

* الخرسانة *

الخرسانة و انواعها :-

- ١- الخرسانة العادية (Plain concrete)
- ٢- الخرسانة المسلحة (Reinforced concrete)
- ٣- الخرسانة سابقة الإجهاد (Prestressed concrete)
- ٤- الخرسانة الجاهزة (سابقة الصب) (Precast concrete)
- ٥- الخرسانة عالية المقاومة (High strength concrete)
- ٦- الخرسانة البوليمرية (Polymer – concrete)
- ٧- الخرسانة الكتلية (Mass concrete)



الفصل الأول :-

انواع الخرسانة

يوجد العديد من انواع الخرسانة و التي تختلف من حيث المكونات و الاستخدامات و من اهمها الانواع التالية :

١- الخرسانة العادية (Plain concrete) :

هي خرسانة تتكون من اسمنت و رمل و حصى و ماء ، و احيانا توضع بعض الاضافات و ذلك على حسب غرض الاستخدام . و تستخدم في اعمال الفرشات الخرسانية تحت الاساسات و الأرصفة و عمل الكتل الخرسانية الغير معرضة لإجهادات شد و عمل الأرضيات و السدود ، و مقاومتها تتراوح بين ١٥٠ الى ٢٥٠ كغم / سم^٢ .

٢- الخرسانة المسلحة (Reinforced concrete) :

هي خرسانة مسلحة عادية و يشترك معها حديد تسليح لمقاومة اجهادات الشد ، حيث ان معظم كودات التصميم تهمل مقاومة الخرسانة للشد و بالتالي فإن الحديد يتحمل كل قوى الشد المؤثرة ، أما الخرسانة فتتحمل قوى الضغط . و هذا النوع من الخرسانة هو الأكثر شيوعا و إستخداما في العالم و ذلك لسهولة تنفيذه و رخص تصنيعه و يمكن ان يصب في الموقع مباشرة أو يصب في المصنع لعمل وحدات خرسانية جاهزة



٣- الخرسانة سابقة الإجهاد (Prestressed concrete) :

هي خرسانة عادية يتم اكسابها إجهادات ضغط قبل تحميلها ، و هذه الإجهادات تكون كفيلة بملاشاة إجهادات الشد الناتجة من تأثير الأحمال و بالتالي لا نحتاج الى حديد تسليح حيث تكون المحصلة النهائية للإجهادات على طول القطاع الخرسانى بعد التحميل هي غالباً إجهادات ضغط و بالتالي تكون الخرسانة كفيلة بتحملها . و لذلك يجب ان تكون الخرسانة ذات مقاومة عالية للضغط تتراوح من ٣٥٠ الى ٦٠٠ كغم / سم^٢ و ذلك حتى يمكنها تحمل إجهادات ضغط التصنيع و إجهادات ضغط التشغيل .



٤- الخرسانة الجاهزة (سابقة الصب) (Precast concrete) :

تصب الخرسانة و تعالج حتى تمام تصلدها في المصنع ، بعد ذلك تنقل الى المنشأ ، و ممكن ان تكون خرسانة عادية او مسلحة او سابقة الإجهاد و تشمل البلاطات و الأعمدة و الحوائط و البلوكات الخرسانية . و عند تصنيع العناصر المختلفة من الخرسانة الجاهزة يجب الأخذ بالإعتبار كافة الأحمال الخارجية المؤثرة على العنصر في مراحل التصنيع و التخزين و النقل و التركيب و التنفيذ و الإستخدام .



٥- الخرسانة عالية المقاومة (High strength concrete) :

هي خرسانة ذات مقاومة تزيد عن ٦٠٠ كغم / سم^٢ وقد تصل أو تزيد عن ١٤٠٠ كغم / سم^٢، ويمكن الحصول عليها بإستخدام المواد المحلية المتاحة المستخدمة في صناعة الخرسانة التقليدية (٢٥٠ كغم / سم^٢)، ولكن يضاف عليها مادة اخرى و هي الملدنات (Superplasticizers) لكي يمكننا من تقليل ماء الخلط الى اقصى درجة مع الحصول على نفس القابلية للتشغيل، وبالتالي حتى الحصول على مقاومة عالية. وتستخدم هذه الخرسانة في المباني عالية الارتفاع و المنشآت البحرية و محطات الطاقة النووية و الانابيب الخرسانية تحت الارض و الأرصفة و الطرق. و تمتاز هذه الخرسانة بمقاومة عالية جدا للإكماش و مقاومة ضغط عالية تصل الى ١٢٠٠ كغم / سم^٢ و مقاومة شد تصل الى ١٠٠ كغم / سم^٢.

٦- الخرسانة البوليمرية (Polymer – concrete) :

هي خرسانة خاصة يتم الحصول عليها بمعاملة الخرسانة العادية بمواد البوليمر التي تعمل كمواد لاحمة أو مألئة للفراغات بين حبيبات الركام، و تمثل المواد البوليمرية حوالي ٦ الى ١٥ % من وزن الخرسانة و تمتاز بالمقاومة.

٧- الخرسانة الكتلية (Mass concrete) :

هي خرسانة ذات كتل كبيرة مثل خرسانة السدود و الخزانات الارضية و أي خرسانة يكون حجمه اكبير و لذلك يتطلب اخذ الاحتياطات من تولد الحرارة الناتجة من إماهة الأسمنت و ما يتبع ذلك من اكماش و تشريح للخرسانة.



الفصل الثاني

صناعة الخرسانة

اولا : مرحلة ما قبل الصب (الإعداد)

- أ- اختيار مكونات الخرسانة
- ب- تخزين المواد
- ج- اعداد الفرغ و الشدات
- د- تحضير الكميات

أ- اختيار مكونات الخرسانة

يتم اختيار المواد المناسبة للخرسانة من رمل و حصى و إسمنت و ماء و إضافات بشرط ان تلبى الشروط التي تستلزمها طبيعة المنشأ الخرساني ، و يتم تحديد كمية كل مادة من مكونات الخرسانة بطرق التصميم .

ب- تخزين المواد

* الركام

يجب أولا تخزين الركام الصغير و الكبير على حدة و بكيفية تجنب تلوثه حيث يراعى في مكان التشوين ان يكون خاليا من الأتسا و الأعشاب و المواد الضارة كما يفضل التشوين على قاعدة خرسانية او خشبية . و لمنع الغبار من تغطية المواد الصلبة قد يحتاج الأمر الى حفظ سطح الأرض المجاورة رطبة ، او تغطية التشوينات أو عمل سقائف فوقها اذا تيسر ذلك لحفظها من الرياح و الأمطار . و قد تتطلب الجودة العالية المطلوبة للخرسانة إزالة المواد الطينية و الشوائب من الركام بغسله عند تشوينه .

** الإسمنت

من المعروف ان الإسمنت يحتفظ بخواصه بصفة خاصة اذا حفظ بعيدا عن الرطوبة ، و من ناحية أخرى فإن الإسمنت المعرض للهواء يمتص الرطوبة ببطء مما يسبب تلفه ، و تعتمد درجة الضرر على كمية الرطوبة التي يمكن وصولها للإسمنت . و عند استعمال الإسمنت يجب ان يكون ناعما و خاليا من حبيبات الإسمنت المتصلد . و في بعض الأحيان تكون الشكائر المحفوظة بأسفل الرصة الكبيرة لفترة ملحوظة متصددة ، و يمكن التغلب على هذه الصعوبة بدرجة كبيرة برص الإسمنت بمخازن فسيحة بحيث لا يرتفع اكثر من عشر شكائر .



*** الماء

يجب الحصول على ماء نظيف لإستخدامه في عملية الخلط ، و اذا احتاج الى نقل أو تخزين الماء اللازم للخرسانة فيجب ان يوضع في أوعية نظيفة مغطاة .

ج- اعداد الفرغ و الشدات

الفرغ عبارة عن ألواح من الخشب و قد تصنع من ألواح الصلب ، و في بعض الأحيان من البلاستيك و توضع بجوار بعضها لتعطي الشكل المطلوب .
يجب ربط هذه الفرغات و الشدات بطريقة يضمن بقائها ثابتة طيلة فترة صب الخرسانة المسلحة و أثناء تصلدها ، كما يجب ان تكون أوجه الفرغ محكمة بحيث تمنع تسرب الإسمنت الى الخارج .

د- تحضير الكميات

تنص أسس التصميم و شروط التنفيذ لأعمال الخرسانة على ما يلي :

١- لايسمح بمعايرة الاسمنت بالحجم ، و يفضل ان تكون عبوة الخرسانة بحيث تحوي عددا صحيحا من شكاير الأسمنت ، وفي حالة استعمال الإسمنت السائب يجب استخدام طريقة مضغوطة للمعايرة بالوزن .

٢- يقاس الركام عادة بالحجم في صناديق قياس ذات حجم مضبوط و ذلك في حالة الخرسانة من النوع العادي ، و يجب ملء الصناديق بدون دمك و ان يكون اعلى و اسفل سطح الركام (داخل الصندوق) مستويا مع الأحرف كما يراعى عمل حساب زيادة الحجم في الركام الصغير نتيجة لوجود الرطوبة و يعطي القياس بالوزن أدق النتائج ، كما يقضي على الإلتباس الناتج عن زيادة الحجم في الركام الصغير .

٣- الماء ، يجب ان يضاف الماء للخليط بكميات مقاسة قياسا مضبوطا حسب القيم المحددة ، وفي حالة الخرسانة الخاصة يجب أن يؤخذ في الإعتبار كمية الماء المحتمل وجودها في الركام .

٤- الإضافات ، يجب تحديد الحد الأقصى للكمية المستعملة من كل نوع من الإضافات كنسبة مئوية من وزن السمنت .



ثانيا : مرحلة الصب

أ- الخلط

الغرض من عملية الخلط هو جعل مكونات الخرسانة خليطا متجانس التكوين و القوام ، و بعد انتهاء العملية يجب ان تكون كل حبيبة مغطاة بعجينة الإسمنت . و تعد عملية الخلط من اهم العمليات المؤثرة على خواص الخرسانة المختلفة ، لذلك يجب اعطائها العناية اللازمة .

طرق خلط الخرسانة :-

١- الخلط اليدوي

٢- الخلط الميكانيكي

١- الخلط اليدوي :

تتم عملية الخلط باستعمال لوح خشبي او اي قاعدة غير منفذة للماء ، و يفرد الرمل المجهز للخلطة اولا على لوح الخلط ، ثم يفرد الإسمنت فوق الرمل بانتظام ثم يخلط جيدا حتى ينتج خليط منتظم اللون . بعد ذلك يضاف للخليط الكمية المناسبة من الحصى و يستمر الخلط حتى يتوزع الخلط تماما . ثم يتم عمل تجويف في وسط الخلط و تصب فيه كمية الماء اللازمة و يتم تقليب الخليط من الخارج نحو المركز و يستمر التقليل حتى ينتظم قوام الخلطة و تنتج درجة التشغيل المطلوبة .

٢- الخلط الميكانيكي (باستعمال الخلاط) :

يتكون الخلاط الميكانيكي من اسطوانة الخلط ، و غالبا يكون بداخلها ألواح معينة تسمى ريش التحريك و هي تساعد على اجراء عملية الخلط بطريقة منتظمة . و يمكن تفريغ الخلاطات بالإمالة حول محورها و هذا النوع سهل التفريغ كما ان هناك انواعا تساعد فيها ألواح التحريك الموجودة داخل الاسطوانة على دفع الخرسانة نحو التفريغ .



هناك طرق عديدة لنقل الخرسانة من الخلاط الى الفرغ و كلها تعتمد على نوع العمل و الأدوات و المعدات المتوفرة و يجب ان تؤخذ في الإعتبار اثناء عملية النقل النقاط الثلاث الآتية :

- جفاف الخرسانة ، يحدث نتيجة ارتفاع درجة الحرارة و لذلك ففي حالة وجود أشعة الشمس أو الرياح الشديدة يجب تغطية الخرسانة في أوعيتها و هي في طريقها الى مركز العمل .

- انفصال حبيبات الخرسانة ، من الظواهر الخطيرة التي تحدث في الخلطات المبتلة ، فعند نقل الخرسانة الى موقع الصب يحدث لها اهتزاز يجعل الركام الكبير يهبط للقاع و تنفصل الحبيبات الصغيرة و الماء و تصعد الى السطح و يؤدي هذا الانفصال الى خرسانة سيئة الخلط و عديمة التجانس .

- تماسك الخرسانة ، يحدث غالبا تماسك الخرسانة اثناء وجودها بالوعاء الناقل في الخلطات الجافة ، كذلك قد يحدث هذا التماسك عندما تطول مدة وضعها بالوعاء و ايضا في حالة وجود الخرسانة بكميات كبيرة .

* اهم الطرق المستعملة في نقل الخرسانة :

١- عربات اليد : و هي عربات لها غالبا ثلاث عجلات ، و لمنع انفصال الحبيبات في الخلطة المبللة او الإنضغاط و التماسك في الخلطة الجافة يجب عدم اهتزاز الخرسانة اثناء نقلها لذلك تكون عجلات العربة ملساء .

٢- العربة القلابة و عربات اللوري : هما أرخص و أسهل وسائل النقل



و في حال انشاء الطرق الخرسانية و المطارات تستعمل السيارات القلابة لنقل الخرسانة على مسافة تصل الى ١٠ كم من محطة الخلط . و نظرا لأن وعاء النقل في العربة القلابة على شكل هرم ناقص فلا يحدث انفصال حبيبي اثناء التحميل و التفريغ .



٣- جهاز رفع الخرسانة : يمكن استعمال هذه المرافع لنقل الخرسانة بمواقع العمل الصغيرة مثل انشاء المنازل و تتميز بانها سهلة التشغيل .
٤- مضخات الخرسانة : تعتبر هذه الطريقة من الطرق المستعملة بكثرة في نقل كميات كبيرة من الخرسانة من محطات الخلط المركزية على أنه يجب ان يكون موقع العمل مستويا و يركب خط المواسير الناقل للخرسانة بأقل عدد من الأكواع .

ج- الصب

عملية الصب من اهم العمليات التي تمر بها الخرسانة ، فالصب يتم خلال الفترة البسيطة التي تتحول فيها مكونات الخرسانة من حصى و رمل و إسمنت و ماء الى مادة لدنة ثم تتحول بعد ذلك الى مادة صلبة قوية و ان الاهتمام بعملية الصب يعطي تأثيرا كبيرا في الحصول على خرسانة ذات مقاومة عالية .

و توجد عوامل كثيرة تؤثر على عملية الصب نفسها و سنحاول عرض بعض هذه العوامل فيما يلي :

١- الاعداد للصب

يجب مراجعة القياسات و الأبعاد و المناسيب و حديد التسليح جيدا قبل الصب لأن أي خطأ يمكن اصلاحه في الشدة أو في المناسيب قبل الصب اما بعد الصب و وشوك تصلد الخرسانة فإن ذلك يصبح مستحيلا .



٢- ضبط رمي الخرسانة

من المستحسن دائما الصب على طبقات لا تزيد عن ٥٠ سم و ذلك لكي يمكن دمكها جيدا و لضمان التأكد من هزها بالهزات . كما ان ذلك يقلل الضغط على جوانب الشدة و يجب عدم الصب من ارتفاعات كبيرة لمنع الانفصال .



٣- الصب في الأماكن المفتوحة و المقللة

الصب في الأماكن المفتوحة مثل القواعد الخرسانية الكبيرة لا يحتاج الى مجهود كبير في مراعاة طريقة الصب حيث ان كل كميات الخرسانة التي يتم رميها تظهر للعين و يمكن تشغيل الهزازات فيها بسهولة . كما انه في المناطق المفتوحة يمكن صب كميات كبيرة نسبيا نظرا لعدم وجود عوائق . أما في الأماكن المقللة مثل الأعمدة ذات القطاع الصغير أو الحوائط الخرسانية ذات السمك الصغير فإن الصب يكون صعبا و يحتاج الى عناية خاصة لضمان عدم تعشيش الخرسانة و لضمان ملء كل فراغ في هذه الأماكن

٤- الصب على خرسانات قديمة

يجب عند الانتهاء من الصب ترك السطح العلوي للخرسانة خشنا و عدم تسويته في حالة صب خرسانات بعد ذلك على هذا السطح و ذلك ضماناً لزيادة التماسك بين الخرسانات التي صبت قبل ذلك بيوم او أكثر . و عند البدء بصب خرسانات جديدة يجب تنظيف السطح العلوي للخرسانة و إزالة ما قد يكون موجوداً من حصى غير متماسك مع الخرسانة على السطح العلوي و يجب ايضا تنظيف حديد التسليح بالفرشة السلك لإزالة ما علق به من مونة الصب السابق و ذلك لضمان تماسك الحديد و الخرسانة الحديثة و يُندى السطح العلوي مكان الرباط بالماء و يوضع بعض لباني الإسمنت عليه ثم يبدأ الصب بعد ذلك .

٥- صب الخرسانة الكتلية

يتم صب هذه الخرسانة على فترات و قد يترك السطح النهائي للخرسانة المصبوبة خلال احدى الفترات معرضا لعوامل تجعل هذا السطح غير معد لعملية التماسك الصحيحة مع الطبقة التالية . و لذلك يجب تنظيف هذا و يتم الصب على طبقات تتراوح بين ٤٠ و ٥٠ سم في السمك مع مراعات تنظيم عملية الصب بحيث لا تبدأ اي طبقة في الشك قبل صب الطبقة التالية اذ ان الخرسانة سوف لا تتحمل الإجهادات الناتجة عن عملية صب الطبقة التالية و دمكها .



٦- الصب بطريقة الضخ

يعتبر من افضل الطرق للصب فيمكن باستخدامها التحكم في الصب الى اقصى درجة ممكنة حيث يمكن توجيه المواسير التي داخل الخرسانة الى المكان المطلوب تماما . كما ان السرعة التي يتم بها الخلط و وصول الخرسانة الى المكان المطلوب تضمن عدم شك الخرسانة قبل صبها . و لا يمكن استعمال هذه الطريقة الا في الأعمال التي تحتاج الى كميات كبيرة من الخرسانة و في الأماكن المفتوحة للصب .



د- الدمك

بعد عملية الصب مباشرة تكون الخرسانة الطازجة غير متماسكة مع بعضها من ناحية و حديد التسليح من ناحية أخرى و من ثم فإن عملية الدمك الضرورية لتحقيق قوة الترابط بين المواد المكونة للخرسانة مع بعضها و أيضا مع حديد التسليح فضلا عن أن عملية الدمك تساعد على تقليل الفراغات الهوائية التي تحتويها الخرسانة المصبوبة بدون دمك . هذا و تتم عملية الدمك بالطرق اليدوية او الطرق الميكانيكية . يستخدم في اجراء الدمك اليدوي ادوات من الخشب او الحديد مثل قضيب الدمك و هو قضيب من الصلب لتوزيع الخرسانة عن طريق الغز بين حديد التسليح اما الدمك الميكانيكي فيتم باستخدام الهزازات . و تستخدم الطرق اليدوية في الأحوال الاعتيادية بينما تستخدم الطرق الميكانيكية في الأعمال الهامة أو الكبيرة التي يراد الحصول فيها على خرسانة جيدة .

هـ - الأنهاء و التشطيب

تم بذل جهود كثيرة لتحسين منظر السطح الخرساني و ذلك بصبها في فرم ملساء أو بمعالجة هذه الأسطح بإضافة مادة كالدكسترين للأسطح الخرسانية لتأخير زمن الشك ، و من ثم تمشيط سطح الخرسانة لإزالة السطح الإسمنتي و ظهور الركام و لكن هذا العلاج اذا تم عمله لخرسانة عادية فإن السطح الذي يظهر سوف يكون غير منتظم و يعالج بانتخاب ركام معين للخرسانة . و تتبع طرق خاصة اثناء صب الخرسانة حتى لا يكون هناك فجوات بداخلها باستعمال الهزازات و بإختيار و تنقية الركام الذي لا يزيد قطره عن ١,٥ سم . و بالنسبة للتصميمات الهندسية فإنه يمكن عمل رسومات مختلفة على سطح الخرسانة بواسطة الحفر ، و تستعمل عادة في ممرات الحدائق و الطرقات التي تحيط بحمامات السباحة ، فبعد تسوية سطح الخرسانة بواسطة خشبة التسوية و تخليص السطح من الرطوبة الزائدة يبدأ الحفر في الخرسانة بطريقة إرتجالية بواسطة حفارات بسطح اسطواني من النحاء بطول ١٨ بوصة تقريبا . و تعمل هذه الحفر فقط عندما تكون الخرسانة لدنة .



ثالثاً : مرحلة ما بعد الصب (تصلد الخرسانة)

أ- المعالجة (Curing) :

تأتي معالجة الخرسانة في آخر خطوة من خطوات الصناعة و هي من أهم خطواتها لذلك يجب إعطائها القدر الكافي من العناية و إلتزام إجراءاتها على أكمل وجه لأنها إحدى الطرق التي تساعد في الحصول على المقاومة المطلوبة ، و كذلك مقاومة العوامل الجوية و قد إتضح ان إستخدام مواد جيدة و بنسب صحيحة ليس ضمانا كافياً للحصول على خرسانة ذات خواص جيدة اذا ما أهملنا مرحلة المعالجة و بدراسة خواص الخرسانة وجد ان المقاومة تزداد بمقدار ٥٠ % عندما تعالج لمدة ٧ ايام و بمقدار ١٠٠ % عندما تتم المعالجة لمدة ١٤ يوم ، كما ان المعالجة الكاملة تضيف الى الخرسانة خاصية المقاومة للبري و تعمل ايضا على تحسين خواص مقاومة المنفذية للسوائل . لذلك يجب ان تكون كمية الرطوبة على سطح الخرسانة كافية لمنع الجفاف و الإنكماش قبل تصلب الخرسانة .

ب- ازالة الفرم و الشدات

هناك بعض المواصفات التي تنص على ازالة الشدات الخشبية من البلاطات او الكمرات و القضبان الخرسانية بعد ١٤ يوم ، و مدة اقل من ذلك تصل الى ٧ ايام في الحوائط و الأعمدة الخرسانية البسيطة ، و يعتمد هذا على الظروف الجوية المحيطة بالخلطة الموضوعه داخل الفرم و ما اذا كانت اجريت لها معالجة لتفادي الحرارة و الانكماش بالجفاف و لم تعمل لها اي معالجة . و عند ازالة الدعامات الخشبية من الخرسانة يجب ان تسمح هذه العملية بأن تحمل الخرسانة الحمل الواقع عليها تدريجيا و بانتظام حتى لا يحدث لها اي صدم او تلف يؤثر على خواصها الناتجة . و تعتبر المعادلة التالية من المعادلات التجريبية او الوضعية المفيدة لتعيين زمن فك الكمرات الخرسانية و هي :

$$((\text{الزمن باليوم} = ٢ + ٢ \text{ حيث ل : البحر بالمتري}))$$



ج- ترميم الخرسانة

يعتبر ترميم الخرسانة من خطوات صناعة الخرسانة التي يتوقف عليها شكل و ظهر المنشأ الخرساني الى حد كبير ، فبعد ازالة الشدات يوجد عادة بسطح الخرسانة فجوات و ثقوب قد تنتج من ازالة قضبان الربط التي يجب نزعها في اتجاه الواجهة الداخلية للحائط و ذلك لتجنب كشط السطح الخارجي للمنشأ ، كما أنه في كثير من الأحيان يكون السطح غير مستو و يلزم القيام بعملية الترميم للاماكن المحتوية على فراغات او اي عيب اخر و تتم عملية الترميم بكشط اماكن العيوب لعمق لا يقل عن بوصة واحدة بحيث تكون جوانبها عمودية على السطح ثم تبلل المساحة التي سيتم ترميمها و المساحة التي حولها بالماء لمنع امتصاص الماء من مونة الترميم ثم بعد خلطة من اجزاء متساوية

من الإسمنت البورتلاندي و الرمل مع كمية كافية من الماء للحصول على قوام سهل الفرش ، ثم تفرش هذه الخلطة بعناية على السطح و تتبع بمونة الترميم التي يشترط ان تكون المواد المستعملة فيها نفس مواد و نفس نسب عمل الخرسانة و لا تختلف مونة الترميم عن الخرسانة المستعملة الا انها لا تحتوي على الركام الكبير . و تكون نسب مونة مواد الترميم بنسبة جزء إسمنت الى ثلاث اجزاء رمل و عادة لا تستخدم مونة اغنى من ذلك .



المصادر

- ١- كتاب (Book types and components of concrete) / المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
- ٢- كتاب المرشد في الخرسانة المسلحة اون لاين / آمال حسن
- ٣- كتاب تكنولوجيا الخرسانة / احمد عصام
- ٤- كتاب تصميم المنشآت الخرسانية المسلحة / شاكر البحيري

