Manara University
Faculty of Engineering
Department of civil engineering

جامعة المنارة
كلية الهندسة
قسم الهندسة المدنية

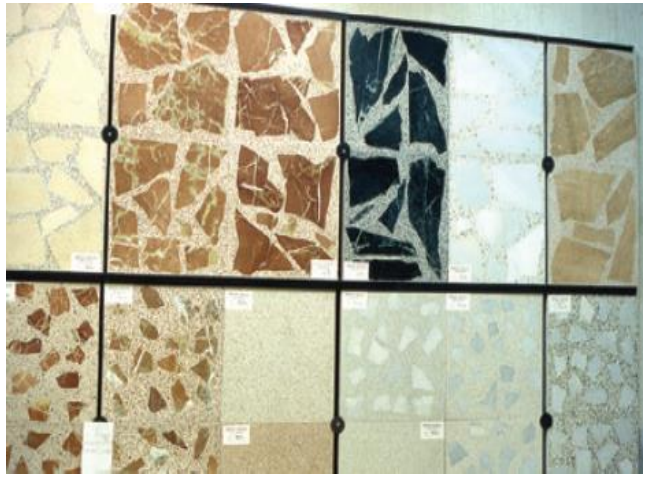
مقرر مواد بناء

لطلاب الهندسة المدنية

مدرس المقرر

د.م. مهند سليم مهنا

المواضيع الأساسية في المحاضرة



تطور صناعة البناء

الأنواع المتنوعة لمواد البناء

الخصائص المختلفة لمواد البناء

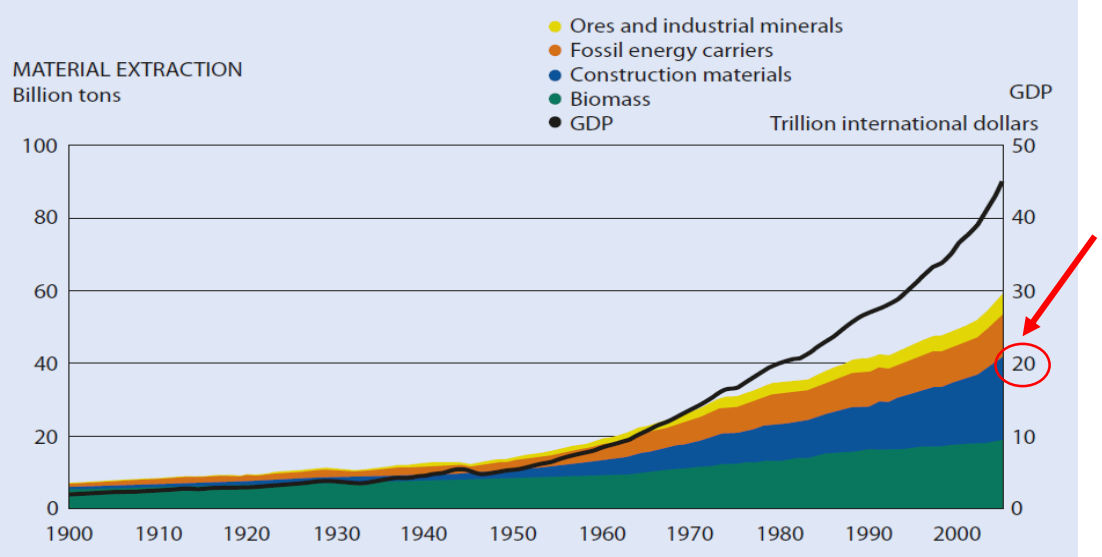
الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لمواد البناء

في العصر الحالي يعتبر البناء صناعة ويعتبر تصنيع وتجارة مواد البناء أحد أكثر الصناعات ربحاً في العالم.

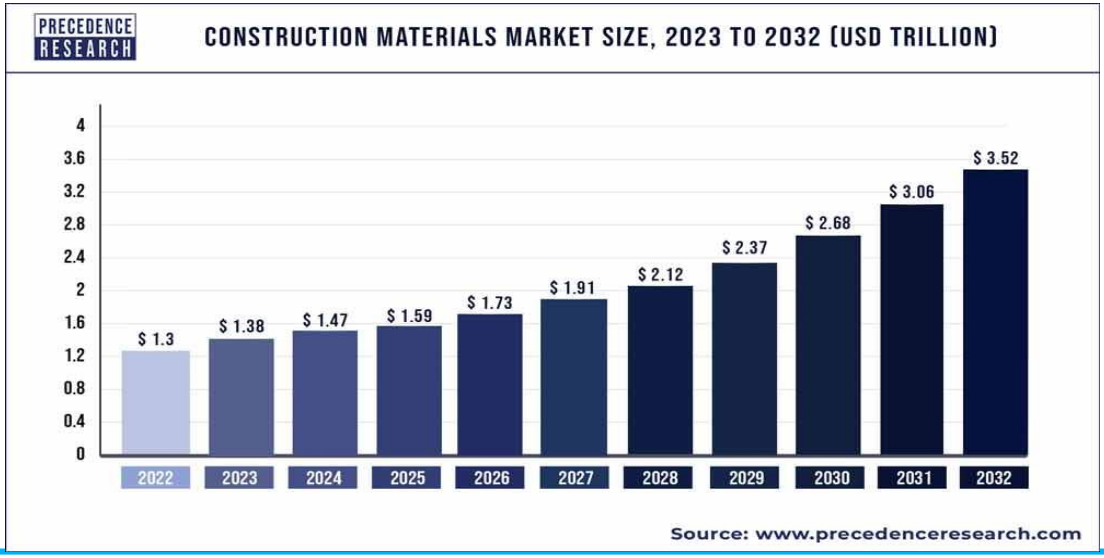
تساعد دراسة مواد البناء على استخدام المادة المناسبة في البناء المطلوب، ويتم الكشف عن صلاحية المادة بواسطة الاختبارات، وللعامل الاقتصادي دور هام في اختيار المواد.

تقسم مواد البناء إلى مواد طبيعية كالصخور والأخشاب أو صناعية كالخرسانة.

المواد الطبيعية كالصخور (الغرانيت، البازلت، الرخام...) والأخشاب قد تُجرى عليها عدة عمليات حتى تصبح جاهزة للاستخدام، والخرسانة تعتبر مادة صناعية لأنها تحتاج إلى عدة عناصر وعمليات معالجة لتشكل المنتج النهائي الجاهز للاستخدام.



تطور استخراج المواد المختلفة بما فيها مواد البناء من 1900 حتى 2005



التسلسل التاريخي لظهور مواد البناء

	مواد البناء	الفترة الزمنية	ملاحظات
الطبيعية الغير معالجة	الحجر	قبل ٨٠٠٠ BC	تستخدم كما هي دون معالجة، تجمع ويبنى بها مباشرة وهي أقدم الأنواع.
	الطين	قبل ٨٠٠٠ BC	
	الخشب/ القصب / القش	قبل ٨٠٠٠ BC	
	الكلس	٣٠٠٠ BC	
	الكلس (اسمنت بوزلانا)	AD٤٧٦ – BC٣٠٠	
	القرميد المجفف بالشمس	٦٠٠٠ BC	
	الثلج	٨٠٠٠ BC	يستخدم في مناطق محدودة، كالقطب الشمالي
الطبيعية المعالجة	الحجر المقصوص	٨٠٠٠ BC	قبل البدء بالبناء يجب معالجتها قليلاً كتسوية أوجه الحجارة، صنع القوالب وقطع الأشجار.
	الطوب	٨٠٠٠ BC	
	الخشب	٨٠٠٠ BC	
مواد البناء المصنعة	الفخار والطابوق المشوي	BC٨٠٠٠–BC٤٠٠٠	تمر المواد الطبيعية بمرحلة تصنيع قبل استخدامها للبناء.
	الخرسانة	BC٣٠٠	
	الاسمنت البورتلاندي	AD١٨٢٤	
	الحديد	١٣٥٠ BC	
	الألمنيوم	١٨٠٨ AD	
	الزجاج	١٣٠٠ BC	
	القماش	٨٠٠٠ BC	
	البلاستيك	AD١٨٦٢	

يمكن عموماً تقسيم تطور صناعة البناء إلى ثلاث مراحل تاريخية ، تتميز كل منها بمجموعة مواد خاصة بها:

- الخشب والحجر والطوب (حتى منتصف القرن التاسع عشر).
- الصلب والزجاج والخرسانة (منتصف القرن التاسع عشر - منتصف القرن العشرين).
- الخرسانة المسلحة والمعادن والبلاستيك والحجر الصناعي (من النصف الثاني من القرن العشرين حتى يومنا هذا)

ألياف زجاجية وخرسانة

مبنى من خشب وحجر

الأصناف والأنواع المختلفة من مواد البناء:

1. مواد البناء للأساس والجدران (الخرسانة والطوب والأخشاب والحديد وغيرها).
2. مواد التسقيف (البلاط ، الأردواز ، صفائح الفولاذ، القرميد ومواد مختلفة).
3. مواد الديكور والتشطيب (ورق جدران ، باركيه ،DryWall ، الايبوكسي، ألواح من الحجر الصناعي، الكوبوند كلادينغ...).
4. مواد التثبيت (المسامير ، البراغي ، الدبابيس ، البراشيم).

الأردواز

الحجر الصناعي

Epoxy resin

AluCobond

5. محاليل البناء (الاسمنت ، الكلس الجيري ، ومزيج الغراء ،...).
6. مواد البوليمر (البلاستيك، البولي ايتيلين، البوليستيرين والبولي كربونات).
7. المواد العازلة (نشارة الخشب ، الزجاج الرغوي ، الصوف الصخري).
8. مواد لبناء الطرق والرصف (البيتومين ، الخرسانة الإسفلتية ، حجر الرصف...)

البولي كربونات

الصوف الصخري

Foam glass
الزجاج الرغوي

نشارة الخشب

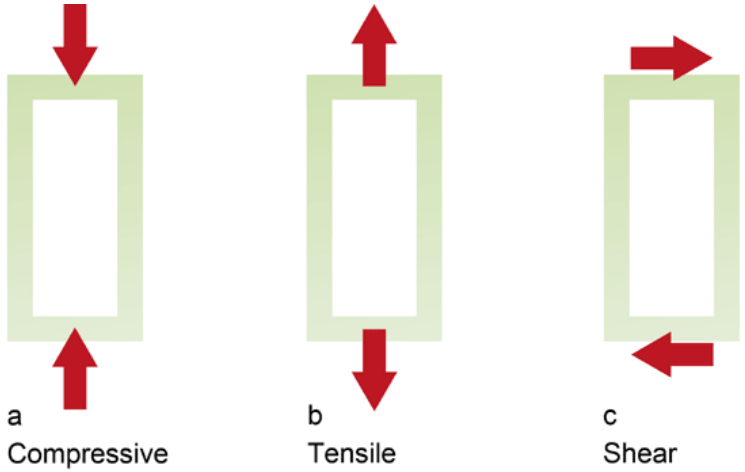
الخواص المختلفة للمواد المستخدمة في أعمال البناء والتشييد

خواص فيزيائية (طبيعية): الأبعاد، الشكل، الوزن النوعي، الكثافة، المسامية، النفاذية وغيرها

خواص كيميائية : التركيب الكيميائي، الحامضية، القلوية، مقاومة الصدأ، التغيرات الناتجة عن العوامل الجوية

خواص ميكانيكية: تختص بالتأثيرات التي تحدث في المادة عند تعرضها لأحمال ستاتيكية وديناميكية

إضافة للخواص الحرارية والبصرية والصوتية



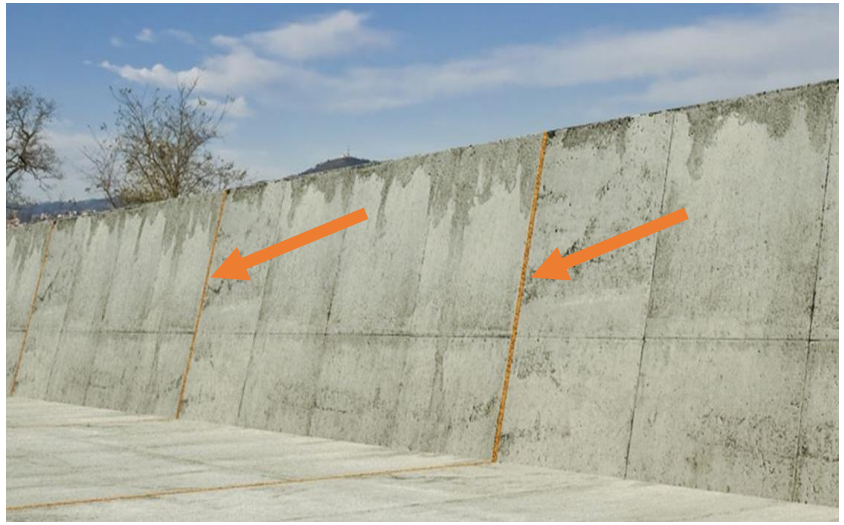
خواص حرارية: التوصيل الحراري، التمدد الطولي والحجمي

من خواص الخرسانة المسلحة التوصيل السريع للحرارة مما يجعل استخدامها في بناء المباني بدون عوازل حرارية غير مريح للمستخدم. لذا فإن عدم عزل المباني جيداً يؤدي إلى ارتفاع في معدل تشغيل الأجهزة الميكانيكية وبالتالي زيادة الأعباء المادية على الساكن.

<u>العزل الحراري</u> :استخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة بحيث تساعد في تقليل تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفاً ، ومن داخله إلى خارجه شتاءً .

أفضل عازل حراري هو الهواء. لذلك، فإن مهمة أي مادة عازلة هي إنشاء مايشبه طبقة هوائية ثابتة بداخل العنصر المراد عزله.
على سبيل المثال، المواد الرغوية مثل الستايروفوم تتكون من الهواء بنسبة 98٪و تعتبر من أكثر مواد العزل كفاءة.

تخضع الخرسانة للتمدد بسبب ارتفاع درجة الحرارة، لذلك عندما تكون محصورة ضمن حدود مقيدة فإن ذلك يؤدي إلى ظهور تشققات وشروخات، الأمر الذي يستوجب **توفير فواصل التمدد** في المباني الكتلية والجدران الاستنادية والجسور ومسارات السكك الحديدية. يتم عموماً تزويد المنشآت الكتلية الضخمة والطولية (التي تزيد أبعادها عن 45m) بفواصل تمدد (Expansion joint) لتجنب قوى التداخل والتصادم (Collision) الناتجة عن التمدد الحراري للعناصر. كما يجب تزويد صبات الأرضيات البيتونية بفواصل كل 4 متر وسطياً.



يحسب أولياً عرض فاصل التمدد بشكل تقريبي بحيث لا يقل عن القيمة المعطاة بالمعادلة التالية:

$$\Delta_L = \alpha_L \times \Delta_T \times L$$

L طول العنصر البيتوني

ΔT فرق درجات الحرارة

α معامل التمدد الحراري للبيتون ($\alpha = 12 \times 10^{-6} m/C^o$)

خواص بصرية: اللون، انكسار الضوء، امتصاص وانعكاس الضوء(Problems of Talkie-Walkie/London, Vdara hotel/LasVegas)

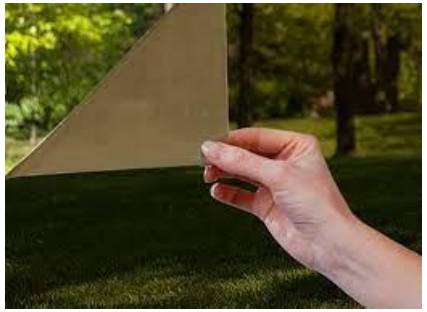
Sunshade cover

Talkie-Walkie/ London

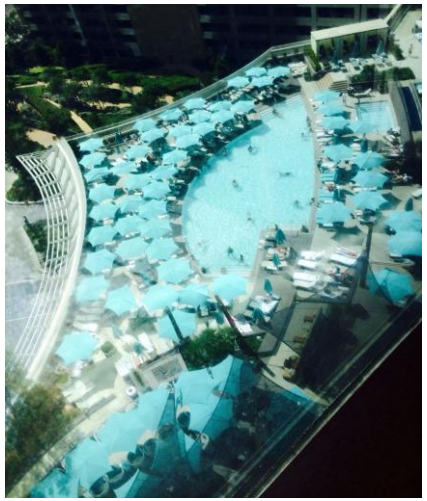
يعمل كعدسة مقعرة عاكسة ومجمعة للحرارة

Vdara Hotel/ LasVegas

يعمل كعدسة مقعرة عاكسة ومجمعة للحرارة



لاصق مانع انعكاس للزجاج

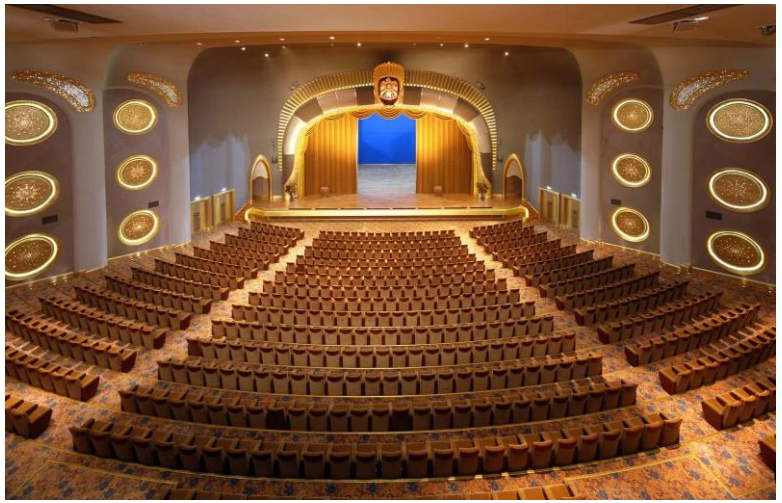


خواص صوتية: التوصيل الصوتي، الانعكاس الصوتي

ينعكس الصوت عن السطوح المقعرة ويتجمع في بؤرة محددة، شأنه في ذلك شأن الضوء الذي ينعكس عن سطح المرآة المقعرة.

- تم الاستفادة من هذه الظاهرة في مساجد عديدة كقبة الصدى في مسجد أصفهان القديم، العادلية في حلب، وبعض مساجد بغداد القديمة. كان يصمم سقف المسجد وجدرانه على شكل سطوح مقعرة موزعة في زوايا المسجد وأركانه بطريقة دقيقة تضمن توزيع الصوت بانتظام على جميع الأرجاء.

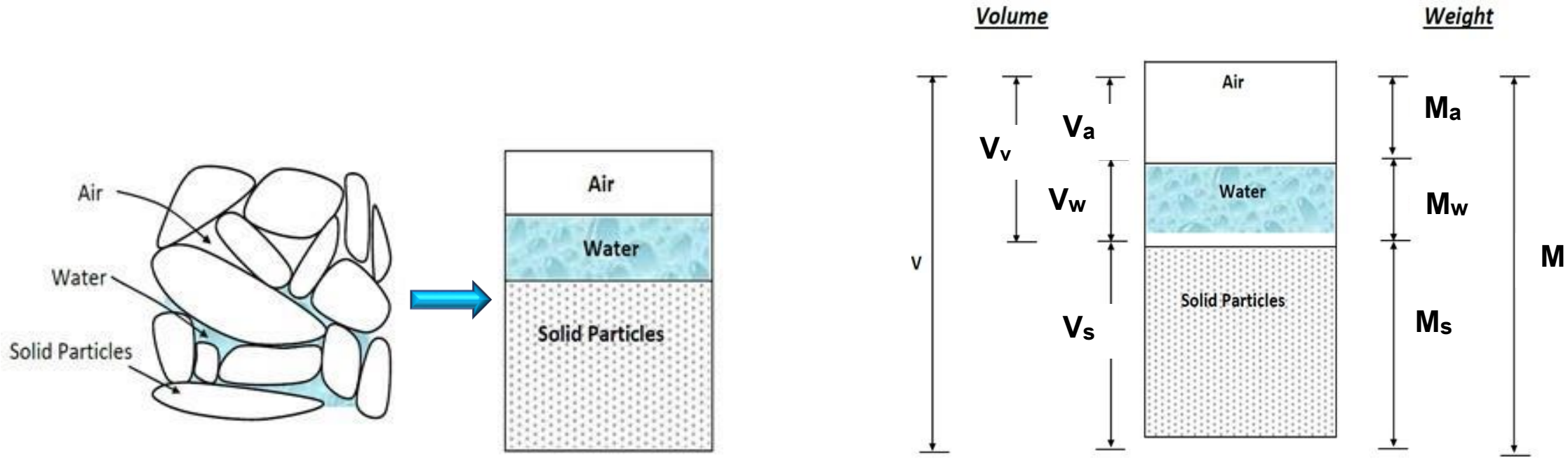
- يمكن تحسين الحالة الصوتية في القاعات باستخدام ألواح من مواد ماصة للطاقة الصوتية مثل "الفلين" و "الجبس" ونسيج "الألياف الزجاجية" وتوضع هذه الألواح في أماكن معينة على السقف والجدران بغرض تقليل دوي الصوت أو التخلص منه .

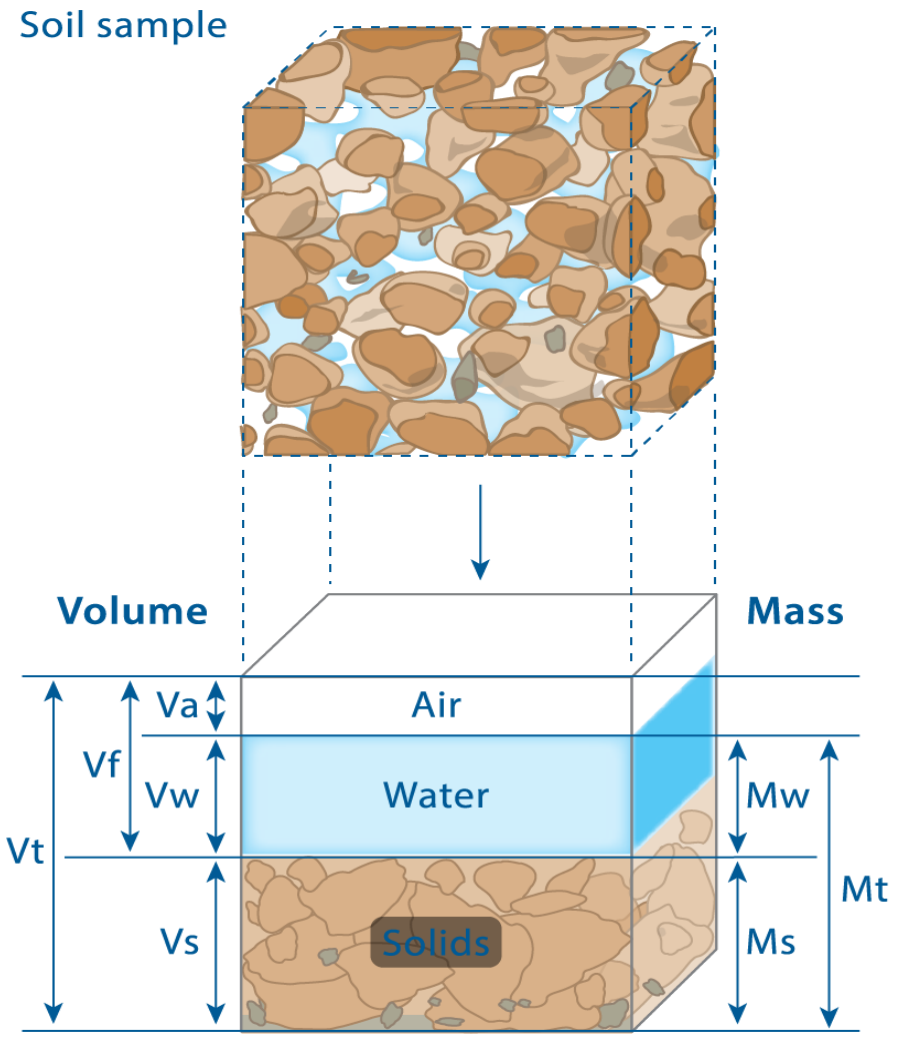


خواص فيزيائية (طبيعية):

يتم عادة تحديد الخصائص الفيزيائية للمادة بمعرفة الوزن والحجم.

- من أجل إيجاد الخواص الفيزيائية للمادة سيتم تحويل الخليط المعقد من الحبيبات الصلبة والماء والهواء إلى شكل منتظم يكون الهواء في الأعلى ثم يليه الماء ومن ثم الحبيبات الصلبة وكما بالشكل أدناه.





Va : حجم الهواء

Vw: حجم الماء

Vs: حجم الجزئيات الصلبة

الحجم الكلي للمادة: $V=V_a+V_w+V_s$

M_a : وزن الهواء ويساوي صفر

M_w: وزن الماء

M_s: وزن الحبيبات الصلدة، يعبر عنه أحياناً بـ M_d: الوزن الجاف للصخرة

الوزن الكلي للمادة: $M= M_s + M_w$

1- المحتوى المائي/ الرطوبة (Water Content):

تتكون المواد من منيرالات وفراغات بين هذه المنيرالات، وقد تكون هذه الفراغات معبأة جزئياً أو كلياً بالمياه.

في بعض أنواع الصخور من المهم والمفيد معرفة وجود المياه في فراغاتها لتحديد **درجة طراوتها**. حيث قد تؤدي هذه المياه إلى انخفاض متانة الصخور وديمومته.

- ✓ في الصخور المفككة الخشنة والرملية تؤثر درجة الإشباع على مقاومة هذه الصخور للقوى الخارجية
- ✓ في الصخور الصماء المتماسكة يكون حجم الفراغات على درجة من الصغر بحيث حتى ولو كانت معبأة كلياً بالمياه فهي ليست بذات أهمية من الناحية العملية.

يعبر المحتوى المائي رياضياً عن النسبة بين وزن الماء الموجود داخل فجوات المادة إلى وزن المادة الصلبة (الجافة):

$$W = \frac{\boldsymbol{Mw}}{\boldsymbol{Md}} = \frac{\boldsymbol{M - Md}}{\boldsymbol{Md}} \times \mathbf{100}$$

درجة التشبع (Degree of Saturation) (Sr) :

النسبة بين حجم الماء في المادة إلى حجم الفراغات:

$$Sr = \frac{Vw}{Vv} \times 100$$

- عندما تكون المادة ذات فجوات مملوءة تماماً بالماء يكون حجم الماء يساوي حجم الفراغات وبالتالي فإن درجة التشبع تكون 100% والمادة مشبعة وهذه الحالة نادرة الحصول في الصخور.

- عندما تكون فراغات المادة مملوءة بالهواء فقط فيكون حجم الماء يساوي صفر و بالتالي فإن درجة التشبع تساوي صفر والمادة تعتبر جافة.

- عندما تكون فراغات المادة مملوءة بالهواء و الماء فدرجة التشبع تتغير من 0 إلى 100% والمادة مشبعة جزئياً.

2- مسامية المادة (Porosity):

مهما كان نوع المادة وحالتها من حيث التماسك أوعدمه فإن المادة الصلبة المكونة لها تترك فيما بينها فراغات. تعرف المسامية بأنها نسبة حجم الفراغات (الفجوات) إلى الحجم الكلي للمادة، ويرمز للمسامية بالرمز n.

تعتمد مسامية المادة على عدة عوامل منها أحجام الحبيبات الصلبة، ترتيبها .$n = \frac{V_v}{V}$

نسبة الفراغات (Void Ratio): هو نسبة حجم الفراغات إلى حجم المكونات الصلبة في نفس العينة

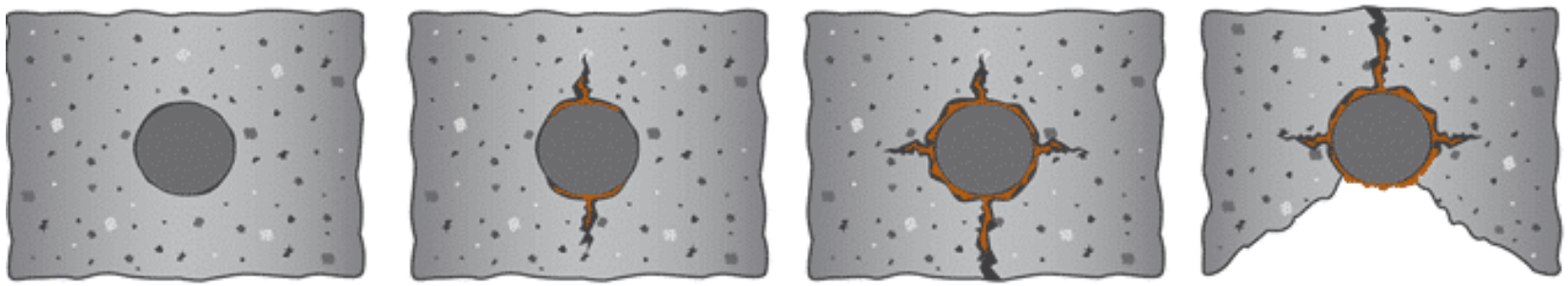
$$e = \frac{V_v}{Vs}$$

$$e = n/(1-n)$$

Type of rock	Porosity [-]
Gravel	0.25–0.30
Sand	0.36–0.45
Clayey sand	0.45–0.49
Granite	0.0005–0.0090
Basalt	0.006–0.013
Limestone	0.006–0.169

للمسامية دور هام في تقييم جودة المواد:

توضح الصورة بالأسفل تأثير **مسامية** البيتون وعدم كفاية طبقة التغطية على فولاذ التسليح وبالتالي الأثر السلبي على أمان المنشأ



The corrosion cycle of steel begins with the rust expanding on the surface of the bar and causing cracking near the steel/concrete interface. As time marches on, the corrosion products build up and cause more extensive cracking until the concrete breaks away from the bar, eventually causing spalling.

3- كثافة المادة (material Density):

تعرف الكثافة بشكل عام بأنها كتلة المادة لكل وحدة حجم، ويمكن التعبير عن الكثافة بأنها الوزن في الهواء لكل وحدة حجم واحدة في درجة حرارة معينة؛ لأن وزن الأجسام يتغير من مكان لآخر تبعاً لقيمة الجاذبية الأرضية ودرجة الحرارة.

الوحدة القياسيّة لكثافة الصخور هي الكيلوغرام لكل متر مكعب (kg/m^3)،

كما تختلف الكثافة بشكل كبير بين أنواع الصخور والمواد المختلفة

بسبب الاختلافات في بنية المادة والمسامية.

Material	Density (kg/m^3)
concrete	2300
Asphalt conc.	2400
Bricks	1900
Cement	1400
Clay (wet)	2080
Cement mortar	1440
Concrete (reinforced)	2400
Gypsum	1200
Sand	1650
Concrete Blocks	1400
Gravel	1800
Steel	7850
Wood(average)	400-700
Water	1000

الخرسانة

الفولاذ

تقسم الكثافة إلى عدة أنواع:

a)-كثافة المادة الكلية (γ) النسبة بين وزن المادة الكلي (الوزن الصلد+ وزن الماء الموجود بالفجوات) إلى حجم المادة الكلي

$$\gamma = \frac{M}{V}$$

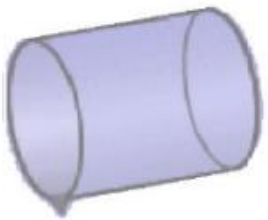
b)- كثافة المادة الجافة :(γd) النسبة بين وزن المادة جافة (الوزن الصلد) إلى حجم المادة الكلي :

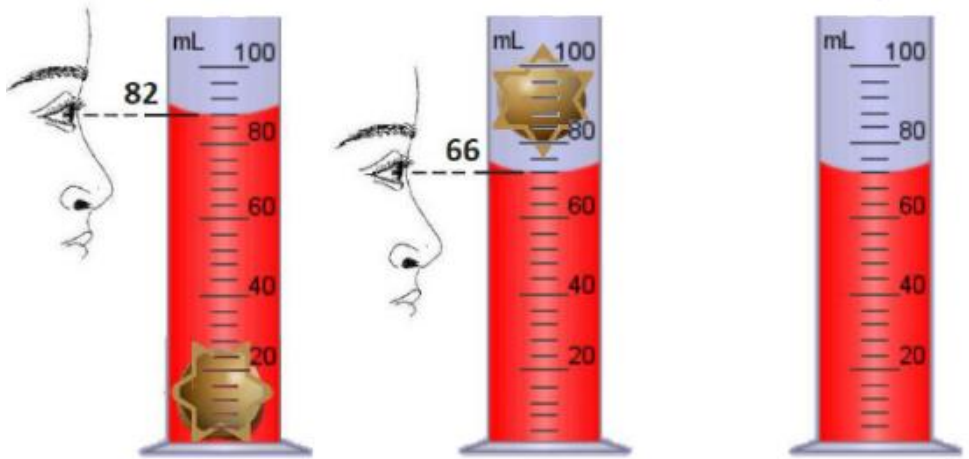
$$\gamma d = \frac{Md}{V}$$

c)- كثافة الحبيبات الصلبة الموجودة بالمادة(γs) : النسبة بين وزن المادة جافة (الوزن الصلب) إلى حجم الحبيبات الصلبة:

$$\gamma s = \frac{Md}{Vs}$$

- قم بقياس حجم السائل في المختبر بمحاذة العين في المستوى الأفقي للسطح الهلالي (V_{L1})
- ضع الشكل المعدني داخل المخبار المدرج وسجل الارتفاع الجديد للسائل (V_{L2})
- احسب الفارق بين الحجمين $(V_{L1} - V_{L2})$ ويكون هو حجم الشكل الغير منتظم



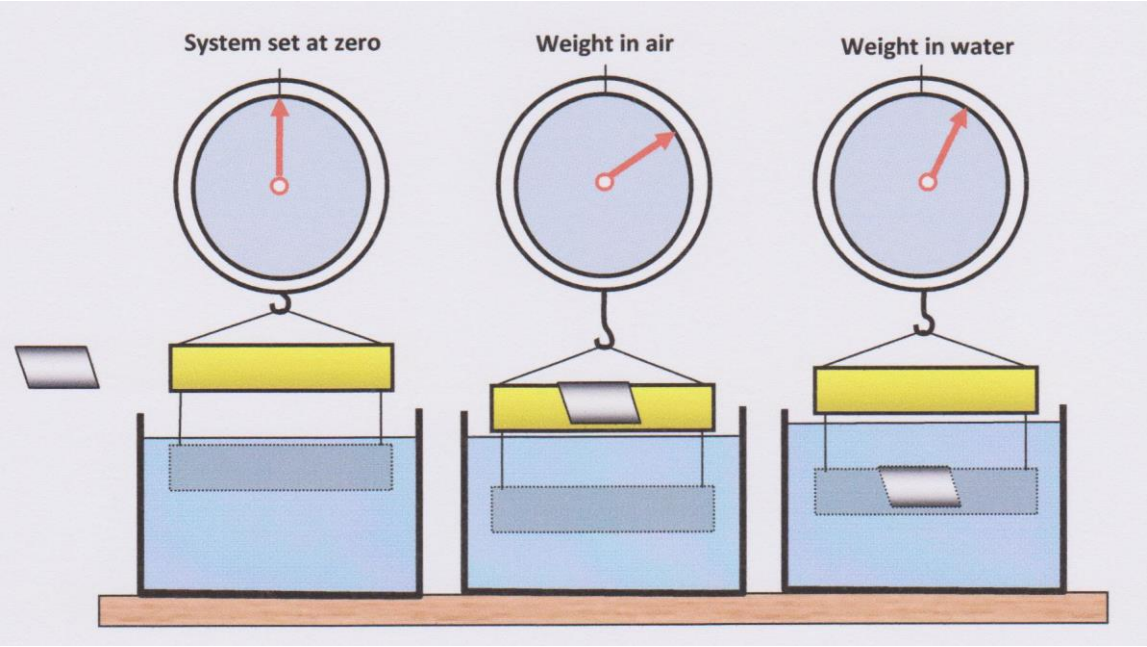


١. قم بوزن العينات المعدنية على ميزان دقيق بالجرام

٢. احسب كثافة المادة بالمعادلة ← كثافة المادة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ (كجم/م٣)

٣. احسب الكثافة النوعية للعينات بالمعادلة ← الكثافة النوعية = $\frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$

4- الوزن النوعي (Specific Gravity, Gs) : النسبة بين وزن الحبيبات الصلبة للصخرة (جافة) إلى وزن ماء ذي حجم مساو لحجم الحبيبات الصلبة للصخرة. بمعنى آخر هو النسبة بين كثافة الصخرة الصلبة γ_s إلى كثافة الماء γ_w وكما بالمعادلة:



$$Gs = \frac{\gamma s}{\gamma w}$$

$$G_S = \frac{M(air)}{[M(air) - M(water)]}$$

$$S_r = \frac{w \times G_s}{e}$$

$$e = G_s\,(1 + w)\,\frac{\gamma_w}{\gamma} - 1$$

- تصنف المعادن التي كثافتها النوعية اقل من ٢,٣ على أنها معادن خفيفة Light، وتلك التي بين ٢,٣ إلى ٤,٥ تصنف على أنها معادن متوسطة الكثافة، أما التي تفوق كثافاتها فوق ٤,٥ فإنها تصنف على أنها معادن ثقيلة.
- تغطس أي مادة في الماء إذا كانت كثافاتها اثقل من كثافة الماء أما المواد التي كثافتها اقل من كثافة الماء فإنها تطفو فوق سطح الماء.

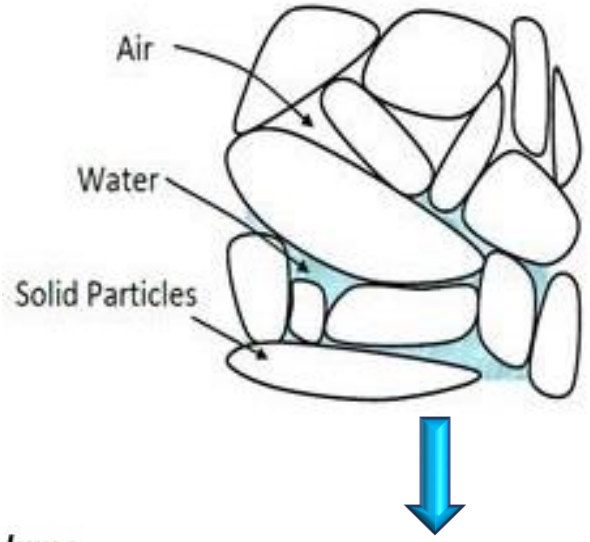
5- النفاذية (permeability):

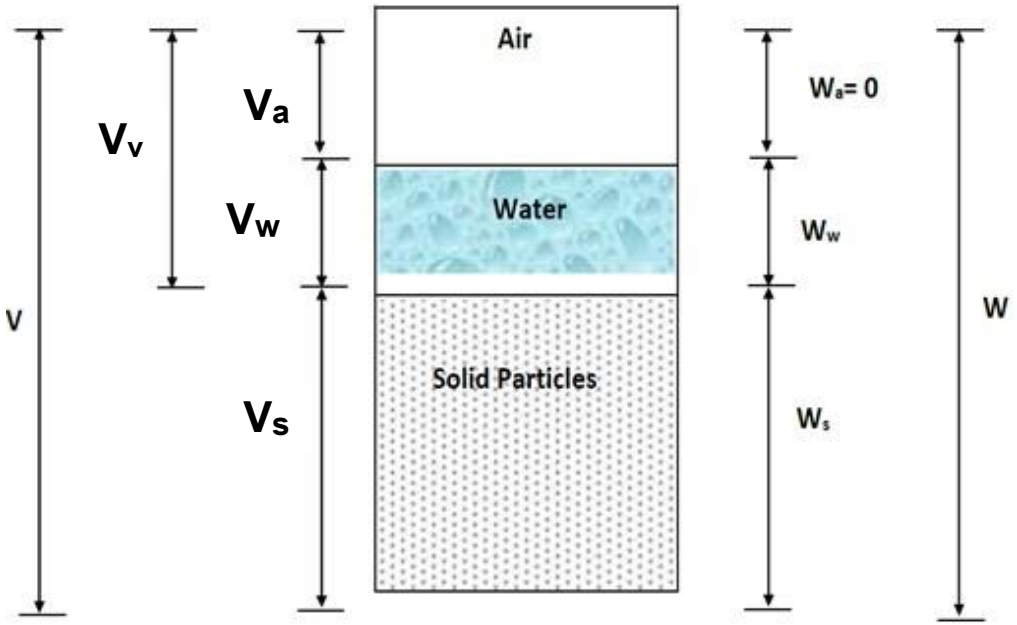
هي خاصية المواد بالسماح للمياه بالحركة ضمنها، وتحدد من خلال وجود المسامات المتصلة مع بعضها البعض في الصخور الحبيبية والشقوق في الصخور الكتلية. يعبر عن درجة نفاذية الصخور بعامل النفاذية (Permeability coefficient) وهو عبارة عن كمية المياه الراشحة باللتر خلال فترة زمنية محددة. وتقسم الصخور وفقاً لدرجة نفاذيتها إلى مجموعات كما هو مبين بالجدول التالي:

درجة النفاذية	عامل النفاذية لتر/يوم
جيدة النفاذية(حصى، رمال خشنه، الصخور الكتلية الشديدة التشقق...)	>10
نفوذه(الرمال، الصخور المتشققة)	1-10
ضعيفة النفاذية(المارل، الصخور الرملية، السيلت.....)	0.01-1
ضعيفة النفاذية جداً (الصخور الرملية الغضارية، سيلت، ...)	0.001-0.01
كتيمة (الغضار، الصخور الكتلية الخالية من الشقوق)	<0.001

الأكثر نفاذية

ملخص العلاقات الأساسية





درجة الاشباع $\frac{V_w}{V_v}$

المسامية $\frac{V_v}{V}$

نسبة الفراغات $\frac{V_v}{V_s}$

الرطوبة/ المحتوى المائي: $\frac{M_w}{M_s}$

كثافة صلبة	كثافة جافة	كثافة كلية
$\frac{M_s}{V_s}$	$\frac{M_s}{V}$	$\frac{M}{V}$

من مواد البناء الطبيعية؟			
البوليميرات	الأخشاب	البلاستيك	الزجاج الرغوي
ساد استخدام الخرسانة المسلحة والمعادن في صناعة البناء اعتباراً من القرن:			
العاشر	الخامس عشر	السابع عشر	العشرين
مادة بناء شائعة الاستخدام في أعمال الديكور:			
البيتومين	الصوف المعدني	ألواح الحجر الصناعي	البلاط
مادة بناء تستخدم في أعمال العزل الحراري:			
الاسمنت	صفائح الفولاذ	الاسفلت	نشارة الخشب

تسمى النسبة بين وزن الماء الموجود في العينة إلى وزن العينة الجاف بـ:			
درجة التشبع	المحتوى المائي	الكثافة	السيولة
تسمى النسبة بين حجم الفراغات إلى الحجم الكلي للمادة بـ:			
نسبة الفراغات	النفاذية	المحتوى الفراغي	المسامية
حدد الإجابة الخاطئة: تصنف ضمن الخصائص الفيزيائية للمواد:			
النفاذية	مقاومة الشد	الكثافة	الرطوبة
من مواد البناء الشائعة التي استخدمها الانسان منذ آلاف السنين:			
الحجر	الاسمنت البورتلاندي	الخشب	الطوب