

Manara University

Faculty of Architectural engineering



جامعة المنارة

كلية الهندسة المعمارية

## مقرر تكنولوجيا المواد

مدرس المقرر

د.م. مهند سليم مهنا

# أحجار البناء

مصطلح الحجر مشتق من الأحجار الطبيعية المستخرجة من القشرة الأرضية السطحية. تعتبر مادة الحجر من أقدم مواد البناء المعروفة استخداماً وأعلىها مقاومة لعوامل الزمن. بدء استخدام الحجر منذ ما يزيد عن 6000 سنة وتطور استعماله في حضارات العالم القديم كالحضارة المصرية وبلاد ما بين النهرين وكذلك حضارة الأنكا في أميركا اللاتينية.

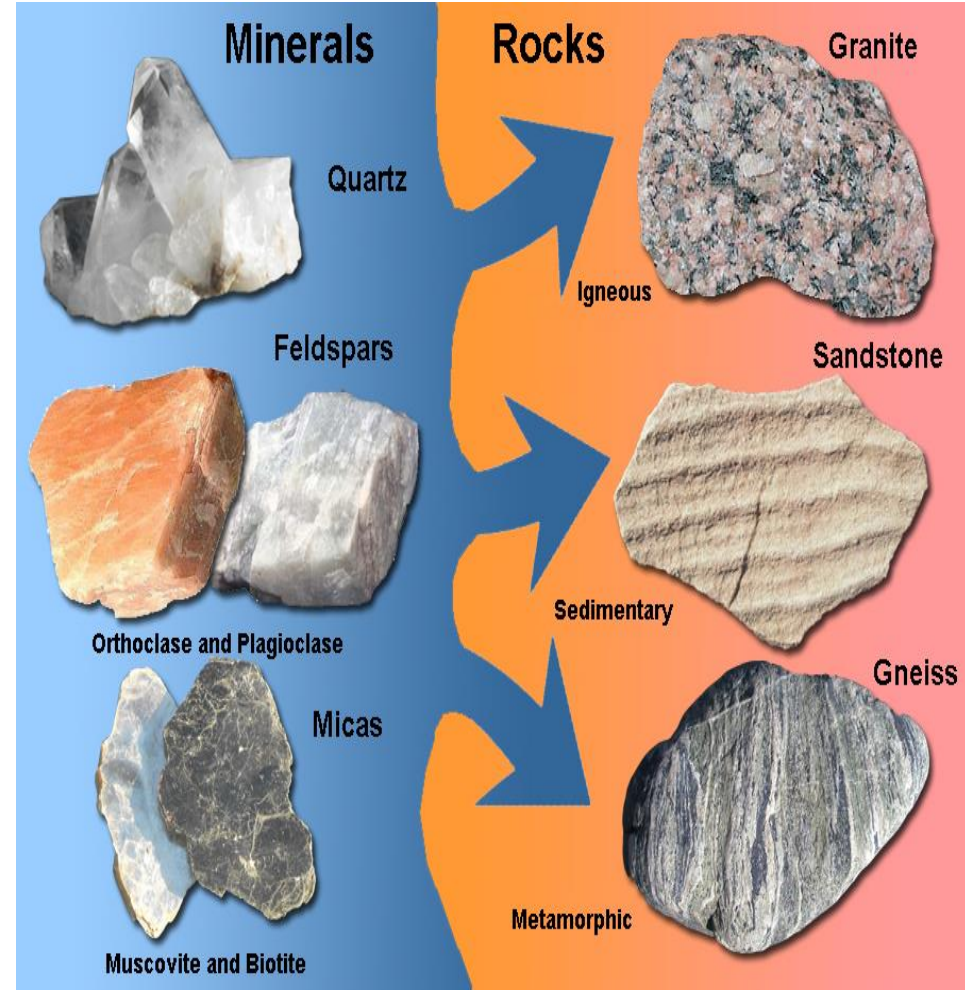
في بداية استخدام الحجر كمادة بناء، لم تكن عملية قطع وتشكيل الحجر معروفة أو واسعة الانتشار ثم بدأ الإنسان في عملية رص الحجر مع بعضه البعض للتخلص من الفراغات البينية وضمان تماسك البنيان عن طريق اختيار الحجر بدقة متناهية مما سبب ضياع الوقت والجهد. استمر ذلك حتى طور الإنسان معدات صقل وتشذيب الأحجار مع اكتشافه للحديد وتطبيقاته ومن ثم اكتشافه للملاط الكلسي (الرابط الجيري) كمادة رابطة ولاصقة بين وحدات الحجر مما ساهم في تسريع عمليات البناء والتشييد.

في أعمال البناء المعاصرة تستبدل عادة وحدات الحجر بوحدات الطوب والبلوك الاسمتي والتي تتصف بخفة الوزن وسهولة التعامل. مع ذلك مازال الحجر يستخدم بكثرة في نواحي الديكور (الأكساء الخارجي والداخلي) ورصف الممرات إضافة لاستخدامه أحياناً في الجملة الهيكلية للمباني الحجرية. مع الإشارة إلى تفضيل المهندسين عموماً للإطارات الانشائية الخرسانية والحديدية بسبب الاقتصادية وسرعة الانشاء والتشييد.

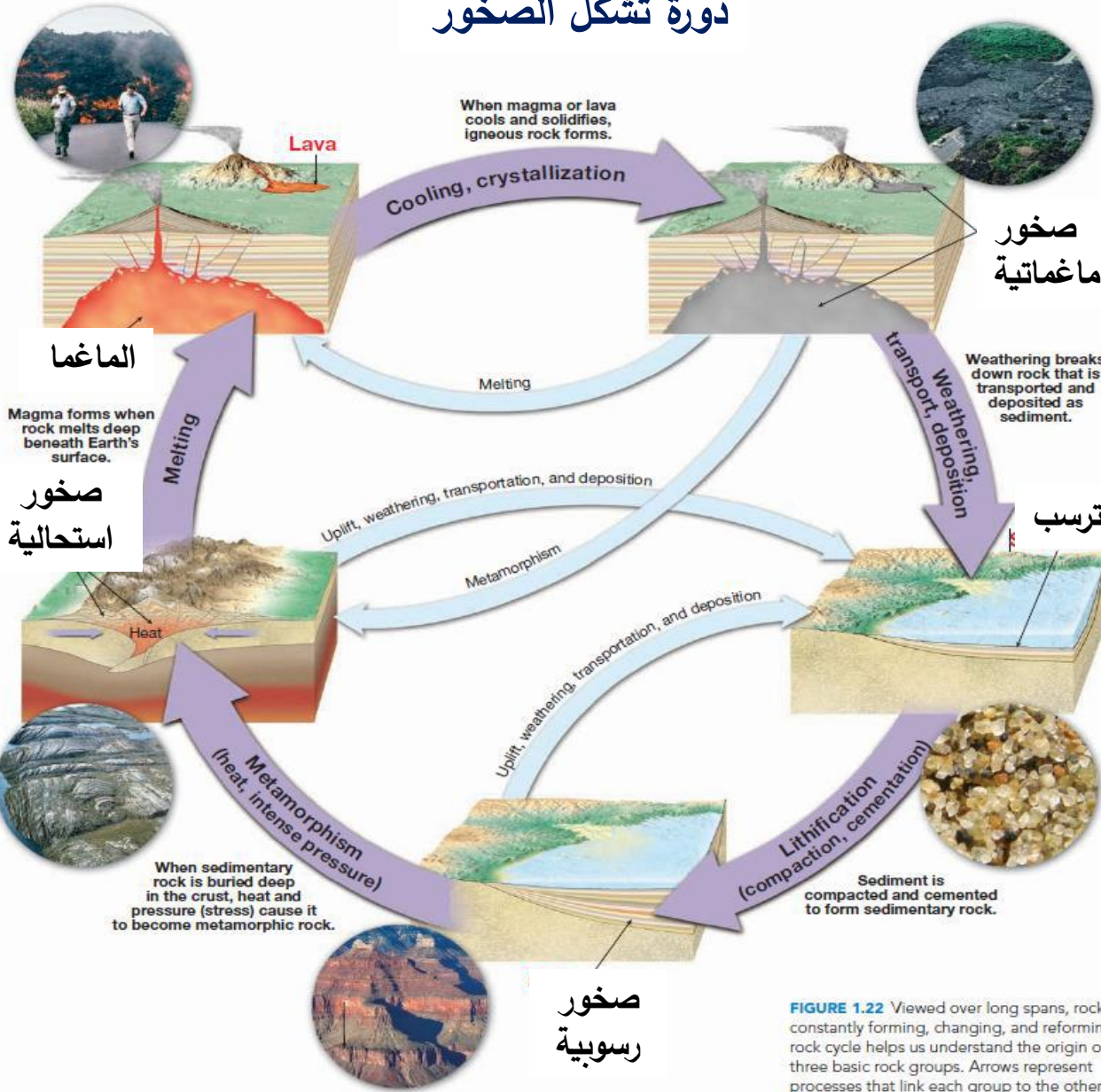
# الصخور

مادة صلبة تتشكل طبيعياً، مكونة من تجمع يتألف من منيرال واحد (صخر وحيد المنيرال) مثل الصخر الكلسي المكون من منيرال الكالسيت، أو من عدة منيرالات بنسب مختلفة مترابطة فيما بينها (صخر متعدد المنيرالات): مثل صخر الغرانيت المكون من فيلدسبار و الكوارتز و الهورنبلند (الأمفيبول). كما يمكن أن يتكون الصخر من أية مواد طبيعية غير منيرالية (عضوية أو غير عضوية) مثل الفحم الحجري و الزجاج البركاني و هي صخور بركانية غير متبلورة).

يعتبر الصخر وحدة البناء الأساسية في بناء القشرة الأرضية، في حين أن المنيرال هو وحدة البناء الأساسية للصخر. و تختلف الصخور عن بعضها البعض من حيث أنواع المنيرالات المشكلة لها و نسبها، و من حيث طريقة تشكلها و مكان تشكلها.



## دورة تشكل الصخور



تصنف الصخور جيولوجياً إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

ماغماتية (نارية).....(التبلور)

صخور رسوبية.....(الدياجينيز)

صخور استحالية.....(الضغط والحرارة)

FIGURE 1.22 Viewed over long spans, rocks are constantly forming, changing, and reforming. The rock cycle helps us understand the origin of the three basic rock groups. Arrows represent processes that link each group to the others.

# الأنواع الرئيسية للصخور المشكلة للقشرة الأرضية:

## 1. الصخور الماغمتية (أو النارية) (Magmatic or Igneous rocks) :

وتشمل جميع أنواع الصخور التي نشأت من تصلب الماغما (**عملية التبلور**)، و هي أكثر أنواع الصخور انتشاراً، حيث تشكل حوالي **65%** من صخور القشرة الأرضية حجماً. كما أنها تعتبر أقدم الصخور عمراً لذلك يطلق عليها غالباً الصخور الأم، ومن أمثلتها الغرانيت، الغابرو، السينيت، البازلت والبيريدوتيت. تقسم بحسب نسبة السيليكات إلى حامضية ، قاعدية، فوق قاعدية.



الغرانيت

صخور حامضية

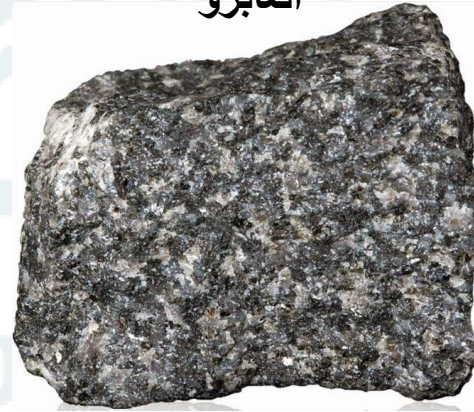
نسبة السيليكات أكبر من 65 %



البازلت

صخور قاعدية

نسبة السيليكات بين 45% و 65 %



الغابرو



البيريدوتيت

صخور فوق قاعدية

نسبة السيليكات أقل من 45 %

## 2. الصخور الرسوبية ( Sedimentary rocks ) :

تشمل جميع أنواع الصخور التي نشأت من خلال عمليات التجوية و التعرية و النقل لحطاميات الصخور السطحية و من ثم ترسيبها و تراصها و ترابطها بملاط رابط **(الدياجينيز)**. تشكل حوالي **8%** من مجمل صخور القشرة الأرضية، و لكنها تشكل حوالي 75 % من الصخور الصلبة القريبة من سطح الأرض، لذا تعد أهم الصخور بالنسبة للدراسات الهندسية كونها الأقرب إلى سطح الأرض عموماً و ضمن مجال النشاط الهندسي. من الصخور الرسوبية شائعة الاستخدام في أعمال البناء والاكساء: الصخر الكلسي والترافيرتين و الصخر الرملي.



### 3 . الصخور الاستحالية (المتحولة) (Metamorphic rocks)

وتشمل جميع أنواع الصخور الماغماتية أو الرسوبية التي كانت موجودة و تعرضت لحرارة مرتفعة و/أو ضغط كبير والتي سببت تغيرات في الصخر الأصلي وأنتجت صخور جديدة مختلفة عن الصخور التي نشأت منها. وتشكل حوالي 27% من صخور القشرة الأرضية. من أمثلتها الرخام و الشيست والسربنتين والأردواز . و مجموع الصخور الماغماتية و المتحولة يبلغ حوالي 92 % من صخور القشرة الأرضية حجماً.

Parent rock	الصخر الأصل (الأب)	الصخر المتحول (Metamorphic rocks)
Sandstone	الحجر الرملي (صخر رسوبي)	كوارتزيت (صخر متحول) Quartzite
Granite	الغرانيت (صخر ناري أو مغماتي)	نايس (صخر متحول) Gneiss
Limestone	الحجر الكلسي (صخر رسوبي)	الرخام (صخر متحول) Marble
Peridotite	البيريدوتيت (صخر ناري)	السربنتين/ أو التالك (صخر متحول)

البيريدوتيت

استحالة  
↓



السربنتين

الحجر الكلسي

استحالة  
↓



الرخام

الحجر الرملي

استحالة  
↓



الكوارتزيت

الغرانيت



استحالة  
→



النايس



# صناعة الحجر

يستخرج حجر البناء من مقالع خاصة حسب نوع الحجر، ويتم ذلك باستخدام معدات وطرق مختلفة حسب توافرها. يمكن استخراج الحجر من المقالع باستخدام المعاول والعتلة أو عن طريق التفجير ولكن ينتج عن ذلك أشكال غير منتظمة. تستخدم معظم إدارات مقالع الأحجار حالياً مناشير خاصة وضواغط هيدروليكية تعمل على فصل الكتل الصخرية إلى قطع بأحجام منتظمة قابلة للنقل والاستثمار.



تُنتهي وتصل الحجاره بعد قطعها بواسطة الشحذ واستخدام ماده صاقلة وملمعة أو أي معالجة ضرورية للحصول على الإنهاء المطلوب. المنشار الماسي دائماً يستخدم في القطع النهائي للحجر. والحجر ذو الأشكال الأسطوانية يتم عمله باستخدام المخارط. تتحت الفواصل بالحجر بآلة خاصة أو باليد وذلك بالاعتماد على الوضع النهائي



ومن أنواع الحجر الطبيعي المشهورة الاستخدام في أعمال البناء:

١ - الحجر الجيري (الكلسي)

٢ - الرخام.

٣ - الجرانيت

٤ - حجر الإردواز.

٥ - البازلت



الحجر الكلسي



الرخام



الجرانيت



البازلت



الأردواز

# الحجر الكلسي (الجيري)

هو حجر طبيعي ينتمي إلى مجموعة الصخور الرسوبية التي تتكون من ترسب أجزاء الصخور المفككة بفعل عوامل التعرية.



- يتصف بقوة تحمل عالية.
- معدل امتصاصه للماء قليل بالاعتماد على درجة المسامية.
- مقاوم للحريق حتى ٩٠٠ درجة مئوية حيث يتحول بعدها إلى جير حي.



الصخر الكلسي النقي لونه أبيض، ولكن نتيجة تواجده في الطبيعة فإنه يتأثر بها ويتغير لونه مائلاً للأصفر والأزرق والرمادي بحسب الشوائب الداخلة في تركيبه. يكتسب الصخر الكلسي لوناً بنياً إذا اختلط به شوائب كبريتات الحديد الذي يسبب بقعاً ويكون حامض الكبريتيك الضار به.

- يستخدم في الحوائط الحاملة ويدخل في صناعة الإسمنت والمواد الحديدية.
- تعتمد المتانة والوزن النوعي للحجر الجيري على خاصية المسامية به.
- الوزن النوعي = (٢.٢٤ - ٢.٧٠) جم/سم<sup>٣</sup>.
- مقاومة الضغط تتراوح بين (٢٠٠ - ١٩٠٠) كجم/سم<sup>٢</sup>.
- المسامية (٠.٣٠ - ٢٠) %.



# الرخام (marble)



- حجر طبيعي ينتهي إلى مجموعة الصخور الاستحالية ،
- ينتج عن تحول الصخور الكلسية بفعل الحرارة والضغط.
- يتكون بشكل أساسي من منيرالات الكالسيت والدولوميت.
- يأتي الرخام بعدة ألوان وبه عروق مختلفة تعطيه جمالية مرغوبة، ويكثر الأقبال على استخدام الرخام بسبب قابليته للصقل والتهذيب، جماليته، مقاومته الميكانيكية والديمومة.



يعتبر مقلع البدروسية في شمال اللاذقية

من المصادر الهامة للرخام المحلي

ومن المعلوم أن الرخام الجيد هو الذي لا يحتوي على أحافير متبقية حيث إن الكالست نفسه أبيض اللون لذلك فالرخام النقي هو الأبيض النصف شفاف. واختلاف لون الرخام ووجود التعرقات به هو بسبب الشوائب المصاحبة للحجر الجيري الأصلي والداخلة في مكوناته. والألوان تتدرج من الأحمر، والوردي، والبنفسجي، والبني، والأخضر، والبيج، والكريمي، ومن الأبيض حتى الرمادي والأسود.

والرخام يتأثر بالأحماض لذلك يوصى بشحذ وصقل أسطحه عند استخدامه خارجيا. والرخام في العموم قاس وسميك ويمكن تعبئة الشقوق والعروق إن وجدت بمادة صمغية خاصة. وبعض أنواع الرخام لا يوصى باستخدامه خارجيا حيث إنه يتآكل بسبب أن أسطحه مكشوفة للعوامل المناخية.



# الغرانيت

من الصخور الماغماتية التي تكونت من خلال التبريد البطيء للماغما في الأعماق، حيث يسمح التبريد البطيء بتشكيل بلورات كبيرة تُرى بسهولة بالعين المجردة ويغلب عليها اللون الوردي والأبيض والأسود. أما التبريد السريع للماغما فيترافق مع تشكيل صخور ذات بلورات صغيرة مجهرية كما في حالة البازلت الأسود أو الرمادي الغامق .

- صخر صلب مقاوم للتآكل والعوامل الكيميائية بسبب مساميته المنخفضة.
- كبر حجم بلوراته وتباين ألوانه تعطيه منظرًا جمالياً مرغوباً.
- عند تعرضه للحريق وبسبب اختلاف عامل تمدد جزيئاته تنتج به شقوق تتبع مسارات وخطوط تركيب البلورات.

الغرانيت  
(صخر)



الكوارتز  
(منيرال)

الهورنبلند (أمفيبول)  
(منيرال)

الأورتوكلاز (فلدسبار)  
(منيرال)



• يستخدم في أعمال الديكور وفي الأماكن المعرضة للتآكل كجوانب الأدرج والمجالي والأسطح الداخلية.

• يستخدم الغرانيت المكسر كحصويات في صناعة الخرسانة.

• معدل امتصاصه للماء قليل جداً ومساميته منخفضة جداً (n=0-1%).

• الكثافة الصلبة للغرانيت تتراوح بين (2.5-2.85 gr/cm<sup>3</sup>).

• مقاومة الضغط للغرانيت تتراوح بين (1100-2200 kg/cm<sup>2</sup>).



## صخور رملية



صخر رسوبي حطامي يشكل حوالي 20% من الصخور الرسوبية ويتكون من حبيبات بأبعاد (0.06-2mm) ويحتوي غالباً على منيرالات محددة أهمها الكوارتز والفلدسبار والميكا وقليل من الطين. ملاط هذه الصخور متنوع جداً، فقد يكون سيليسياً، غضارياً، كلسياً وحتى حديدياً. هذه الروابط تعطي الصخر الرملي ألواناً مختلفة وتسميات فرعية. أهم أنواع الصخر الرملي الفرعية: الصخر الرملي الكوارتزي، حجر الطاحون.

- الصخر الرملي و الرمال : تعتبر صالحة للتأسيس بالنسبة لجميع المنشآت الهندسية.
- يستخدم الحجر الرملي القاسي كأحجار للبناء و ردميات صخرية ، أما الرمال فتستخدم في أعمال البيتون و كردهيات محسنة و كذلك لصناعة الزجاج و لصناعة السيليكون و الدهانات .
- الحجر الرملي والرمال: ذو نفاذية عالية ويعتبر صخر نفوذ يخترن المياه

# الأردواز

- حجر طبيعي ينتمي إلى مجموعة الصخور الاستحالية، مجهري البلورات (لاترى بلوراته إلا بالمجهر)
- يتكون أصلاً من الغضار (الطين)، ويكون عادة على شكل صفائح رقيقة من السهل انفلاقها أو انفصامها على شكل صفائح وألواح.
- يستخدم في أعمال الرصف للمرات وفي الأسقف الخارجية والديكور الداخلي.
- يأتي باللون الأسود والأحمر والأرجواني والأخضر والأزرق



أردواز مائل للأحمر



أردواز اسود

الخواص الفيزيائية والميكانيكية لبعض الصخور الهامة:

نوع الصخر	امتصاص الماء (max)%	الكثافة (min) gr/cm <sup>3</sup>	مقاومة الضغط (min) MPa	مقاومة الشد بالانعطاف MPa
الغرانيت	0.4	2.56	131	10.3
الصخور الكلسية	طري	1.76-2.16	12	2.8
	نصف قاسي	2.16-2.56	28	3.5
	قاسي	>2.56	65	7
الرخام	كالسيت	2.6	52	7
	سربنتين	2.7	52	7
الصخور الرملية السيليسية	3	2.1	69	7
الصخور الرملية الكلسية	20	1.9	13.8	2.1

# طوب البناء (البلوك)

وحدات بنائية تُصنع في قوالب لاستخدامها في تشييد المباني، إما في بناء الواجهات أو كحوائط فاصلة (تقطيع)، أو ملء الفراغات بين العناصر الإنشائية.  
أنواع طوب البناء:

(a) الطوب المصنوع من الطين المشوي (الغضار المحروق)

(b) البلوك الاسمتي



## الطوب الطيني أو الغضاري (القرميد)

كان الطين ومازال أحد مواد البناء البيئية الرئيسية المستعملة في معظم مناطق العالم. فقد استخدم على نطاق واسع في الحضارة الفرعونية وحضارة ما بين النهرين كما ظهرت المباني الطينية في الحضارة الرومانية واستخدمته شعوب نهر السند والصين كما بنى سكان أمريكا الشمالية الأصليين بيوتهم منه واستخدم أيضا في المكسيك وأوروبا وعرفته حضارات مختلفة في أفريقيا.



## المراحل الرئيسية في صناعة وحدات البناء من الطين الطفلي هي :

- ١ - استخراج الطين الخام من المنجم وتحضيره وتخزينه.
- ٢ - تشكيل الصلصال ( جعله في قوالب).
- ٣ - التجفيف ( داخل أفران التجفيف).
- ٤ - الصقل.
- ٥ - الحرق والتبريد.
- ٦ - سحب وحدات الطوب من داخل الأفران وتخزينها.





تنسيق لون الملاط الرابط

- بعد عملية الحرق والشوي ينتج لدينا الطوب الغضاري بعدة ألوان، حيث أن التركيب الكيميائي للغضار الداخل بصناعة الطوب ودرجة حرارة الحرق وطريقة الحرق تتحكم كعوامل مؤثرة في درجة اللون.

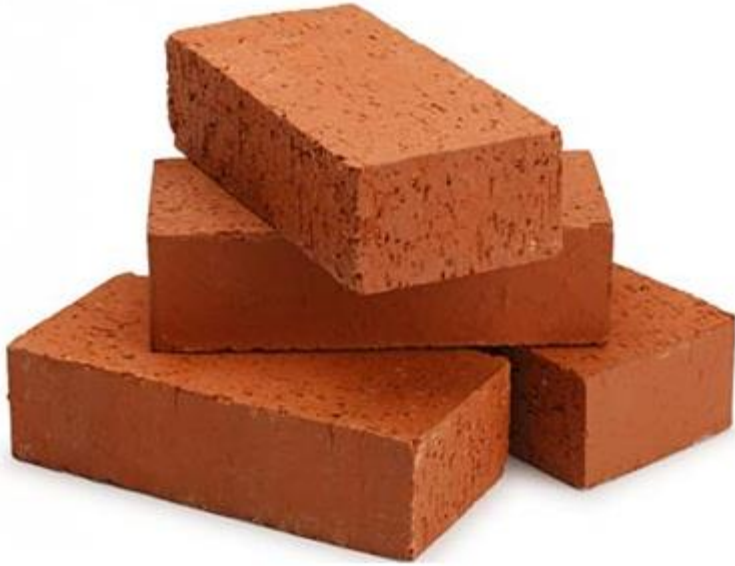
- مثلاً عند عدم اكتمال الحرق ينتج لدينا طوب بألوان خفيفة وتكون وحدات الطوب ناعمة ودرجة امتصاصها للماء عالية وقوة مقاومة الضغط لها أقل مقارنة بالطوب مكتمل الاحتراق.

- خلال عملية التجفيف ينقص حجم الطين بمقدار 4.5-15%، كما أن اختلاف محتوى المواد الكيميائية في الطين بين وحدة وأخرى قد يسبب تفاوتاً في الحجم (لذلك لا بد من التأكد من أن وحدات الطوب مصنوعة من نفس الطين قدر الإمكان، كما يمكن الحد من نقص حجم الطوب أثناء الاحتراق بأخذ مقدار زيادة مدروس في حجم القالب).



يصنف الطوب المصنوع من الطين (الغضار) إلى :

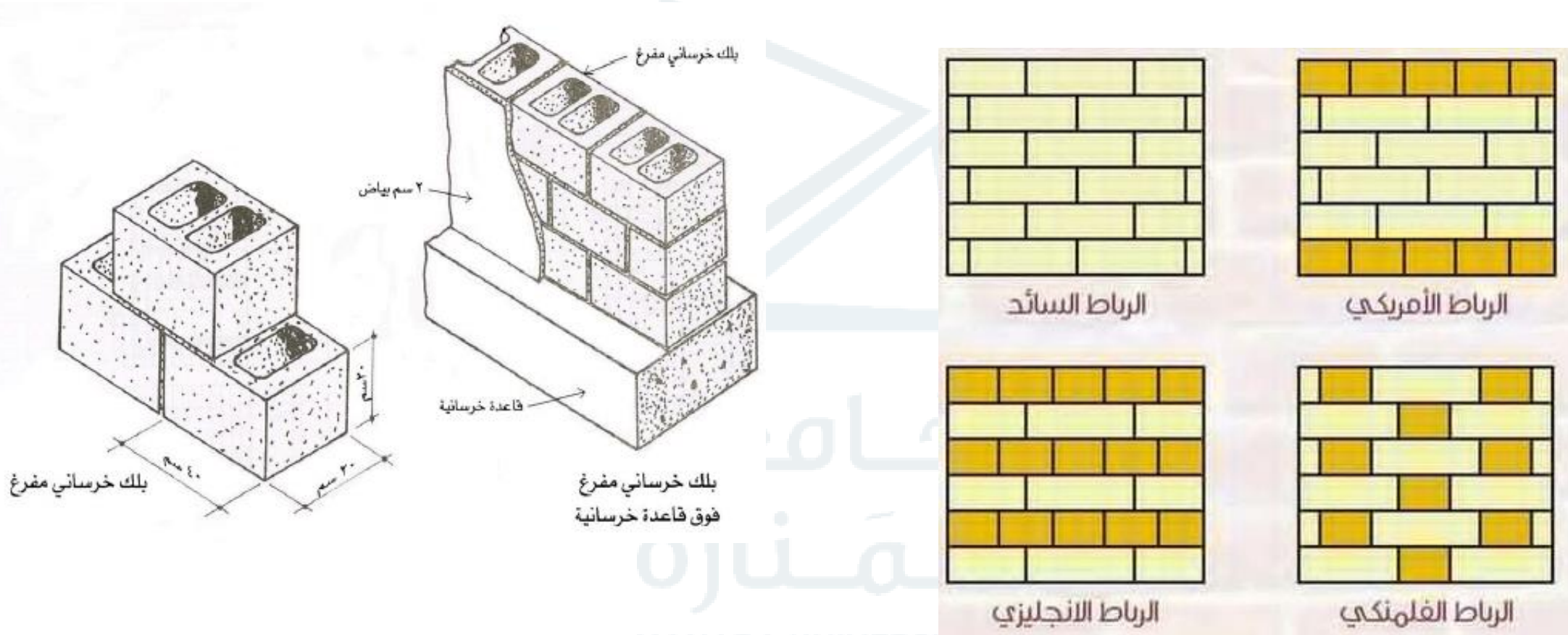
1. طوب مصمت
2. طوب مفرغ
3. التيركوتا المعمارية



## الرباط (صف الطوب)

الرباط هو صف و رص الطوب بشكل هندسي متناسق لتكوين جدار أو حائط معين، وللرباط عدة أنواع أهمها:

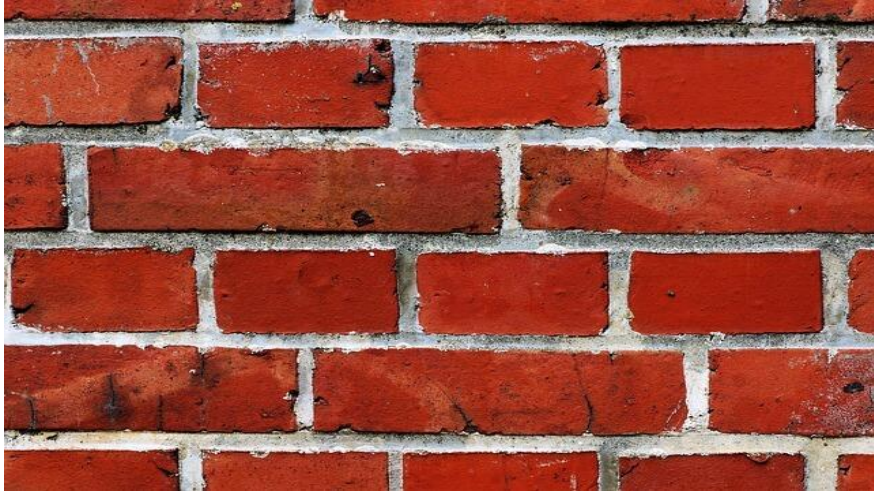
الرباط السائد، الرباط الأمريكي، الرباط الإنكليزي، الرباط الفلمنكي





الرباط السائد للحائط

الرباط السائد: تقليدي وسهل التنفيذ



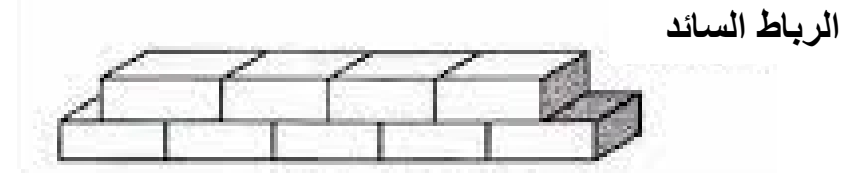
الرباط الإنكليزي للحائط سماكة 25cm

الرباط الإنكليزي يكون إما بسماكة 12 سم أو 25 سم وهو الأقوى والأفضل.

في الرباط الإنكليزي: عرض البلوكة العلوية = نصف عرض البلوكة السفلية  
ويكون رصف البلوك بالتناوب صف طولاني وصف عرضي

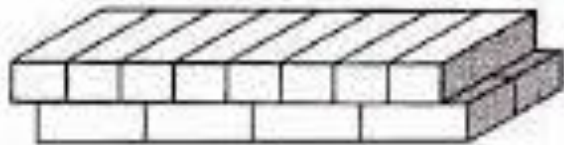
MANARA UNIVERSITY

الرباط الفلمنكي يكون عادة بسماكة 25 سم فقط ويستخدم كشكل جمالي أكثر من بقية الأربطة وملائم للمناطق الباردة.

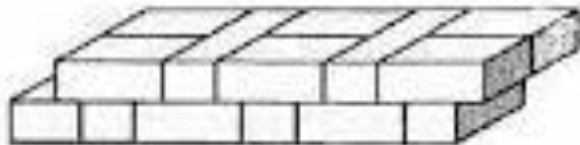


الرباط الساند

أنواع الرباط الشائعة



الرباط الانكليزي



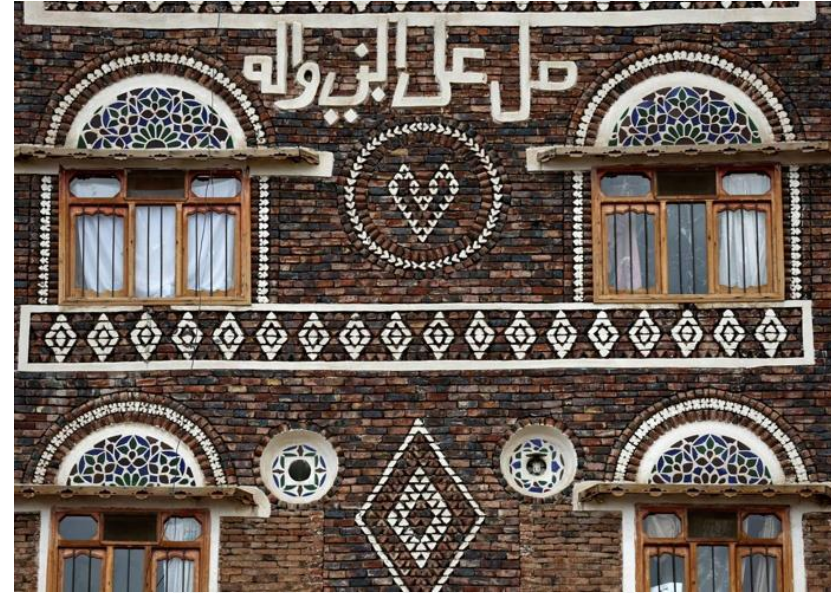
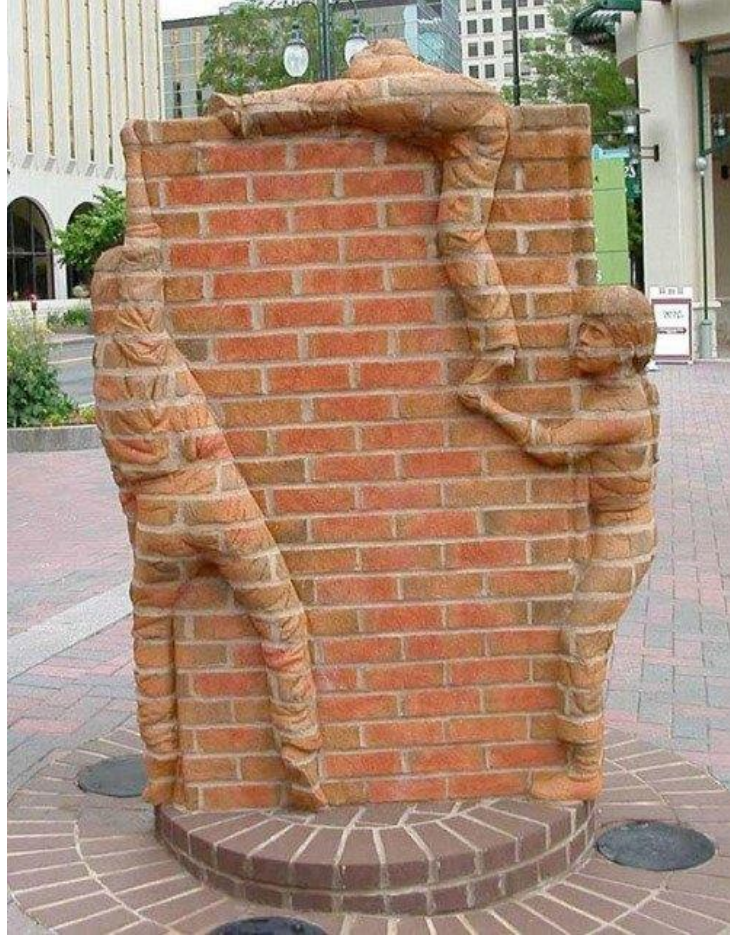
الرباط الفلمنكي



الرباط الفلمنكي للحائط سماكة 25cm

## مميزات البناء بالطوب :

- 1- إنتظام شكل الواجهات لانتظام أبعاد الطوبه نفسها.
- 2- سهولة نقل الطوب لموقع العمل لصغر حجمه ووزنه.
- 3- سهولة إستعماله ووضعها في البناء .
- 4- جيد الإلتصاق بالمونة الاسمنتية.
- 5- مقاومته للحريق بسبب حرقه المسبق.
- 6- مقاومة الطوب للعوامل الجوية.



## طوب البناء الاسمنتي (البلوك أو الخفان)

تصنع هذه الوحدات من الإسمنت البورتلاندي والركام والماء والمضافات في أغلب الأحوال. وبعد خلط المكونات يتم وضعها في القوالب باستخدام معدة الضغط والهرز ثم بعد ذلك معالجتها تحت نسبة رطوبة ودرجة حرارة مناسبة وعند الحصول على مقاومة الضغط المطلوبة ومحتوى الرطوبة المطلوب والخصائص المهمة الأخرى فإن الوحدات تكون جاهزة للاستعمال.

معرفة خواص المواد الخام وطريقة الصناعة يسهل كثيرا في اختيار واستخدام الوحدات كما أنهما مؤثران رئيسيان في خاصية مقاومة الضغط والخصائص الأخرى.



الجامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY

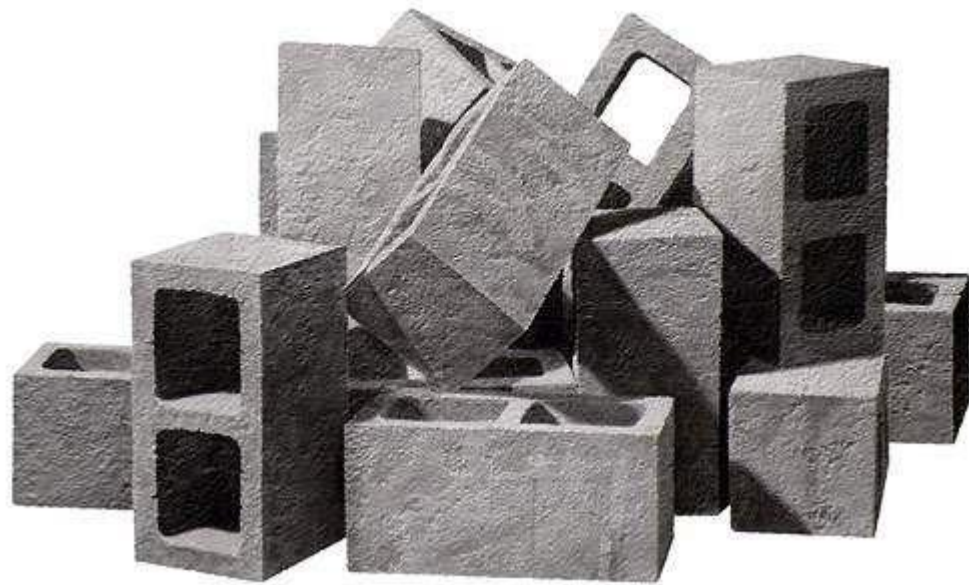


بلوك اسمنتي

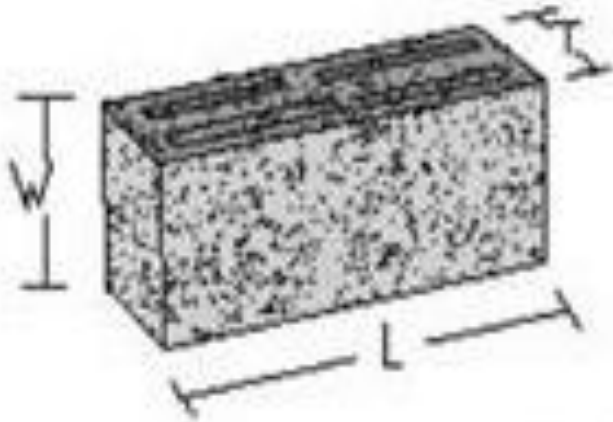
## أنواع خاصة

### البلوك البركاني والبلوك العازل

البلوك البركاني: شكله مثل أشكال البلوك العادي لكنه مصنوع من مواد بركانية سوداء اللون خفيفة الوزن مثل مادة البوزلان و السيلكا. لا يمتص الماء بسهولة و لا يخزن الرطوبة ، و يحافظ على درجة الحرارة ، كما أنها تعزل الصوت و الحرارة عند إضافة الفلين.



## أبعاد البلوك الاسمнти التقليدية:



L	40	40	40	40	40	40
W	20	20	20	20	20	20
T	20	15	12	10	7	4

ويسمى الطوب حسب البعد T والقالية استخداماته :

طوب 20 ( يستخدم لبناء الأسوار والجدران الخارجية للمباني)

طوب 15 (يستخدم لبناء الأسوار والجدران الخارجية والداخلية)

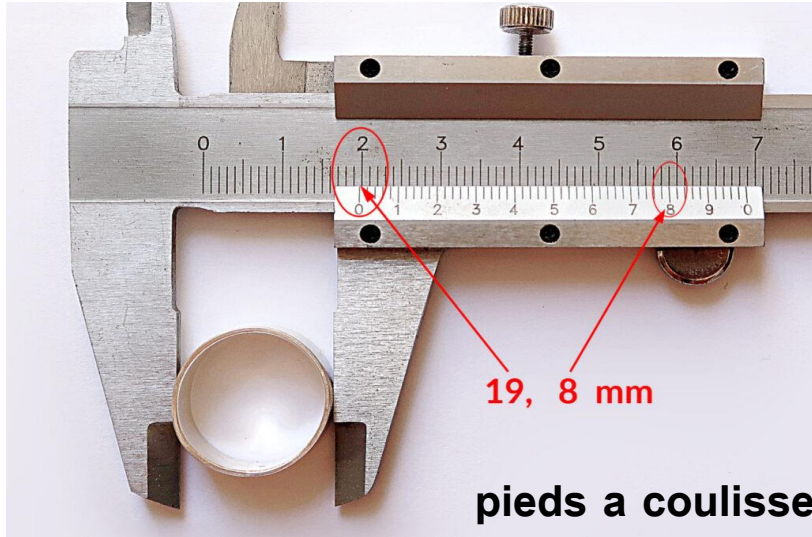
طوب 10+12 (يستخدم في القواطع الداخلية)

المنارة

MANARA UNIVERSITY

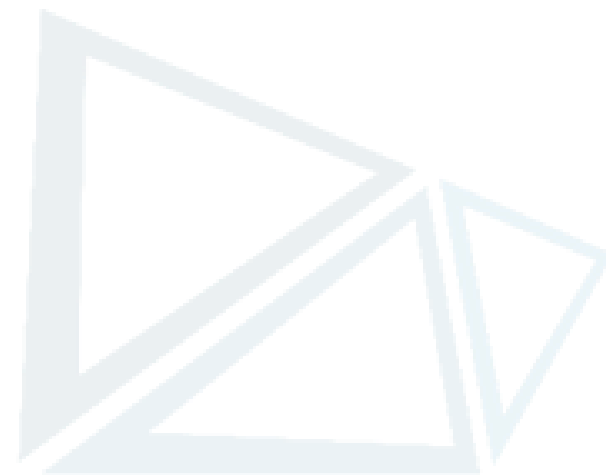


# أهم الاختبارات الواجب إجراؤها على الطوب او البلوك الاسمنتي



1. قياس الأبعاد
2. التقوس (الالتواء)
3. امتصاص الماء
4. مقاومة الضغط

أسئلة عامة عن المحاضرة



جَامِعَة  
الْمَنَارَة

MANARA UNIVERSITY



أي مما يلي لا يعتبر من أصناف الصخور الرئيسية الثلاث بحسب المنشأ؟

رسوبية

استحالية

الركام

ماغماتية

من الصخور الماغماتية الحامضية بلوراتها ترى بالعين المجردة:

الرخام

الغرانيت

الغابرو

الصخر الرملي

صخر رسوبي شائع الاستخدام في أعمال الأكساء:

الترافيرتين

الغرانيت

الأردواز

الرخام

كل مما يلي يعد من أصناف الطوب المصنوع من (الغضار) ماعدا:

تيركوتا

طوب مفرغ

طوب رابط

طوب مصمت

من الأدوات والوسائل المستخدمة في القطع والتسوية النهائية للحجر:

الإزميل	المنشار الماسي	المطارق	التفجير
---------	----------------	---------	---------

صخر شائع الاستخدام في الأكساء ينتج عن استحالة الحجر الكلسي:

الكوارتزيت	الرخام	الغرانيت	البيريديوتيت
------------	--------	----------	--------------

من المواد الأساسية في صناعة طوب البناء

الركام	الاسمنت البورتلاندي	الغضار	الرمال
--------	---------------------	--------	--------

صخر ماغماتي مقاوم للتآكل بلوراته كبيرة ومساميته منخفضة:

الغرانيت	الأردواز	الحجر الرملي	البازلت
----------	----------	--------------	---------

## حدد الإجابة الخاطئة

جميع الصخور الآتية هي صخور استحالالية؟

الرخام	السربنتين	البازلت	النايس
--------	-----------	---------	--------

من أنواع الحجر الطبيعي شائع الاستخدام في أعمال الأبنية والاكساء

السربنتين	الرخام	الغرانيت	البازلت
-----------	--------	----------	---------

يتصف الحجر الجيري الكلسي بـ:

قوة تحمل عالية	امتصاص عالي للماء	مقاوم للحريق	ذو منشأ رسوبي
----------------	-------------------	--------------	---------------

يتصف الرخام بأنه:

لا يتأثر بالأحماض	استحالي المنشأ	يحتوي تعرقات لونية	يستخرج محلياً من البدروسية
-------------------	----------------	--------------------	----------------------------

## من مميزات الغرانيت

مقاوم للعوامل الكيميائية	مقاوم للتآكل	مسامية مرتفعة	كبر حجم بلوراته
--------------------------	--------------	---------------	-----------------

من أصناف الطوب المصنوع من الطفل (الغضار):

تيركوتا	طوب مفرغ	طوب رابط	طوب مصمت
---------	----------	----------	----------

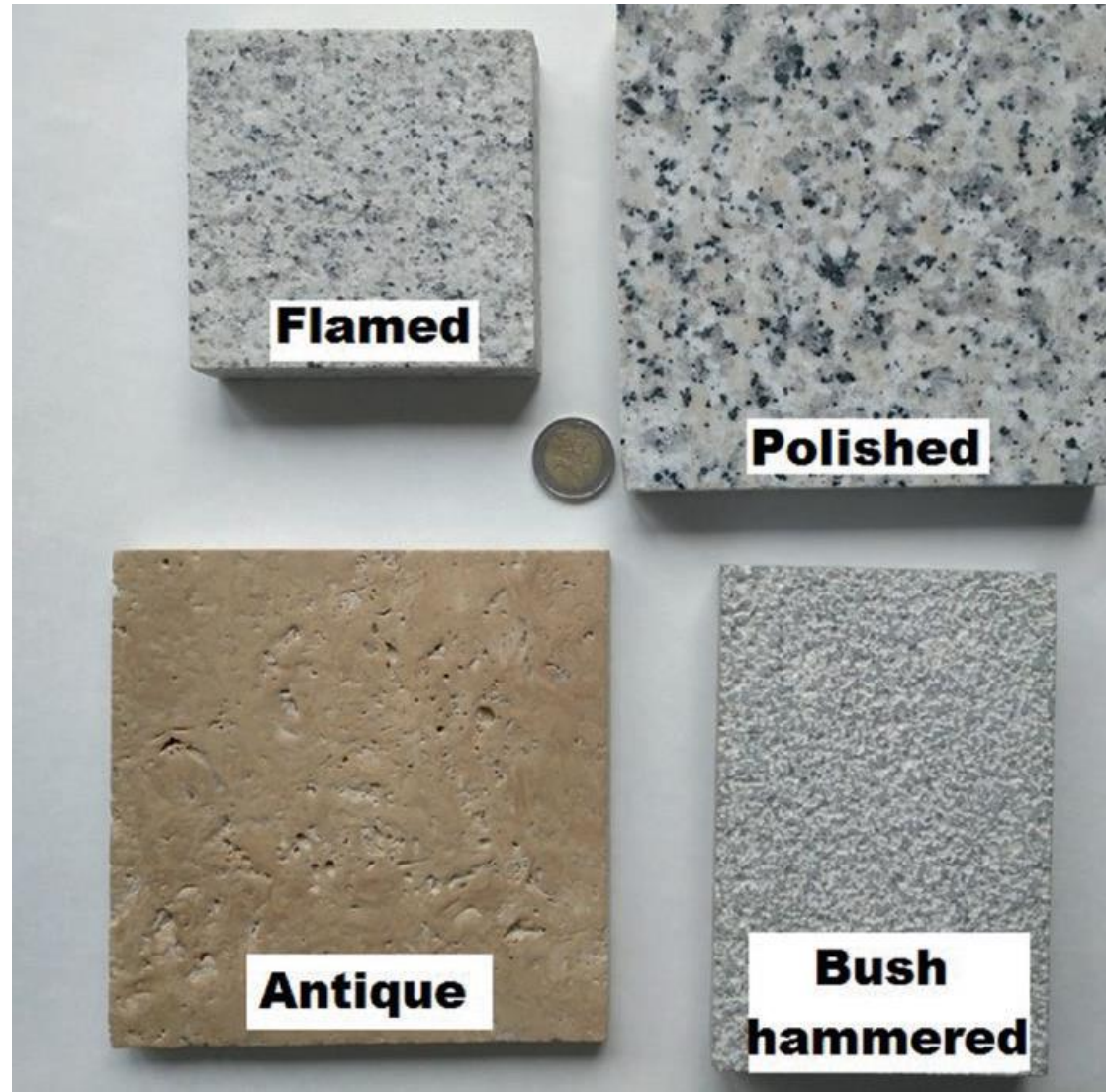
أجب بـ صح (a) أو خطأ (b)

يتمتع الرخام الجيد بنفاذية منخفضة

يتشكل صخر الغرانيت من تبرد سريع للماغما

من المراحل الرئيسية في صناعة طوب البناء الطيني

الحرق والتبريد	إضافة الاسمنت	الصقل	تشكيل الصلصال
----------------	---------------	-------	---------------



MANARA UNIVERSITY