

## تكنولوجيا صناعة الخرسانة

مادة بناء ناتجة عن خلط الحصى مع مواد رابطة مناسبة، يتم تحديد نوع المادة الرابطة حسب الغاية المطلوبة من الخرسانة

تعريف الخرسانة

خرسانة بوليميرية	خرسانة اسفلتية	خرسانة اسمنتية	تصنيف الخرسانة حسب المادة الرابطة
حصىات+بوليميرات	حصىات + اسفلت	حصىات + اسمنت + ماء مع أو بدون مواد مضافة	
المادة الرابطة هي البوليميرات (ذات استعمال خاصة)	أعمال رصف - تعبيد - عزل طرق - مطارات - ساحات	تستخدم في انشاء الأبنية - الطرق - المطارات - الأنفاق - الجسور ...	

مواد مضافة	فراغات هوائية	عجينة اسمنتية	حصىات (خشنة، ناعمة)	الخرسانة (الاسمنتية)
وفق التوصيات	1-2 %	30-40 %	60-70 %	

## أنواع الخرسانة الاسمنتية TYPES OF CONCRETED

استحوذت الخرسانة الاسمنتية على اهتمام المختصين في مجال الانشاءات المدنية وأعمال الاكساء،لما تتميز به من متانة عالية وسهولة في التشكيل وانخفاض في الكلفة مما جعلها المادة الأكثر استخداما وانتشارا في العالم،وما زالت تستمر الأبحاث لتطوير أنواع مختلفة من الخرسانة لتلبية متطلبات المهندسين الانشائيين والمعماريين،الأمر الذي أدى الى وجود عدد كبير من أنواع الخرسانة الاسمنتية،منها:

- |                               |                           |                            |                         |
|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1- الخرسانة العادية           | 2- الخرسانة المسلحة       | 3- الخرسانة عالية المقاومة | 4- الخرسانة مسبقة الصنع |
| 5- الخرسانة مسبقة الاجهاد     | 6- الخرسانة المقذوفة      | 7- الخرسانة الخفيفة        | 8- الخرسانة الثقيلة     |
| 9- الخرسانة ذاتية الدمك/الرج/ | 10- الخرسانة البولييميرية | 11- الخرسانة سريعة التصلب  | 12- الخرسانة الشفافة    |
| 13- الخرسانة المطبعة          | 14- الخرسانة البكتيرية    | 15- الخرسانة التحفيزية     |                         |

## مراحل صناعة الخرسانة manufacture concrete: يمكن تقسيم صناعة الخرسانة الاسمنتية الى ثلاث مراحل رئيسية

يمكن تقسيم عملية صناعة الخرسانة بشكل عام الى ثلاث مراحل رئيسية:

### مرحلة ما بعد الصب green concrete

- ١- المعالجة:curing :
- الترتيب بالماء/٧/أيام.
- الخيش المرطب لتعويض الماء المتبخر
- رش سطح البيتون بعد تصلبه بمادة شمعية تمنع التبخر.
- ٢- فك القوالب - تنظيف بقايا القالب
- ٣- الترميم والتشطيب
- ترميم : التعشيش -التسويس -الشقوق
- النحت /التكسير/ للكتل الزائدة

### مرحلة الخلط والصب Fresh concrete

- ١- الخلط : mixing محلي - مركزي.
- ٢- النقل : transporting في حال الخلط بالمجبل خارج الموقع
- ٣- الصب: casting باستخدام مضخة/مضغوط/او بدونه
- ٤- الرص: compacting يدوي - ابرة رجاجة  
رج القالب أو رجاج سطحي

### المرحلة التحضيرية preparation

- ١- تصميم الخلطة واختيار المكونات.
- ٢- تحضير الكميات والعبوات.
- ٣- اعداد القوالب

## CLASSIFICATION OF CONCRETE: تصنيف الخرسانة

Table 3-1: Classification of concrete in accordance with unit weight

	Classification	Compressive Strength (MPa)
منخفض المقاومة	Low-strength concrete	< 20
متوسط المقاومة	Moderate-strength concrete	20–50
عالي المقاومة	High-strength concrete	50–150
عالي المقاومة جدا	Ultra-high-strength concrete	> 150

Table 3-2: Classification of concrete in accordance with compressive strength (MPa)

	Classification	Unit Weight (Kg/m <sup>3</sup> )
خفيف جدا	Ultra-lightweight concrete	< 1200
خفيف	Lightweight concrete	1200 < UW < 1800
عادي	Normal-weight concrete	~2400
ثقيل	Heavyweight concrete	> 3200

## جودة الخرسانة: QUALITY OF CONCRETE

• يبين الجدول ٣-٣ درجات جودة الخرسانة واستخداماتها وفق الكود العربي السوري 2012 ed.4

Table 3-3: Quality of concrete in accordance with unit weight •

C 12	C 10	C 8	C 5	درجة الجودة	
12	10	8	5	Mpa	المقاومة المميزة بالضغط $f'_c$
120	100	80	50	kgf/cm <sup>2</sup>	
خرسانة عادية (أساسات - جدران .... الخ)		خرسانة للنظافة تحت الاساسات	خرسانة ردمية	مجال الاستعمال	

C45	C40	C 35	C 30	C 25	C 20	C 18	C15	درجة الجودة	
45	40	35	30	25	20	18	15	MPa	المقاومة المميزة بالضغط $f'_c$
450	400	350	300	250	200	180	150	kgf/cm <sup>2</sup>	
خرسانة مسلحة وخرسانة مسبقة الإجهاد				خرسانة مسلحة			مجال الاستعمال		

ولا تستعمل خرسانة من درجة جودة أعلى من C45 إلا في حالة الخرسانة المسبقة الإجهاد،  
كذلك لا تستعمل خرسانة من درجة جودة أدنى من C18 في الخرسانة المستعملة للمباني  
والمنشآت التي ستفد من الخرسانة المسلحة في مناطق الزلازل.

## العوامل المؤثرة على متانة الخرسانة

الجدول (٣-٤): مقاومة الضغط المميزة المحتملة في حال الخرسانة المراقبة بشكل دقيق

450*			400			350	300	كمية الأسمنت kg/m <sup>3</sup>
C45	C40	C35	C30	C25	C20	C18	درجة جودة الاسطوانة	
45	40	35	30	25	20	18	مقاومة الاسطوانة MPa	
450	400	350	300	250	200	180	المميزة المحتملة f' <sub>c</sub> kgf/cm <sup>2</sup>	

الجدول (٣-٥): مقاومة الضغط المميزة المحتملة في حال الخرسانة غير المراقبة بشكل دقيق

450*		400	350	300	250	200	150	100	كمية الأسمنت kg/m <sup>3</sup>
C25	C20	C18	C15	C12	C10	C8	C5	درجة جودة الخرسانة	
25	20	18	15	12	10	8	5	مقاومة الاسطوانة MPa	
250	200	180	180	120	100	80	50	المميزة المحتملة f' <sub>c</sub> kgf/cm <sup>2</sup>	
خرسانة مسلحة				خرسانة عادية		نظافة تحت الأساسات	ردم	مجال الاستعمال	

الجدول (٣-٥): مقاومة الشد المحتملة

C45	C40	C35	C30	C25	C20	C18	C15	C12	C10	درجة جودة الخرسانة
2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	مقاومة الشد المحتملة MPa
26	25	24	23	22	20	19	17	15	14	مقاومة الشد المحتملة للخرسانة في الشد kgf/cm <sup>2</sup>

تتأثر متانة الخرسانة بعدد كبير من العوامل

، أهمها:

- ١- عيار الاسمنت
- ٢- نوعية الحصى
- ٣- المراقبة أثناء كافة مراحل الصناعة
- ٤- شروط الحفظ (المعالجة).

يبين الجدولين (٣-٤) ، (٣-٥) ، ارتباط درجات

جودة الخرسانة بكمية الاسمنت ودرجة المراقبة

كما يبين الجدول (٣-٦) درجة جودة الاسمنت

ومقاومة الشد المحتملة

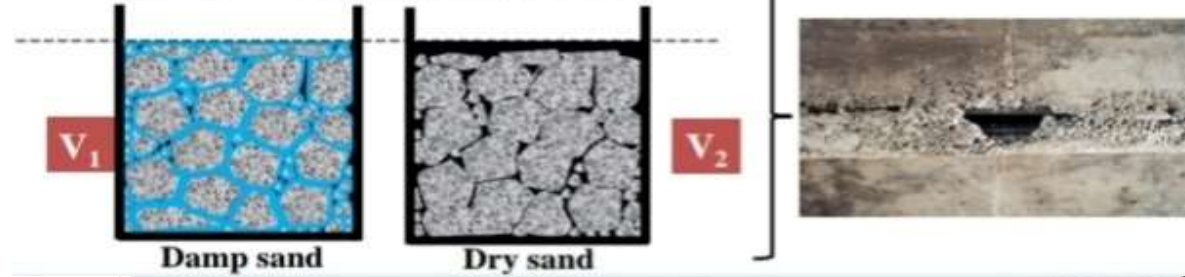
## تسلسل عمليات تحضير البيتون الطري SEQUENCE OF EARLY-AGE OPERATIONS

- 1:- تحضير المواد المكونة للخلطة **BATCHING**
- 2:- الخلط **MIXING**
- 3:- النقل (النقل) **CONVEYING (Transport)**
- 4:- الصب **PLACING**
- 5:- الرص **COMPACTING**
- 6:- الانتهاء **FINISHING**
- 7:- الانضاج (المعالجة) **CURING**
- 8:- إزالة قوالب الكوفراج **FORMWORK REMOVAL**

## 1- تحضير كميات مواد الخلطة: BATCHING

▪ **Batching** يقصد بها قياس كميات المواد اللازمة لتحضير خلطة واحدة من البيتون، وتتم عادة بالطريقة الوزنية أكثر منها بالطريقة الحجمية، لأن الرمل الرطب يأخذ حجماً أكبر من الرمل الجاف بينما تكون كتلته أقل من المطلوب.

$V_1 > V_2 \rightarrow m$  is less than needed



## 2- الخلط: MIXING

يتم تحضير مكونات الخليط في المجبل المركزي، أما الخلط فيتم إما في الجباله المتنقلة على الطريق، أو قبل الصب مباشرة في موقع العمل.



▪ **Mixing**: يجب أن يؤمن الخلط تغليفاً كاملاً للحصويات بالملاط الاسمنتي، وينتج عنه خليطاً متجانساً، لذا يجب أن يكون زمن الخلط بحدود 75 Sec لأنه إذا زاد عن ذلك تفقد الخلطة ماؤها، وتتكسر الحصويات. وإذا قل عن ذلك لا تحصل على خليط متجانس.

▪ يمكن أن يجرى الخلط يدوي أو آلي، في موقع العمل أو في المجبل.



### 3- النقل والصب: CONVEYING (TRANSPORT) & placing

يتم نقل وصب الببتون بعدة طرق منها:

- سيور ناقلة Conveyor belts

- أقنية مائلة Chute

- رافعات، طريقة الدلو والحبل وال Crane, bucket and rope way

- خط أنابيب ومضخات Pump and pipe line

- الجبال المتحركة Transit mixers ، سعة الجبال  $4-7 m^3$  .

- يجب ألا يزيد ارتفاع الصب على  $(1.5-2)m$  .

## الرص السطحي

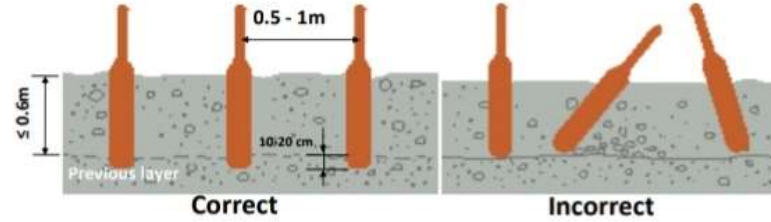


## 4- الرص (CONSOLIDATION): COMPACTING

- يتم الرص إما بالمطرقة الآلية، أو بالرجاج.
- يجب ألا تزيد سماكة الطبقة المرصوفة على 60cm
- يجب أن يدخل الرجاج إلى عمق (10-20)cm داخل الطبقة المرصوفة مسبقاً.
- يجب ادخال الرجاج في عدة أماكن من الخلطة متباعدة عن بعضها مسافة (0.5-1)m، ولمدة تتراوح بين (5-30)sec في كل مرة، أفضل من أن يبقى الرجاج في المكان ذاته لفترة طويلة.



Vibration time: 5 – 30 sec



## 5- المعالجة (الانضاج) Curing

يقصد بها تأمين شروط الحرارة والرطوبة المناسبة لتفاعلات اماهة الاسمنت مع الماء لاسباب البيتون المقاومة والديمومة المطلوبتين. يقدر عمق تأثير المعالجة (20 cm) في شروط الحرارة والرطوبة العادية وقد تصل الى (50 cm) في البيئة زائدة الجفاف.

<p>استخدامها لتنفيذ طبقات النظافة تحت الأساسات والبيتون الكتلتي، أو بيتون لملئ الفراغات والكهوف... الخ ، كما تستخدم في تغطية أرضيات مواقف السيارات .....</p> <p>من أكبر سلبياتها انهيارها الهش وضعف مقاومتها على الشد وتشققها بسبب تغيرات درجة الحرارة الأمر الذي يتطلب تنفيذ فواصل حرارية عند تنفيذ أعمال طويلة أو ذات مساحة كبيرة.</p> <p>إيجابياتها: مقاومة عالية على الضغط،سهولة الخلط والتشغيل،انخفاض كلفة الصيانة،حماية الأساسات والعناصر الإنشائية الملامسة للتربة.....</p>	<p><b>1- الخرسانة العادية</b> <b>Plain CC</b></p>
<p>وهي عبارة خرسانة عادية مع وجود الفولاذ ،ويعتبر الفولاذ من أفضل المعادن لاستعماله مع الخرسانة بسبب تقارب معامل التمدد الحراري في المادتين</p> <p>تستخدم في انشاء الأبنية -الجسور - السدود - خزانات المياه - الأنفاق بكل أنواعها - أساسات المنشآت المعدنية.....</p> <p>وتتميز الخرسانة المسلحة: بسهولة التنفيذ- متانة في الشد والضغط - مقاومة للحريق بالمقارنة مع الهياكل الفولاذية - مقاومة للتشققات الحرارية بالمقارنة PCC... ومن أهم سلبياتها خطورة تعرض الفولاذ للصدأ.</p>	<p><b>2- الخرسانة المسلحة</b> <b>Reinforced CC</b></p>
<p>يتم الحصول على الخرسانة عالية المقاومة باستخدام حصويات جيدة وذات تدرج حبي مناسب ،مع زيادة كمية الاسمنت ومواد مضافة مثل الملدنات الفائقة والمواد المعدنية وخبث الأفران- الرماد المتطاير ..</p> <p>تستخدم في الخرسانة مسبقة الصنع والاجهاد والمنشآت الخاصة</p> <p>تتميز الخرسانة عالية المقاومة :اقتصادية- متانة وصلابة عالية- مسامية منخفضة</p> <p>أهم مساوئها: الانكماش العالي.</p>	<p><b>3- الخرسانة عالية المقاومة</b> <b>High strength concrete</b></p>

## 6- فك القوالب (الكوفراج)

<p>الجوائز والبلاطات باستخدام اسمنت سريع التصلب</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• يتم الفك بعد:</li> <li>• نصف المدة المحددة للاسمنت البورتلاندي العادي. وفي حالة الوصول للمقاومة مبكراً</li> <li>• يمكن تخفيض المدة بشرط ألا تقل عن 3 أيام</li> </ul>	<p>تتوقف المدة بين صب الخرسانة وفك قوالب الكوفراج على: درجة حرارة الجو – طول العنصر الإنشائي – نوع الاسمنت المستخدم – أسلوب المعالجة – الحمل الذي سيتعرض له المنشأ بعد فك القوالب. الشروط الواجب توافرها بعد فك القوالب: ألا ينتج عن الفك حدوث أية تشققات أو تشوهات غير مسموح بها، ويجب مراعاة ألا تتعرض الخرسانة للاهتزازات أو الصدمات أثناء الفك</p>
<p>بالنسبة لحالة انخفاض درجات الحرارة تحت 15°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• يجب الحذر وتأجيل فك القوالب مدة مناسبة، بالإضافة إلى المدة المشار إليها.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• لا يتم الفك قبل:</li> <li>• 24 ساعة من الصب</li> </ul> <p>جوانب الجوائز والأعمدة المعرضة لضغط محوري فقط والجدران الخارجية</p>
<p>بالنسبة للقوالب والركائز الحاملة لأحمال إضافية كما في حالة الطابق الذي يحمل وزن الطابق التالي حديث الصب</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• يتم الفك:</li> <li>• بعد انقضاء 28 يوم، مع اتخاذ كافة الاحتياطات التي تضمن ارتكاز القوائم على أرضية تتحمل الأثقال عليها بأمان، وبعد التأكد من مقاومة الخرسانة بعمر 28 يوم أنها تحقق اشتراطات المشروع.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• لا يتم الفك قبل:</li> <li>• 2 * (طول الجائز أو البعد الأصغر للبلاطة) + 2 يوم، بحيث لا تقل المدة عن أسبوع.</li> <li>• لا يتم الفك قبل:</li> <li>• 4 * طول الظفر بالمتر + 2 يوم.</li> <li>• ولا تقل المدة عن أسبوع</li> </ul> <p>الجوائز والبلاطات</p> <p>الأظفار</p>



### 3- الخرسانة مسبقة الصنع Precast CC

هياكل خرسانية عادية أو مسلحة، يتم صبها ومعالجتها في المعمل ثم يتم نصبها أو تركيبها في مكانها باستخدام الرافعات .

يمكن استخدامها في الأبنية العادية - البلاطات - الأعمدة - الجدران - الكمرات - الأفتية

تتميز بإمكانية المراقبة و وحدة الجودة - سرعة البناء -

خفض الهدر في مواد البناء ، عدم الحاجة للقوالب

ومستلزماتها - عدم تأثير العوامل الجوية على سرعة

انجاز الأعمال ونوعيتها - تقليل الأخطاء البشرية.....

عيوبها : تحتاج لتصميم خاص بالمفاصل (الوصلات) -

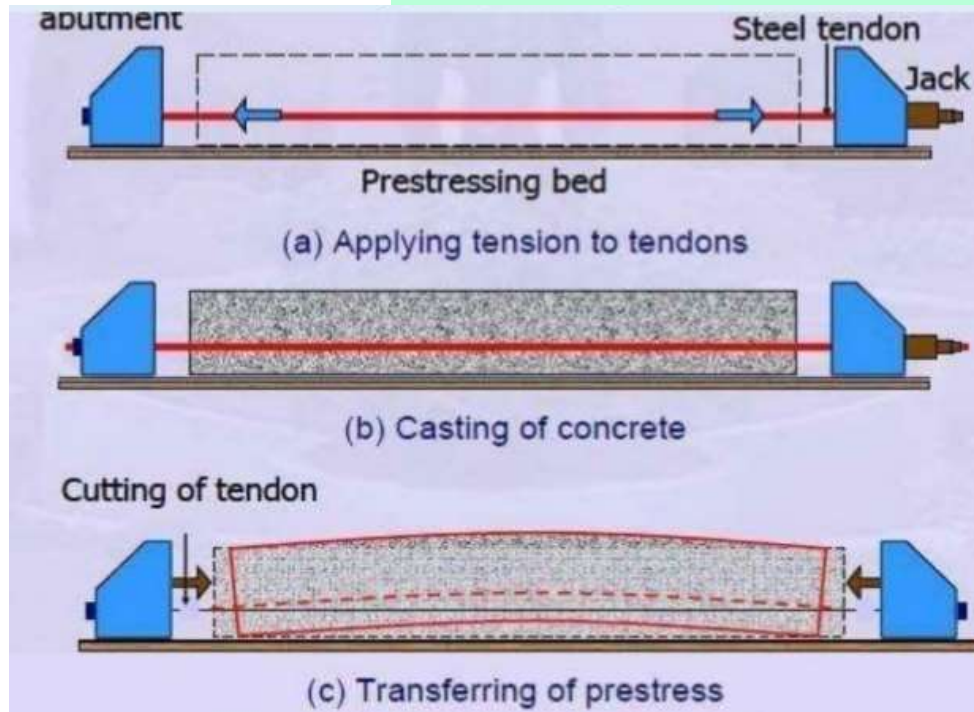
تحتاج معدات خاصة للنقل والتركيب - حجم الهيكل

يرتبط بشكل كبير بوسائل نقله - الدراسة الانشائية

لتأمين سلامة الهيكل اثناء النقل والرفع - ارتفاع تكاليف

التنفيذ في المشاريع الصغيرة

#### 4 - الخرسانة مسبقة الاجهاد Pre-stress



خرسانة عالية المقاومة مسلحة يتم اخضاعها لاجهاد مسبق مناسب لمواجهة / تلاشي / الاجهادات الناتجة عن الأحمال الخارجية، وذلك باستخدام أوتار وكابلات فولاذية عالية المتانة، وهي نوعين:

- شد سابق Pre-tensioning: يتم شد الأوتار /الكابلات/ قبل الصب . يفضل للعناصر مسبقة الصنع الصغيرة.
  - شد لاحق Post-tensioning: يتم شد الكابلات بعد تصلب العنصر، يتم تمرير الكابلات ضمن أفنية توضع ضمن هيكل العنصر يفضل استخدامها للعناصر الكبيرة
- أهم ميزاتها: اقتصادية في المجازات الكبيرة- سرعة في البناء- انخفاض سماكات العناصر الانشائية..
- سلبياتها: الكلفة العالية للمشاريع الصغيرة- تحتاج دقة عالية في التصميم والتنفيذ ومهارة باليد العامل- حاجتها لمراقبة المراقبة والصيانة



## 6 - الخرسانة المقذوفة Shotcrete:

خرسانة اسمنتية ذات حصويات ناعمة /مونة/، يتم صبها بالموقع بطريقة القذف/الرش/ باستخدام الهواء المضغوط. تتميز بسرعة التطبيق وعدم حاجتها لمهارة عالية باليد العاملة- سهولة إضافة المواد المطلوبة. سهولة إضافة المياه من قبل العمالة قليلة الخبرة- التوقف عن العمل يؤدي لحدوث فواصل صب غير مرغوبة. تستخدم في أعمال الترميم - تثبيت المنحدرات- الهياكل البحرية- الأنفاق- القباب- الجدران الاستنادية. قد يستخدم القاذف مزيجاً جافاً من الحصويات يتم خلطه مع الماء بالقرب من فوهة القاذف وتسمى الخرسانة الجافة (guniting) وتتميز عن الخرسانة المقذوفة بأنها أكثر سهولة واقتصادية وإمكانية إيقاف عملية الصب بأي وقت، إلا أنها أبطأ وتحتاج ليد عاملة أكثر مهارة