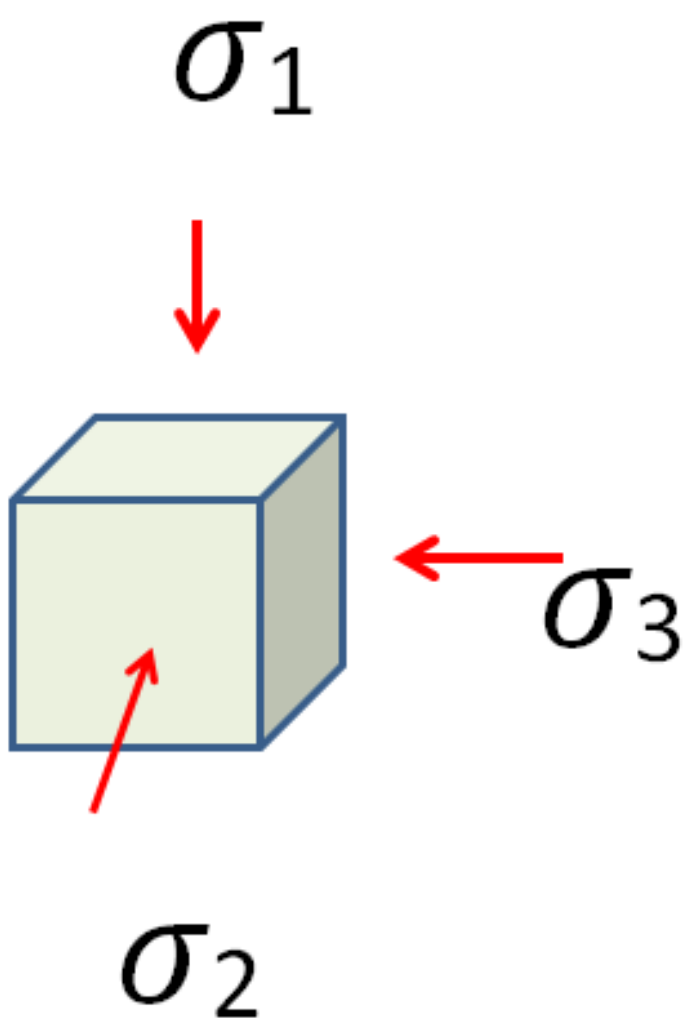
الاجهادات والانفعالات في الصخور

- الاجهاد :كمية فيزيائية ناتجة عن تأثير القوى على مساحة معينة
- تكون الصخور في الطبيعة تحت تأثير ثلاثة اجهادات عمودية متمثلة باحداثيات المحاور الرئيسة x,y,z تعرف بالاجهادات الاولية وهي الاجهاد الاولي الاكبر والإجهاد الاولي المتوسط والإجهاد الاولي الاصغر


σ_1
σ_3
σ_2

- ان طبيعة هذه الاجهادات واتجاهاتها وقيمتها هي المسيطرة على ميكانيكة حدوث التشويهات والتشققات على شكل فواصل وفوالق
- الصخور في الموقع تتأثر بعدة عوامل اهمها

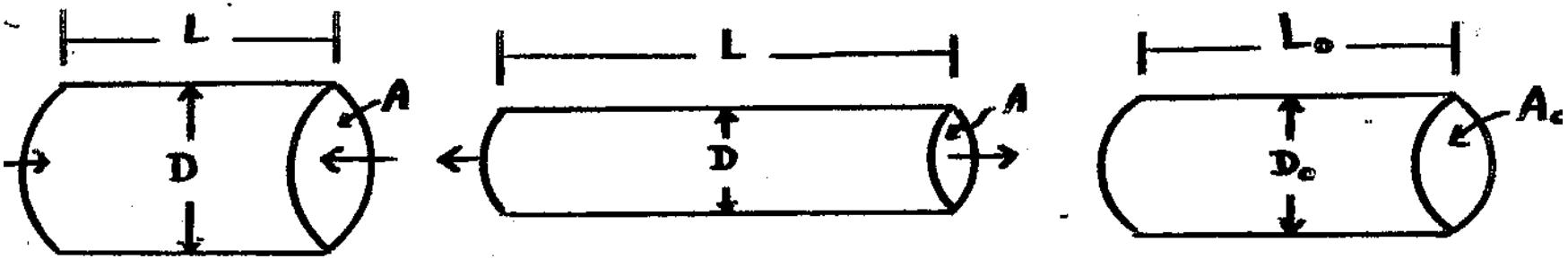
١-وزن الغطاء العلوي overburden pressure

٢- ضغط الماء المسامي pore water pressure

الانفعالات

هو التشويه الحاصل من تأثير الاجهاد على الصخرة ويوثر اما في بعد واحد فيسمى الانفعال الطولي او في ثلاثة ابعاد ويؤدي الى تغيير شكل جسم الصخرة المتأثرة ويسمى الانفعال الحجمي

- لكل صخرة معامل يونغ او معامل المرونة ويقاس بوحدة نيوتن /متر مربع



ج- تأثير قوة الانضغاط ب- تأثير قوة الشد أ- نموذج طبيعي

$$\epsilon_L = \frac{L - L_o}{L_o} = \frac{\Delta L}{L_o}$$

$$\epsilon_T = \frac{D - D_o}{D_o}$$

مراحل التشويه

- elastic
- plastic
- rupture

مراحل التشويه الثلاث ..

عند تعرض الجسم الى قوى مباشره لمدة دقائق او ساعات فانه يمر بمراحل ثلاث من التشويه ..

١. التشويه المرن (Elastic) وهذا يعني عند ازالة الجهد فان الجسم يعود الى شكله وحجمه الأصلي ، و لهذا الجهد حد يسمى حد المرونه (Elastic limit) اذا اجتازه الجهد فان الجسم لايعود لحالته الاصليه و يخضع لقانون هوك الذي ينص ان الانفعال يتناسب طردياً مع الإجهاد strain α stress

٢. عندما يتعدى الجهد حد المرونه فان التشويه يصبح دائماً (Plastic) اي ان الماده لاتعود الى حالتها الاصليه بعد زوال الجهد.

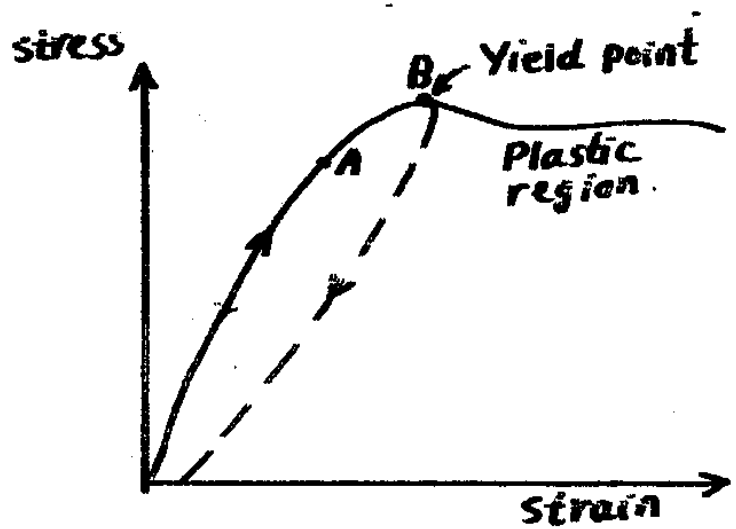
٣. استمرار زيادة الجهد يؤدي الى حصول تشققات ومن ثم حصول الكسر (Rupture).

مجاميع الصخور اعتمادا على طبيعة تاثير الانفعالات عليها

- elastic or brittle rocks
- plastic rocks

١. مجموعة الصخور المرنة أو الهشة (Elastic or brittle rocks) .. تمتاز بحدوث الانهيار أو الكسر قبل حدوث الانفعال عند تعرضها لإجهاد وقد تتعرض لتشويه بسيط يزول بزوال الإجهاد اي ان الانفعال فيها غير دائمي .

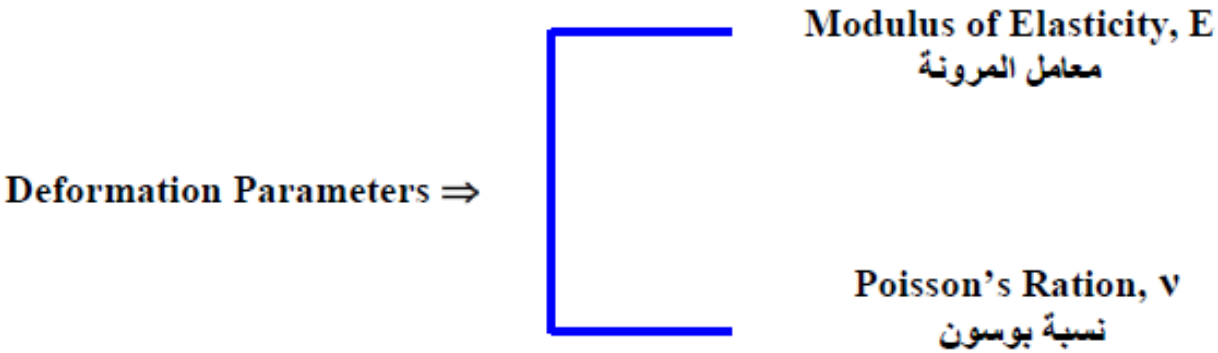
٢. مجموعة الصخور المرنة (Plastic rocks) .. وهي الصخور التي لها قابلية التشويه أو الانفعال قبل حصول الكسر فيها عند تعرضها للإجهادات المختلفة.



الشكل المجاور يمثل مخطط الإجهاد والانفعال في الصخور. عندما تكون قيمة الإجهاد أقل من (σA) فان سلوك الصخره مرن اي عند ازالة الإجهاد عن النقطة A فان الانفعال الناتج تحت تأثير σA يتلاشى ليصبح صفراً. عند النقطة B التي تسمى نقطة المقاومة (Yield point) فان سلوك الصخره يكون لدناً وعند ازالة الجهد المسلط فان الانفعال الحاصل لا يرجع لحالته الاصليه ويبقى جزء منه ضمن مادة الصخره ويعرف بالانفعال الدائمي أو التشويه (Permanent strain or deformation) . واذا استمر تأثير الجهد المسلط الى ما بعد النقطة B فان سلوك الصخره يصبح لدناً .

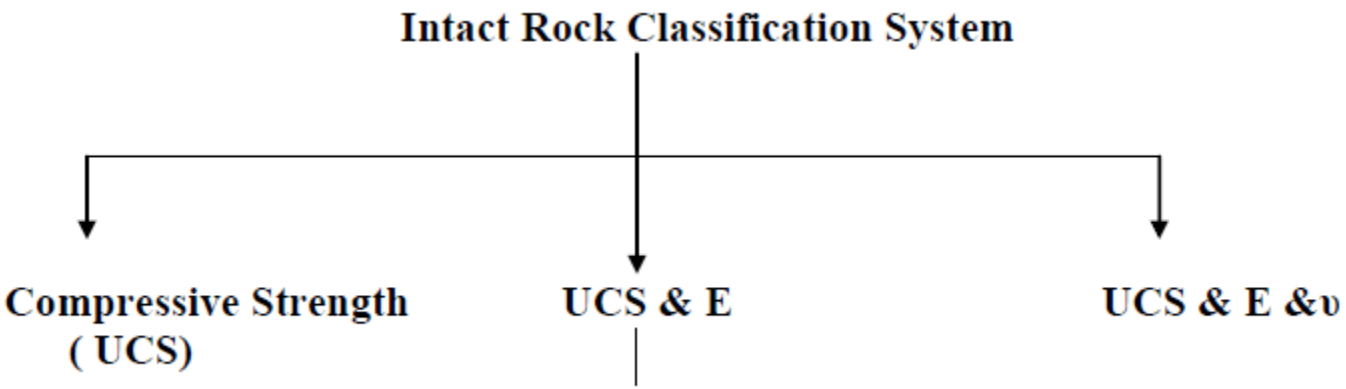
Deformation of Intact Rock

جميع التشوهات في العينات الصخرية تكون نتيجة الضغط و لهذا لابد من معرفة العاملين التالية:-



$$E = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}} = \frac{\text{الضغط}}{\text{التشوة}} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_a}$$

$$\nu = \frac{\Delta\varepsilon_l}{\Delta\varepsilon_a} = \frac{\text{التشوة العرضي}}{\text{التشوة الطولي}}$$


Intact Rock Classification System
Compressive Strength
(UCS)
UCS & E
UCS & E &υ

By Equation **From Achart**

هناك ٣ طرق لتصنيف العينات الصخرية:

1- Strength System

بمعرفة قوة تحمل العينة According to STRENGTH

الضغط أحادي المحور = Uniaxial Compressive strength (UCS)

2- Modulus Ratio System (By Deere and Miller,1966)

بمعرفة قوة تحمل العينة ومعامل المرونة

According to STRENGTH and MODULUS OF ELASTICITY

نسبة المعامل = Modulus Ratio M_R

3- Strength – Deformation System (By Turk and Dearmann,1983)

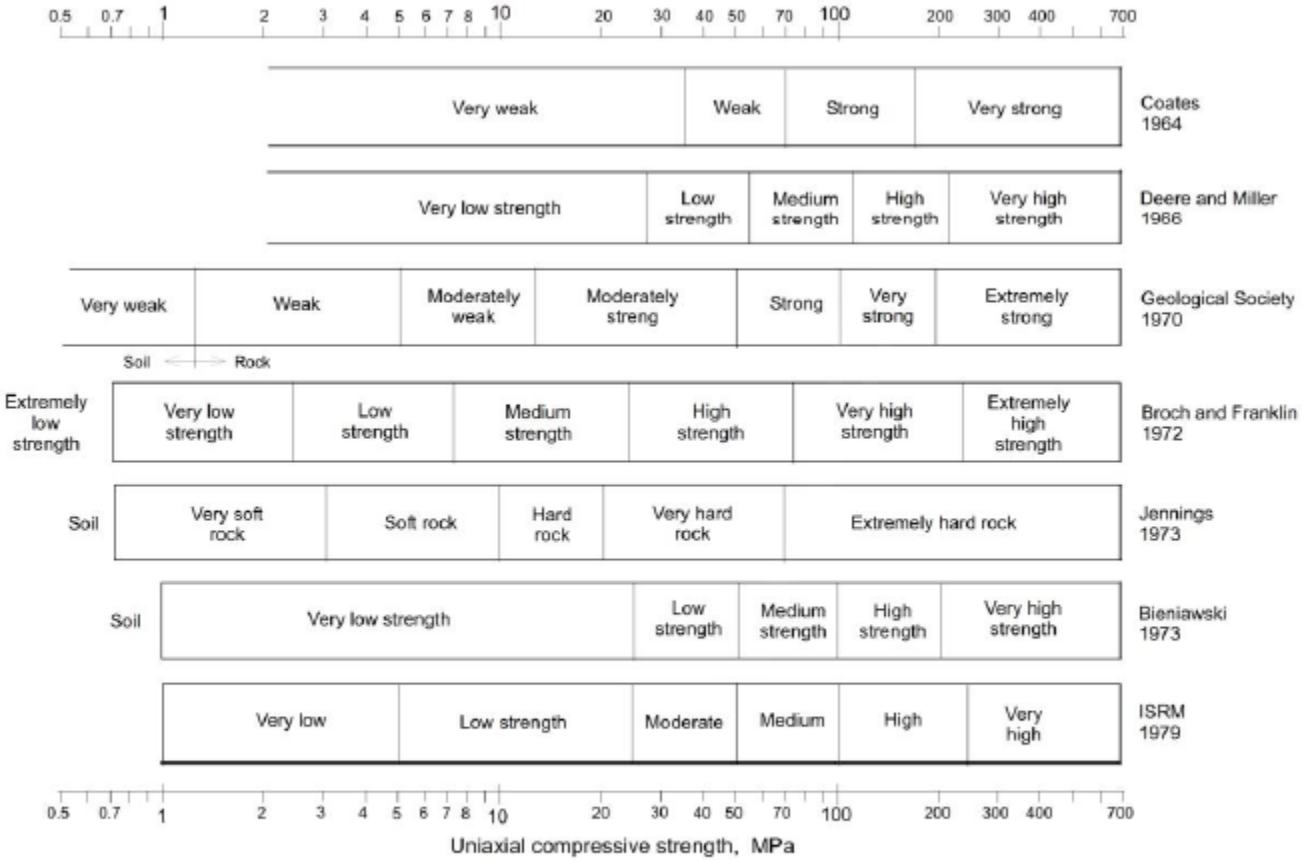
بمعرفة قوة تحمل العينة ومقدار التشوه

According to STRENGHT and DEFORMABILITY

الضغط أحادي المحور ومعامل المرونة ونسبة بوسون

Uniaxial Compressive Strength (UCS), Modulus of Elasticity,(E) Possion's Ratio,(υ)

Strength System
According to Compressive Strength (UCS)



Various strength classifications for intact rock (from Bieniawski, 1984)

Example: Limestone, UCS = 120 MPa (Coates, 1964)

The intact rock of limestone is classified as a strong rock according to coates Classification (1964).

Example: Basalt, UCS = 210 MPa (Deere & Miller, 1966)

The intact rock of Basalt is classified as high strength to very high strength rock according to Deere & Miller (1966).

2- Modulus Ratio System

ccording to strength and Modulus of Elasticity (UCS & E Values)

By Deere & Miller (1966)

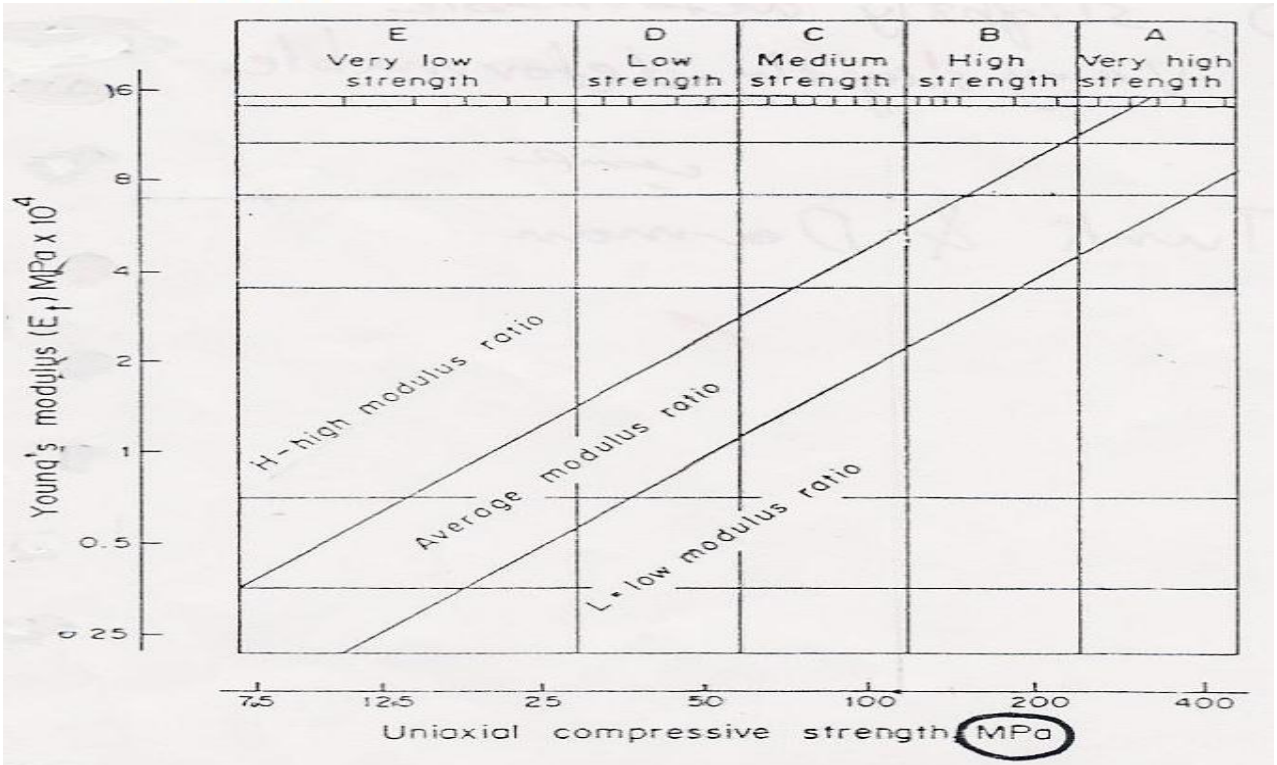
و يمكن التصنيف باستخدام احدى الطريقتين :-

(1) By Equation

$$M_R = \frac{E}{UCS}$$

Engineering classification of intact rock on base of modulus ratio.

Class	*Description*	*Modulus ratio*
H	High modulus ratio	Over 500
M	Average (medium) ratio	200-500
L	Low modulus ratio	Less than 20



.: Engineering classification of intact rock.
(after Deere and Miller, 1966)

Example: (Granite) UCS = 150 MPa, E = 60 GPa

$$M_R = \frac{E(Mpa)}{UCS(Mpa)} = \frac{60000}{150} = 400$$

$\therefore M_R = 400$ (Medium Ratio)

The intact rock of granite has a medium ratio according to Deere and Miller classification (1966).

3- Strength – Deformation System
According to Strength, Modulus of Elasticity & Poisson's Ratio
(UCS, E &υ values)

By Turk and Dearman (1983)

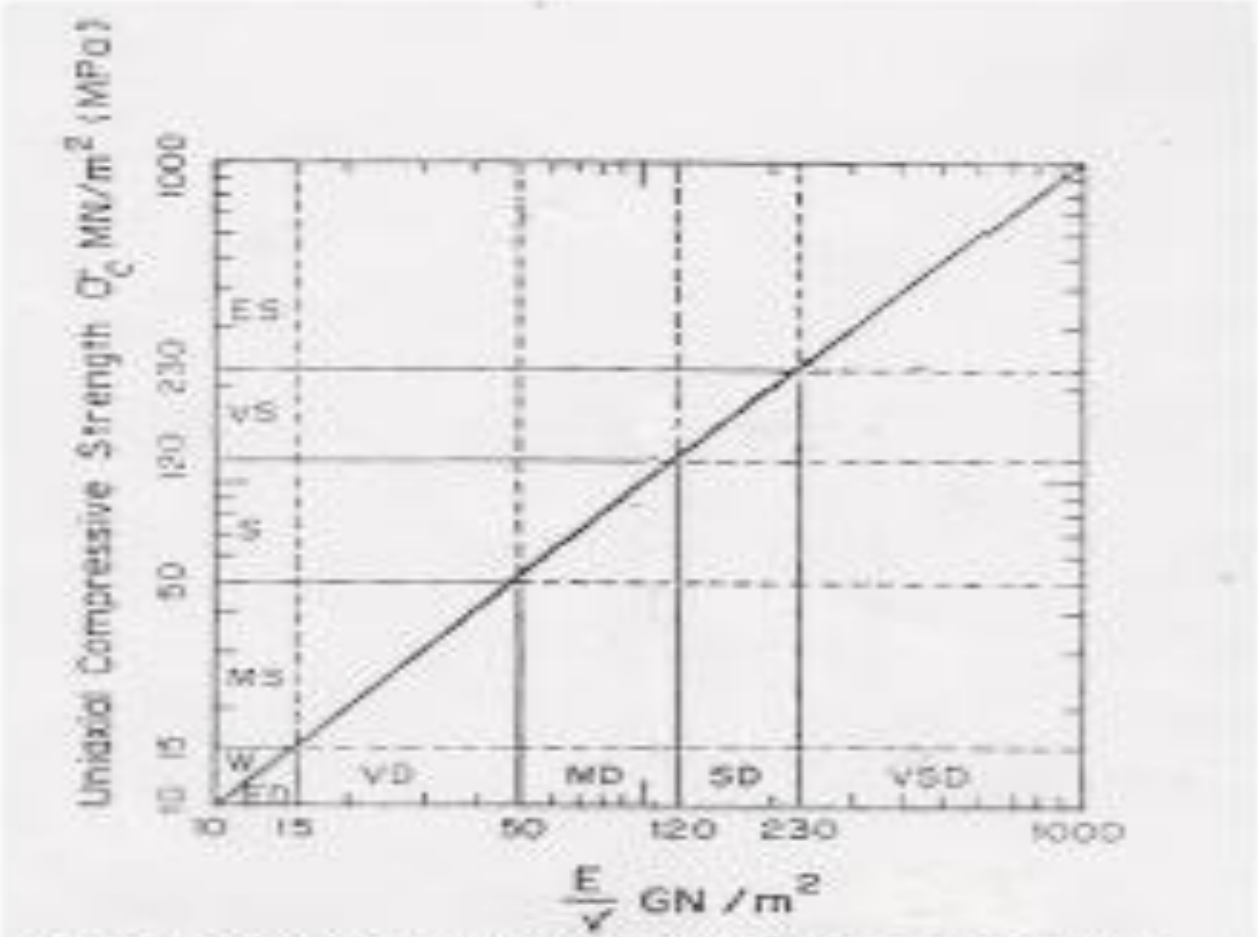
حيث أنها أفضل الطرق للتصنيف وهي الأنسب لاحتوائها على المعاملات الهندسية الثلاث.

Example: Diorite, UCS = 180 MPa, E = 60000 MPa, υ = 0.2

$$\frac{E}{V} = \frac{60000MPa}{0.2} = 300000 \text{ MPa}$$

ثم نحولها إلى GPa لتكون 300 GPa من الرسم المرفق:-

The intact rock of Diorite is classified as a very strong (VS) and very slightly deformable (VSD) rock according to Turk and Dearmann classification (1983).

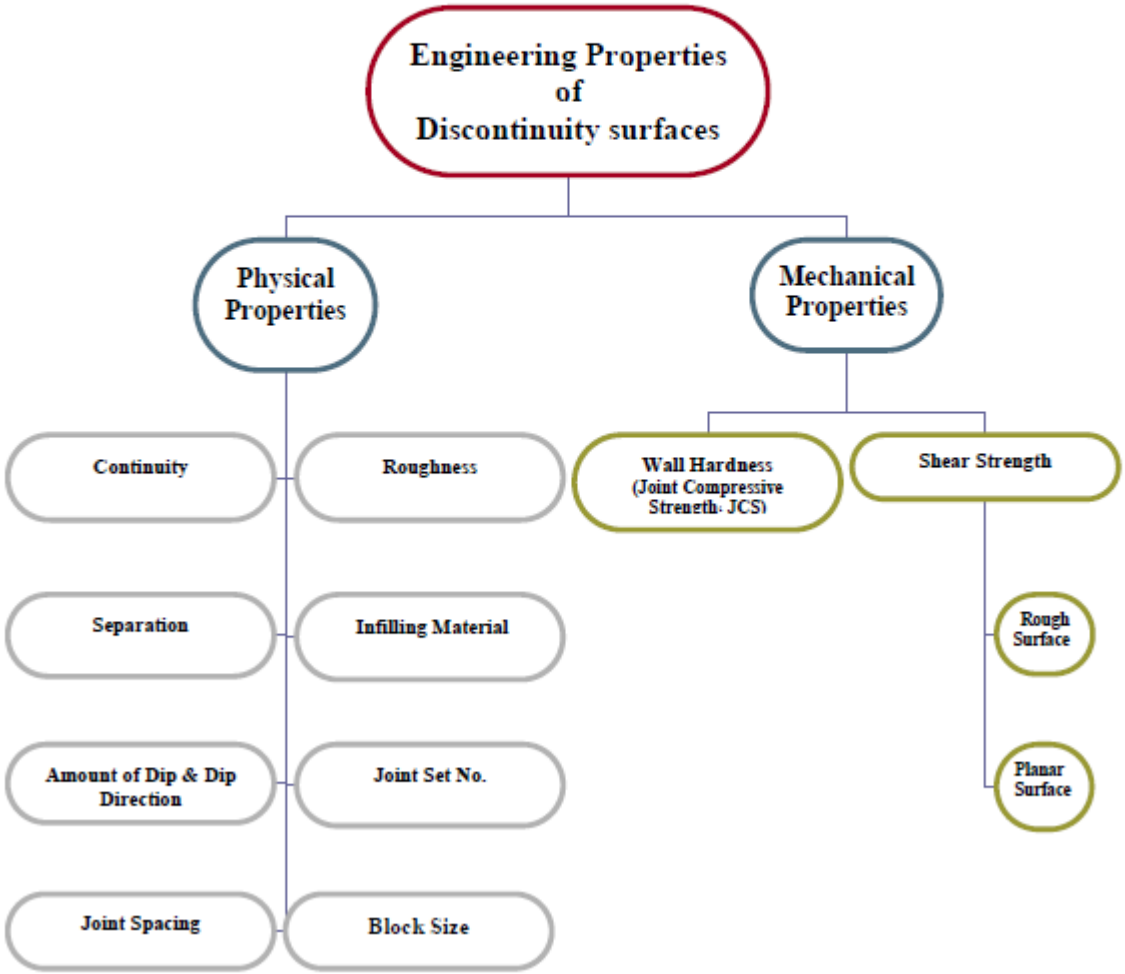


Engineering classification of intact rock (Turk* and Dearman, 1983) W: weak; MS: moderately strong; S: strong; VS: very strong; ES: extremely strong; ED: extremely deformable; VD: very deformable; MD: moderately deformable; SD: slightly deformable; VSD: very slightly deformable.

Engineering Properties for discontinuity surfaces

تنقسم الخواص الهندسية لأسطح الشقوق و الفواصل الي قسمين:-

- الخواص الفيزيائية.
- الخواص الميكانيكية.



(أ) الخواص الفيزيائية لأسطح الشقوق الصخرية
Physical Properties for discontinuity surfaces

تنقسم الخواص الفيزيائية لأسطح الشقوق و الفواصل الى:-

١- **التموج** Roughness

٢- **المواصلة** Continuity

٣- **الانفصال** Separation (Aperture)

٤- **المواد في الفراغات** Infilling materials

٥- **قيمة الميل و الاتجاه** Amount of Dip & Dip Direction

٦- **عدد مجموعات الشقوق** .Joint Set No

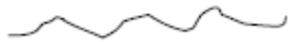
٧- **المسافات بين الشقوق** Joint Spacing or Fracture Intercept

٨- **حجم الكتل** Block Size

١- **التموج** Roughness

ويقصد بها شكل سطح الشق و يقاس بجهاز يسمي المشط (Profile Roughness gauge)
ويعتمد الوصف على اصل تكون السطح ، هل تكون بفعل الشد او القص او الضغط.
و هي ٣ أنواع أصلية :-

(أ) **اسطح ناعمة** Smooth



(ب) **أسطح خشنة** Very Rough

(ت) **أسطح بين الناعمة و الخشنة (متوسطة)** Rough

و كلما كان السطح خشن زادت مقاومته للإنزلاق على سطحه .

٢ـ المواصلة Continuity

ويقصد بها تعمق سطح الشق في الكتلة الصخرية . لأن زيادة التعمق تضعف الكتلة الصخرية و تزيد من نفاذيته و بالتالي يزيد من تأثير التجوية و الخشونة.

٣ـ الانفصال Separation (Aperture)

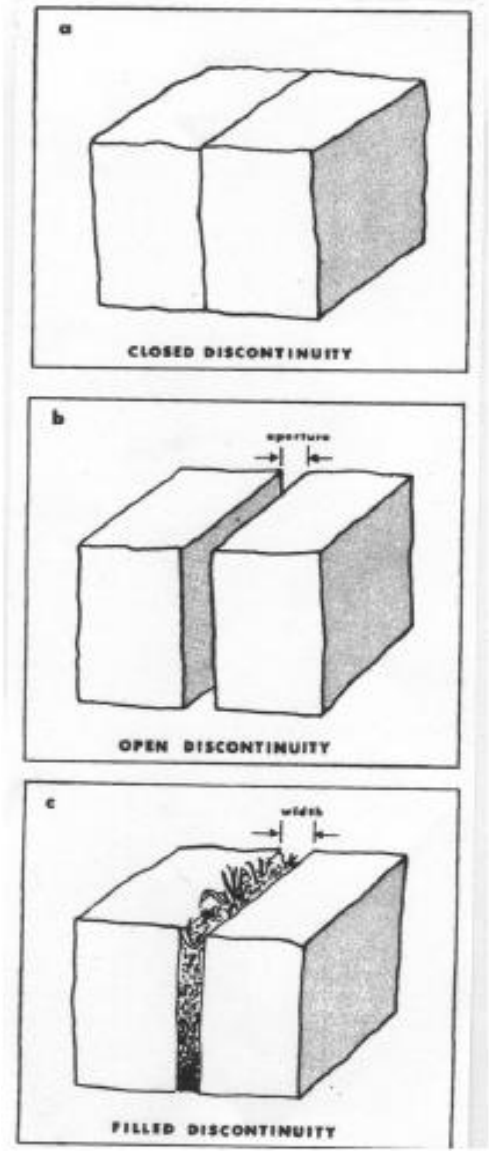
ويقصد بها مقدر انفصال الصخر عن الصخر المجاور له و يقاس بوحدة (ملم)

و يحدد الوصف من الجدول التالي:-

Aperture of discontinuity surfaces (After Geological Society of London 1977)

Aperture	Term
>200 mm	Wide
60 – 200 mm	Moderately wide
30 – 60 mm	Moderately narrow
6 – 20 mm	Narrow
2 – 6 mm	Very narrow
0 – 2 mm	Extremely narrow
< 2 mm	Tight

وكلما زاد الانفصال تهشمت الكتلة الصخرية.


a
CLOSED DISCONTINUITY
b
aperture
OPEN DISCONTINUITY
c
width
FILLED DISCONTINUITY

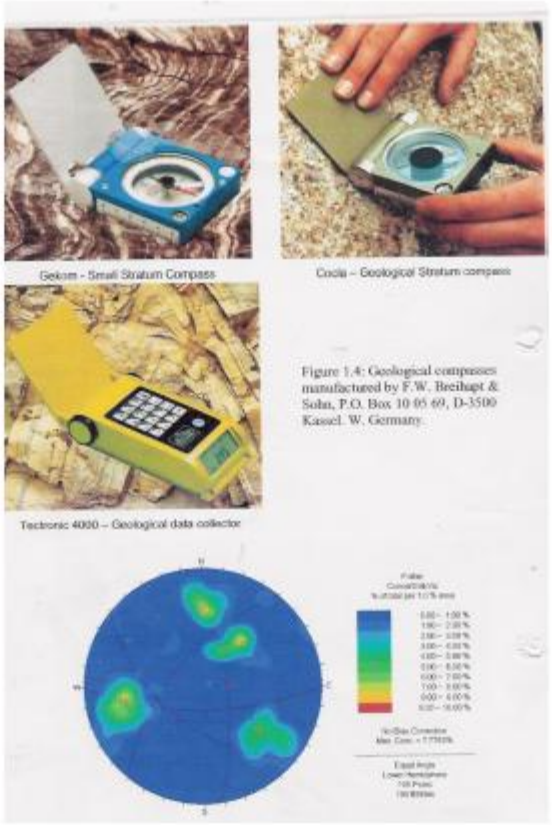
٤ـ المواد في الفراغات Infilling materials

ويقصد بها المواد المعبئة لإنفصال الصخر عن الصخر المجاور له ، و غالباً ما تكون من المواد الفتاتية التالية: الرمل Sand او السلت Silt او الطين Clay، حسب التركيب المعدني للكتلة الصخرية و مقدار تجويتها و تحلل الطبقة العلوية لها.

و كل ما كانت المواد المعبئة للفراغات خشنة كلما زاد معامل المقاومة لإنزلاق الصخر.

٥- قيمة الميل و الاتجاه Amount of Dip & Dip Direction

و تقاس ببوصلة كلار Clar الموضحة في الشكل السفلي ، حيث تقيس البوصلة قيمة ميل السطح و اتجاهه مباشرة. و يجب قياس أكثر من (١٠٠) قرأه لأسطح الشقوق في الكتلة الصخرية.



٦ـ عدد مجموعات الشقوق Joint Set No.

يمكن التعرف على عدد مجموعات الشقوق Joint Set No. من خلال توقيع ورسم القرأت التى سبق قياسها (في الفقرة السابقة) على شبكة شمدت Schmidt Net فتظهر التجمعات كما هو موضح في الشكل السابق (باللون الأخضر و الأصفر) ، حيث يوضح الشكل و جود أربع (٤) مجموعات من الشقوق في الكتلة الصخرية ، و قيمة ميولها و اتجاهاتها هو تركيز اللون الأصفر، كما لو أننا حسبنا معدل قيم كل مجموعة بالطريقة الحسابية.

٧ـ المسافات بين الشقوق Joint Spacing or Fracture Intercept

ويقصد بها المسافة (بالسنتيمتر) بين الشق و المجاور له. فإذا كانت المسافات بين Joints بدون الأخذ في الاعتبار قياس الشقوق العشوائية Fractures فتسمى Joint Spacing . أما اذا تم قياس مسافات الشقوق العشوائية Fractures فتسمى Fracture Intercept .

٨ـحجم الكتل (البلكات) Block size

ويقصد بها مقياس أبعاد الكتلة او البلكة في الثلاث أبعاد أو اتجاهات و هي مرتبطة بالمسافات بين الشقوق .

(ب) الخواص الميكانيكية لأسطح الشقوق الصخرية
Mechanical Properties for discontinuity surfaces

يعبر عن الخواص الميكانيكية لأسطح الشقوق و الفواصل بخاصيتن:-

١. صلابة سطح الشق Joint Wall Hardness

بتجربة مطرقة شمدت: Schmidt Hammer Test تعطي قيمة غير مباشرة لمقاومة السطح و قوته.

٢. مقاومة السطح لإجهاد للإحتكاك Shear Strength of Discontinuity surfaces

و تحدد قيمة الإحتكاك لأسطح الشقوق بخاصيتن :- قيمة التماسك للسطح Cohesion, C و زاوية احتكاك الأسطح مع بعضها Friction Angle, φ

PCTE
Local Support
2 Year Warranty*
Australian Service