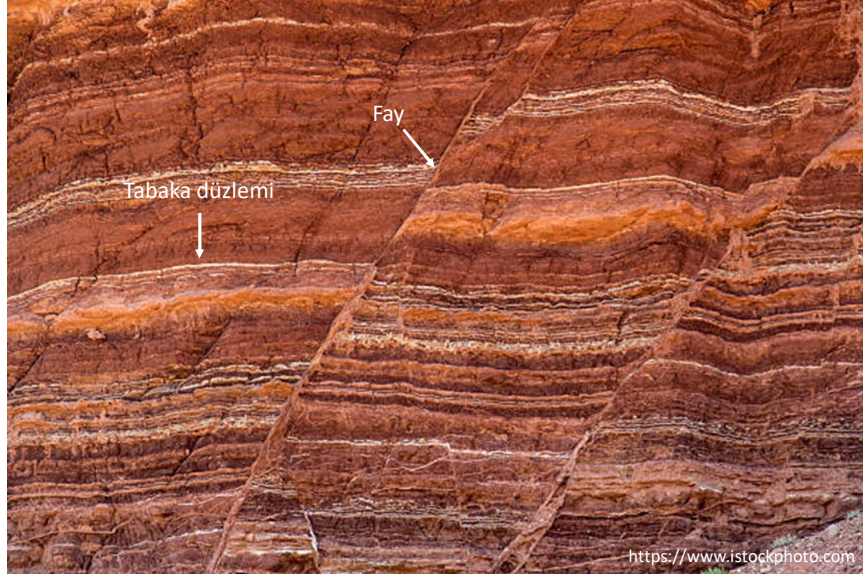
Eklem



Dr. H. Sönmez-JEM720



Tabakalanma düzlemleri ve faylanmalar



Dr. H. Sönmez-JEM720



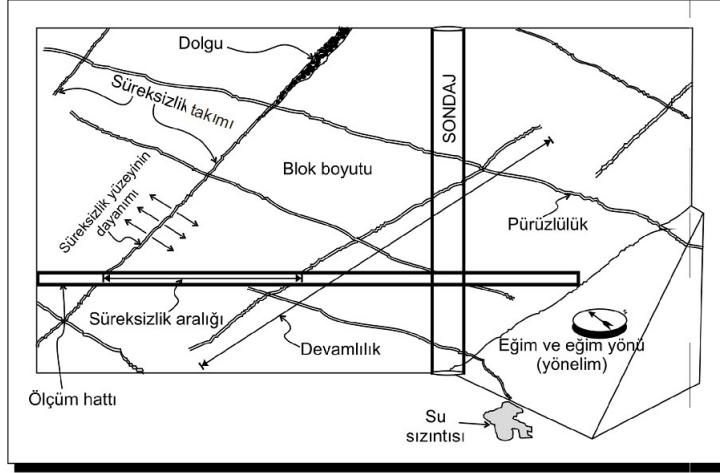
Süreksizlik özelliklerinin tanımlanmasındaki veya ölçülmesindeki amaç nedir?

- Yapısal jeolojik değerlendirme
- Süreksizliklerle mühendislik yapısı arasındaki ilişkisinin belirlenmesi
- Kaya kütlesi sınıflamalarına girdi parametresi sunmak
- Kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özelliklerini belirlemek

Dr. H. Sönmez-JEM720



Süreksizlik Özellikleri



Şekil 2.1. Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri (Hudson, 1989'dan yararlanılmıştır).

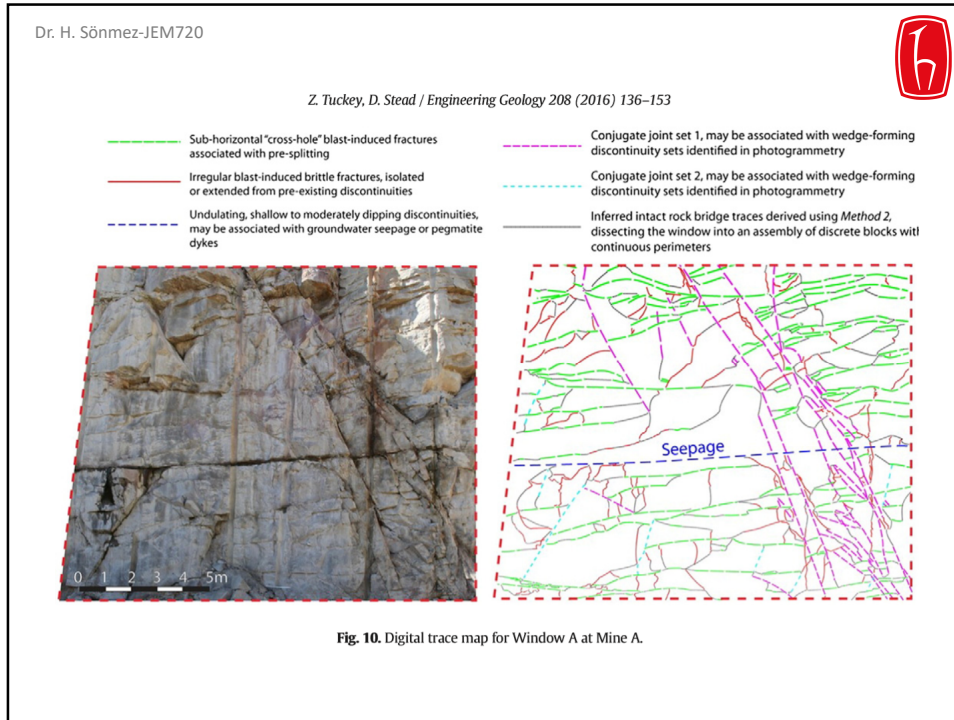
Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720



Süreksizlik Özelliklerinin Tayini

- Hat etütleri (en az 150 tercihan ~300 süreksizlik tanımı),
- Pencere haritalaması (pencerenin bir kenarı 30 ile 100 arasında değişen sayıda süreksizliği kesecek)
- Sondaj karot sandıklarında ölçüm ve gözlem



Dr. H. Sönmez-JEM720

Hat etüdünde dikkat edilmesi önerilen hususlar:

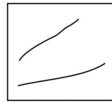
- Kaya döküntülerinden temizlenmiş, süreksizliklerin izlenebildiği bir yüzey
- Hat boyunca tercihan 150-300 adet ölçüm alınması istenir. Yüzeyin büyüklüğünün yeterli olmaması durumunda aynı kaya kütesinin farklı çıkımlarında hat ölçümü alınır.
- Şerit metre yatay, düşey veya gerekli olması durumunda odaklanılan süreksizlik takımının eğimine dik (veya çıkımadaki izine dik) yönde gergin bir şekilde sabitlenir.
- Hattın kesmediği hatta paralel izi olan süreksizlikler atlanmamalıdır.
- Hat boyunca şerit metrenin kestiği tüm süreksizliklerin özellikleri hat etüdü formuna işlenir.
- Hat boyunca yüzeye dik şekilde ardışık yakın foto (~1 m hattı içerecek şekilde) alınır.

Dr. H. Sönmez-JEM720

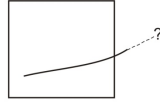


Pencere haritalamasında dikkat edilmesi önerilen hususlar.

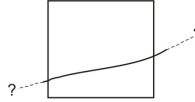
- Dörtgen şekilli bir alanın temiz kaya kütlesi yüzeyine işaretlenerek içerisindeki tüm süreksizliklerin özelliklerinin tanımlandığı veya ölçüldüğü yöntemdir.
- Süreksizliklerin ölçüm ve tanımlanma tekniği hat etüdü ile aynıdır.
- Erişim koşullarına bağlı olarak pencere genişliği bir kenarı 30 ile 100 adet süreksizlik içerecek şekilde ve/veya 5m-10m arasında olacak şekilde seçilir.
- Hat etüdünde süreksizlik yönelimi ve boyutu için olası hatalar bu yöntemde pek fazla beklenmez.
- Mümkün olması durumunda bir biriyle açılı (geniş açılı veya dike yakın) iki pencerede ölçüm alınması pencere ile aynı yönelimli (paralel) süreksizliklerin atlanmaması için önemlidir.



her iki ucuda
pencere
içinde sonlanan



bir ucu
pencere
içinde sonlanan



iki ucu da
pencere
içinde gözlenmiyor

Dezavantajları

- (1) Hangi süreksizliğin ölçüldüğünün takibi zor.
- (2) Geniş alanlarda erişim güçlüğü (foto analiz tekniği ile bir ölçüde aşılabilir)

Dr. H. Sönmez-JEM720



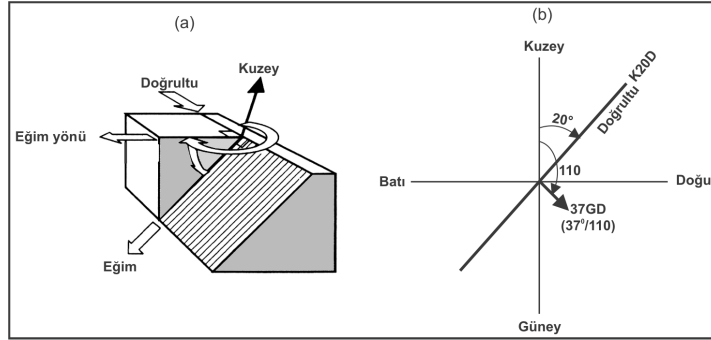
(1) Süreksizlik Yönelimi

Süreksizlik türleri için veri formlarında ve jeoteknik loglarda tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan simgeler.

Süreksizlik türü	Simge
Dokanak	Co
Tabakalanma	B
Fay	F
Fay zonu	FZ
Makaslama zonu	SZ
Eklem	J
Foliasyon (yapraklanma)	F _o
Dilinim (Klivaj)	C
Damar	V
Şistozite	S
Fisür	F

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720

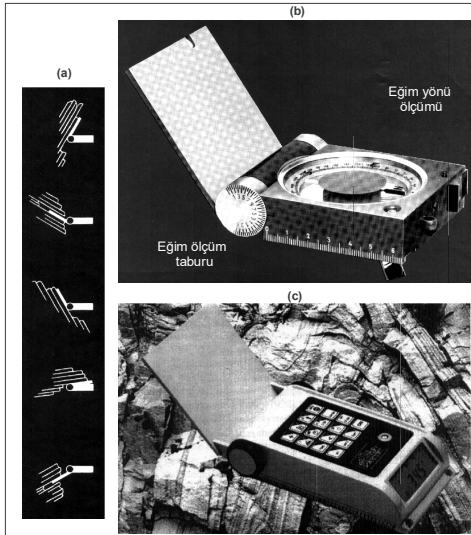
(1) Süreksizlik Yönelimi (devam ediyor)

Şekil 2.28. (a) Doğrultu, eğim ve eğim yönü kavramlarını gösteren blok diyagram ve (b) doğrultu ve eğim yönü arasındaki ilişkiye bir örnek.

N35W/56NS \longrightarrow / (eğim/eğim yönü)

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720

(1) Süreksizlik Yönelimi (devam ediyor)

BRUNTON tip jeolog pusulası

Şekil 2.29. (a) Eğim ve eğim yönünün ölçümü, (b) eğim ve eğim yönünü ölçen pusula (Coela Compass) ve (c) aynı pusulanın verileri depolayabilen elektronik donanımlı dijital modeli.

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720

(1) Süreksizlik Yönelimi (devam ediyor)



Dr. H. Sönmez-JEM720

(1) Süreksizlik Yönelimi (devam ediyor)



Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Şekil 2.27. Bir süreksizlik düzleminin yöneliminin pusula ile ölçümü.

**Dalgalı süreksizliklerde genel yönelimin ölçümüne dikkat !
Süreksizliğin genel eğiminin ölçülmesi için geniş yüzeyli
plaka konularak ölçüm yapılmalıdır !**

Dr. H. Sönmez-JEM720

(1) Süreksizlik Yönelimi (devam ediyor)

Dr. H. Sönmez-JEM720

(2) Süreksizlik Aralığı ve Süreksizlik Sıklığı

- **Süreksizlik aralığı (x)**, kaya kütlelerinde komşu konumlu iki süreksizlik veya birbirine paralel eklemlerden oluşan bir süreksizlik takımındaki iki süreksizliğin arasındaki uzaklıktır.
- **Süreksizlik sıklığı (λ)**, 1 m'deki süreksizlik sayısıdır. Diğer bir ifadeyle $\rightarrow \lambda=1/x$

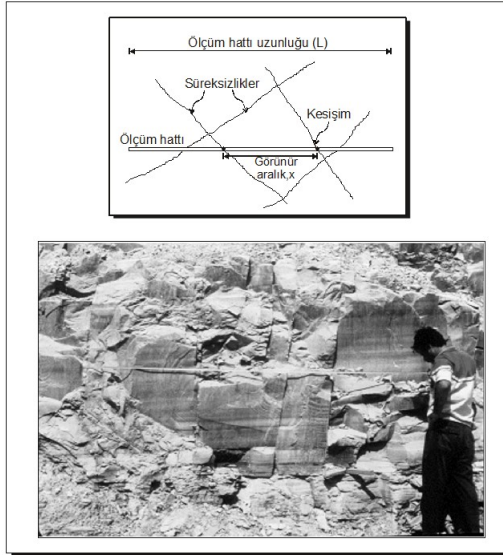
Süreksizlik sıklığı (veya süreksizlik aralığı)

- ✓ Kaya kütlelerinin geçirgenliği
- ✓ Kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon

davranışları üzerinde en etkili parametredir.

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720

(2) Süreksizlik Aralığı ve Süreksizlik Sıklığı (devam ediyor)

Şekil 2.3. Ölçüm hattı boyunca süreksizlik aralığının tayini ve bir hat ölçümünden görünüm

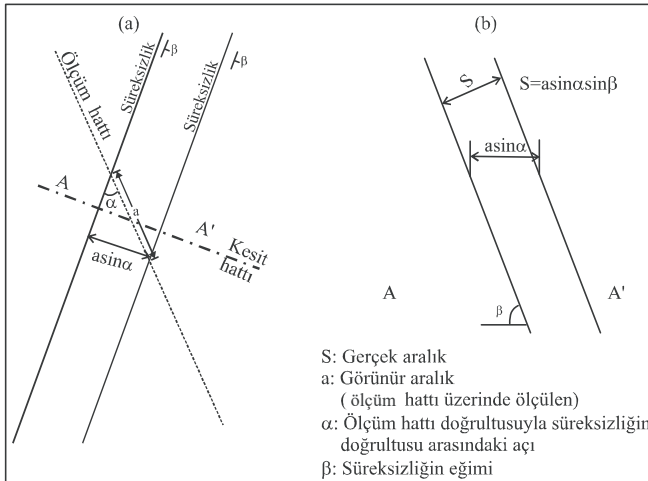
Ulusay ve Sönmez (2007'den)

İki tür süreksizlik aralığından söz edilebilir.

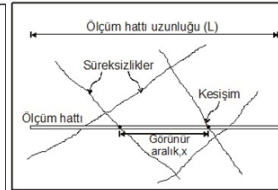
(1) Görünür süreksizlik aralığı: şerit metre veya sondaj eksenı boyunca iki komşu süreksizlik arasındaki mesafedir.

(2) Gerçek süreksizlik aralığı: şerit metre veya sondaj eksenı boyunca aynı eklem setine (benzer yönelime sahip) ait iki komşu süreksizlik arasındaki **dik mesafedir**.

Dr. H. Sönmez-JEM720

(2) Süreksizlik Aralığı ve Süreksizlik Sıklığı (devam ediyor)**Gerçek (S) ve görünür (a) aralık**

Şekil 2.4. Görünür (a) ve gerçek aralık (b) parametreleri arasındaki ilişki.

Ortalama aralık (x)

$$x = L/N$$

$$\lambda = N/L \text{ veya } \lambda = 1/x$$

X: süreksizlik aralığı
 λ : süreksizlik sıklığı
L: ölçüm hattı uzunluğu
N: süreksizlik sayısı

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720

(2) Süreksizlik Aralığı ve Süreksizlik Sıklığı (devam ediyor)**Süreksizlik aralığını tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981).**

Aralık (mm)	Tanımlama
< 20	Çok dar aralıklı
20-60	Dar aralıklı
60-200	Yakın aralıklı
200-600	Orta derecede aralıklı
600-2000	Geniş aralıklı
2000-6000	Çok geniş aralıklı
>6000	İleri derecede geniş aralıklı

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

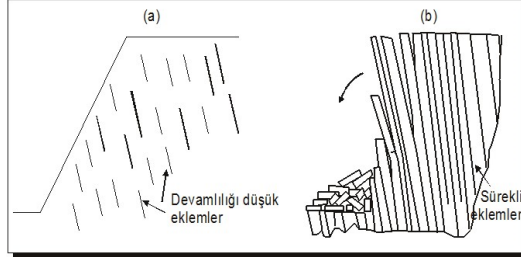
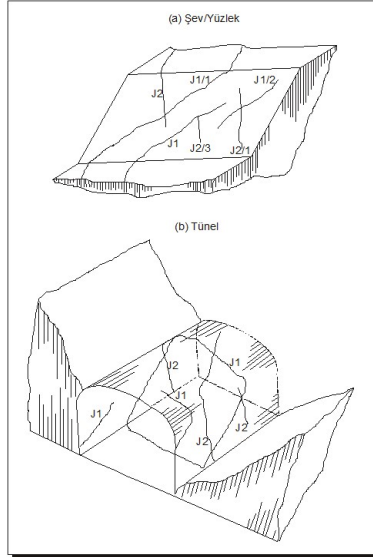
- ✓ Süreksizlik aralığı (m) ile süreksizlik sıklığı veya frekansı (m^{-1}) matematiksel ilişkili olup bir birinin tersidir.
- ✓ Süreksizlik aralığı azaldıkça kaya kütlesi daha eklemli bir yapıya sahip olur ve kütle dayanımı olumsuz etkilenir (azalır).
- ✓ Süreksizlik aralığı azaldıkça kaya kütlesi daha eklemli bir yapıya sahip olur ve kütle deformabilitesi artar.

Dr. H. Sönmez-JEM720

(3) Süreksizliklerin devamlılığı**Bazı Önemli Tespitler**

- Süreksizlikler kaya malzemesini (kaya bloklarını) sınırlandırılan genel olarak düzlemsel tanımlanan sınır elemanlarıdır.
- Süreksizlikler üç boyutlu (3D) uzayda alansal bir büyüklükle sonlanırlar.
- Kaya mostrası, şev aynası gibi iki boyutlu (2D) yüzeylerde süreksizliklerin çizgisel izi gözlenir.
- Süreksizliklerin devamlılıkları 2D yüzeylerde çizgisel izinin uzunluğunun ifadesidir.
- Yüksek devamlılık süreksizlik denetimli duraysızlıklar açısından olumsuzluk ölçüsü olduğu gibi, kaya kütleindeki süreksizliklerin sınırlandırdığı kaya bloklarının oluşumu ve serbestleşebilirliği açısından da önemlidir.

Dr. H. Sönmez-JEM720

(3) Süreksizliklerin devamlılığı (devam ediyor)**Süreksizliğin yüzeyde izlenmesinin tanımlanmasında:**

- Yüzlek dışında da devam eden (her iki ucu da yüzlekte gözlenemeyen) süreksizlikler için: **x** (J1/1 no.lu süreksizlik)
- Yüzlek içinde devamlılığı sona eren süreksizlikler için: **r** (J1/2 ve J2/1 no.lu süreksizlikler)
- Yüzlek içinde diğer süreksizlikler tarafından sonlanan süreksizlikler için: **d** (J2/3 no.lu süreksizlik).

$$T_i = \frac{\sum r}{2(\sum r + \sum d + \sum x)} 100$$

Sonlanma indeksi (T_i), devamlılığı yüzlek içinde sona eren süreksizliklerin sayısının yüzlekte gözlenen toplam süreksizlik sayısına oranının yarısıdır (ISRM, 1981)

Uygulama pratiği ?

Ulusay ve Sönmez (2006'den)

Şekil 2.8. Süreksizliklerin devamlılığını gösteren izometrik diyagramlar. (Golder Associates, 1979a).

Dr. H. Sönmez-JEM720

(3) Süreksizliklerin devamlılığı (devam ediyor)**Süreksizliklerin devamlılığını tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981).**

Tanımlama	Süreksizlik izinin uzunluğu
Çok düşük devamlılık	< 1 m
Düşük derecede devamlılık	1-3 m
Orta derecede devamlılık	3-10 m
Yüksek devamlılık	10-20 m
Çok yüksek devamlılık	>20 m

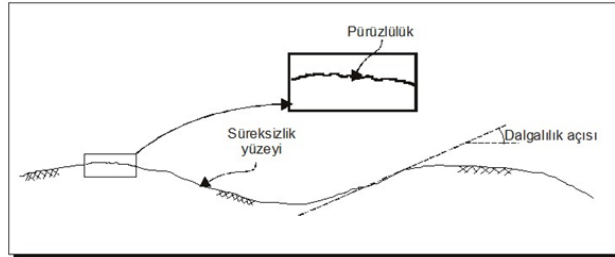
- ✓ Tabakalanma devamlılığı en yüksek yapısal unsurdur. Faylar mikro ölçekte gelişebildiği gibi kilometrelerce devamlılık sunan yapısal unsurlardandır.

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720



(4) Süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dalgalılığı



Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Pürüzlülük: Süreksizlik yüzeyinin küçük boyuttaki düzlemsellikten sapması

Dalgalılık: Süreksizlik yüzeyinin büyük boyuttaki düzlemsellikten sapması

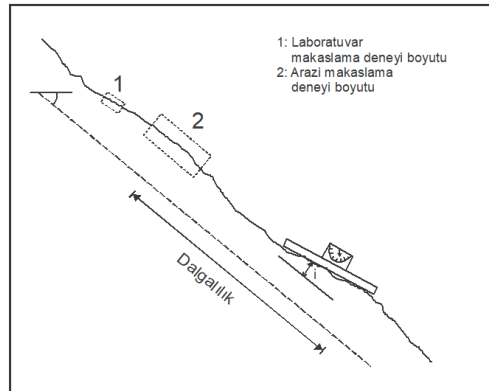
- ✓ Süreksizlik açıklığı ve dolgu özellikleriyle birlikte, her ikisi de süreksizlik yüzeyinin makaslama dayanımı üzerinde etkilidir.

Dr. H. Sönmez-JEM720



(4) Süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dalgalılığı (devam ediyor)

- ✓ Dalgalılık, süreksizlik yönelimine de bağlı olarak makaslama yer değiştirmesinin yönünde etkindir.
- ✓ Pürüzlülük, laboratuvarda küçük veya arazide büyük ölçekte makaslama dayanımında etkili rol oynar.



Farklı ölçekteki deneyler için örneklenebilecek farklı ölçekteki pürüzlülük yüzeyleri (ISRM, 1981)

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

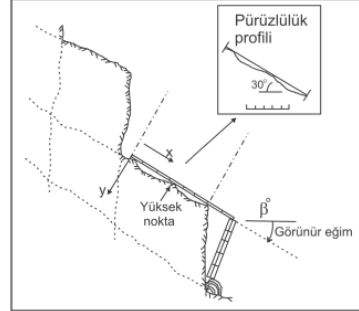
Dr. H. Sönmez-JEM720



(4) Süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dalgalılığı (devam ediyor)

Doğrusal profil alma yöntemi:

- ✓ Bu yöntemde; milimetre bölmeli ve uzunluğu en az 2 m olan bir şerit metre, pusula ve üzerinde 1 m ve 10 cm'lik mesafelerin işaretlenmiş olduğu 10 m uzunluğunda bir metal çubuk kullanılmaktadır.
- ✓ Şerit metre veya çubuktan süreksizlik düzlemine dik yöndeki mesafe (y) belirli bir teğetsel mesafe (x) için milimetre duyarlılığında kaydedilir.
- ✓ Hassas bir ölçüm yapılabilmesi açısından, ölçüm alınan uzunluğun yaklaşık %2'si kadar ölçüm aralıkları (x) esas alınmalıdır.



Süreksizlik yüzeyinde doğrusal profil yöntemiyle pürüzlülüğün ölçümü (ISRM, 1981)

x (cm)	y (mm)
0
.....
.....

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720



(4) Süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dalgalılığı (devam ediyor)

Mekanik profilometreler:

- ✓ Profilometre ile ölçülerek (genellikle potansiyel hareket yönünde) yine standart hazırlanmış pürüzlülük profilleriyle karşılaştırılarak belirlenebilmektedir.
- ✓ ortaya çıkan profil kalemle bir kağıda çizilerek ve gerekirse sayısallaştırılarak bilgisayar ortamında değerlendirilebilir

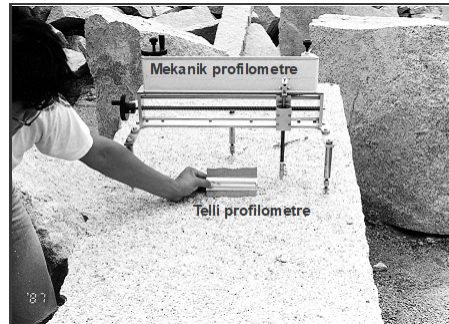
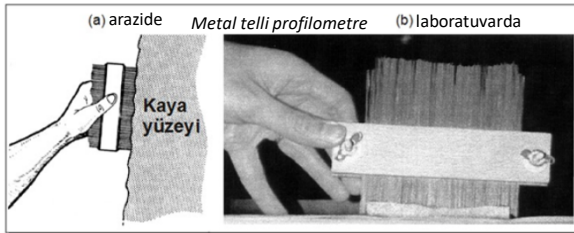


Foto Ö. Aydan (Ulusay ve Sönmez 2007'den)



➤ Oldukça pratik

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

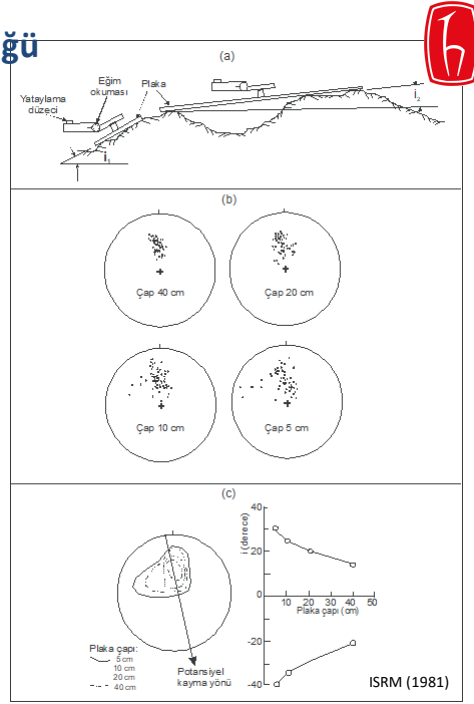
Dr. H. Sönmez-JEM720

(4) Süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dalgalılığı (devam ediyor)

Pusulula ve disk şeklindeki açı ölçerle pürüzlülük ve dalgalılığın ölçümü:

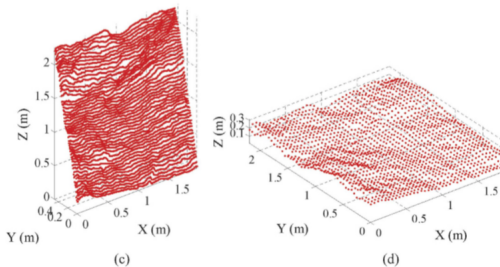
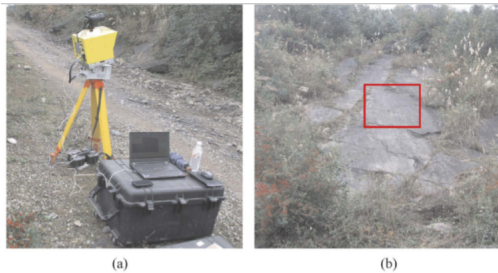
- ✓ Pusulanın ve değişik çaplardaki (5cm, 10cm, 20cm ve 40cm vb.) disk şeklinde açı ölçerler kullanılır.
- ✓ Ölçümlerin duyarlılığı, daha küçük çaplı plakalarla ve daha çok sayıda ölçüm alınarak artırılabilir.
- ✓ Yüzey tam olarak yaslanan plakanın ölçülen her eğim ve eğim yönü değeri plaka çapları dikkate alınarak stereonetlere ayrı ayrı işlenir. Her ölçüm takımı için konturlar çizilerek potansiyel kayma yönü belirlenir ve ayrıca plaka çapına göre pürüzlülük açısının değişim grafikleri çizilir.

Ulusay ve Sönmez (2007'den)



Dr. H. Sönmez-JEM720

(4) Süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dalgalılığı (devam ediyor)



Ge vd. (2015). Scientific RepoRts | 5:16999 | DOI: 10.1038/srep16999

- ✓ Son yıllarda Laser tarama veya sterfotograf teknikleri vb. araçlarla süreksizlik yüzeyinin üç boyutlu sayısal yüzey modeli de hazırlanabilmektedir.
- ✓ Bu modellerden istenilen yönde profil alınabilmektedir.

SCIENTIFIC REPORTS

OPEN A Description for Rock Joint Roughness Based on Terrestrial Laser Scanner and Image Analysis

Received: 28 May 2015
Accepted: 22 October 2015
Published: 26 November 2015

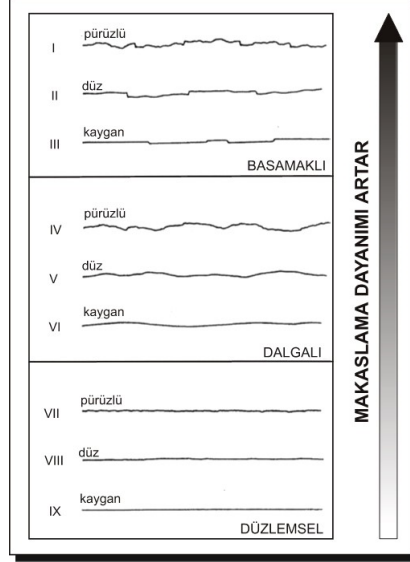
Yanfeng Ge¹, Huihui Tang², M. A. M. El-Eid³, Pengyu Chen⁴, Liangqing Wang⁵ & Jing Wang⁶

Dr. H. Sönmez-JEM720

(4) Süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dalgalılığı (devam ediyor)**Kalitatif pürüzlülük tanımlamaları:**

- ✓ Kaya mühendisliği çalışmalarında çoğu kez yukarıda belirtilen gereç ve yöntemlerin kullanılması, proje bütçesinin ve özellikle zamanın sınırlı olması nedeniyle mümkün olmayabilir.
- ✓ ISRM (1981) tarafından önerilen ölçüte göre, süreksizlik yüzeyi üzerinde gözlem yapılarak, küçük (birkaç santimetre) ve orta ölçekte (birkaç metre) olmak üzere, tipik pürüzlülük profilleri incelenen süreksizlik yüzeyi ile karşılaştırılmak suretiyle pürüzlülük tanımlanır veya sınıflandırılır.

Batron yenilme ölçütündeki JRC'nin belirlenmesine yönelik profil tanımlamalarına ilerleyen bölümlerde ayrıca ayrıntılı olarak yer verilecektir.

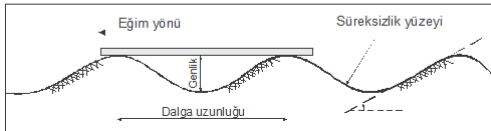


ISRM 1981-(Ulusay ve Sönmez 2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720

(4) Süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dalgalılığı (devam ediyor)

Dalgalılığın ölçümü, doğrusal profil alma yöntemiyle oldukça benzerdir. Hat boyunca genlik ve dalga boyu ölçümleridir.



Ulusay ve Sönmez (2007'den)



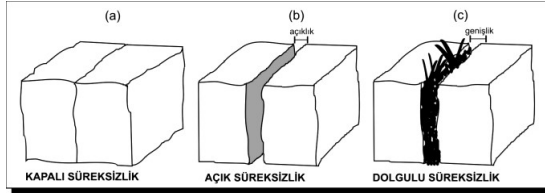
Dr. H. Sönmez-JEM720



(5) Süreksizlik açıklığı

Süreksizlik açıklığı, bir süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyi arasındaki dik uzaklık olup, boş olabileceği gibi, su veya herhangi bir dolgu malzemesi tarafından doldurulmuş da olabilir.

- ✓ Bir kaya kütleğinde süreksizliklerin açıklıkları fazla ise kaya kütleği daha gevşek bir görünüm alır ve bu durum dayanıma olumsuz etki yaparken, kaya kütleğinin deformabilitesi de artar.
- ✓ Açık süreksizliklerin varlığı kütle geçirgenliğini artırır.
- ✓ Süreksizlik açıklığı, pürüzlülük ve dolgu malzemesi süreksizlik yüzeyinin dayanımını birlikte kontrol eder.



Şekil 2.19. Kapalı, açık ve dolgulu süreksizlikler (ISRM, 1981'den).



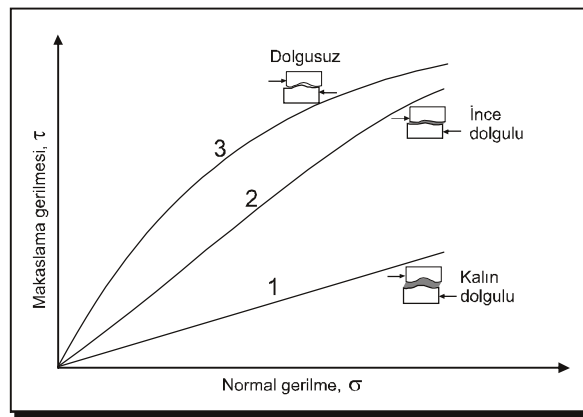
Şekil 2.20. Yumuşak dolgulu bir süreksizlik yüzeyinde mikrometre ile açıklık ölçümü.

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720



(5) Süreksizlik açıklığı (devam ediyor)



Şekil 2.22. Dolgu malzemesinin kalınlığının süreksizliğin makaslama dayanımına etkisi (Hoek ve Bray, 1981'den düzenlenmiştir).

- ✓ Süreksizliklerin açıklığı
- ✓ pürüzlülüklerin genliği (yüksekliği)
- ✓ dolgunun kalınlığı ve türü
 - Sert
 - Yumuşak

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720



Süreksizlik yüzeyinde bozunma ve dayanım

Kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM, 1981).

Tanım	Tanımlama ölçütü	Bozunmanın derecesi
Bozunmamış (Taze)	Kayanın bozunduğuna ilişkin gözle ayırdedilebilir bir belirti olmamakla birlikte, ana süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi gözlenebilir.	W 1
Az bozunmuş	Kaya malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiş ve kaya taze halinden daha zayıf olabilir.	W 2
Orta derecede bozunmuş	Kayanın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Kaya; taze, ya da renk değişimine uğramış olup, sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	W 3
Tamamen bozunmuş	Kayanın tümü toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlelerinin yapısı halen korunmaktadır.	W 4
Artık zemin	Kayanın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmakla birlikte, zemin taşınmamıştır.	W 5

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720



Süreksizlik yüzeyinde bozunma ve dayanım

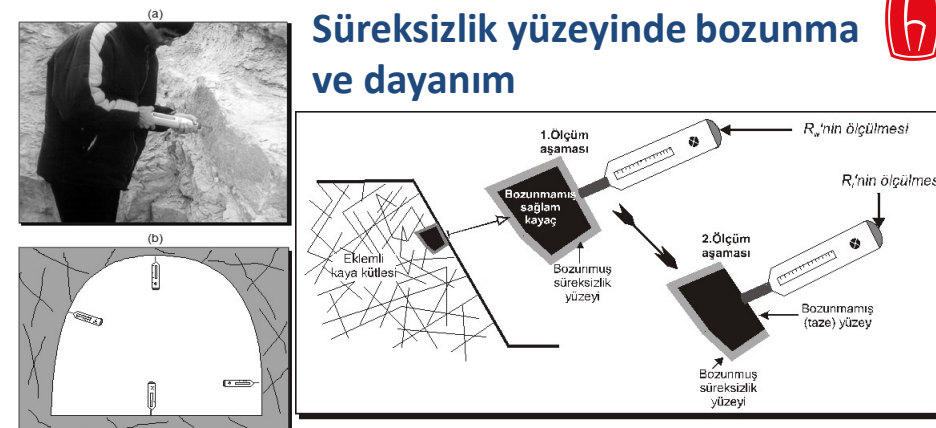
Kaya malzemesinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM, 1981).

Tanım	Tanımlama ölçütü
Taze (bozunmamış)	Kaya malzemesinin bozunduğuna ilişkin belirgin bir gösterge yoktur.
Renği değişmiş	Orijinal kaya malzemesinin rengi değişmiş olup, renkteki değişimin derecesi belirgindir. Renk değişimi sadece bazı mineral taneleriyle sınırlı ise, bu durum kayıtlarda belirtilmelidir.
Bozunmuş	Kaya malzemesi orijinal dokusunu korumakla birlikte, toprak zemine dönüşmüştür. Ancak minerallerin bir kısmı veya tamamı bozunmuştur.
Bozunmuş-dağılmış	Kayanın orijinal dokusu korunmakla birlikte, kaya malzemesi tamamen bozularak toprak zemine dönüşmüş olup, kırılındır.

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720

Süreksizlik yüzeyinde bozunma ve dayanım



Şekil 2.25. Eklemlü yüzeylerinin bozunma sınıflaması için önerilen ve sahada yapılan Schmidt çekiçi dayanım ölçümünü esas alan yöntem (Gökçeoğlu, 1997'den).

$$W_c = \frac{R_f}{R_w}$$

W_c	Sınıf	Tanım (ISRM, 1981)
<1.1	1	Bozunmamış (Taze)
1.1-1.5	2	Az bozunmuş
1.5-2.0	3	Orta derecede bozunmuş
>2.0	4	Tamamen bozunmuş

(Gökçeoğlu, 1997).

Dr. H. Sönmez-JEM720

Süreksizlik Yönelimi ve Takımı



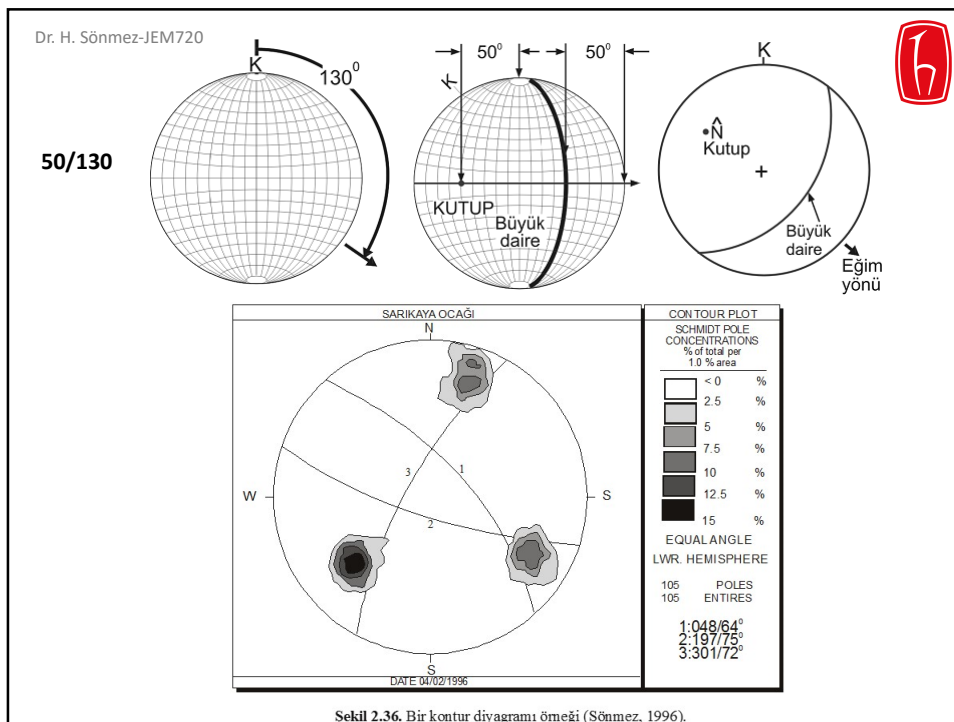
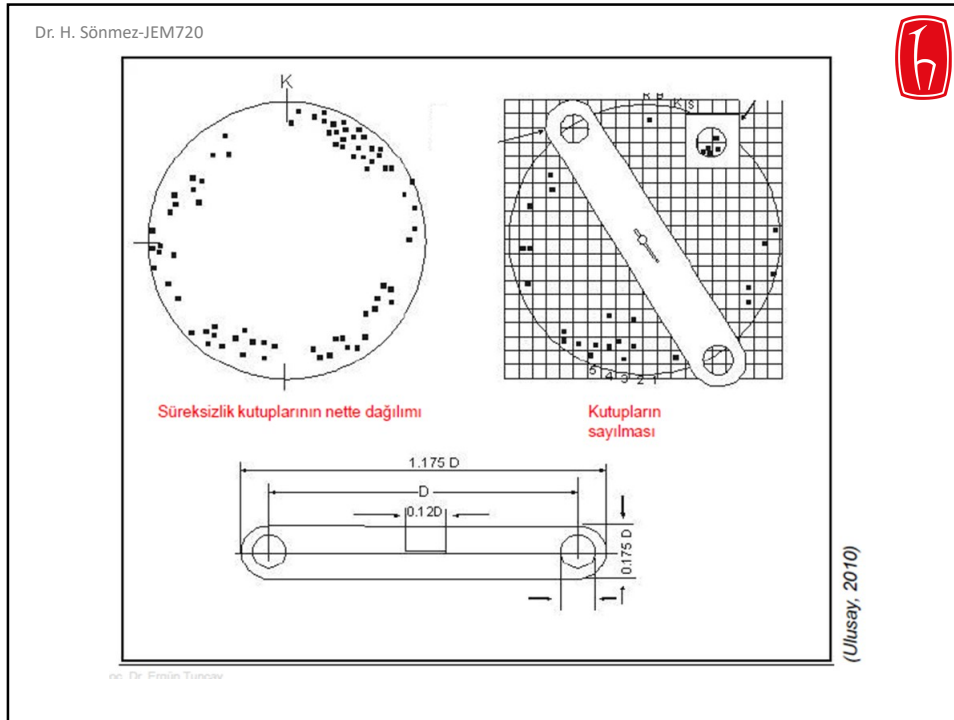
Doğrultu/eğim: K40D/58GD
Eğim/eğim yönü: 58°/120

- Yönelimleri yaklaşık benzer olan süreksizliklerin oluşturduğu topluluğa "süreksizlik takımı" adı verilir.

Şekil 2.27. Bir süreksizlik düzleminin yöneliminin jeolog pusulası ile ölçümü.

Süreksizlik takım sayısındaki artış kaya kütleleri dayanımını [olumsuz etkiler](#)

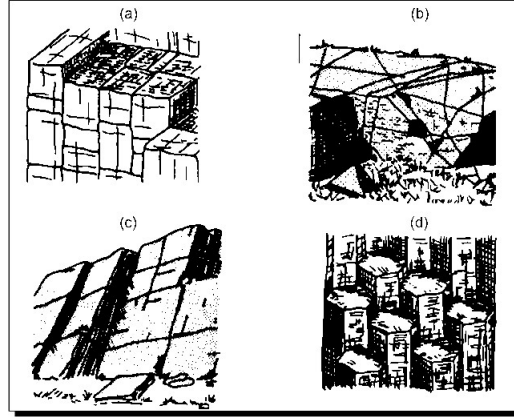
Ulusay ve Sönmez (2007'den)



Dr. H. Sönmez-JEM720



Blok şekli ve blok boyutu



- Masif
- bloklu
- yassı/plaka
- Kolonsal
- Düzensiz
- parçalanmış

Şekil 2.40. (a) Bloklı, (b) düzensiz, (c) yassı/plaka ve (d) kolonsal yapıya sahip kaya kütleleri (ISRM, 1981'den).

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720



Blok boyutu

- blok boyutu indeksi, I_b
$$I_b = \frac{(S_1 + S_2 + S_3)}{3}$$
- Hacimsel Eklem Sayısı (J_v)
$$J_v = \frac{N_1}{L_1} + \frac{N_2}{L_2} + \dots + \frac{N_n}{L_n}$$

Hacimsel eklem sayısına (J_v) göre blok boyutu tanımlaması (Palmström, 1995; ISRM, 1981).

Tanım	J_v (eklem/ m ³)
Çok geniş bloklar	<1
Geniş bloklar	1-3
Orta büyüklükteki bloklar	3-10
Küçük bloklar	10-30
Çok küçük bloklar	>30

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720



Şekil 3.5. Doğal süreksizlikler ve patlatma sonucu oluşmuş kırıklar.



Şekil 3.6. İleri derecede eklemli bir şist kaya külesinden görünüm (Beyşehir barit işletmesi)

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720



Sondaj parametreleri



Şekil 3.8. Jeoteknik amaçlı bir sondaja ait karotlardan bir görünüm ve ilerleme aralığı dikkate alınmaksızın, ayrı ayrı değerlendirilmesi gereken ileri derecede kırıklı zonlar (IKZ).

- TKV (toplam karot verimi)
- SKV (sağlam karot verimi)
- RQD (kaya kalite göstergesi)

RQD sınıflaması (Deere, 1964).

RQD	Kaya Kalite Göstergesi
0-25	A. Çok zayıf
25-50	B. Zayıf
50-75	C. Orta
75-90	D. İyi
90-100	E. Çok iyi (mükemmel)

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720



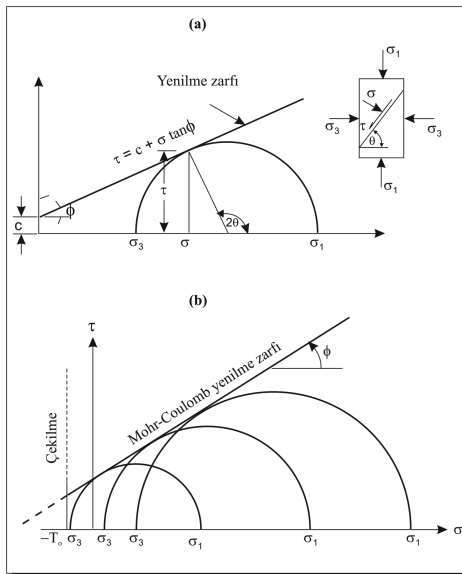
Çizelge 3.2. Süreksizliklere ait özelliklerin ölçüm ve/veya tanımlama kalitesinin yüzeyde ve sondaj karotlarında uygulanan yöntemler esas alınarak karşılaştırılması (Hudson, 1989'dan düzenlenmiştir).

Özellik	Ölçüm gereci	Karotlarda alınan ölçümün kalitesi	Kaya yüzleğinde alınan ölçümün kalitesi
Yönelim	Pusula-klinometre	Orta	İyi
Aralık	Şerit metre	İyi	İyi
Devamlılık	Şerit metre	Kötü	İyi/Orta
Pürüzlülük	Referans pürüzlülük profilleri	Orta	İyi
Dayanım	Schmidt çekici	Orta	İyi
Açıklık	Cetvel, mikrometre	Kötü	İyi
Dolgu	Gözlemsel	Kötü	İyi
Sızıntı	Zamana bağlı gözlemler	Kötü	İyi
Set Sayısı	Stereografik izdüşüm tekniği	Orta	İyi
Blok Boyutu	3 boyutlu eklem sıklığı	Kötü	İyi

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

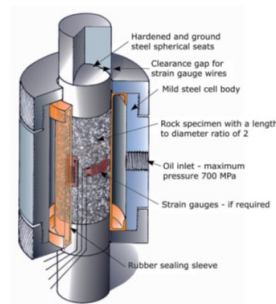
Dr. H. Sönmez-JEM720

Kaya malzemesinin Makaslama Dayanımı



Şekil 5.2. (a) Üç eksenli yenilmede gerilme koşulları ve (b) Mohr-Coulomb yenilme zarfı.

Hoek hücresinde üç eksenli sıkışma dayanımı deneyleri ile belirlenir.



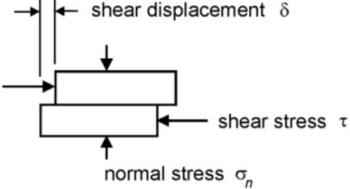
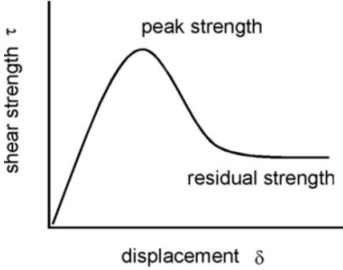
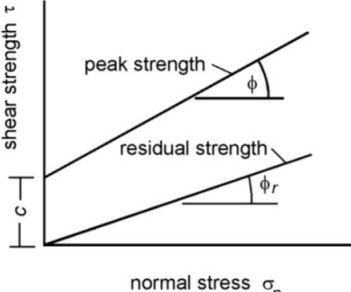
Mohr-Coulomb doğrusal ölçütü
Pratik amaçlarda doğrusal kabul yapılabilir.
Ancak gerçek davranış **eğriseldir**.

Ulusay ve Sönmez (2007'den)

Dr. H. Sönmez-JEM720

Süreksizlik Yüzeylerinin Makaslama Dayanımı

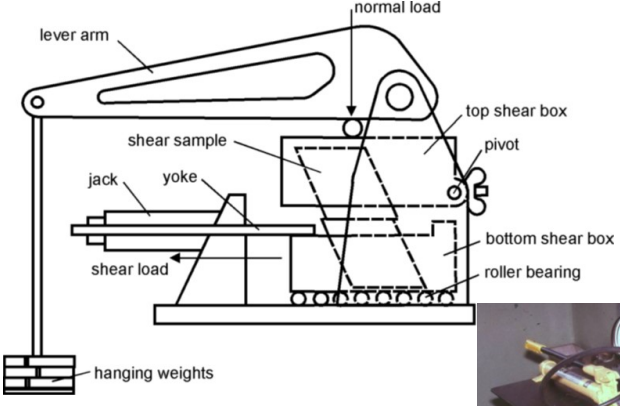
Düz yüzeylerin makaslama dayanımı:

$$\tau_p = c + \sigma_n \tan \phi$$




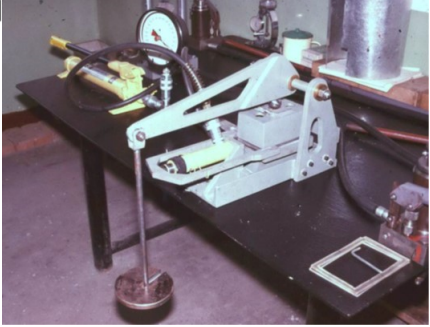
<http://www.rocsience.com>

Dr. H. Sönmez-JEM720

Laboratuvar deneyi



Hencher and Richards (1982; Hoek (2007'den)



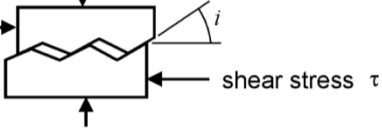
Hencher and Richards (1982; Hoek (2007'den)

<http://www.rocsience.com>

Dr. H. Sönmez-JEM720

Pürüzlü yüzeylerin makaslama dayanımı:

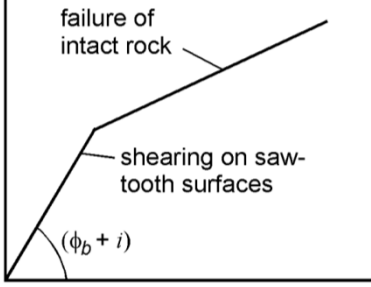
Patton (1966) $\tau = \sigma_n \tan(\phi_b + i)$



normal stress σ_n

shear stress τ

Patton'un dişli yüzeylere ait deneyi



shear strength τ

failure of intact rock

shearing on saw-tooth surfaces

$(\phi_b + i)$

normal stress σ_n

Laboratuvar deneylerindeki sınırlamalar

- ✓ Örnek hazırlaması zor,
- ✓ Makaslama kutusunda örnek
- ✓ sabitlemesi zor
- ✓ Deney hassasiyeti düşük
- ✓ Ölçek etkisi

Yenilme zarfında süreksizlik pürüzlülüğü, yüzey dayanımı ve normal gerilmenin etkisi

?

Dr. H. Sönmez-JEM720

Süreksizlik Yüzeyinin Makaslama Dayanımına Yönelik Ampirik İlişkiler

Çok sayıda ilişki ve çalışma var !

Yaygın bilinen ve kullanılan ilişkiler

Barton (1973) $\tau = \sigma_n \tan \left(\phi_b + JRC \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right)$

Barton and Choubey (1977) $\tau = \sigma_n \tan \left(\phi_r + JRC \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right)$

Dr. H. Sönmez-JEM720

Barton'un ampirik yenilme ölçütü:

$$\tau = \sigma_n \tan(\phi_b + i)$$

$$\tau = \sigma_n \tan\left(\phi_b + JRC \log_{10}\left(\frac{JCS}{\sigma_n}\right)\right)$$

JCS: Eklem yüzeyinin dayanımı (Joint compressive strength)

JRC: Eklem pürüzlülük katsayısı (Joint roughness coefficient)

 ϕ_b = yapay olarak hazırlanmış düz yüzeyin içsel sürtünme açısı (makaslama deneyi)**Ölçütte doruk (peak) dayanım belirlenir****(Uzun dönem şev duraylılığı analizleri için problem !)**

$$\tau = \sigma_n \tan\left(\phi_r + JRC \log_{10}\left(\frac{JCS}{\sigma_n}\right)\right) \quad \phi_r = (\phi_b - 20) + 20(r/R)$$

r: ıslak ve bozunmuş yüzeydeki Schmidt geri verme sayısı

R: kuru ve taze yüzeydeki Schmidt geri verme sayısı

Dr. H. Sönmez-JEM720

JRC'nin seçilmesi ve ölçek etkisi

	JRC = 0 - 2
	JRC = 2 - 4
	JRC = 4 - 6
	JRC = 6 - 8
	JRC = 8 - 10
	JRC = 10 - 12
	JRC = 12 - 14
	JRC = 14 - 16
	JRC = 16 - 18
	JRC = 18 - 20

$$JRC_n = JRC_o \left(\frac{L_n}{L_o}\right)^{-0.02 JRC_o}$$

 $L_o = 100$ mmJRC_o : L_o=100 m yüzey uzunluğu için JRCL_n=saha ölçeği (blok boyutu)JRC_n : ölçek etkisinin dikkate alındığı JRC

Barton ve Bandis (1983)

