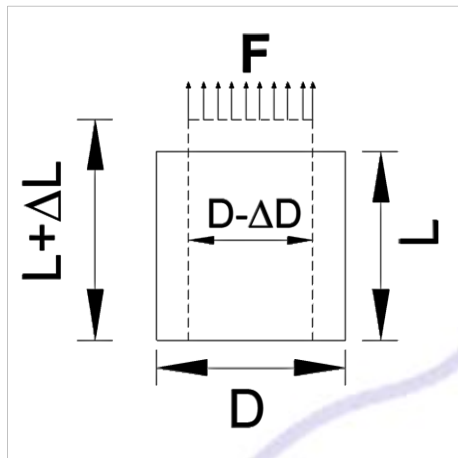
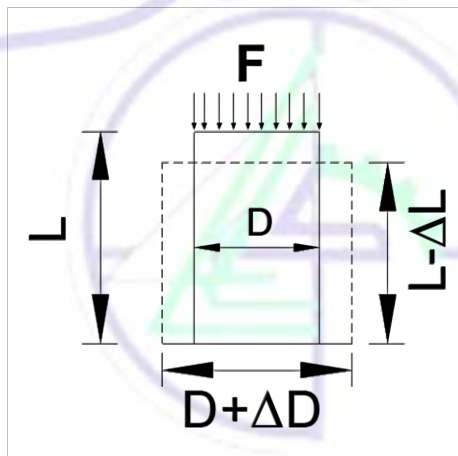


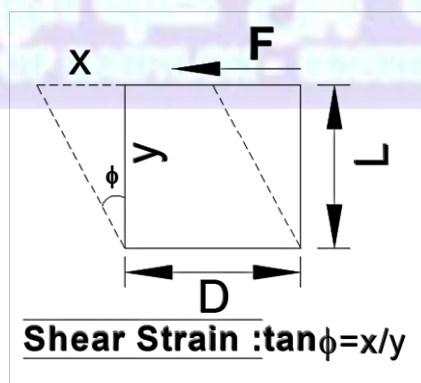
Figure 7-1(A,B,C, and D) shows the most types of deformations occurs in rocks sample resulting from application of various loads.



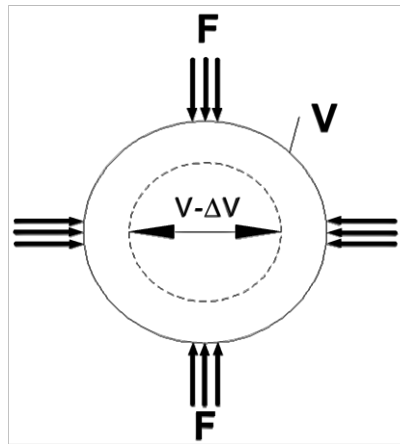
(A): Deformations due to applied tension force



(B): Deformations due to applied compressin force



(C): Shear strain due to applied shear force



(C): Cylindrical rock sample subjected to tri-axial load

Figure (7-1): Deformation types in rock specimen

The relation between different types of Elasticity Modulus can be summarized as:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\mu)}$$

Example 7-1:

A core rock specimen of ($\mu=0.422$), the sample height of 7.6cm, and diameter of 6.2cm. Subjected to uniaxial load which cause axial strain of -3.44mm/m. determine the change in sample diameter due to same load.

Solution:

$$\varepsilon_L = -4.33\text{mm/m} = -3.44 \times 10^{-3}$$

$$\mu = -\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_L}$$

$$0.422 = -\frac{\varepsilon_T}{(-3.44 \times 10^{-3})}$$

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (7)	Civil Eng. Dept. Sunday, April 24, 2016
-----------------------------------	-----------------	--

$$\varepsilon_T = 1.452 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta D}{D}$$

$$\Delta D = D \times \varepsilon_T$$

$$\Delta D = 1.452 \times 10^{-3} \times 6.20 = 9 \times 10^{-3}$$

Example 7-2:

If the average of uniaxial load of (37.6kN) applied to rock specimen of (12.6cm in height) and (4.83cm in diameter). The modulus of Elasticity E is 35 GPa. Determine the change in rock sample height by the applied load.

Solution:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \left(\frac{4.83}{100} \right)^2 = 0.00183 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{38 \times 10^3}{0.00183} = 20.74 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\therefore \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{20.74 \times 10^6}{35 \times 10^9} = 5.93 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_L = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\Delta L = \varepsilon_L \times L = 5.93 \times 10^{-4} \times 12.6 = 7.47 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

\therefore Specimen subjected to "**Contraction**" due to compression load.

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (7)	Civil Eng. Dept. Sunday, April 24, 2016
-----------------------------------	-----------------	--

Example 7-3:

A limestone rock specimen with following data:

$$\mu=0.276$$

$$E= 63 \text{ GPa.}$$

Estimate all other Modulus of Elasticity.

Solution:

⇒For Modulus of Rigidity:

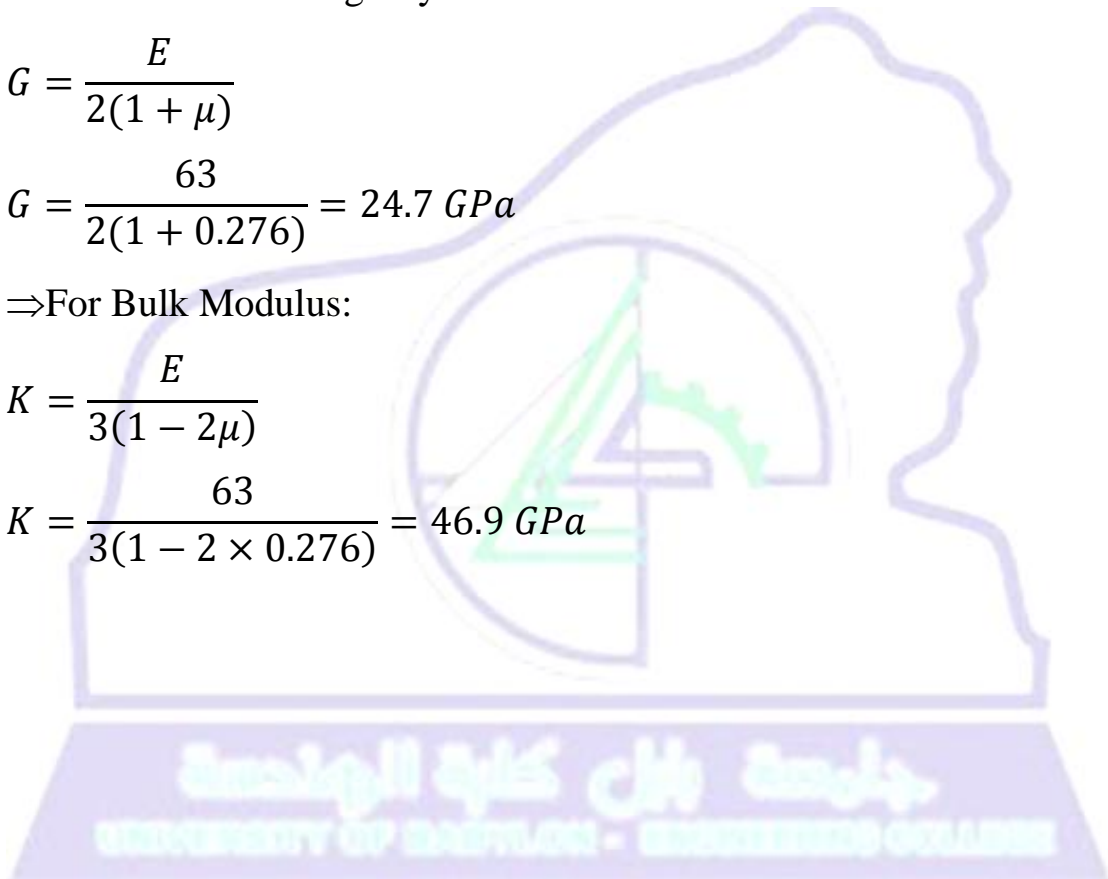
$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

$$G = \frac{63}{2(1 + 0.276)} = 24.7 \text{ GPa}$$

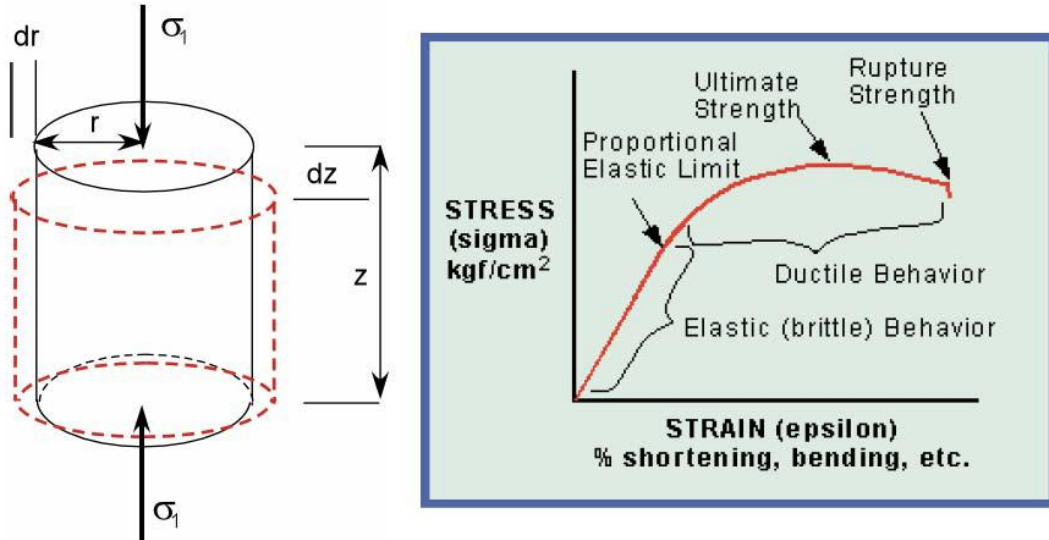
⇒For Bulk Modulus:

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\mu)}$$

$$K = \frac{63}{3(1 - 2 \times 0.276)} = 46.9 \text{ GPa}$$



7-1 Stress-Strain Relations for Rock Deformations



The rock strength were classified depending on the loads coditions and applied stresses into three types:

تصنف مقاومة الصخور اعتمادا على طبيعة الاحمال والاجهادات الناتجة الى ثلاثة اصناف وكما يلي:

1-Compressive Strength مقاومة الانضغاط

2-Tensile Strength مقاومة الشد

3-Shear Strength مقاومة القص

1-Compressive Strength مقاومة الانضغاط

The stresses due to compression forces and cause volume of rock sample.

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (7)	Civil Eng. Dept. Sunday, April 24, 2016
-----------------------------------	-----------------	--

وهي الاجهادات الناتجة عن قوى الانضغاط وتؤدي الى تقليص حجم الصخور وهي على نوعين:

A) Uniaxial Compressive Strength(Unconfined)

مقاومة الانضغاط الاحادي المحور غير المحصور

وهي مقاومة الصخرة عندما تتعرض الى احمال باتجاه واحد فقط دون وجود احمال اخرى عمودية على محور التحميل، وعادة تفشل الصخور تحت اجهادات الضغط بشكل شد او قص. تقاس مقاومة الانضغاط بمقدار الزيادة في الضغط المسلط على الصخرة وصولا الى حالة الفشل ويعبر عنها بقوة الانضغاط لوحدة المساحة.

$$\sigma = q_u = \frac{F}{A} \quad \left(\frac{N}{m^2}\right)$$

B) Triaxial Compressive Strength(Confined)

مقاومة الانضغاط الثلاثي المحاور (المحصور)

الصخور بحالتها الطبيعية تكون معرضة الى الاجهادات من ثلاثة محاور متعامدة أي ان أي نقطة في الصخرة واقعة اسفل سطح الارض تكون معرضة الى اجهاد عمودي (σ_z) او (σ_1) بفعل وزن الطبقات التي تعلوها وتسمى اجهادات التنقيط (overburden stress) مقدارها:

$$\sigma_z = \gamma_r \times Z$$

In which;

γ_r is unit weight of rock mass.

Z is the depth the point beneath ground surface.

For layered profile of rocks and/ or soil:

$$\sigma_z = \sum_{i=1}^n \gamma_{r_i} \times Z_i = \gamma_{r_1} \times Z_1 + \gamma_{r_2} \times Z_2 + \dots + \gamma_{r_n} \times Z_n$$

In which;

i no. of layer.

Engineering Geology First Year	LECTURE NO. (7)	Civil Eng. Dept. Sunday, April 24, 2016
-----------------------------------	-----------------	--

$$[Z=Z_1+Z_2+Z_3+\dots +Z_n].$$

γ_{r_i} is the unit weight per rock layer i .

بالإضافة إلى اجهادات افقية (σ_x او σ_2) وتحسب كالآتي:

$$\sigma_x = k_{(a,p)} \times \sigma_z$$

$$\sigma_x = k_{(a,p)} \times \gamma_r \times Z$$

$k_{a,p}$ is the coefficient of lateral earth pressure for active and/or passive states respectively معامل ضغط التراب الجانبي للحالات الفعالة وغير الفعالة.

Rock strength greatly increases where confined in the ground, to values generally beyond significance to engineering loading. Triaxial testing relates shear strength to normal stress. Rarely measured in rocks (but important for soils).

في هذا الفحص تتعرض الصخور إلى ضغط من جميع الاتجاهات عن طريق تسليط ضغط عمودي (σ_1) ونشوء ضغط افقي محصور (confined) من الجوانب (σ_3) بحيث ان ($\sigma_2 = \sigma_3$)، في البداية يتم تعريض العينة الصخرية إلى ضغط افقي ومن ثم تثبيتته يلي ذلك تعريضها إلى ضغط عمودي يزداد الضغط العمودي بمقدار ($\Delta\sigma_1$) لحين حصول الفشل وتكرر خطوات الفحص اعلاه على مجموعة من العينات (ثلاثة عينات على الأقل) من نفس نوع الصخر، بعد ذلك يتم رسم ما يعرف بدوائر مور Mohr Circles عن طريق قيم (σ_3 و σ_1) لكل عينة لنحصل على غلاف مور Mohr Envelope والذي يكون مماس لدوائر مور وعن طريقه يمكن حساب مقاومة القص للعينة الصخرية Shear Strength of Rock كما مبين في الشكل (7-2).

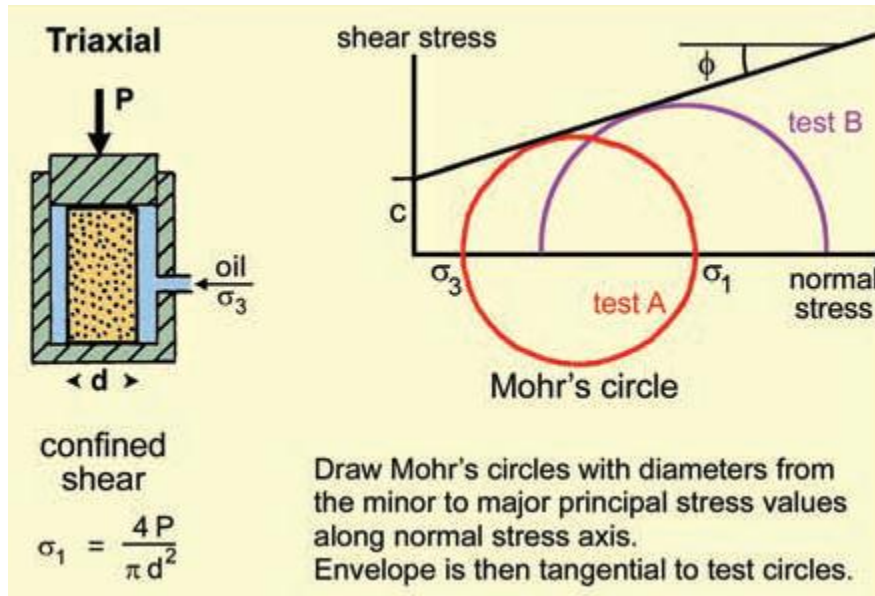


Figure (7-2): Triaxial Test for rock sample

تعرف مقاومة القص للصخور او التربة عن طريق المعادلة التالية:

$$\tau = C + \sigma_n \tan \phi$$

In which;

C is the cohesion of rock (kN/m^2) مقدار التماسك للعيينة الصخرية

σ_n is the normal stress ($\gamma \times Z$) for rock (kN/m^2) الاجهاد العمودي

ϕ Angle of internal friction (deg.) زاوية الاحتكاك الداخلي للصخور

⇒ **TO BE CONTINUED** ⇒