*Chapter 3 :-

(Igneous Rocks)

الصخور النارية التي تتكون من تبلور وتبريد الماجما.

• from latin → ignis : fire.

* تذكير: عملية التبلور (crystallization) قد تحدث في باطن الأرض أو قريب من سطح الأرض.

في هذه الحالة Magma يكون اسمها

وفي هذه الحالة Lava

لكن وهي عبارة عن (Magma) تكونت في سطح الأرض، يعني حدث لها عملية التبلور قريب من سطح الأرض.

• وتكون الـ (Lava) قبل تركيب الماجما ولكنها بدون المواد المتطايرة.

Volatiles.

* عندما تخرج اللافا (Lava) في سطح الأرض، تخرج في شكل تورانة بركانية أو في شكل (Liquid)

flow of Liquid lava.

*partial melting عملية الانصهار الجزئي

* Extrusive Igneous rocks (Volcanic) : • عندما تبرد وتتكون الماجما وتتبلور بالقرب من سطح الأرض ويكون اسمها في هذه الحالة (Lava).

* Intrusive Igneous rocks (plutonic): • عندما تبرد وتتبلور في باطن الأرض، مثل الجرانيت

* ملاحظة: وضح كيف تكون جبال من الجرانيت واضحة في سطح الأرض بالرغم من أنه يتكون في باطن الأرض ؟

الجواب: وذلك لأنه يتعرض لعملية تدعى (uplift) وهي عبارة عن حركات أرضية تسبب في رفع الجرانيت إلى سطح الأرض.

Scanned with CamScanner

*Chemical composition of Igneous rocks. * مكونات الصخور النارية.

① Liquid component "Melt" :
تتكون من أيونات، وأكثر السيليكون والأكسجين هما المكونان
يتكون الـ (Silicate) من الأساسيان له، ويحتوي على أيونات أخرى (الحديد، بوتاسيوم، ---)

② Solid component :
هو عبارة عن الـ (Silicate) الذي تبلور وبرد.
* كلما بردت الماجما أكثر كلما كانت حجم وعدد الكريستال أكبر.

③ Gaseous component "Volatiles" :
المواد المتطايرة / القابلة للتبخر
مثل: بخار الماء $H_2O$
$CO_2$ carbon dioxide.
$SO_2$ sulfur dioxide.
منصهرة.

* تلخيص: الماجما في البداية تكون بحالة سائلة ثم تتعرض للبلورة والتبريد فتصبح صلبة بالإضافة إلى أنها تحتوي على المواد المتطايرة.

* المواد المتطايرة تتطاير عندما تصل إلى سطح الأرض (أي في حالة Lava)
* عندما تتحرر المواد المتطايرة تترك مكانها فجوات.
* لذلك الصخور التي تتكون في الداخل (أي التي تحصل عملية البلورة للماجما في باطن الأرض) لا تحتوي على تلك الفجوات وذلك لأنها تحتفظ بالمواد المتطايرة.

* from magma to crystalline rock :

* عندما تكون الماجما في باطن الأرض، تكون درجة الحرارة عالية، لذلك تكون الأيونات حرة الحركة وبدون روابط.
* أثناء صعود الماجما نحو سطح الأرض تقل درجة الحرارة وبالتالي حركة الأيونات تصبح أبطأ وتقترب منه بعضها البعض، بالتالي تنشأ بينها روابط وبالتالي حدث عملية التبلور.
* معدل النقصان في درجة الحرارة هو الذي يؤثر على شكل الكريستال (كبير أو صغير)، بحيث كلما كان معدل النقصان في درجة الحرارة أكبر، يعطي الأيونات فرصة أكبر لكي تقترب من بعضها وتجمع، بالتالي يكون الكريستال كبير وواضح.
* عملية الـ (Crystallization) هي عملية تقريب وتجمع الأيونات مع بعضها البعض (التبلور).
* الـ (Cooling) هي عملية نقصان درجة الحرارة وتبريد هذه الأيونات المتبلورة.



Scanned with CamScanner

* استنتاج: الصخور التي تتكون في باطن الأرض تكون الكريستال بها حجم كبير ← البلوتونية
بينما الصخور التي تتكون على السطح تكون الكريستال بها صغير ← البازلت

* تركيب الماجما يختلف أثناء صعودها نحو سطح الأرض (في تغير دائم).
← وذلك لأنه عملية التبلور تحدث لأجزاء من الماجما قبل الأخرى (حسب درجة الحرارة).

* البيئة التي تحدث فيها عملية التبلور تؤثر على شكل وحجم وترتيب الـ (mineral).

* texture:
• هو مظهر الصخور (كيف تظهر لنا)
← بحيث يعتمد على الشكل والحجم والترتيب لحبيبات أو ذرات المعدن

* العوامل التي تؤثر على حجم الكريستال:-
① معدل النقصان في درجة الحرارة (Rate of cooling) ← كلما كان بطيء يعطي كريستال كبير.
② نسبة السيليكا.
③ نسبة المواد المتطايرة الموجودة في الماجما.

* Rate of cooling.

① Slow cooling ←
يعطي كريستال كبير ولكنه يكون عددها قليل

* عملية التبريد ممكن أنه تستغرق مدة آلاف السنين.
مثلا

② fast/rapid cooling ←
عندما تخرج على سطح الأرض تبرد بشكل مفاجئ، فتفقد الأيونات حريتها في الحركة وترتبط معاً بشكل سريع
← أي حدث عملية البلورة بسرعة وفي وقت قصير.
وينتج كريستال (Intergrown) أي كريستال نامية ولكنها صغيرة ويكون عددها كبير.

* quenched ←
تبريد بشكل مفاجئ.
مثل: إذا وضعت ماء على قطعة جمر.
← هذه الحالة تسمى (quenched).

③ extremely fast cooling ←
في هذه الحالة يحدث تبريد بشكل مفاجئ جداً ولا يتكون كريستال، لعدم توفر الوقت لترابط وترتيب الأيونات
↓
الصخور التي تتكون بهذه الطريقة تكون مثل الزجاج (Glass).



Scanned with CamScanner

* Texture : how the rock look & feels
↳ كيف يظهر الصخرة وملمسها.

• based on size, shape & distribution of minerals in rock.
↳ يعتمد على شكل وحجم وترتيب المعادن في الصخرة.

*Examples :

① glassy → (extremely fast) نوع من أنواع الصخور النارية
وصلت له عملية التبريد بشكل سريع جداً فظهر على شكل زجاج (سطحه أملس).

② aphanitic : عملية التبريد فيه قدت بسرعة.

③ phaneritic → مثل الجرانيت
(الكريستال له كبير واضح)

④ Pegmatitic.

⑤ Vesicular : → Scoria
→ pumic
تظهر على سطحهم فجوات ↓ بسبب الغازات المتطايرة.

⑥ porphyritic : يتكون فليط إ يتكون من كريستال كبيرة وصغيرة ومتوسطة

* رح ندرس الأمثلة التي ذكرت باقي بشكل أوسع في المحاضرات القادمة. :)

↳ (عملية تبريد سريعة ← معدل نقصانه سريع في درجة الحرارة).

*تلخيص أو استنتاج مهم : ① الصخور التي تتكون في باطن الأرض يتكون معدل نقصانه درجة الحرارة لها قليل بالتالي يتكون لها كريستال كبير وواضح ويتكون عدد الكريستال قليل.

*الفراغات التي تظهر على الصخرة حويصلات (Vesicles).

② الصخور التي تتكون على سطح الأرض أو قريب منه سطح الأرض يتكون معدل نقصانه درجة الحرارة لها كبير ويتكون الكريستال بوقت سريع جداً ف يتكون كريستال صغير ويتكون أكثر عدد.

↳ * في هذه الحالة يظهر على الصخور فراغات دائرية أو فراغات على شكل خطوط ودهي بسبب الغازات المتطايرة لأنها تتكون على سطح الأرض



Scanned with CamScanner

* المحاضرة السادسة:

* Igneous rock textures:

① Aphanitic (fine-grained) texture. ⟵

• تتكون على السطح أو قريب منه.
• عملية التبريد لها كانت بشكل سريع
• تحتوي على فجوات على سطح (Vesicles) ← لأنه تتكون على سطح الأرض فيفقد المواد المتطايرة.

لـ الحبيبات/الكريستال صغيرة (صخرة جدًا)

الفجوات (Vesicles) تتكون بشكلين:
- elongate بشكل طولي
- spherical بشكل كروي

② phaneritic (Coarse or large-grained) texture. ⟵

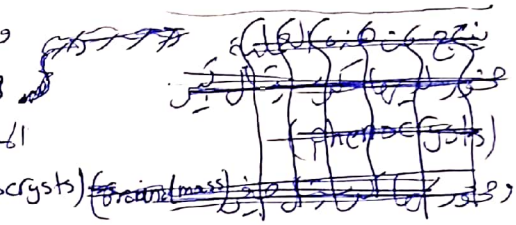
• تتشكل في باطن الأرض ← عملية التبريد بطيئة.
• تتكون في باطن الأرض ولكنه قد تظهر على سطح الأرض من خلال الحركات الأرضية (uplift).

لـ الحبيبات/الكريستال كبيرة ومتداخلة (intergrown)

③ porphoritic texture. (مثل الصخور الموجودة في جبال الأنديز)

• تتشكل في باطن الأرض وتستغرق مئات الآلاف السنين حتى تتشكل.
• تمر هذه الصخور بأكثر من فترة وفترات تكون فيها عملية التبريد سريعة وفترات أخرى تكون بطيئة، فيكون الكريستال عبارة عن خليط (كبير وصغير)
في البداية تتشكل الكريستال الكبير، ثم تحصل عملية تبريد سريعة للسائل المتبقي ← ينتج من هذه العملية: تحول لها كريستال كبير (phenocrysts) وتحيط بالكريستال الكبيرة كريستال صغيرة (Groundmass)

يسمى بـ (Andesite) نسبة للصخور الموجودة في جبال الأنديز




④ Glassy texture ⟵ عملية تبريد سريعة. ⟵ مثل Obsidian

• تتشكل هذه الصخور بشكل سريع جدًا وعلى سطح الأرض أو قريب من سطح الأرض
• المكونة الأساسي له هو السيليكون
• هو (felsic or granitic) ← حسب الـ (bow's series) هو آخر نوع تحدث له عملية الـ (Crystallization) ← تحدث قريبة من سطح الأرض أو على سطح الأرض.

* ملاحظة: كلما صعدنا إلى فوق نحو سطح الأرض نسبة الحديد والمغنيوم تقل وبالمقابل نسبة السيليكون تزيد ← نستنتج أن السيليكون هو المكونة الأساسي لـ (glassy)

⑤ pyroclastic ~~(frangemental)~~ texture ⟵

• بشكل عام: هو عبارة عن (pieces) تلتحم مع بعضها البعض لـ قطع
• هي صخور نارية سطحية.
• هي ليست كريستال.

(ex) tuff rock.

* تتكون عندما يقوم البركان بعملية إخراج أو قذف للمواد التي بداخله، من ضمنها قطع من الصخور، هذه القطع تتجمع مع بعضها البعض وتتراكم أسفل البركان، ومع مرور الزمن ومع زيادة عدد وتراكم هذه القطع، تضغط على بعضها البعض وتصبح على شكل طبقات.
← مظهرها يشبه الـ (Sedimentary).

(Consolodation) اسم

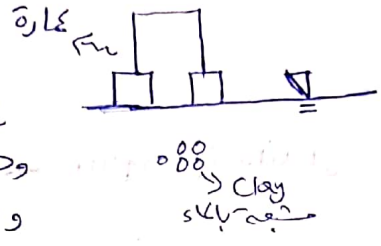


Scanned with CamSca

* Consoladation ← مصطلح يطلق على الهبوط في التربة (clay) عندما تكون مشبعة بالماء عندما تؤثر عليه قوة.

* توضيح: كيف تحدث الـ (Consoladation) للتربة.

* عندما نؤثر على هذه التربة المشبعة بالماء بحمل (مثل بناء بيت فوقها) يؤدي ذلك إلى نشوء ضغط σ (stress) وهذا الـ (stress) يكون على حبيبات التربة وعلى ذرات الماء.




* الـ (stress) الذي تحمله حبيبات التربة (effective stress)

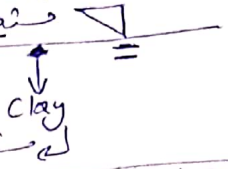
* الـ (stress) الذي تحمله الماء (neutral stress)

* فيكون الـ (stress) الكلي هو مجموع الـ (effective + neutral)

* ولكن الماء لا يتحمل الضغط ← لذلك يخرج من التربة، فهذا الضغط (stress) الذي كانت تحمله الماء يصبح كله على حبيبات التربة، يؤدي ذلك إلى انضغاط حبيبات التربة بشكل كبير فيحصل في التربة هبوط.

* هنا انضغاط حبيبات التربة وتقريب الحبيبات من بعضها البعض يسمى (Consoladation).
* هذه العملية تستمر مع مرور الزمن وهي تعتمد على الوقت.
* من أشهر الأمثلة على ذلك هو برج بيزا المائل حيث ما زال إلى الآن تحدث به هبوط.

* معناها أنه منسوب الماء لهذا الحد وكل الفراغات التي تحتها مشبعة بالماء




* stress: هو القوة المؤثرة على وحدة المساحة $\left(\frac{Force}{Area}\right)$

(6) pegmatitic texture

- تحتوي على بلورات كبيرة لأنه عملية التبلور حصلت في بيئة مائية (liquid) أو سائل يساعد على تجمع الأيونات.
- قطر البلورات فيها يكون على الأقل (1 سم) وقد يصل إلى عدة أمتار (قد تصل إلى 10 أمتار).
- هي تكون (granitic or felsic) لأنها تكونت قريبة من سطح الأرض.

* إذاً هنا البلورات كبيرة ليس بسبب وقت أو معدل نقصان درجة الحرارة، وإنما بسبب تكونها في بيئة مائية ساعدها على تجمع أيوناتها.

* شوفوا رسمة السلايد رقم (17)

* ملاحظة: كلما زادت الفجوات في الصخرة ← هذا معناه أنه المواد المتطايرة أكثر ولكن الكثافة أقل.

Scanned with CamScanner

* تصنف الـ (Igneous) حسب:

① Texture (يعتمد بالأساس على معدل نقصان درجة الحرارة).

② Mineral composition (يعتمد على المكونات الكيميائية).

* Igneous composition:

⇒ Igneous rocks divided into groups according to the amount of ligh-colored silicate mineral in them (or amount of silica).

← تقسم حسب كمية الـ (Light-colored silicate) أو كمية السيليكا.

← وجوده مهم، حيث جزء كبير من الماجما يدخل في تركيبه السيليكا.

← لوجوده يعطيها لونه فاتح.

* تقسم إلى:

① Granitic/felsic ← تكونه قريبة إلى سطح الأرض (نسبة السيليكا فيها أكثر)

② Intermediate

③ Basaltic / Mafic ← يوجد فيها حديد ومغنيزيوم ولكنه بنسبة أقل من الألترامافيك.

④ Ultramafic ← في باطن الأرض (أقل نسبة سيليكا) ← تكوينها حديد ومغنيزيوم.

* كلما هبطنا بأي نحو سطح الأرض تزداد نسبة السيليكا.

* Granitic / Felsic (Light-colored silicates) ← التكوين الأساسي هو Feldspar & Quartz

← يصل تركيزهم إلى (80% - 70%) من هذه الصخور

* ميزاتهم: ① Light color & density

← اللون أبيض والكثافة قليلة.

② معظم القشرة الأرضية تكون منه

← حيث أنه معظم القشرة الأرضية تتكون من السيليكا.

* Granitic composition / felsic rocks

⇓

(feldspar + Silica or Quartz)

↓

K-Feldspar.



Scanned with CamScanner

* Basaltic (Mafic) ← التكوين الأساسي

dark silicate & calcium rich ⇒ (plagioclase feldspar)

⇓

"No Quartz"

"silica poor" نسبة السيليكا قليلة.

* basaltic compositon / Mafic rocks

⇓

(Magnesium + ferrym) iron

* الميزات:

① Darker & greate density than granitic ← الصخور أغمق وكثافة أكبر.

② Major consitituent of ocean floor ← التكوين الأساسي لأرضية البحار

← يعني معظم الصخور الموجودة في قاع البحور والمحيطات تتكون منه.

← يعني تكونه غني بالحديد والمغنيوم ولكنها تفتقر للسيليكا.

---

* Subduction Zone: منطقة الإنغماد

• هي المنطقة التي تنزل فيها أرضية المحيط أسفل اليابسة (في هذه المنطقة يتكون الأخدود) والمنطقة التي يحدث فيها النزول تحدث فيها تولد براكين.

• حيث أن أرضية المحيط تكون أثقل وتغطس عليها (Sinked plate) بينما الطبقة الأخرى (Continental crust) تصعد إلى فوق وتطفو عليها (riding plate) ويكون وزنها أخف.

(( احفظوا المقطع التالي من المحاضرة الدقيقة "21:30" بتفهموها من الدكتور أحسن ))



Scanned with CamScanner

* Granitic rocks (felsic) : حيث تكون نسبة السيليكا كالجرانيت.

① Granite ② Rhyolite ③ obsidian ④ pumice ← جميعهم لديهم نسبة كالسيليكا من السيليكا

① Granite : • phaneritic textured (coarse-grained) igneous rock بمعنى أنه يتكون في باطن الأرض
• Composte of Quartz (25%), Feldspar (65%)
↓
K-feldspar & N-Feldspar
* تكون منه أغلب الصخور
• the best known of all igneous rock.
هو الأكثر شهرة وذلك بسبب: ① المنظر الجميل ② الوفرة.

② Rhyolite : • Similar to granite in its composition يشبه الجرانيت في التركيب
• Rich light-colored silicate.
• it has an Aphanitic texture (fine-grained) بمعنى أنه يتكون قريب من سطح الأرض

③ obsidian : • glassy textured
• dark ~~colored~~ colored
• it's felsic (high silica) → it forms when lave is quenched. تتشكل عندما تتعرض الصخور لعملية تبريد مفاجئة.

④ pumice : • grey-colored
• glassy-textured.
• felsic rock (high silica) → it formes when large amount of gas escape through lava.

↓
لطفو على الماء، بمعنى أنه يحتوي على نسبة أو على كمية فجوات كبيرة ← كثافة صغيرة.

* العامل المشترك بينهم ← جميعاً لديهم نفس التركيب



Scanned with CamScanner

## Intermediate (Andesitic):

① Andesite ② Diorite.

① **Andesite**:
- medium-grey
- fine-grained (Aphanitic) ← قد يكون porphoritic texture أو
- or porphoritic texture
- Volcanic ← حدث فوق الأرض

② **Diorite**:
- coarse-grained (phaneritic).
- intrusive / plutonic. ← حدث في باطن الأرض
- lack quartz crystal. ← قليل
- the salt & pepper look is sodium feldspar & amphibole.

* يختلف عن الجرانيت في أنه لا يحتوي على الـ (Quartz) كريستال قليل.

* يظهر فيه شكل ملح وبهارات سبب وهذا يكون بسبب:
- Sodium feldspar
- amphibole.

## * Mafic (Basiltic) Rocks: نسبة إلى البازلت.

⇒ they are darker & denser than felsic rocks.
كثافة أكثر

- كمية السيليكا فيها قليلة
- كمية الحديد والمغنيسيوم فيها عالية

① Basalt ② Gabbro.

① **Basalt**:
- very dark green-black.
- fine-grained (Aphanitic texture).
- porphoritic texture. ← حالات خاصة
- extrusive / volcanic
- تكون من أرضية البحار
- Composed of pyroxene & Ca-feldspar
- Lesser amounts of amphibole & olivine

② **Gabbro**:
- intrusive
- coarse-grained (phaneritic)
- equivalent of basalt ← نفس البازلت من ناحية التركيب

* تكون من أرضية البحار والمحيطات
* تشبه البازلت في التركيب وتختلف عنه في الـ (texture)



Scanned with CamScanner

## * Ultra Mafic (Basaltic) rocks:

- Olivine
- Pyroxene
- Ca-plagioclase Feldspar

تتكون من المغنيوم والحديد.

(ex) ① peridotite : • major constituent of the upper mantle.

## * pyroclastic Rocks: (texture not a composition)

① Tuff ② Volcanic Breccia.

① Tuff : • Composed mainly of tiny ash-sized fragments that later cemented together.

فتات وحبيبات — رماد

تتكون من الرماد البركاني

يتكون من تماسك الحبيبات التي تخرج من البركان والتي تتكون بحجم الرماد

• it's called welded tuff.

أي ملحوم أو متماسك مع بعضه البعض

② Volcanic Breccia : • similar to tuff

• but the fragments/particles larger.

* تشبه الـ (tuff) في التكوين ولكنه يكون لديه حبيبات أكبر.



Scanned with CamScanner

## *Physical & Mechanical properties of Igneous rocks

① specific gravity : وزن حجم معين من الماده إلى وزن نفس الحجم من الماء

↳ specif gravity for igneous rocks = 3

أي أنها أثقل من الماء ثلاث مرات

Spesific gravity.

* الفراغات (الفجوات) كلما زادت ← تقل الـ

* حالة خاصة (pumice) تكون لها قليلة ← فهو يطفو على الماء.

② absorbition : هو امتصاص الماده للماء.

↳ يكون قليل

وذلك بسبب طريقة تكوينها (لها فيها فراغات كثير).

إلا في حالات خاصة.

* كلما كانت الصخر أثقل و الـ (absorbition) منخفض يكون أفضل للإستخدام.

* لأنه عندما يكون الإمتصاص عالي يؤدي ذلك إلى دخول الماء عليه بكميات كبيرة وتفاعل معاه ← يؤدي إلى تغير في لونه.

* لا يجب الإمتصاص أنه يكون صفر (أي معدوم) ، في هذه الحالة لا يصلح للإستخدام.

③ Coefficient of permeability (K) : مدى سرعة مرور الماء من خلال الصخور

* الصخور بشكل عام يكون لها قليل ، أي يكون سرعة اختراق الماء للصخور قليل (igneous)

④ Tensile Strength : قوة الشد

* يكون قليل ← للباطون (concrete) والجارة.

* تقريباً يتراوح من (10% - 12%) من قوة الضغط للباطون ولبعض أنواع الجارة.

* قوة الشد تكون ضعيفة للباطون والجارة.

* مثلاً إذا كانت قوة الضغط = 100 تكون قوة الشد (10 - 12)

* لذلك نستخدم الحديد مع الباطون في المناطق التي تتعرض لقوة شد ، لأنه الحديد يتحمل الشد.

⑤ Compressive strength : قوة الضغط

* يكون كبيرة للباطون والجارة.

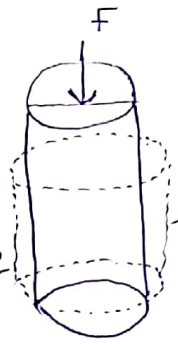
* أي أنها تتحمل قوة ضغط عالية.



Scanned with CamScanner

⑥ poisson's ratio ($\mu$):

* يتراوح لمعظم المواد من ($\frac{1}{4} \leftarrow \frac{1}{3}$)
* حالات استثنائية قد يصل إلى (0.5).
* مثل الطين المشبع بالماء قد يصل إلى (0.5).




* عندما نؤثر بقوة على شكل اسطواني سوف ينضغط (أي يقل طوله) وبالمقابل يزداد قطره.

بعد تأثير القوة

$\Rightarrow \varepsilon_L = \frac{-\Delta L}{L}$ ⇝ strain in long direction

($\varepsilon_L$ ← strain)

إشارة السالب لأنه يقصر ←

$\Rightarrow \varepsilon_s = \frac{+\Delta d}{d}$ ⇝ strain in short direction

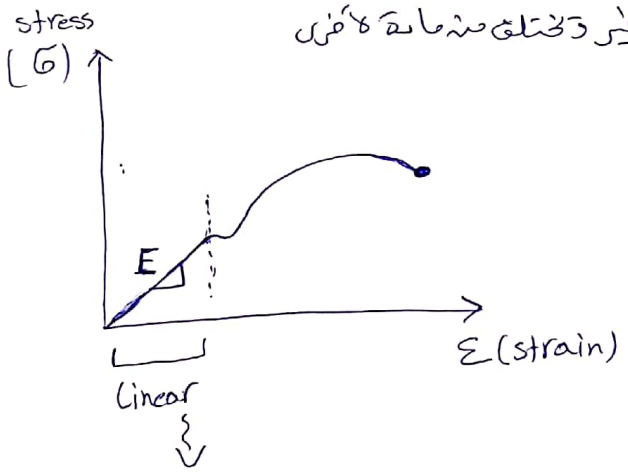
($d$ ← diameter) ← الإشارة الموجبة لأنه يزيد

↓ للعقل: (بالاتجاه القصير)

$\Rightarrow$ poisson's ratio ($\mu$) $= -\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_L}$.

⑦ young's modulus of elasticity ($E$):

* في البداية تبدأ العلاقة بين الـ (stress) والـ (strain) كعلاقة خطية (Linear).
* الـ (range) أو المدى لهذه العلاقة قد يكون كبير أو صغير وتختلف من مادة لأخرى.
  * يكون قليل للمواد الهشة (Concrete).
* هذا الـ (Linear) ⇐ (elastic range/behaviour)
* الميل للخط يكون هو ($E$) ↓ young's modulus of elasticity.




↓

خلال هذه الفترة:
إذا أزلت القوة المؤثرة على الجسم يعود الجسم كما كان قبل تأثير هذه القوة عليه.
⇐ لا يحصل فيه تشوه ↓ (deformation)
* ولكن بعد ذلك (أي إذا استمر تأثير القوة عليه سوف يحصل له تشوه ولن يعود كما كان).

⇝ I can apply Hooke's law in this reigon.

⇓

$\{\sigma = E * \varepsilon\}$

* كلما كانت ($E$) أكبر تكون المادة أصلب.

↓

* إذا سألنا: رتب قيمة ($E$) للحديد والخشب ⇐ الحديد أكبر لأنه أصلب.



Scanned with CamSca

(8) Sonic Velocity: سرعة الأمواج الصوتية

تكون عالية وكبيرة في هذه الصخور لأن الفراغات قليلة.



Scanned with CamScanner