

الخرسانة

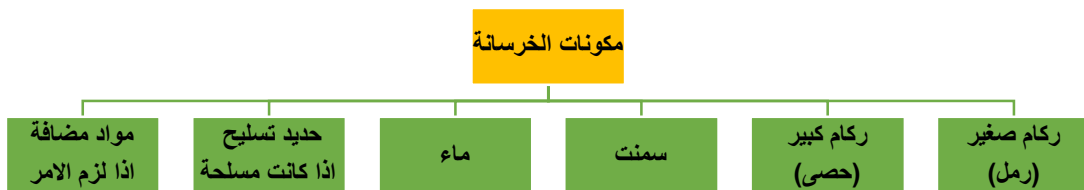
مفردات المحاضرة:

1. مكونات الخرسانة
2. مراحل صناعة الخرسانة
3. أنواع الخرسانة

مكونات الخرسانة

الخرسانة: هي مادة انشائية تنتج من خلط عدة مواد:

- طبيعية (مثل الرمل و الحصى و الماء)
- صناعية (مثل السمنت و المواد المضافة)
- وهي تشبه الصخور من ناحية تحملها للضغوط و لكنها لا تتحمل الشد لذلك يوضع بداخلها حديد التسليح (لاكسابها هذه الخاصية و بالتالي يمكن استخدامها في جميع أجزاء المنشآت المعرضة للضغط او الشد).
- تعتبر الخرسانة من اكثر المواد الانشائية استخداما للأسباب التالية:
 - 1- توفر المواد اللازمة لتصنيعها (الحصى ، الرمل ، السمنت ، الماء)
 - 2- رخص تكلفتها و صيانتها.
 - 3- لها قدرة عالية على تحمل الاحمال.
 - 4- تعمر طويلا اذا صنعت بطريقة سليمة و لم تتعرض لعوامل تسبب تلفها.



- تدخل هذه المواد في تكوين الخرسانة بنسب متباينة حسب تصميم المزج ذلك التصميم الذي ينبغي ان يوفر متطلبات خواص الخرسانة عندما تكون طرية و بعد تصلبها.

1- الركام الصغير (الرمل): يجب ان تكون حبيباته متدرجة الحجم و خشنة و خالية من المواد الناعمة الطينية او العضوية و ان يكون تركيبه خالي من الاملاح (لأنها تؤثر تأثيرا سيئا على قوة الخرسانة).

2- الركام الكبير (الحصى):

- يجب ان تنطبق عليه نفس مواصفات الركام الصغير من حيث التدرج في حجم الحبيبات و خلو من المواد الناعمة و الاملاح.
- يمكننا الحصول عليه من الطبيعة مباشرة او بتكسير الصخور في كسارات مخصصة للحصول على التدرج الحجمي المطلوب.
- يقصد بالتدرج الحجمي المطلوب: ان تكون حبيبات الركام غير متساوية في الحجم أي انها متدرجة من الصغير الى الكبير بحيث يحدث لها تداخل بينها و بين بعضها عند عمل الخلطة الخرسانية مما يعطي قوة اكبر للخرسانة.

3- السمنت:

- هو مادة تصنع في المصانع أساس تكوينها مواد جيبرية و طينية تطحن مع بعضها و تخلط ثم تعرض في افران مصانع السمنت لدرجة حرارة عالية و لفترة زمنية محددة فينتج بذلك مادة تسمى (الكلنكر) ، يطحن بعد ذلك (الكلنكر) لدرجة تعومة عالية جدا و يضاف اليه الجبس و بعض المواد الاخرى لاكسابه مواصفات خاصة ثم يعبأ في أكياس و هو الشكل الذي يوجد به السمنت في الأسواق.
 - في صناعة الخرسانة: عند اختلاط السمنت بالماء تتكون مادة عجينية تأخذ قوتها تدريجيا و تتصلب حيث تقوم هذه المادة العجينية بتغليف حبيبات الركام الصغير و الكبير و تربطهم ببعض مكونة الخرسانة.
 - يأخذ السمنت قوته المبدئية (التصلب الابتدائي) بعد حوالي 45 دقيقة من وضعه في القوالب و يصل التصلب النهائي بعد حوالي 10 ساعات، و يصل السمنت الى معظم قوته (التصلد) بعد 28 يوم، مع العلم ان قوته تتزايد مع الزمن بمعدل بطيء اذا كانت الظروف المحيطة به من ناحية درجة الحرارة و نسبة الرطوبة مناسبة.
1. التصلب الابتدائي: هو الزمن الذي ينتهي عنده تفاعل السمنت مع الماء و يجب ان لا يقل عن 45 دقيقة و لا يزيد عن ساعتين (120 دقيقة)
 2. التصلب النهائي: هو الزمن اللازم لوصول الخلطة السمنتية لمعظم قوة تحمله و هو تقريبا بعد 10 ساعات من صبه.
 3. زمن التصلد: يبدأ من 10 ساعات الى 28 يوم.
- يراعى عند تخزين السمنت في الموقع:
 1. ان لا تزيد مدة تخزينه عن 6 اشهر من تاريخ الإنتاج.
 2. ان يخزن بعيدا عن الرطوبة (رطوبة الأرض و الجو).

- أنواع السمنت: هناك أنواع عديدة من السمنت و اكثرها شيوعا الأنواع الاتية:

السمنت البورتلاندي (P.C.):

1- السمنت البورتلاندي العادي (O.P.C.):

- وهو النوع شائع الاستعمال في الخرسانات وكافة الاعمال المعمارية و يكتسب هذا النوع معظم قوته بعد 28 يوم من الصب.
- 2- السمنت البورتلاندي مبكر المقاومة العالية:
- هذا النوع له نفس التصلب الابتدائي و النهائي للسمنت البورتلاندي العادي تقريبا و لكنه يكتسب مقاومته العالية بعد حوالي 3 أيام (و التي يحتاح السمنت العادي الى 28 يوم للوصول اليها).
- يستخدم هذا النوع في اعمال الرصف و مهابط الطائرات و لاعمال التي تحتاح لسرعة كبيرة في انائها.

3- السمنت البورتلاندي منخفض الحرارة Low heat P.C.:

- و هذا النوع يمتاز بانخفاض درجة الحرارة الناتجة عن تفاعل السمنت و الماء (عملية الاماهة)
- نستخدم هذا النوع عند الحاجة الى صب كتل خرسانية كبيرة كما في السدود (حيث ان الحرارة العالية التي تنتج من تفاعل السمنت مع الماء في حالة صب كتل خرسانية كبيرة تتسبب في احداث تشققات في الخرسانة)

4- السمنت البورتلاندي الأبيض White P.C.:

- وهو نوع اشائع الاستعمال في اعمال الانهاءات حيث يمتاز بلونه الايض.
- يستعمل في اعمال البلاط و السيراميك و الدرج و الخرسانات الظاهرة و يمكن اضافته مواد ملونة له لتعطيه اللون المطلوب.

5- السمنت البورتلاندي المقاوم للاملاح الكبريتية Sulphate resisting P.C.:

- يمتاز هذا النوع بقدرته العالية على مقاومة التأثير المتلف للاملاح و الكبريتات على الخرسانة.
- يستعمل في اعمال الخرسانات المعرضة لمياه فيها نسبا عالية من الاملاح و الكبريتات خاصة في الاساسات و الاعمال البحرية.

و هناك أنواع عديدة أخرى من السمنت تصنع لأغراض خاصة أخرى.

4- الماء:

الماء الصالح للشرب هو الماء المناسب لصناعة الخرسانة. و يمنع استخدام الماء الذي به نسبة عالية من الاملاح سواء في خلط الخرسانة او حتى معالجتها (رشها بالماء بعد التصلب) حتى لا تتلف الخرسانة بفعل الاملاح.

5- حديد التسليح:

- يستخدم حديد التسليح في الخرسانة المسلحة فقط و لا يستخدم في الخرسانة العادية
- ينقسم حديد التسليح الى:
- ❖ حديد طري عادي بقوة اجهاد.
- ❖ حديد عالي المقاومة.
- يتوفر الحديد باقطار (من 6 الى 32 ملم) لاستخدامه في الأجزاء المختلفة من المنشآت.
- قد يكون الحديد ذو سطح املس او ذو نتوءات، و الاخير افضل من حيث تماسكه مع الخرسانة.

6- المضافات الخرسانية:

- هي مواد كيميائية تضاف للخرسانة سواء اثناء الخلط او تعالج بها بعد تصلدها بغرض اكتسابها خواص معينة.
- الشروط الواجب مراعاتها عند استخدام المضافات:
- 1- ان لا تتجاوز نسبة استخدام المضافات في الخلطة النسبة المحددة من قبل المصنع حتى لا تؤثر على مقاومة الخرسانة.
- 2- ان يكون هناك تناسب بين تكلفة استخدام المضافات و الفائدة التي ستعود منها.
- 3- ان لا تقل مقاومة الخرسانة و تماسكها مع حديد التسليح عن 85% من القيم الأساسية لها في حالة عدم استخدام المضافات.
- أنواع المواد المضافة: توجد أنواع كثيرة من المواد المضافة وأكثرها شيوعا الأنواع الآتية:

1. المضافات المعجلة:

- وهي مواد تستخدم لتقليل زمن التماسك و اكتساب الخرسانة تحملا مبكرا عاليا الا انها قد لا تزيد من تحملها القصوى (هي مواد تؤدي الى زيادة سرعة اطلاق حرارة التفاعل).
- استخداماتها:

1. توفير الوقت اللازم لتنفيذ المنشآت

2. إزالة القالب مبكرا.

2. المضافات المبطنة:

- هي مواد تستخدم لزيادة وقت التماسك لغرض إعطاء وقت أطول لمزج الخرسانة او المادة الرابطة و كذلك تقليل سرعة تصلد الخرسانة و تقليل سرعة انبعاث الحرارة عند صب الخرسانة بكميات كبيرة و في المناطق الحارة او لاسباب أخرى.
- استخداماتها:

1. صب الخرسانة في الأجواء الحارة حيث يكون تصلب السمنت سريعا بسبب حرارة الجو التي تسرع من تفاعله مع الماء.

2. الحاجة الى عمل تشكيلات إضافية لسطح الخرسانة مما يتطلب بقاء الخرسانة لينة مدة أطول.
3. مضافات تحسين قابلية لتشغيل:
- هي مواد تستخدم لغرض تحسين قابلية الخرسانة للتشغيل دون إضافة مياه أكثر من اللازم لان إضافة الماء الكثيرة للخلطة يقلل من قوة الخرسانة.
 - استخدامها:
1. عند وجود تسليح كثيف داخل القوالب الخشبية.
 2. عند استخدام المضخات في رفع الخرسانة.
4. مضافات تقليل النفاذية:
- هي مواد لغرض تقليل نفاذية الخرسانة للماء و بالتالي تمنع حدوث مشكلة صدأ حديد التسليح في الأجزاء التي تتعرض للرطوبة. و هي اما مواد تضاف للخرسانة اثناء الخلط او مواد تعالج بها الاسطح النهائية للخرسانة فتسد فراغاتها و تكسبها صفة عدم النفاذية للرطوبة.
 - استخدامها:
1. في الجسور التي فوق البحار و الأنهار.
 2. في المنشآت الخرسانية المعرضة لنسبة عالية من الرطوبة (القريبة من شواطئ البحار) في خرسانة خزانات.
5. مضافات الهواء المحبوس:
- هي مواد تستخدم لغرض احداث فراغات دقيقة داخل الخرسانة و ذلك للحصول على خرسانة خفيفة الوزن.
 - استخدامها:
- تستخدم عند الحاجة لخرسانة خفيفة الوزن في عمل تشكيلات زخرفية و لا تستخدم في الأجزاء الأساسية من الهياكل الانشائية للمباني (لان الفراغات داخل الخرسانة تقلل من مقاومتها).
6. وهناك مضافات أخرى كثيرة منها:
- مضافات تقليل الحرارة الناتجة من الاماهة (تفاعل السمنت و الماء).
 - مضافات لمقاومة التكاثر البري.
 - مضافات الرص التلقائي.



1. مرحلة تصميم الخلطة الخرسانية:

- تعني المرحلة التي يتم فيها تحديد نسب خلط المواد المكونة لها بحيث تعطي المقاومة المطلوبة.
- نسب الخلط الشائعة الاستخدام العادية هي (0.8 م3 حصى + 0.4 م3 رمل + 250 كغم سمنت + 160 - 180 لتر ماء).
- في الخرسانة المسلحة تزداد نسبة السمنت الى 350 كغم (بدلا من 250 كغم في الخلطة السابقة). و هذه الخلطة تعطي مقاومة للخرسانة لا تقل عن 250 كغم / سم2 بعد 28 يوم.
- العوامل التي تؤثر على مقاومة الخرسانة في مراحل تصميم الخلطة:
 - 1- نسبة الماء الى السمنت: كما قلت هذه النسبة حصلنا على خرسانة قليلة الفراغات عالية المقاومة (بشرط ان لا يؤثر تقليل هذه النسبة على قابلية الخرسانة للتشغيل)
 - 2- نسبة السمنت الى الركام: كلما زادت نسبة السمنت الى الركام زادت قوة الخرسانة.
 - 3- نسبة السمنت الى الرمل في الخلطة الخرسانية: كلما زادت هذه النسبة تزيد قابلية الخرسانة للتشغيل.
 - 4- نسبة الركام الكبير الى الركام الصغير: عادة نستخدم نسبة الركام الكبير: الركام الصغير = 1:2 حجم.

من المهم جدا مراعاة التدرج الحبيبي لكل من الركام الصغير و الكبير و ذلك لتقليل الفراغات داخل الخرسانة و بالتالي الحصول على خرسانة قوية.

2. مرحلة الخلط:

- هي المرحلة التي يتم فيها مزج مكونات الخرسانة بالنسب المحددة و تكوين خليط متجانس.
- تقوم عجينة السمنت بتغليف حبيبات الركام الصغيرة و الكبيرة ثم يقوم الركام الصغير و العجينة السمنتية بملء الفراغات بين حبيبات الركام الكبير.
- اثبتت الدراسات و التجارب ان إطالة زمن الخلط (الى حد ما) له تاثير ممتاز في تحسين مقاومتها حيث انه يساعد في الحصول على خرسانة متجانسة و يزيد من قابليتها للتشغيل و ينتج خرسانة كثيفة تمنع تسرب الماء.
- الشروط الواجب مراعاتها اثناء عملية الخلط:
 - 1- استخدام نسب الخلط المحددة بالمخططات.

2- استخدام الخلط الميكانيكي.

3- يجب ان لا يقل زمن الخلط عن دقيقة واحدة لضمان خلط مكونات الخرسانة جيدا.

3. مرحلة الصب:

- وهي المرحلة التي يتم فيها وضع الخلطة الخرسانية في القوالب المعدة لذلك.
 - ويتم اما يدويا بواسطة العمال او ميكانيكيا او باستخدام مضخات الخرسانة.
 - الشروط الواجب مراعاتها اثناء عملية الصب:
- 1- يجب رش القوالب بالماء قبل الصب حتى لا تأخذ جزءا من ماء الخلطة الخرسانية فيتاثر تفاعل السمنت و تضعف الخرسانة.
 - 2- يجب ان يتم الصب في اقصر وقت ممكن بعد خلط الخرسانة لان إطالة زمن نقل الخرسانة يؤدي الى تبخر جزء من ماء الخلط و ذلك يؤثر على إتمام تفاعل السمنت و بالتالي يقلل من مقاومة الخرسانة.
 - 3- يجب عدم صب (رمي) الخرسانة من ارتفاع اكبر من 1 متر حتى لا يحدث انفصال حبيبي لها (أي تنفصل الحبيبات الكبيرة من الركام عن الخلطة الخرسانية و تهبط الى اسفل بينما تصعد العجينة السمنتية الى الأعلى).
 - 4- يجب رص الخرسانة اثناء الصب ميكانيكيا بالهزازات و ذلك لطرد الهواء من داخل الخرسانة و بالتالي الحصول على خرسانة قليلة الفراغات و قليلة النفاذية و اكثر تحملا للعوامل الجوية و عالية المقاومة. و ذلك فان عملية الرص تساعد على تماسك الخرسانة من حديد التسليح.
 - 5- في حالة الصب باستخدام المضخات يجب عدم زيادة ماء الخلط لغرض الحصول على خرسانة طرية تسهل دركها داخل المضخات لان الماء يضر بقوة الخرسانة.
 - 6- يمكن الحصول على خرسانة طرية بإضافة مضافات اثناء خلطها تعطيها اللدونة المطلوبة دون التأثير على قوتها.
 - 7- عند الصب على الخرسانات القديمة لابد من ان يكون سطح الخرسانة القديمة نظيفا و خشنا و يرطب بالماء قبل صب الخرسانة الجديدة عليه. و يمكن الاستعانة بمواد كيميائية مثل المواد الايبوكسية للمساعدة في ربط الخرسانة الجديدة بالقديمة.

4. مرحلة المعالجة:

- يقصد بمرحلة المعالجة هي المرحلة التي يتم فيها رش الخرسانة المتصلدة بالماء على فترات لمدة محددة حسب المواصفات الفنية للاجزاء الخرسانية المختلفة من المنشأ.
- هذه المرحلة لها أهمية كبيرة و يجب الاهتمام بها لان الماء ضروري لاتمام تفاعل السمنت حتى بعد تصلد الخرسانة.

- عادتاً تتم معالجة الخرسانة برشها بالماء لمدة 7 أيام لاتمام عملية الانضاج و هدف الرئيسي لرش الخرسانة هو تعويض الخرسانة عن تبخر و جزء من الماء المستخدم في خلط مكونات الخرسانة و ذلك بسبب فقدان الماء بسبب انبعاث حرارة من تفاعل الاماهة.
- في الأجواء الحارة تغطي الخرسانة باغطية مبللة بالماء للمحافظة عليها رطبة.
- في مصانع البناء الجاهز تتم معالجة الخرسانة ببخار الماء حيث يساعد على سرعة تفاعل السمنت مع الماء و بالتالي الحصول على مقاومة عالية مبكرة للخرسانة.

أنواع الخرسانة

أولاً: الخرسانة العادية Plain Concrete:

- يقصد بها الخرسانة التي تستخدم بدون وضع حديد التسليح بداخلها.
- عادتاً تستخدم النسب التالية في تكوينها (0.8 م3 بحص +0.4 م3 رمل +250 كغم سمنت + (160-180 لتر ماء).
- استخداماتها:
- 1. اسفل اساسات المنشآت (طبقة نظافة)
- 2. في رص الارضيات في الطابق الأرضي للمنشآت (اسفل الكاشي).
- 3. في خرسانة ميول على الاسطح للعمل ميل لتصريف مياه المطار.

ثانياً: الخرسانة المسلحة Reinforced Concrete:

- يقصد بها الخرسانة التي تستخدم مع وضع حديد التسليح بداخلها.
- عادتاً تستخدم النسب التالية في تكوينها (0.8 م3 بحص +0.4 م3 رمل +350 كغم سمنت + (160-180 لتر ماء) مضافاً الى ذلك نسبة حديد التسليح المحدد حسب المخططات الانشائية.
- استخداماتها:
- 1. عمل الهيكل الخرساني لجميع أنواع المنشآت.
- 2. في الجسور و الانفاق.
- 3. في المنشآت البحرية.
- 4. في خزانات المياه.
- 5. في ارصعة الطرق.
- تمتاز الخرسانة المسلحة بتحملها للضغط و الشد بخلاف الخرسانة العادية التي لا تتحمل سوى الضغط فقط.

ثالثا: الخرسانة مسبقة الاجهاد Prestressed Concrete:

- هي نوع من انواع الخرسانة المسلحة يتم اكسابها اجهادات ضغط قبل تحميلها و هذه الاحمال كافية بملاقة اجهادات الشد الناتجة من تأثير الاحمال.

رابعا: الخرسانة الجاهزة Precast Concrete:

- هي خرسانة تصب و تعالج حتى تمام تصلدها في المصنع ثم بعد ذلك تنقل الى المنشأ و هذه الخرسانة يمكن ان تكون عادية – مسلحة – مسبقة الاجهاد.