

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت / كلية العلوم
قسم علوم الأرض التطبيقية

مواد بناء / متقدم

الموضوع

الخرسانة (أنواعها ، صناعتها ، تصميمها)

أعداد الطالب : عادل قاسم كريم

إشراف : أ.م.د. خالد أحمد عبد الله

١- الخرسانة العادية Plian concrete

2- الخرسانة المسلحة Reinforced concrete

3- الخرسانة مسبقة الإجهاد Prestressed concrete

4- الخرسانة الجاهزة (مسبقة الصب) Precast concrete

5- الخرسانة عالية المقاومة High strength concrete

6- الخرسانة البوليمرية Polymer-concrete

7- الخرسانة الكتلية Mass concrete

الفصل الأول

أنواع الخرسانة

يوجد العديد من أنواع الخرسانة والتي تختلف من حيث المكونات والأستخدامات ومن أهمها الأنواع التالية

١- الخرسانة العادية plain concrete :

هي الخرسانة التي تتكون من أسمنت ورمل وزلط و ماء و أحيانا توضع بعض الإضافات وذلك على حسب غرض الإستخدام في أعمال الفرشات الخرسانية تحت الأساسات و الأرصفة وعمل الكتل الخرسانية الغير معرضة لأجهادات شد وعمل الأرضيات والسدود ، ومقاومتها تتراوح بين ١٥٠ الى ٢٥٠ كغم/سم^٢ على حسب الغرض المستخدمة من أجله .



٢- الخرسانة المسلحة Reinforced concret :

هي خرسانة مسلحة عادية ويشترك معها حديد تسليح لمقاومة إجهادات الشد حيث أن معظم كودات التصميم تهمل مقاومة الخرسانة للشد وبالتالي فإن الحديد يتحمل كل قوى الشد المؤثرة ، أما الخرسانة تتحمل قوى الضغط وهذا النوع من الخرسانة هو الأكثر شيوعا وإستخداما في العالم وذلك لسهولة تنفيذه ورخص تصنيعه ويمكن أن يصب في الموقع مباشرة أو يصب في المصنع لعمل وحدات خرسانية جاهزة.

٣- الخرسانة مسبقة الأجهاد : Prestressed concrete :

هي خرسانة عادية يتم إكسابها أجهادات ضغط قبل تحميلها وهذه الإجهادات تكون كفيّلة بملاشاة إجهادات الشد الناتجة من تأثير الأحمال وبالتالي لاحتاج الى حديد تسليح حيث تكون المحصلة النهائية للأجهادات على طول القطاع الخرساني بعد التحميل هي غالبا أجهادات ضغط وبالتالي تكون الخرسانة كفيّلة بتحملها . ولذلك يجب أن تكون الخرسانة ذات مقاومة عالية للضغط تتراوح من ٣٥٠ الى ٦٠٠ كغم/سم^٢ وذلك حتى يمكنها تحمل إجهادات ضغط التصنيع وأجهادات ضغط التشغيل



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

تصب الخرسانة وتعالج حتى تمام تصلدها في المصنع بعد ذلك تنقل إلى المنشأ ويمكن أن تكون خرسانة عادية أو مسلحة أو مسبقة الإجهاد وتشمل البلاطات والأعمدة والحوائط والبلوكات الخرسانية . وعند تصنيع العناصر المختلفة من الخرسانة الجاهزة يجب الأخذ في الاعتبار كافة الأحمال الخارجية المؤثرة على العنصر في مراحل التصنيع والتخزين والنقل والتركيب والتنفيذ والإستخدام .



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 باستخدام المواد المحلية المتاحة المستخدمة في صناعة الخرسانة التقليدية (٢٥٠ كغم/سم^٢) ولكن يضاف عليها مادة أخرى وهي الملدنات superplasticizers وذلك حتى يمكننا تقليل ماء الخلط الى أقصى درجة مع الحصول على نفس القابلية للتشغيل وبالتالي الحصول على مقاومة عالية ، وتستخدم الخرسانة العالية المقاومة في المباني العالية الأرتفاع والكباري والمنشآت البحرية ومحطات الطاقة النووية والأنابيب الخرسانية تحت الأرض والأرصفة والطرق .

عالية للعوامل الخارجية مثل مقاومة التآكل ونفاذ الماء والمقاومة للكبريتات وتمتاز أيضا بمقاومة عالية جدا للانكماش ومقاومة ضغط عالية الى ١٢٠٠ كغم/سم^٢ ومقاومة 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 ، وتمثل المواد البوليمرية حوالي ٦ إلى ١٥ % من وزن الخرسانة وتمتاز بمقاومة

٧- الخرسانة الكتلية Mass concrete :

هي خرسانة ذات كتلة كبيرة مثل خرسانة السدود والخزانات الأرضية و أي خرسانة يكون حجمها كبير ولذلك يتطلب أخذ الاحتياطات من تولد الحرارة الناتجة من أمهة الأسمنت وما يتبع ذلك من أنكماش وتشريح للخرسانة.



الفصل الثاني

صناعة الخرسانة

١- أولا مرحلة ما قبل الصب (الأعداد) :

أ (إختيار مكونات الخرسانة

يتم أختيار المواد المناسبة للخرسانة من رمل و زلط وأسمنت و ماء وإضافات بشرط أن توفي الإشتراطات التي تستلزمها طبيعة المنشأ الخرساني ، ويتم تحديد كمية كل مادة من مكونات الخرسانة بطرق التصميم

ب) تخزين المواد

* الركام

يجب أولا تخزين الركام الصغير والكبير كل على حدة وبكيفية تجنب تلوثه حيث يراعى في مكان التشوين أن يكون خاليا من الأتقاض و الأعشاب والمواد الضارة كما يفضل التشوين على قاعدة خرسانية أو خشبية ولمنع الغبار من أن يغطي المواد الصلبة قد يحتاج الأمر حفظ سطح الأرض المجاورة رطبا أو تغطية التشوينات أو عمل سقيفة فوقها إذا تيسر ذلك لحفظها من الرياح والأمطار .

قد تتطلب الجودة العالية المطلوبة للخرسانة إزالة المواد الطينية والشوائب من الركام بغسله عند تشوينه .

*الأسمنت

من المعروف أن الأسمنت يحتفظ بخواصه بصفة خاصة إذا حفظ بعيدا عن الرطوبة ومن الناحية الأخرى فإن الأسمنت المعرض للهواء يمتص الرطوبة ببطء مما يسبب تلفه وتعتمد درجة الضرر على كمية الرطوبة التي يمكن أن تصل للأسمنت وعند أستعمال السمنت يجب أن يكون ناعما و خاليا من حبيبات الأسمنت المتصلد وفي بعض الأحيان تكون الشكاير المحفوظة بأسفل الرصة الكبيرة لفترة ملحوظة متصلدة ويمكن التغلب على هذه الصعوبة بدرجة كبيرة برص الأسمنت بمخازن فسيحة بحيث لا يرتفع أكثر من عشر شكاير.

وعند وجود الأسمنت المتصلد والتي لايمكن سحقها باليد يدل على أمتصاص الأسمنت للرطوبة ومثل هذا الأسمنت يمكن في الأعمال قليلة الأهمية بعد فصل الأسمنت المتصلد و بالنسبة للأعمال الأخرى فإنه يجب إختبار الأسمنت للتأكد من مقاومته وخواصه الأخرى المطلوبة .

*الماء

يجب الحصول على ماء نظيف لإستخدامه في عملية الخلط و إذا أحتاج الأمر الى نقل أو تخزين الماء اللازم لخرسانة فيجب أن يوضع في أوعية نظيفة مغطاة .

(ج) اعداد الفرغ والشدات

الفرغ هو عبارة عن ألواح من الخشب وقد تصنع من ألواح الصلب وفي بعض الحالات الخاصة من البلاستيك وتوضع بجوار بعضها لتعطي الشكل المطلوب .

وبصفة عامة تركيب شدات وفرغ الخرسانة المسلحة بالطريقة التي تضمن بقاءها ثابتة تماما طوال فترة صب الخرسانة المسلحة وأثناء تصلدها كما يجب أن تكون

أوجه الفرغ محكمة بحيث تمنع تسرب الأسمنت اللباني أو الملونة إلى الخارج.

(د) تحضير الكميات والعبوات

تنص أسس التصميم وشروط التنفيذ لأعمال الخرسانة على قياس مواد لتحضير

الكميات والعبوات اللازمة للخلطات الخرسانية على ما يلي :

١- لايسمح بمعايرة الأسمنت بالحجم ويفضل أن تكون عبوة الخرسانة بحيث تحوي عددا صحيحا من الشكاير الأسمنت وفي حالة أستعمال الأسمنت السايب يجب أستخدام طريقة مضغوطة للمعايرة بالوزن .

٢- يقاس الركام عادة بالحجم في صناديق قياس ذات حجم مضبوط وذلك في حالة الخرسانة من النوع العادي، ويجب ملء الصناديق بدون دمك وأن يكون أعلاه وأسفل سطح الركام (داخل الصندوق) مستويا مع الأحرف كما يراعى عمل حساب زيادة في الحجم في الركام الصغير نتيجة لوجود الرطوبة . ويعطي القياس بالوزن أدق النتائج كما يقضي على الألتباس المتسبب من زيادة الحجم في الركام الصغير .

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

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

ثانيا مرحلة الصب :

أ) الخلط غرض من عملية الخلط هو جعل مكونات الخرسانة من زلط ورمل و أسمنت وماء و إضافات عبارة عن خليط متجانس التكوين والقوام وعند أنتهاء عملية الخلط يجب أن تكون كل حبيبة مغطاة بعجينة الاسمنت . وعملية الخلط من أهم العمليات التي تؤثر على خلط الخرسانة المختلفة لذلك يجب إعطاؤها العناية الكافية .

■ طرق خلط الخرسانة

١- الخلط اليدوي :

تتم عملية خلط الخرسانة بواسطة لوح خشبي أو أي قاعدة غير منفذة للماء ، ويفرد الرمل المعين للخلطة أولا على لوح الخلط ثم يفرد الرمل فوق الأسمنت بانتظام ثم يخلط جيدا حتى ينتج خليط منتظم اللون بعد ذلك يضاف للخليط المعنية للخلطة من الزلط ويستمر الخلط يتوزع الزلط تماما . ثم يتم عمل تجويف في وسط الخليط وتصب فيه كمية الماء اللازمة ويتم تقليب الخليط من الخارج نحو المركز ويستمر التقليب حتى ينتظم قوام الخلطة وتنتج درجة التشغيل المطلوبة .

٢- الخلط الميكانيكي (بأستعمال الخلاط) :

تكون الخلاط الميكانيكي من إسطوانة (حلة) الخلط وغالبا يكون بداخلها ألواح معينة تسمى ريش التحريك وهي تساعد على إجراء عملية الخلط بطريقة منتظمة ويمكن تفريغ الخلاطات بالإمالة حول محورها وهذا النوع سهل التفريغ كما أن هناك أنواعا تساعد فيها ألواح التحريك الموجودة داخل أسطوانة الخلط على دفع الخرسانة نحو فتحة التفريغ .



ب) النقل

هناك طرق عديدة لنقل الخرسانة من الخرسانة من الخلط الى الفرغ وكلها تعتمد على النوع العمل والأدوات والمعدات المتوفرة ويجب أن تؤخذ في الاعتبار أثناء عملية النقل النقاط الثلاث الآتية :

- جفاف الخرسانة : يحدث نتيجة ارتفاع درجة الحرارة ولذلك ففي حالة وجود أشعة الشمس أو الرياح الشديدة يجب العناية بتغطية الخرسانة في أوعيتها وهي في طريقها الى مركز العمل .
 - انفصال حبيبات الخرسانة من الظواهر الخطيرة التي تحدث في الخلطات المبتلة ، فعند نقل الخرسانة الى موقع الصب يحدث لها إهتزاز يجعل الركام الكبير يهبط للقاع وتنفصل الحبيبات الصغيرة والماء وتصعد الى السطح ويؤدي هذا الانفصال الى الخرسانة الى خرسانة سيئة الخلط و عديمة التجانس .
 - تماسك الخرسانة : يحدث غالبا تماسك الخرسانة أثناء وجودها بالوعاء الناقل في الخلطات الجافة كذلك قد يحدث هذا الماسك عندما تطول مدة وضعها بالوعاء وأيضا في حالة وجود الخرسانة بكميات كبيرة .
- *أهم الطرق المستعمل في نقل الخرسانة :

- ١- عربات اليد : هي عربات لها ثلاث عجلات ولمنع انفصال الحبيبات في الخرسانة المبللة او الأنضغاط والتماسك في الخلطة الجافة يجب عدم اهتزاز الخرسانة أثناء نقلها لذلك تكون عجلات العربة ملساء
- ٢- العربة القلابة وعربات اللوري : هما أرخص وأسهل وسائل النقل وفي حالة إنشاء الطرق الخرسانية والمطارات تستعمل السيارات القلابة لنقل الخرسانة الى مسافة تصل الى ١٠ كم من محطة الخلط ونظرا لأن وعاء النقل في العربة القلابة على شكل هرم ناقص فأن بهذا الشكل لا يحدث أثناء التحميل والتفريغ .



٣- جهاز رفع الخرسانة: يمكن أستعمال هذه المرافع (الأوانش) لنقل الخرسانة بمواقع العمل الصغيرة مثل إنشاء المنازل وتتميز بأنها سهلة التشغيل

٤- السيور الناقلة : وتستعمل لنقل الخرسانة الى للمسافات القصيرة ويمكن بواسطتها رفع الخرسانة الى ارتفاع ١٠ أمتار وأكثر لكنها غير صالحة للنقل في حالة ما إذا كانت الخرسانة لينة وفي الأماكن المنحدرة أنحدارا كبيرا تطون هناك قابلية للانفصال بين مكونات الخرسانة عند مرور السيور على الدرافيل.

٥- مضخات الخرسانة : تعتبر هذه الطريقة من الطرق المستخدمة بكثرة في نقل كميات كبيرة من الخرسانة من محطات الخلط المركزية على أنه يجب أن يكون موقع العمل مستويا ويركب خط المواسير الناقل للخرسانة بأقل عدد من الأكواع .

ج) عملية الصب من أهم العمليات التي تمر بها الخرسانة فالصب يتم خلال الفترة التي تمر بها مكونات الخرسانة من زلط و رمل وأسمنت وماء الى مادة لدنة ثم تتحول بعد ذلك الى مادة صلبة قوية . وأن الإهتمام بعملية الصب يعطي تأثيرا كبيرا في الحصول على خرسانة ذات مقاومة عالية .

وتوجد عوامل كثيرة تؤثر على عملية الصب نفسها وسنحاول عرض بعض هذه العوامل فيما يلي :

١- الأعداد للصب : يجب قبل البدء بعملية الصب أن تتم مراجعة القياسات والأبعاد والمناسيب وحديد التسليح جيدا فأن أي خطأ يمكن أصلحه في الشدة أو في المناسيب قبل الصب أما بعد الصب وشك وتصلد الخرسانة فأن ذلك يكون مستحيلاً .



٢- ضبط رمي الخرسانة : من المستحسن دائما الصب على طبقات لا تزيد عن ٥٠ سم وذلك لكي يمكن دمكها ، جيدا ولضمان التأكد من هزها بالهزات . كما أن ذلك يقلل الضغط على جوانب الشدة ويجب عدم الصب من ارتفاعات كبيرة لمنع الانفصال .

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

٤- الصب على الخرسانات قديمة : يجب عند الانتهاء من الصب ترك السطح العلوي للخرسانة خشنا وعدم تسويته في حالة صب خرسانات بعد ذلك على هذا السطح وذلك ضمانا لزيادة التماسك بين الخرسانات التي صبت قبل ذلك بيوم أو أكثر . وعند البدء في صب خرسانات جديدة يجب تنظيف السطح العلوي للخرسانة وأزالة ما قد يكون موجودا من زلط غير متماسك مع الخرسانة على السطح العلوي ويجب أيضا تنظيف حديد التسليح بالفرشة السلك لازالة ما علق به من مونة من الصب السابق وذلك لضمان التماسك بين الحديد والخرسانة الحديثة ويندى السطح العلوي مكان الربط بالماء ويوضع بعض لباني الأسمنت عليه ثم يبدأ الصب بعد ذلك.

٥- صب الخرسانة الكتلية : يتم صب الخرسانة الكتلية على فترات وقد يترك السطح النهائي للخرسانة المصبوبة خلال إحدى الفترات معرضا لعوامل تجعل هذا السطح غير معد لعملية التماسك الصحيحة مع الطبقة الثانية . وعلى ذلك يجب تنظيف هذا السطح ويتم الصب على طبقات تتراوح ٤٠ و ٥٠ في السمك مع مراعاة أن تنظم عملية الصب بحيث لا تبدأ أية طبقة في الشك قبل صب الطبقة الثانية التي تليها أذ أن الخرسانة سوف لاتتحمل الأجهادات الناتجة عن عملية صب الطبقة الثانية ودمكها.



٦- الصب طريقة الضخ : يعتبر من أفضل الطرق للصب فيمكن باستخدامها التحكم في الصب إلى أقصى درجة ممكنة حيث يمكن توجيه المواسير التي داخلها الخرسانة إلى المكان المطلوب تماما . كما أن السرعة التي يتم بها الخلط و وصول الخرسانة إلى المكان المطلوب تضمن عدم شك الخرسانة قبل صبها . ولايمكن أستعمال هذه الطريقة إلا في الأعمال التي تحتاج الى كميات كبيرة من الخرسانة وفي الأماكن المفتوحة للصب .

(د) الدمك بعد عملية الصب مباشرة تكون الخرسانة الطازجة غير متماسكة مع بعضها من ناحية وحديد التسليح من ناحية أخرى ومن ثم فإن عملية الدمك ضرورية لتحقيق عملية الترابط بين المواد المكونة للخرسانة مع بعضها وأيضا مع حديد التسليح فضلا عن أن عملية الدمك تساعد على تقليل الفراغات الهوائية التي تحتويها الخرسانة المصبوبة بدون دمك . هذا وتنتم عملية الدمك بالطرق اليدوية أو الطرق الميكانيكية باستخدام الهزازات الميكانيكية المتعددة الأنواع .

وتستخدم الطرق اليدوية في الأحوال العادية بينما تستخدم الطرق الميكانيكية في الأعمال الهامة أو الكبيرة التي يراد الحصول فيها على خرسانة جيدة

١- الدمك اليدوي :

يجب أن تشمل عملية الدمك اليدوي جميع أجزاء الخرسانة المصبوبة لضمان الحصول على التجانس في أماكن مختلفة من المنشأ. ويراعى أن تكون الطبقة السفلية من المنشأ التي سبق صبها ودمكها ما زالت بحالة لدنة أي لم يحدث لها شك في أي جزء منها قبل إتمام عملية دمك الطبقة التي تعلوها حتى لا تتكسر الأجزاء المتصلة تحت تأثير عملية



الدمك ولتحقيق التماسك بين الطبقتين من الخرسانة ويستخدم في إجراء الدمك اليدوي أدوات من الخشب أو الحديد مثل قضيب الدمك وهو قضيب من الصلب لتوزيع الخرسانة عن طريق الغز بين حديد التسليح .



٢- الدمك الميكانيكي :

بالرغم من أن طرق دمك الخرسانة كثيرة إلا أن استخدام الأجهزة الهازة (الهزازات) وقد أثبتت فعالية كبيرة حيث يمكن باستخدامها استعمال خلطات من الصعب صبها بالوسائل أو الطرق العادية . والغرض من عملية هز الخرسانة آليا هو جعل جزيئات الخرسانة الحديثة التكوين في حركة مستمرة أثناء عملية الهز و ذلك بتقليل الاحتكاك بين الجزيئات وبعضها فتكتسب الخلطة خاصية التشحيم ثم جعلها تستقر في مكانها مألنة كل الفراغات وآخذة نفس شكل الفرغ بالضبط وبالدقة المطلوبة .

مزايا الاهتزاز في صب الخرسانة :

تتحقق فائدة الهز الآلي في حالة الخلطات الأكثر جفافا والتي تقل فيها نسبة الماء إلى الماء الأسمنت عن المعتاد . وفيما يلي بعض المميزات التي يمكن الحصول عليها عند تقليل كمية ماء الخلط :

١- زيادة مقاومة الخرسانة للضغط والانحناء

٢- زيادة كثافة الخرسانة

٣- تقليل درجة الأمتصاص

٤- زيادة مقاومة الخرسانة للعوامل الجوية

٥- زيادة التماسك والترابط بين طبقات الخرسانة المتعاقبة

٦- زيادة التماسك والترابط بين الخرسانة وحديد التسليح

٧- تقليل التغيرات الحجمية وخاصة في فترة الانتقال من حالة اللدونة الى حالة التصلد.

أنواع الهزازات :

تنقسم الهزازات الى ثلاث أنواع عامة :

أ) هزاز داخلي

ب) هزاز فرم

ج) هزاز سطحي



أ- الهزازات الداخلية : هي أفضل الأنواع المستخدمة

حيث أنها تؤثر مباشرة على الخرسانة كما يسهل تحريكها

داخل الخرسانة فتوزع الحركة الاهتزازية خلال الكتلة

الخرسانية جميعها.

ب- هزازات الفرم : تتركب هذه الأجهزة على الفرم بواسطة مشبك أو منجلة وقد تستخدم مطارق كهربية أو هوائية متحركة على نطاق محدود ويغلب استخدامها إلى جوار الهزازات الداخلية وذلك لما تتصف به من خفة في الوزن حيث يمكن تحريكها حول الفرم الخشبية لتوزيع الحركة الاهتزازية على جميع أنحاء الخرسانة ويراعى ألا تكون الاهتزازات زائدة حتى لا تتلف الفرم .

ج) الهزازات السطحية : تستخدم هذه الهزازات في الأعمال الإنشائية الكتلية كالخزانات والسدود وتتركب من منصة أو قرص كبير ويركب عليه الجهاز الهزاز و بعد الفرش الخرسانة في موقع العمل ودمكها بالهزازات الداخلية يمر على السطح الخارجي بالهزازات السطحية حتى تدفن جميع الحبيبات الركام الكبير للحصول على التشطيب المرغوب للسطح.

هـ) الإنهاء والتشطيب :

تم بذل جهود كثيرة لتحسين منظر السطح الخرساني وذلك بصبها في فرم ملساء أو بمعالجة هذه الأسطح بإضافة مادة كالدكسترين للأسطح الخرسانية لتأخير زمن الشك . ومن ثم تمشيط سطح الخرسانة لإزالة السطح الأسمنتي وظهور الركام ولكن هذا العلاج إذا عمل لخرسانة عادية فإن السطح الذي يظهر وسوف يكون غير منتظما ويعالج ذلك بأنتخاب ركام معين للخرسانة وتتبع طرق خاصة أثناء صب الخرسانة حتى لا يكون هناك فجوات بداخلها بأستعمال الهزازات و بأختبار تنقية الركام الذي لايزيد قطره عن ١,٥ سم وبالنسبة للتصميمات الهندسية فإنه يمكن عمل رسومات مختلفة على سطح الخرسانة بواسطة الحفر ، وتستعمل عادة في ممرات الحوائط والطرق التي تحيط بحمامات السباحة فبعد تسوية سطح الخرسانة بواسطة خشبة التسوية وتخليص السطح من الرطوبة الزائدة يبدأ الحفر في الخرسانة بطريقة ارتجالية بواسطة حفارات عبارة عن سطح أسطواني من النحاس بطول ١٨ بوصة تقريبا، وهي ماسورة على شكل حرف S مثل المستعملة في أعمال البناء . ولا يمكن عمل مثل هذه الحفر إلا عندما تكون الخرسانة لدنة

ثالثاً : مرحلة ما بعد الصب (تصلد الخرسانة):-

(أ) المعالجة (Curing) :

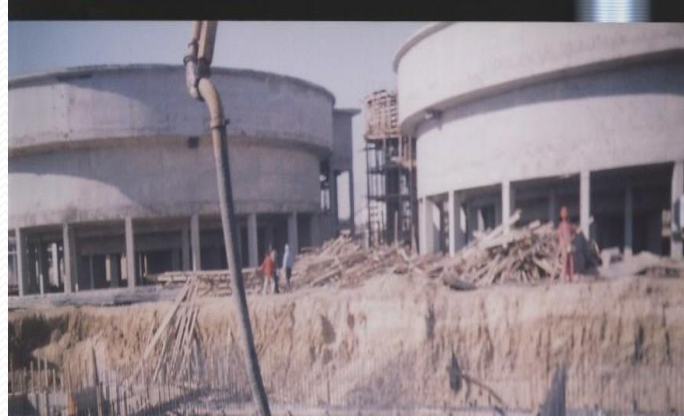
تأتي معالجة الخرسانة في آخر خطوة من الخطوات الصناعة وهي من أهم خطواتها لذلك يجب إعطاؤها القدر الكافي من العناية والتزام إجرائها على أكمل وجه لأنها إحدى الطرق التي تساعد في الحصول على المقاومة المطلوبة وكذلك مقاومة العوامل الجوية وقد أتضح أن إستخدام مواد جيدة وبنسب صحيحة ليس ضماناً كافياً للحصول على الخرسانة ذات خواص جيدة إذا ما أهملنا مرحلة المعالجة .

وبدراسة خواص الخرسانة وجد أن مقاومة تزداد بمقدار ٥٠% عندما تعالج لمدة ٧أيام و بمقدار ١٠٠% عندما تتم المعالجة لمدة ١٤ يوم ، كما أن المعالجة الكاملة تضيف الى الخرسانة خاصية للبري وتعمل أيضا على تحسين خواص مقاومة المنفذية للسوئل .

لذلك يجب أن تكون كمية الرطوبة على سطح الخرسانة كافية لمنع الجفاف والأنكماش قبل تصلب الخرسانة ، وبما أن الماء المستعمل في الخلطة الخرسانية يمتص جزء منه بواسطة حبيبات الركام وجزء آخر لتحسين درجة الشغيل والجزء الثالث والمهم هو لاتمام عملية الإماهة لذلك يجب المحافظة على هذا الماء داخل الخرسانة بواسطة المعالجة وذلك بمنع الخرسانة من الجفاف لمدة ثلاث أيام على الأقل ومن الممكن الحصول على نتائج أحسن وبأمتداد فترة المعالجة ولمدة ١٠ أو ١٤ يوم .

(ب) إزالة الفرغ والشدات :

هناك بعض المواصفات التي تنص على إزالة الشدات الخشبية من البلاطات أو الكمرات والقضبان الخرسانية بعد ١٤ يوم ، ومدة أقل من ذلك تصل الى ٧ أيام في الحوائط والأعمدة الخرسانية البسيطة ويعتمد هذا على



الظروف الجوية المحيطة بالخلاطة الموضوعية داخل الفرغ وما إذا كانت أجريت لها معالجة لتفادي الحرارة و الأنكماش بالجفاف ولم تعمل لها أي معالجة .

وعند إزالة الدعامات الخشبية من الخرسانة يجب أن تسمح هذه العملية

بأن تحمل خرسانة الحمل الواقع عليها تدريجياً وبانتظام حتى لا يحدث لها أي صدم أو تلف يؤثر على خواصها الناتجة .

وتعتبر المعادلة الآتية من المعادلات التجريبية أو الوضعية المفيدة لتعيين زمن فك الكمرات الخرسانية وهي :

الزمن باليوم = ٢ل + ٢ حيث = بالمت

الفصل الثالث: تصميم الخلطات الخرسانية

١- طريقة معهد الخرسانة الأمريكي (ACI method)

٢- طريقة مركز بحوث البناء البريطاني (British method)

بحيث تفي المتطلبات التالية :

المقاس الاقصى للركام الخشن = ٢٠ مم

قابلية التشغيل (قليلة ، متوسطة ، عالية)

مقاومة الانضغاط بعمر ٢٨ يوم = (٢٠ ، ٢٥ ، ٣٠ ، ٤٠) نت/مم^٢

اقل مسافة بين قضبان حديد التسليح = ١٠ سم

الركام المستعمل : ذو مصدر نهري

التصميم باتباع طريقة معهد الخرسانة الامريكي (ACI)

الخطوة الاولى : حساب المقاس الاقصى للركام

الخطوة الثانية : تقدير كمية ماء الخلط ومحتوى الهواء

الخطوة الثالثة : اختيار نسبة الماء / الاسمنت

الخطوة الرابعة: حساب محتوى الاسمنت

الخطوة الخامسة :تقدير محتوى الركام الخشن

الخطوة السادسة: حساب محتوى الركام الناعم

النتائج المستحصلة باتباع طريقة معهد الخرسانة الأمريكي (ACI)

جدول: نتائج طريقة معهد الخرسانة الأمريكي (ACI)

مقاومة الأنضغاط المطلوبة (نت/مم ^٢)								مستويات قابلية التشغيل
٤٠		٣٠		٢٥		٢١		
W/C	نسبة المزج	W/C	نسبة المزج	W/C	نسبة المزج	W/C	نسبة المزج	
0.43 0	1:1.44:2.3 3	0.550	1:2.12:2.2 9	0.620	1:2.51:3. 35	0.684	1;2.88:3. 70	قليلة (Low) الهطول (٣-٥) سم
0.34 0	1:1.37:2.2 7	0.550	1:2.02:2.8 9	0.620	1:2.41:3. 26	0.684	1:2.77:3. 61	متوسطة (Medium) الهطول (١٠-٨) سم
0.34 0	1:1.24:2.1 6	0.550	1:1.86:2.7 6	0.620	1:2.22:3. 11	0.684	1:2.55:3. 43	عالية (High) الهطول (١٨-) ١٥ سم

المقاس الاقصى للركام = ٢٠ مم ، الحصى :مستدير ، غير مكسر ، السمنت : بورتلاندي اعتيادي (O.P.C)

التصميم باتباع طريقة مركز بحوث البناء البريطاني

الخطوة الاولى : حساب المقاومة المستهدفة (المقاومة المستهدفة = المقاومة المعنية $M +$)

حيث ان $M =$ المجال $= K * S$ ($K = 1.64$ ، $S =$ الانحراف المعياري $= 8$ نت/مم²)

الخطوة الثانية : حساب محتوى الماء الطليق

الخطوة الثالثة : حساب محتوى الماء الطليق/ السمنت

الخطوة الرابعة : حساب محتوى الأسمنت

الخطوة الخامسة : تقدير المحتوى الكلي للركام

الخطوة السادسة : حساب محتوى الركام الناعم

الخطوة السابعة : حساب محتوى الركام الخشن

النتائج المستحصلة باتباع طريقة مركز البناء البريطاني (British Method)

نتائج طريقة مركز بحوث البناء البريطاني (British method)

مقاومة الأنضغاط المطلوبة (نت/مم ^٢)								مستويات قابلية التشغيل
٤٠		٣٠		٢٥		٢١		
W/C	نسبة المزج	W/C	نسبة المزج	W/C	نسبة المزج	W/C	نسبة المزج	
0.40 0	1:1.38:2.4 5	0.480	1:1.77:3.2 9	0.520	1:2.00:3. 56	0.560	1:2.28:3. 79	قليلة (Low) الهطول (٣-٥) سم
0.40 0	1:1.33:2.3 6	0.480	1:1.71:2.9 2	0.520	1:1.94:3. 17	0.560	١:٢,٢٣:٣ .٣٥	متوسطة (Medium) الهطول = (٨-١٠) سم
0.40 0	1:1.34:2.1 8	0.480	1:1.37:2.7 0	0.520	1:1.95:2. 93	0.560	١:٢,٢٤:٣ .٠٩	عالية (High) الهطول = (١٥ - ١٨) سم

المقاس الاقصى للركام = ٢٠ مم ، الحصى : مستدير ، غير مكسر ، الاسمنت : بورتلاندي (O.P.C)

شكراً لأصغائكم