

المحاضرة الثالثة والاحيرة: تكنولوجيا صناعة الخرسانة

د. رباب جوني

تعريف الخرسانة concrete: هي بنية structure مكون من عدة مواد materials، الجزء الأكبر في هذا البنية هو الحصى aggregates، التي تتماسك مع بعضها البعض في صورة شبيهة بالكتلة الحجرية، وذلك بفعل العجينة الاسمنتية cement paste المغلفة للحصى، والتي تتصلب نتيجة التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء.

حصىات (خشنة وناعمة)	عجينة اسمنتية	فراغات هوائية
% 60-70	% 30-40	% 1-2

Concrete pavement



وهي المادة الانشائية الأكثر استخداماً في العالم، وتعزى شعبيتها لسببين هما:

- 1- استخدامه في العديد من المنشآت المختلفة، مثل: السدود، الرصف الطرقي، الأبنية، الإطارات أو الجسور، أكثر من غيره من المواد الانشائية الأخرى.
- 2- كمية البيتون المستخدم أكبر من أية مادة أخرى. يزيد إنتاج البيتون في العالم على إنتاج الفولاذ بعشرة أضعاف وزناً، وأكثر من 30 ضعف حجماً.

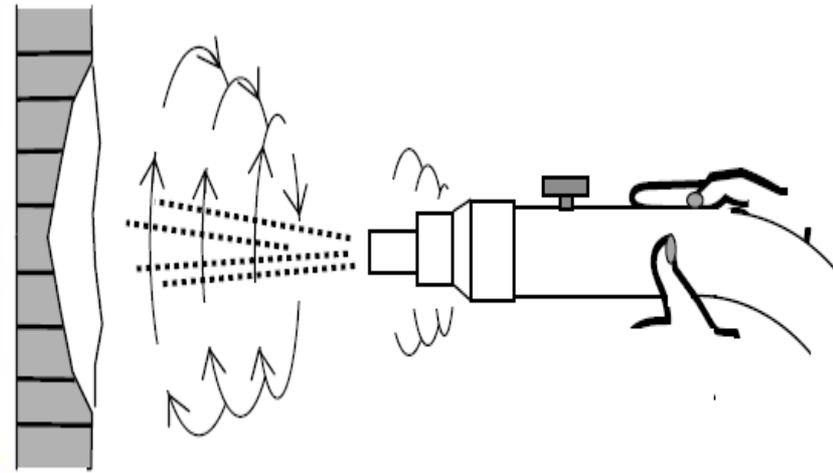
TYPES OF CONCRETE:

أنواع الخرسانة

يوجد العديد من أنواع الخرسانة، يمكن أن نذكر منها الأنواع التالية:

- 1- الخرسانة العادية
- 2- الخرسانة المسلحة
- 3- الخرسانة مسبقة الاجهاد
- 4- الخرسانة مسبقة الصنع (الصب)
- 5- الخرسانة عالية المقاومة
- 6- الخرسانة الليفية
- 7- الخرسانة ذاتية التوضع (الدمك)
- 8- الخرسانة البوليميرية
- 9- الخرسانة المقذوفة (خرسانة الرش)
- 10- الخرسانة الخفيفة
- 11- الخرسانة الثقيلة
- 12- الخرسانة الكتلية
- 13- الخرسانة المعبأة
- 14- خرسانة التدرج المفتوح
- 15- الخرسانة المعمارية
- 16- الخرسانة الكبريتية

الخرسانة المقذوفة



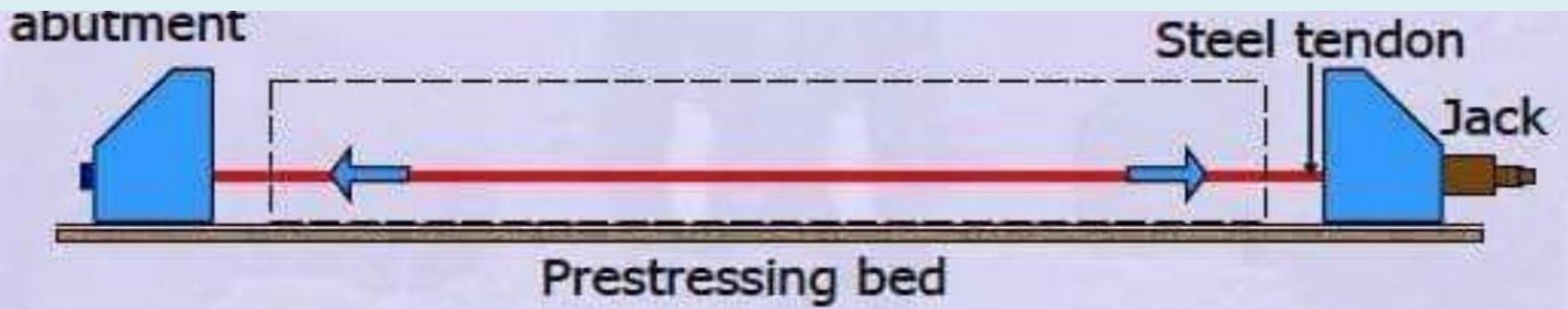
شكل (٣-٢٠) صورة توضح إستخدام الخرسانة المقذوفة في أحد الأنفاق.

حركة دورانية خفيفة في فوهة الدفع لإنتاج خرسانة مقذوفة جيدة

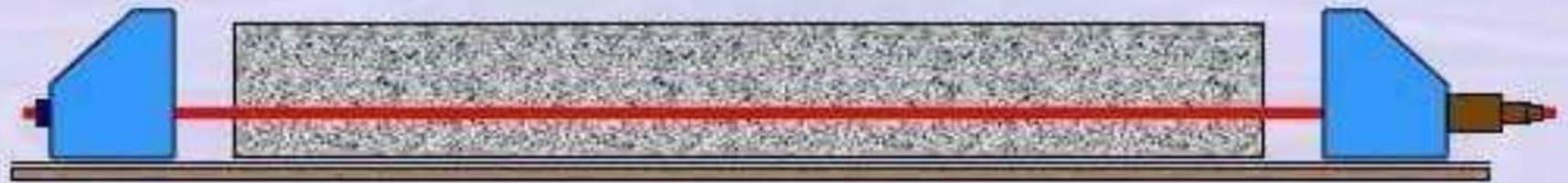
الخرسانة مسبقة الصنع



الخرسانة مسبقة الاجهاد



(a) Applying tension to tendons



(b) Casting of concrete

Cutting of tendon



(c) Transferring of prestress

Figure1-3.1 Stages of pre-tensioning

CLASSIFICATION OF CONCRETE : تصنيف الخرسانة

Table 1.1: Classification of concrete in accordance with unit weight

	Classification	Unit Weight (Kg/m³)
خفيف جدا	Ultra-lightweight concrete	<1200
خفيف	Lightweight concrete	1200 < UW < 1800
عادي	Normal-weight concrete	~2400
ثقيل	Heavyweight concrete	>3200

Table 1.2: Concrete classified in accordance with compressive strength

	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

QUALITY OF CONCRETE: جودة الخرسانة

تصنف درجات جودة الخرسانة واستعمالاتها وفق الكود السوري - الطبعة 4- 2012، كما هو مبين في الجداول التالية:

الجدول (٤-٩): درجات جودة الخرسانة واستعمالاتها المناسبة

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 ²		
خرسانة عادية (أساسات - جدران الخ)		خرسانة للنظافة تحت الاساسات	خرسانة ردمية	مجالات 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 ²		
خرسانة مسلحة وخرسانة مسبقة الإجهاد				خرسانة مسلحة				مجالات 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 ستنتفد من الخرسانة المسلحة في مناطق الزلازل.

الجدول (٤-١٠): مقاومة الضغط المميزة المحتملة في حالة الخرسانة المراقبة بشكل دقيق

450*			400		350	300	كمية الأسمنت kg/m^3	
C45	C40	C35	C30	C25	C20	C18	درجة جودة الاسطوانة	
45	40	35	30	25	20	18	MPa	المقاومة الاسطوانية
450	400	350	300	250	200	180	kgf/cm^2	المميزة المحتملة f'_c

الجدول (٤-١١): مقاومة الضغط المميزة المحتملة في حالة الخرسانة غير المراقبة بشكل دقيق

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

* مع ضرورة إضافة ملدنات عالية الجودة super plasticizer وسيليكا فيوم silica fume.

الجدول (٤-١٢): مقاومة الشد المميزة 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	MPa	المقاومة المحتملة
26	25	24	23	22	20	19	17	15	14	kgf/cm^2	للخرسانة في الشد

صناعة الخرسانة (Manufacture of Concrete)

يمكن تقسيم المراحل التي تمر بها صناعة الخرسانة إلى ثلاث مراحل رئيسية وهي:

مرحلة ما بعد الصب
Green Concrete

- 1- المعالجة curing.
- 2- فك قوالب الكوفراج
- 3- الترميم والبياض.
- 4- التشطيب finishing

مرحلة الصب
Fresh Concrete

- 1- الخلط mixing
- 2- النقل transporting
- 3- الصب casting
- 4- الرص compacting

مرحلة ما قبل الصب
Preparation

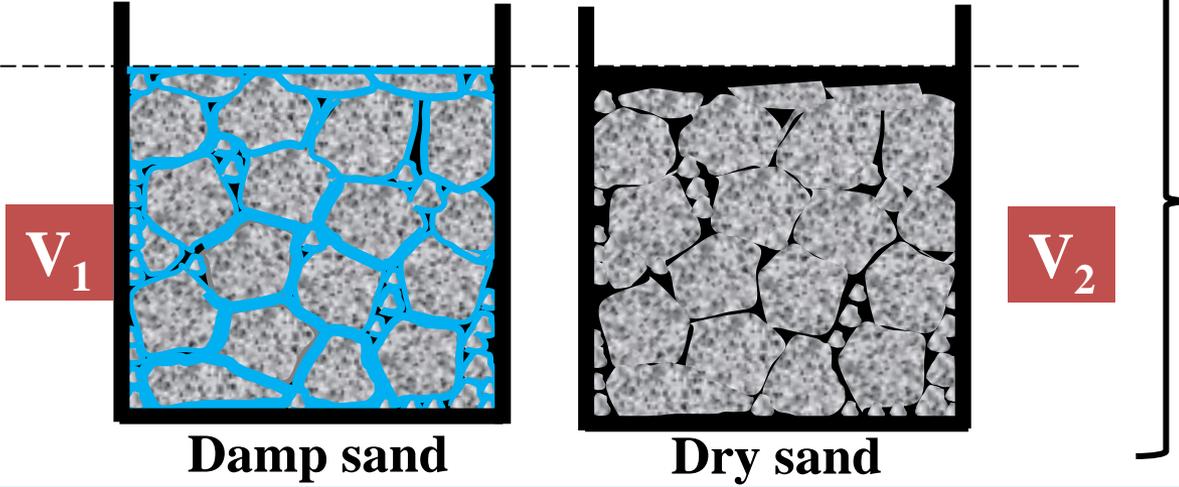
- 1- اختيار المكونات، وتصميم الخلطات.
- 2- تخزين المواد
- 3- إعداد قوالب الكوفراج
- 4- تحضير الكميات والعبوات

- 1:- تحضير المواد المكونة للخلطة **BATCHING**
- 2:- الخلط **MIXING**
- 3:- 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 المتقلبة 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 نحصل على خليط متجانس.
- يمكن أن يجري الخلط يدوي أو آلي، في موقع العمل أو في المجبل.



- يجب أن نحافظ على تجانس الخليط البيتوني الذي حققناه أثناء الخلط، عند نقله إلى موقع العمل، ولكي نضمن عدم حدوث ظاهرة الانفصال يجب أن يتم وضعه أقرب ما يكون إلى وضعه النهائي على شكل طبقات أفقية متماثلة بالسماكات، ويجب أن يتم الصب بسرعة.



(c) Transit mixers

- يجب إعادة الخلط قبل لحظة الصب مباشرة.
- إذا تعرضت الخلطة للجفاف والتصلب في الجو الحار وعند هبوب الرياح الشديدة، عندها يجب إعادة خلطها من جديد قبل الصب.

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

يتم نقل وصب البيتون بعدة طرق منها:

- سيور ناقلة Conveyor belts

- أقنية مائلة Chute

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

- خط أنابيب ومضخات Pump and pipe line

- الجبالات المتنقلة Transit mixers ، سعة الجبالاة $4-7 m^3$.

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



(a) Conveyor belt



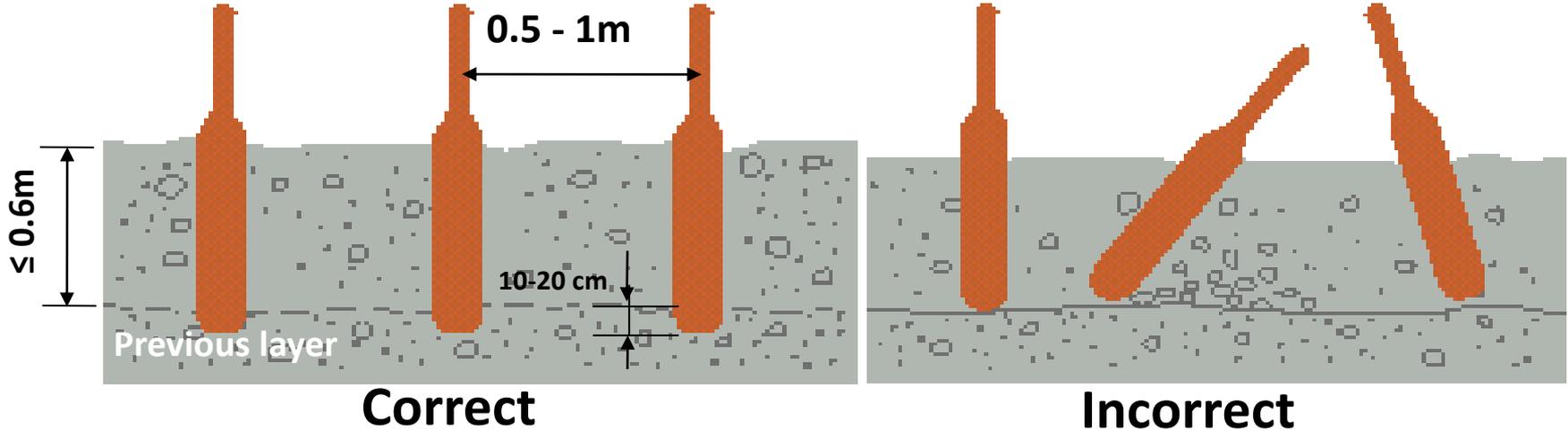
(b) Truck-mounted chute

COMPACTING (CONSOLIDATION): الرص -4

- 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



4- الرص (CONSOLIDATION): COMPACTING

- هناك رص خارجي يطبق على قوالب الكوفرارج، أو على سطح البلاطة البيتونية.



5- المعالجة (الانضاج): CURING

- يقصد بها تأمين شروط الحرارة والرطوبة المناسبة لتفاعلات اماهة الاسمنت مع الماء، لاكساب البيتون المقاومة والديمومة المطلوبتين.
- يقدر عمق المنطقة السطحية التي تتأثر بالمعالجة من (20mm) في شروط المعالجة الحرارية، وتصل إلى (50mm) في شروط الجفاف الزائد.

6- فك وإزالة قوالب الكوفراج

تتوقف المدة بين صب الخرسانة وفك قوالب الكوفراج على:
درجة حرارة الجو – طول العنصر الانشائي – 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

جوانب الجوائز والأعمدة
المعرضة لضغط محوري فقط
والجدران الخارجية

- لا يتم الفك قبل:
- 24 ساعة من الصب

الجوائز والبلاطات

- لا يتم الفك قبل:
- 2 * (طول الجائز أو البعد الأصغر للبلاطة)
- + 2 يوم، بحيث لا تقل المدة عن أسبوع.

الأظفار

- لا يتم الفك قبل:
- 4 * طول الظفر بالمتر + 2 يوم.
- ولا تقل المدة عن أسبوع

6- فك وإزالة قوالب الكوفراج

الجوائز والبلاطات باستخدام
اسمنت سريع التصلب

- يتم الفك بعد:
- نصف المدة المحددة للاسمنت البورتلاندي العادي.
وفي حالة الوصول للمقاومة مبكراً
- يمكن تخفيض المدة بشرط ألا تقل عن 3 أيام

بالنسبة لحالة انخفاض درجات
الحرارة تحت 15°C

- يجب الحذر وتأجيل فك القوالب مدة مناسبة، بالإضافة
إلى المدة المشار إليها.

بالنسبة للقوالب والركائز الحاملة
لأحمال إضافية كما في حالة الطابق
الذي يحمل وزن الطابق التالي
حديث الصب

- يتم الفك:
- 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.