بحث عن

الخرسانة ومكوناتها و خواصها

للمهندس المدني تيمور عزيز محمد

كلية الهنسة جامعة صلاح الدين ١٩٨٥-١٩٨٦

المقدمة:

حول المشروع :هناك العديد من المتطلبات الفنية والإشتراطات الأساسية التي تعتبر من المهام والمسؤليات الرئيسية التي ينبغي على المهندس الإنشائي تحقيقها في مجالات أعماله المتنوعة، والتي تتجلى في أعمال الدراسات والتصاميم الإنشائية ،وأعمال تدقيق المخططات ،ومسؤوليات التنفيذ والإشراف الفني .وبغض النظر عن توصيات وإشتراطات كودات ونظم البناء وقوانينه الفنية والحقوقية الخاصة بكل بلد، تستعرض فصول هذا المشروع ما هو أكثر عمومية من حيث المتطلبات الفنية لمجالات الأعمال المذكورة، والتي تشكل قاسماً مشتركاً بين الأعمال الإنشائية في كافة البلدان . يمكن إذن أن نعتبر هذا المشروع مرشدا ودليلاً للمهندس الإنشائي في شتى ميادين الاعمال الخاصة بهذا المجال الهندسي، وهو موجه بشكل خاص للمهندسين حديثي التخرج أو المبتدئين في مجالات الدراسات الإنشائية أو التدقيق أو التنفيذ أوالإشراف الفني أو حتى لطلاب كليات الهندسة المدنية أوالمعمارية ،علاوة على تقديمه لما يلزم من المتطلبات الفنية للمهندسين ذوي الخبرة في مجال الإستذكار والمراجعة..

- **الخرسانة:-**هي مجموعة غير متجانسة تصنع من خلط الأسمنت والماء والحجارة المكسرة أو الحصى (الركام) ويعمل الأسمنت كمادة فعالة في الخلط إذا يتفاعل فيزيائيا وكيميائيا مع المواد المخلوطة معه مكونا كتلة صلبة مشابهة للصخور الطبيعية .وللخرسانة عند خلطها تكون لينة (PLASTIC)وقابلة للتشغيل لفترة معينة يتم خلالها وضعها وتشكيلها في قوالب معد لذلك حيث تتصلب معطية بنيا كثيفا له قابلية مقيدة لنقل الجهادات المختلفة مثل الضغط والشد والقص ، حيث وجد أن مقاومتها للضغط كبيرة جدا مقارنة بمقاومتها لكل من القص والشد وتبلغ مقاومتها بالقص في حدود (٦٠-٥٠) ٪ من مقاومتها للضغط بينما مقاومتها للشد في حدود ١٥٪ من مقاومتها للضغط . ونتيجة لوقوع معظم العناصر الإنشائية تحت تأثير إجهادات شد لا يمكن إهمالها تم استخدام ضمن مكونات الخرسانة وهي حديد التسليح وذلك لمقاومته لإجهادات الشد وسميت بعد ذلك بالخرسانة المسلحة وتم تفضيل عنصر الحديد لاستخدامه ضمن مكونات الخرسانة للأسباب التالية* : الارتباط (Bond) أو التداخل بين قضبان التسليح والخرسانة الصلبة المحيطة بالقبضان وذلك لمنع حدوث انزلاق بينالمادتين* . الخلطة الخرسانة بعد تصلبها تكون ذات نفاذية واطئة وبذلك تمنع تآكل حديد التسليح بسبب الصدى* .تقارب معامل التمدد الطول لكل من الخرسانة (٠,٠٠٠٠١٣-٠,٠٠٠٠١) والحديد (١٢\٠.٠٠٠٠) لكل درجة مئوية وذلك يجعل الاجهادات الناتجة للتغير في درجات الحرارة قليلة جدا بحيث يمكن إهمالها .ومن العوامل التي تجعل الخرسانة كثيرة الاستعمال كمادة بنائية هي سهولة أخذها لشكل القالب الذي توضع فيه عندما تكون طرية ،مقاومتها للحريق والتغيرات الجوية بعد تصلبها ، وأخيرا المواد المكونة لها ما عدا الاسمنت تكون عادة متوفرة محليا بأسعار مناسبة أو على مسافات قريبة من مواقع الإنشاء

• مكونات الخرسانة -:

أولا / الاسمنت :- هو المادة الرابطة التي تستخدم في صناعة الخراسانة وأكثر أنواع الاسمنت استخداما هو الاسمنت البور تلاندي والمواد الرئيسية المستعملة في صناعة الاسمنت هي الحرج الجيري الذي يعطي أكسيد الكالسيوم ، والطين أو الطين الصفحي الذي يحوي على أكاسيد السليكا والألمنيوم وهذه المواد تطحن وتمزج ثم تحرق في فرن وتصبح على شكل كلينكر clinkerتيرد بعدها وتطحن إلى النعومة المطلوبة.

انواع الاسمنت

❖ الاسمنت البور تلاندي الاعتيادي:

يستعمل هذا النوع في الأبنية الاعتيادية عندما لا يتطلب الأمر خواصا معينة للخرسانة ويصل إلى مقاومته التصميمية بعد ٢٨ يوم وتستمر مقاومة الخرسانة بالزيادة بعدها ولكن بمعدل متناقص

❖ الاسمنت البور تلاندي سريع التصلب:

عندما يتطلب العمل سرعة في الإنجاز يستخدم هذا النوع من الاسمنت حيث يعطي مقاومة خلال (٧ – ١٤) يوم تعادل تلك التي يعطيها الاسمنت الاعتيادي خلال ٢٨يوم ، وكذلك يستخدم عند الحاجة إلى خرسانة ذات قوة تحمل انضغاطية عالية دون اللجوء إلى استعمال خالطة وافرة الاسمنت من النوع الاعتيادي

❖ الاسمنت البور تلاندي واطئ الحرارة:

يستعمل في المنشآت ذات الكلت الكبيرة كالسدود حيث يقلل من مقدار الحرارة الناتجة عند تميؤ الاسمنت أثناء وقت التصلب وبهذا تقل مقادير التمدد والتقلص والتشققات في الخرسانة . الاسمنت البور تلاندي المقاوم للأملاح : يستخدم ها انوع من الاسمنت في المنسئات الخرسانية المعرضة لتأثير الأملاح الشديدة

❖ **الاسمنت البور تلاندي الأبيض:**

يستخدم هذا النوع من الاسمنت في صناعة البلاط وأعما الديكور .

-

ثانيا/ الركام :

يتكون الركام عادة من خليط الرمل (الركام الناعم) والحصى (الركام الخشن (، والركام يشكل حوالي (٨٠ – ٧٠) ٪ من الحجم الكلي للخرسانة وبذلك يكون لخواصه تأثير كبير على خواص الخرسانة لذلك يجب أن يكون الركام ذات مقاومة جيدة ولحصول ذلك يجب أن تكون حبيباته صلبة ، قوية ، نظيفة وخالية من المواد الغريبة كما يجب ألا تزيد نسب المواد الناعمة والمواد الأخرى عن القيم التي تحددها المواصفات الفنية .

أنواع الركام

❖ **الركام الطبيعي:**

يؤخذ عادة من مجاري الأنهار أو من تكسير الصخور ،واخرسانة التي يستخدم فيها هذا النوع من الركام تعطي كثافة بحدود ٢٤ . KN/m٣

❖ **الركام الصناعي:**

يصنع من الطين المحروق أو من حيث الحديد أو غيرها من المواد* .

من متطلبات الكود في الركام Aggregates يجب أن تطابق حصويات الخرسانة إحدى الموصفات التالية:-

مواصفات حصويات الخرسانة (ASTM C ٣٣٠)مواصفات الحصويات الخفيفة المستخدمة في الخرسانة الانشائية ASTM C) ٣٣٠ (ويستثنى من ذلك الحصويات ذات المواصفات المحددة من خلال اختبارات خاصة أو من الواقع العملي لإنتاج خرسالنة ذات

مقاومة محددة _ . يجب أن لا يتجاوز المقاس الأعظمي الاسمي للحصويات الخشنة القيم التالية

(١/٥)- البعد الأدنى للقالب

(١/٣)- . سماكة البلاطة

(٣/٤)- .التباعد الصافي الأدنى بين قضبان التسليح أو الأسلاك أو حزم القضبان أو أوتار سبق الإجهاد أو مجاريها. ملاحظة : يمكن تجاوز هذه الحدود إذا توفرت الخبرة الهندسية التي تؤدي على صب الخرسانة بدون فراغات أو تعشيش مع قابلية التشغيل المناسبة والحصول على المقاولة المطلوبة,

ثالثا / الماء:

يعتبر الماء أرخص المواد المستعملة في تصنيع الخرسانة ولكن أهميته في تحديد مقاومة الخرسانة النهائية كبيرة جدا .يجب أن يكون الماء المستعمل في الخلطة الخرسانية نظيف وخالي من المواد الضارة التي قد يكون تأثيرها متلفا للخرسانة أو لحديد التسليح ولا يسمح باستخدام ماء البحر في الخلطة الخرسانية المسلحة إلا في حالة خاصة . إن كمية الماء اللازمة كيميائيا لإكمال الإماهة لمستوى معين من الاسمنت تكون بحدود ٢٥ ٪ من وزن الاسمنت لتوفير الحركة اللازمة للماء في عجينة الاسمنت خلال عملية الإماهة ليتمكن من الوصول إلى جزيئات الاسمنت والتفاعل معها وبهذا تصبح النسبة الكلية الدنيا الماء /الاسمنت (W/C) بين (٤٠ – ٣٥) % وزنا .

من متطلبات الكود في الماء:

يجب أن يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفا وخال من المواد الضارة الزيوت والشحوم والأحماض والقلويات والأملاح والمواد العضوية ، ومن مواد أخرى يمكن أن تكون ضارة بالخرسانة أو التسليح .

– ٣.٤.٣يمكن استخدام الماء الغير صالح للشرب في أعمال الخرسانة إذا تحققت الشروط التالية :

-١.٣.٤.٣إذا صممت الخلطة الخرسانية لتحديد نسب المواد الداخلة فيها بافتراض ان الماء المستخدم من مصدر غير صالح للشرب – .إذا أعطت المكعبات المختبرة والمصنعة من الماء الغير صالح للشرب مقاومة بعمر ٧ أيام و ٢٨ يوما لا تقل عن ٩٠٪ من مقاومة عينات مشابهة أعدت بماء صالح للشرب . هذا ويجب أن تجري مقارنة نتائج الاختبارات على عينات متماثلة المواد باستنثاء ماء الخلط . وهنا ينبغي إعداد عينات مكعبة (٢in = ٥٠ mm) وإجراء التجارب حسب (ASTM C١٠٩)

رابعا / المضافات: الإضافات الخرسانية وكيماويات البناء أصبحت من العلوم الأساسية في مجال هندسة التشييد والبناء وأيضا في مجال الصناعات المعمارية .وتقاس حضارة الأمم وتطورها بمدى استخدامها لهذه المواد الحديثة حيث أن هذه المواد تزيد من العمر الافتراضي للمنشئات الخرسانية مما يؤثر تأثيرا إيجابيا على الاقتصاد القومي . فإذا نظرنا إلى دولة مثل الولايات المتحدة الأمريكية نجد أنها في عام ١٩٧١م استخدمت ٢٠٠٠٠٠طن إضافات خرسانية وفي عام ١٩٨١م استخدمت ٢٥٠,٠٠٠ طن وفي عام ١٩٩١م استخدمت ٣٥٠٠٠٠ طن ومن هذه الاحصائية العالمية يتضح لنا أهمية استخدام الاضافات الخرسانية في الإنشاءات الخرسانية . وجدير بالذكر أن استخدم هذه المواد الحديثة يجب أن يكون مقننا ويجب أن تكون الخلطة الخرسانية المستخدمة بها الإضافات الخرسانية مصممة وأن يكون لها خلطة محسوبة ومعايرة . للإضافات الخرسانية استخدامات عديدة سواء كان استخدامها في عملية الخلط بالموقع أو في محطات الخلط المركزية

أو في مصانع الخرسانة الجاهزة او الخرسانة سابقة الاجهاد وتطور استخدم الإضافات أيضا حيث دخلت في صناعة مواد البناء كمصانع الطوب والبلاط لتقليل الهالك أو للحصول على نوعيات ذات إجهادات عالية أو للوفاء بالطلبات السريعة حيث يتم استخدام الإضافات الخاصة بالحصول على إجهادات مبكرة لهذه العناصر .

المجالات المنتشرة لاستخدام الإضافات هي :

١. الحصول على إجهادات مبكرة للخرسانة.

٢. تبطئ شك الخرسانة.

٣. الحصول على تشغيلية workability جيدة للخرسانة خاصة عند صعوبة الحصول على ركام جيد .

٤. الحصول على خرسانة صماء مقاومة لنفاذية المياه .

٥. الحصول على خرسانة ذات معامل مرونة عالية وإجهادات تماسك كبيرة .

من متطلبات الكود في المواد المضافةAdmixtures :

-يجب أن تكون المواد المضافة لتحسين خواص الخرسانة بموافقة مسبقة من قبل المهندس المشرف.

-يتوجب أن تكون هذه المواد قادرة على المحافظة على تركيبها وتأثيرها الأساسين خلال سير العمل كباقي مكونات الخرسانة وذلك حسب البند (٥,٢).

- يجب أن تخضع المواد المضافة الناشرة للفقاعات إلى المواصفات (ASTM C ٢٦٠)

- يجب أن تخضع المواد المضافة الخافضة للماء ومواد تأخير أو تسريع التصلب لمواصفات (ASTMC ٤٩٤)

خامسا " حديد التسليح :

قوى القص ، عزوم الانحناء وكذلك عزوم الالتواء تولد الإجهادات شد في الأعضاء الخرسانية ولكن مقاومة الشد القليلة في الخرسانة وكذلك هشاشتها أو كونها قصفة تحدد استعمال الخرسانة في الأعضاء الإنشائية كما تحدد أيضا مقاومة الأعضاء الخرسانية ، وعندما يضاف إلى الخرسانة حديد التسليح ذو قابلية الشد العالية والممطولية الكبيرة مقارنة بالخرسانة يصبح العضو الخرساني المسلح ذا صلابة وممطولية أكثر من الخرسانة العادة كما يكون قادر على مقاومة إجهادات شد عالية ، ففي الخرسانة المسلحة تقوم الخرسانة في منطقة الضغط بمقاومة إجهادات الضغط وقضبان التسليح بمقاومة إجهادات الشد ، كما يستعمل حديد التسليح في مناطق الضغط عندما يطلب تقليل مقاطع بعض الأعضاء الإنشائية مثل الأعمدة أو العتبات كما يستعمل أيضا لمقاومة إجهادات الشد المائلة الناتجة من قوى القص أو القص واللي معا .

حديد التسليح يمكن أن يكون عبارة عن أسياخ حديد أو أسلاك ملحومة أو وايرات :وهناك أنوع عديدة لحديد التسليح منها:

Steel Grade	Yield strength (σ-y)

	Ksi	Kg/cm٢	MPa
Grade ٤٠	٤٠	٢٨٠٠	٢٧٦
Grade ٥٠	٥٠	٣٥٠٠	٣٤٥
Grade ٦٠	٦٠	٤٢٠٠	٤١٤
Grade ٧٠	٧٥	٥٢٠٠	٥١٨

سطح الحديد يجب أن يكون خاليا من الشحوم والدهون لإيجاد تماسك قوي بين الخرسانة والحديد حتى يتم نقل الاجهادات من الخرسانة إلى الحديد بشكل جيد كما يجب أن يكون سطح الحديد خالي من الصدا المتآكل .

من متطلبات الكود في الفولاذ الإنشائي Structural Steel :

ينبغي ان يحقق الفولاذ الانشائي المستخدم مع قضبان التسليح المبرومة في العناصر المضغوطة المركبة والموافق لمتطلبات البند (١٠,٤,٧) والبند (١٠,٤,٨) مواصفات الفولاذ الانشائي(ASTM A ٣٦)

- **أنواع الخرسانة :**

يمكن تصنيف مادة الخرسانة بالاعتماد على وحدة الوزن (الكثافة) إلى ثلاث فئات:

الخرسانة الاعتيادية : وهي خرسانة تحتوي على ركام طبيعي ، كثافة هذا النوع من الخرسانة تكون حوالي (٢٤٠٠Kg/m٣)، وهذا النوع من الخرسانة هو الأكثر استعمالا .

الخرسانة خفيفة الوزن : يستخدم هذا النوع في مجالات معينة ، ويصنع باستعمال أنواع معينة من الركام الطبيعي أو المصنع ، ويقل وزن الخرسانة خفيفة الوزن على النحو التالية . (١٨٠٠Kg/m٣)

الخرسانة ثقيلة الوزن : يستعمل هذا النوع من الخرسانة كواق ضد الإشعاعات في المفاعلات النووية والمنشآت الأخرى حيث تسحق بعض الخامات الحديدة الطبيعية إلى حجوم مناسبة لاستعمالها كركام ،تتراوح كثافة هذا النوع من الخراسانة بين (٣٢٠٠- ٤٠٠٠ Kg/m٣) كما يمكن تصنيف الخرسانة بالاعتماد على مقاومة الانضغاط إلى :

- ❖ الخرسانة ذات المقاومة المنخفضة (أقل من ٢٠ Map)
- ❖ الخرسانة ذات المقاومة المتوسطة (٢٠ – ٤٠ Map)

❖ الخرسانة ذات المقاومة العالية (أكبر من ٤٠. Map)

كما أن هناك أنواع عديدة من الخرسانة مثل الخرسانة المسلحة بالألياف (Fiber Reinforced Concrete) وخرسانة الاسمنت التمددي (Expansive – cement Concrete)

- **خواص الخرسانة :**

أولا / قابلية التشغيل: (Workability)

عندما تكون الخرسانة الطرية ذات قوام مناسب بحيث يمكن نقلهاوصبها ورصها بجهدمعقول وبدون حصول الانعزال يقال بأن الخرسانة قابلة للتشغيل . هناك عدة فحوصات تستعمل لقياس قابلية التشغيل بصورة غير مباشرة ، منها فحص الهطول وفحص معامل الأرض.

١- فحص الهطول:

يعتبر من أكثر الفحوصات استعمالا ويختص هذا الاختبار بتحديد قوام الخرسانة بتعيين مدى هبوطها بعد تشكيلها على هيئة مخروط ناقص ، وذلك إما في الموقع أو المعمل على أن لا يتعدى المقاس الاعتباري للركام المستعمل في الخرسانة عن (٤٠ mm) ويراعي أن يجري هذا الاختبار بعد عملية الخلط مباشرة على أن لا تتعدى الفترة مابين انتهى عمليةالخلط وإجراء الاختبار عن دقيقتين . المخروط المستعمل عبارة عن مخروط ناقص بقاعدة قطرها (٢٠٠ mm)من الأسفل و (١٠٠mm)من الأعلى وبإرتفاع مقداره (٣٠٠ mm)، بعد ملئه بالخرسانة الطرية بأربعة طبقات ورصها ٢٥ مرة لكل طبقة بقضيب معدني قطره (١٦ mm)يصقل الوجه العلوي . ويرفع القالب المعدني ، مقدار نزول السطح العلوي يسمى الهبوط ، ويعد مقياسا لقابلية التشغيل كما هو موضح بالجداول التالية:

درجة قوام الخرسانة:

قوام الخرسانة	الهبوط(mm)
جافdry	٠-٢٠
صلب stiff	١٥-٦٠
لدن plastic	٥٠-٦٠
مبتل wet	١٢٠-٩٠
رخو sloppy	١١٠-١٥٠

القوام المناسب لخرسانة المنشئات المختلفة:

نوع المنشأ	مقدار الهبوط
الوحدات الخرسانية جاهزة الصب (الدمك بالاهتزاز)	١٠
الطرق الخرسانية والأساسات (الدمك بالاهتزاز)	٢٥
الأعمال الخرسانية المسلحة (الدمك بالاهتزاز)	٥٠
الطرق الخرسانية (الدمك من غير بالاهتزاز)	٦٠
الأعمال الخرسانية المسلحة والعادية (الدمك من غير بالاهتزاز)	٧٥
الخرسانة المسلحة متشابكة حديد التسليح (الدمك من غير بالاهتزاز)	١٠٠

٢)اختبار عامل الرص :

درجة الرص تدعى بمعامل الرص وتقاس بنسبة الكثافة ، وهذا الاختبار يحدد درجة التشغيلية للخرسانة التي لا يزيد المقاس الاعتباري لها عن ١,٥ بوصة (٤٠ . (mmويتركب الجهاز المستعمل من قمعين يشكل جذع مخروط مثبتين فوق اسطوانة مغلقة القاع ولكل قمع قاعدة منفصلة في الأسفل . ويتركب الجهاز المستعمل من قمعين يشكل جذع مخروط مثبتين فوق اسطوانة مغلقة القاع ولكل قمع قاعدة منفصلة في الأسفل . ولإجراء التجربة يملأ القمع العلوي بالخرسانة دون رص ويسوى سطح الخرسانة ثم يفتح الباب بأسفل القمع فتسقط الخرسانة إلى القمع الثاني فتسقط الخرسانة في الاسطوانة السفلي ويسوى سطح الخرسانة فيها وتنظيف من الخارج ويعرف وزن ما بها من خرسانة بوزن الخرسانة المرصوصة جزئيا ثم تفرغ الاسطوانة وتملا بنفس عينة الخرسانة على طبقات كل بعمق (٢ (inوتدك كل طبقة جيدا أو تهز الاسطوانة للحصول على رص كامل للخرسانة ويسوي سطح الخرسانة فيها ويعرف وزن ما بها من خرسانة بوزن الخرسانة تامة الرص وللحصول على عامل الرص من المعادلة التاليه:-

عامل الرص = (وزن الخرسانه المرصوصه جزئيا والمالئه لاسطوانه قياسيه) مقسوما على (وزن الخرسانه المرصوصه كليا والمالئه لنفس الاسطوانه)

والجدول التالي يبين درجة سهولة التشغيل والهابط وعامل الرص المطلوب للخرسانة ذات الركام ذي المقاس الاعتباري الاكبر:

درجة السيولة التشغيلية	الهبوط(mm)	عامل الرص	استعمالات الخرسانة المناسبة

قليلة جدا	٠-٢٥	٠.٧٨	الخرسانة المستخدمة في الطرق والمرجوجة آليا
قليلة	٢٥-٥٠	٠.٨٥	الخرسانة المستخدمة في الطرق والمرجوجة يدويا والأساسات والسدود والمنشات الضخمة
وسط	٥٠-١٠٠	٠.٩٢	البلاطات والخرسانة المسلحة باستخدام رجاجات آلية
مرتفعة	١٠٠-١٧٥	٠.٩٥	من أجل المقاطع المسلحة بكثافة غير مناسبة

العوامل المؤثرة على قابلية التشغيل للخرسانة :

- ❖ كمية ماء الخلط.
- ❖ نعومة الاسمنت.

❖ تدرج الركام .

❖ شكل حبيبات الركام الكمية النسبية لعجينة الاسمنت والركام.

❖ نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C)

من متطلبات الكود في خلط ونقل وصب الخرسانة:-

أ) الخلط [(Sec . ٥ . ٨)] Mixing

يطلب خلط الخرسانة جيدا لحين الحصول على توزيع متجانس للمواد ، ويجب أنتفرغ حاوية الخلط (الدلو (تماما عند الصب قبل إعادة تعبئتها بخلطة جديدة - . يجب أن تخلط الخرسانة الجاهزة وتستلم وفق متطلبات - ((ASTM C), (ASTM C٦٨٥يجري خلط الخرسانة المخلوطة في الموقع وفق الشروط التالية :

يجب أن يتم الخلط في خلاطات ذات نوعية مقبولة . يفترض أن تدور الخلاطة بالسرعة الموصى بها من قبل الشركة المصنعة . يجب أن يستمر الخلط لمدة لا تقل عن (١,٥) دقيقة بعد وضع كافة المواد في حاوية الخلاطة ، ويمكن القبول بمدة أقل من ذلك استنادا إلى تجارب تجانس الخلطات حسب متطلبات (ASTM C٩٤يجب أن تجري تعبئة المواد وخلطها وفق الشروط الممكنة التطبيق من متطلبات)

(ASTM C٩٤) يجب الاحتفاظ بسجل تفصيلي للتحقق مما يلي :

❖ عدد الخلطات المنتجة.

❖ نسب المواد المستعملة .

❖ الأماكن النهائية لصب الخرسانة في المنشأ بشكل تقريبي .

❖ تاريخ ووقت الخلط والصب.

ب) نقل الخرسنة: Conveving

-ينبغي أن يتم نقل الخرسانة من الخلاطة إلى مكان الصب النهائي بطريقة تمنع انفاصل المواد أو ضياعها يجب أن تكون وسائل النقل قادرة على تأمين وصول الخرسانة إلى مكان الصب بدون انفصال مكوناتها ، وبدون انقطاعات زمنية بين دفعات الخرسانة المتعاقبة تؤدي إلى فقدان اللدونة.

ج) صب الخراسنة: Depositing

يجب أن يتم صب الخرسانة من موقع قريب قدر الإمكان من مكانها النهائي ،وذلك لتجنب انفصال مكوناتها نتيجة انسيابها أو بسبب معالجتها يدويا

- يجب المحافظة على استمرارية لدونة الخرسانة بحيث تناسب بين فراغا التسليح

- ينبغي استبعاد قطع الخرسانة المتصلبة جزئيا من الخلطة أو المشوبه بمواد غريبة

- يمنع استعمال الخرسانة المعاد خلطها بعد فترة الشك الابتدائي ما لم يوافق من قبل المهندس المشرف على ذلك

- يجب أن يستمر خلط الخرسانة دون توقف حتى صب قطاع أو رقعة معينة بحدودها او فواصلها المحددة مسبقا بشكل كامل ، ما لم يسمح بذلك او يقيد بشروط الفقرة – (٦.٤)

- ينبغي أن تكون السطوح العلوية للعناصر المقبولة بشكل راسي مستوية تماما

- عندما يطلب تنفيذ فواصل إنشائية فيجب أن يتم ذلك حسب البند (٦,٤)

- يجب أن تنساب الخرسانة حين الصب بشكل جيد حول قضبان التسليح وكراسي الرفع والمثبتات المغمورة ضمنها ، كما يجب أن تملأ كافة زوايا القوالب .

ثانيا/ الخواص الميكانيكية للخرسانة :

أ)مقاومة الضغط :-

في السنوات الأخيرة بالإمكان تصنيع خرسانة تصل مقاومة ضغطها إلى (١٠٠ MPa)، ولكن استعمال مثل هذه الخرسانة يكون أحيانا غير اقتصادي وله محددات كثيرة . في الأبنية الخرسانية الاعتيادية تتراوح مقاومة الضغط عادة بين (٢٠ . (٤٠MPa – أما في الخرسانة مسبقة مسبقة الجهد ومسبقة الصب فيتطلب عادة خرسانة ذات مقاومة أكثر تتراوح بين (٣٠-٦٠ . (MPaمقاومة الضغط تقاس إما باستعمال المكعبات أوباستعمال الاسطوانة . مقاومة الضغط للاسطوانة (f'c) هي مقومة ضغط اسطوانة خرسانية بقطر (١٥٠ mm)وارتفاع (٣٠٠ mmبعد ٢٨ يوما من صبها وبسرعة تحميل معينة . سلوك الخرسانة وعلاقة (الاجهاد – الانفعال) تعتمد على (مقاومة الضغط – العمر – معدل التحميل – خواص الركام والاسمنت وكذلك نوع وحجم النماذج المفحوصة . (وقد أثبتت الفحوصات بأن منحني (الاجهاد – الانفعال) لوجه الضغط للعتبات الخرسانية مطابق تقريبا لمنحني (الإجهاد – الإنفعال) لفحص الاسطوانة القياسية خاصة عندما يسلط الاجهاد بنفس السرعة . عند تسليط ضغط على خرسانة في اتجاه معين يحصل زيادة في الأبعاد في الاتجاه العمودي على اتجاه التحميل ،نسبة الانفعل في الاتجاه الطولي تسمى نسبة بواسون . (Poisson's Ratio) تعتمد هذه النسبة على مقاومة الخرسانة ، نسب مكوناتها وعوامل أخرى . تتراوح قيمتها من ٠,١١ للخرسانة العالية المقاومة إلى ٠,٢١ لخرسانة القليلة المقاومة ، عندما تكون الاجهادات أقل من (٠,٧) f'cتتراواح هذه النسبة بين . (٠٢ – ٠.١٥)

ب)معاير المرونة (Modulus of Elasticity)

معاير المرونة للخرسانة يعتمد على مقاومة الخرسانة ، خواص الركام والاسمنت ، سرعةالتحميل نوع وحجم النموذج المستعمل وكذلك عمر الخرسانة . الفقرة (٨,٥) من مدونة (ACI cod ٠٢) عرفت معاير المرونة للخرسانة ذات كثافة من (٢٥٠٠ – ١٥٠٠) Kg/m٣ كما يلي :

يحسب معامل مرونة الخرسانة التي يتراوح وزنها الحجمي بين (٢٥٠٠-١٥٠٠) Kg/m٣ من العلاقة التالية :

$$Ec = Wc^{1.5} * 0.043 * \sqrt{fc}$$

أما من أجل الخرسانة عادية الكثافة فتكون:

$$Ec = 4700 * \sqrt{fc}$$

يؤخذ معامل مرونة الفولاذ غير مسبق الاجهاد كما يلي :

$$Es = 200000 \sqrt{fc}\ MPa$$

يحدد معامل مرونة الفولاذ مسبق الاجهاد من خلال التجارب المخبرية أو من قبل الجهة الصانعة.

ج)مقاومة الشد (Tensile strength)

اجهادات الشد في الأعضاء الخرسانية تتولد نتيجة وجود قوى القص ، عزم الانحناء وعزوم اللي . مقاومة الشد للخرسانة قليلة وهذا يشكل أهمية كبيرة لما تسببه هذه المقاومة القليلة من ظهور الشقوق في ظروف التشغيل والتي تؤثر على منظر ووظيفة العنصر الخرساني . كما أن ظهور الشقوق يغير سلوك العضو الإنشائي ويسبب إعادة توزيع للإجهادات . هناك العديد من الصعوبات المخبرية التي تواجه إيجاد مقاومة الشد بصورة مباشرة (Axial Tension) لهذا السبب توجد مقاومة الشد للخرسانة عادة بطرق غير مباشرة مثل فحص الفلق ومعاير الكسر . وقد أثبت التحليل الاحصائي لنتائج مقاومة الشد والضغط بأن مقاومة الشد تتناسب مع الجر التربيعي لمقاومة الضغط . وقد وضح (ACI cod) المعادلات التي يتم من خلالها إيجاد مقاومة الشد للخرسانة العادية والخرسانة خفيفة الوزن في الفقرة (٩,٥,٢) كالتالي : من أجل الخرسان عادية الوزن يكون :

$Fr=0.7*\sqrt{fc}$

حيث fr معامل التشقق أو التمزق للخرسانة . وعند استخدام خرسانة ذات حصوات خفيفة الوزن يجب إجراء أحد التعديلين التاليين . حيث المقاومة الوسطية للانفلاق على الشد للخرسانة الحاوية على حصويات خفيفة الوزن .

- إذا كانت (fct) محددة ونسب مواد الخرسانة موازنة حسب البند (٥,٢) فإن (fr) تعدل باستبدال القيمة$\sqrt{fc}$.) بالقيمة (١,٨ fct) على أن لا تزيد هذه القيمة عن$\sqrt{fc}$.

- إذا لم تكن قيمة (fct) محددة نقوم بما يلي :

يتم ضرب (Fr) من أجل الخرسانة الحاوية على كافة الحصويات من النوع خفيف الوزن بالقيمة (٠,٧٥

يتم ضرب (Fr) من أجل الخرسانة الحاوية على الرمل خفيف الوزن فقط بالقيمة (٠,٨٥)

ويمكن إجراء تناسب خطي في حال استبدال كميات جزئية من الرمل برمل عادي . في المنشأت الخرسانية ما عدا الكبيرة منها مثل السدود والأساسات الكبيرة فإن مقاومة الشد للخرسانة غير المسلحة لا تحدد عادة مقاومة الأعضاء الخرسانية المسلحة فعند وصول الاجهادات في تسليح الشد إلى حوالي ٤٠ MPa تبدأ الخرسانة بالتشقق . ولهذا السبب تهمل عادة مقاومة الخرسانة في الشد وقضبان التسليح تتحمل إجهادات الشد المحورية أو الانثنائية والخرسانة في منطقة الضغط تتحمل إجهادات الضغط والمحورية والانثنائية.

١-زحف الخرسانة (Creep of Concrete)

زحف الخرسانة يعني زيادة الانفعالات أو التشوهات بمرور الزمن عند وجود إجهاد أو حمل ثابت . هذه الانفعالات أوالتشوهات غير المرنة تزيد عادة بمعدل يقل بمرور الزمن ويكون سببها أحد العوامل الآتية :

التسيل البلوري في الركام وعجينة الاسمنت المتصلة .

التسيل اللدن لعجينة الاسمنت التي تحيط بالركام

. نقصان حجم الفراغات أو المسامات التي تحيط بالركام .

جريان الماء من عجينة الاسمنت نتيجة وجود الاجهادات وكذلك التبخر .

*العوامل التي تزيد زحف الخرسانة هي :

- زيادة نسبة الماء إلى الاسمنت .

- زيادة درجة الحرارة وقلة الرطوبة .

- تحميل المنشأ بعمر مبكر قبل وصول الخرسانة إلى مقاومتها .

- زيادة فترة بقاء الأثقال الخارجية .

- زيادة الاجهادات.

- قلة نسبة الحجم إلى المساحة السطحية للعضو الإنشائي .

كما أن هناك عوامل أخرى تؤثر على مقدار الزحف مثل نوعية الاسمنت والركام المستخدم الزحف لا يقلل عادة من مقاومة الأعضاء الخرسانية المسلحة في ظروف التشغيل إلا انه يسبب إعادة توزيع في إجهادات الخرسانة والتسليح . والحالات التالية تبين تأثير الزحف :

١- الإزاحة النهائية (Deflection)في الجسور والبلاطات قد تصل إلى بضع مرات القيمة الابتدائية ولهذا السبب يجب معرفة أو تقدير قيم هذه الازاحات ومقارنتها مع الحدود المسموح بها

٢- في الاعمدة الخرسانية المعرضة لأحمال ساكنة أو ثابتة يسبب الزحف انتقال الاجهادات من الخرسانة في منطقة الضغط إلى قضبان التسليح

٣- في الخرسانة مسبقة الاجهاد يسبب الزحف عادة فقدان في القوى المسبقة الجهد مؤديا إلى زيادة التشقق والإزاحة (Deflection) في ظروف التشغيل .

للزحف فوائد في بعض الحالات خاصة عندما يكون هناك إجهادات ضغط كبيرة في بعض المناطق عند حصول هبوط غير متجانس مثلا في بعض المنشئات فإن هذه الإجهادات تبدأ بالتناقص بمرور الزمن .
وللتقليل من الزحف وتأثيراته يمكن إتباع التالي :
تسليط الأثقال على العضو الخرساني أو المنشا لحين وصول الخرسانة إلى مقاومة كافية .

١-استعمال خرسانة ذات مقاومة عالية

٢-جعل حجم عينة الاسمنت أقل ما يمكن .

٣-استعمال معالجة بالبخار وتحت ضغط

٤- إضافة تسليح وخاصة في منطقة الضغط.

٥-استعمال الركام الحجر الجيري إن أمكن .

٢)انكماش الخرسانة (Shrinkage of Concrete)

للحصول على خرسانة ذات قابلية تشغيل ملائمة يجب أن يكون مقدار الماء أكثر مما هو لازم لإتمام عملية الإماهة . وبعد صب الخرسانة يبدا الماء الزائد غير المتفاعل مع الاسمنت بالتبخر ونتيجة لذلك يحدث الانكماش . أي ان الانكماش هو عبارة عن التغير الحجمي الذي يحصل نتيجة تبخر الماء من كتلة الخرسانة

.النقصان في الطول لكل وحدة طول في اتجاه معين نتيجة النقصان في الحجم يسمى بانفعال الانكماش (Shrinkage of Concrete)مقدار انفعال الانكماش النهائي يزيد في الحالات التالية :

١- بزيادة نسبة الماء على الاسمنت

٢- زيادة كمية الاسمنت في الخلطة الخرسانية

٣- زيادة درجة الحرارة ونقصان الرطوبة

٤- زيادة نسبة المساحة السطحية إلى الحجم

٥ - زيادة مسامية الركام .

عندما يكون العضو الخرساني غير مقيد (طليق الحركة) فإن الانكماش لا يولد أي اجهادات ، ولكن هذه الحالة غير موجودة لأن الاعضاء الخرسانية متصلة مع بعضها ولهذا السبب يسبب الانكماش اجهادات داخلية وتكون غالبا ضغط في التسليح وشد في الخرسانة . وقد تؤدي هذه الاجهادات إلى حصول تشقق في بعض الحالات . والانكماش يسبب عادة زيادة في الإزاحة (Deflection) الحاصلة في البلاطات والجسور الخرسانية المسلحة بمرور الزمن .ولكن وجود التسليح وخاصة إذا كان متناظر حول المحور الوسطي للمقطع يمنع حدوث التقوس بسبب الانكماش ، أي يمنع حدوث زيادة في (Deflection) كما ان الانكماش يسبب نقصانا في القوى مسبقة الجهد في الاعضاء الخرسانية المسبقة الجهد.

مميزات الخرسانة المسلحة :

١-الخرسانة المسلحة إحدى المواد الإنشائية الشائعة الاستعمال في العالم تتكون من مادتين هما الخرسانة

والحديد واللتان تعملان معا لتشكلان عضو انشائي يقاوم الأنواع المختلفة من الأحمال (الخرسانة تقاوم الضغط والحديد يقاوم الشد)

٢- مقاومة عالية ضد تأثير الحريق والماء

٣-المنشأت الخرسانية المسلحة تكون صلبة

٤- مادة قليلة الحاجة إلى صيانة .

٥-عمرها الخدمي طويلا مقارنة مع المواد الإنشائية الأخرى ز مادة اقتصادية

٦- يمكن صبها في أشكال مختلفة . تتطلب مهارات اقل من عمال التشييد مقارنة باستخدام مواد إنشائية اخرى كالحديد .

***عيوب الخرسانة المسلحة :**

١-مقاومة شد واطئة مما يتطلب استعمال حديد التسليح .

٢-تحتاج إلى قوالب إسناد لحين تصلبها بدرجة كافية .

٣-مادة ثقيلة الوزن لذلك فإن الوزن الذاتي لمادة الخرسانة المسلحة يشكل نسبة كبيرةمن الحمل الكلي الذسي يتعرض له المنشأ .

٤-خواصها تختلف باختلاف نسب وطريقة الخلط .

٥- كما أن عمليات الوضع والمعالجة لا يتم السيطرة عليها بعناية كما في المواد الإنشائية الأخرى كالحديد ظاهرتي الزحف والانكماش في الخرسانة تسببان بعض المشاكل للمنشأ الخرساني المسلح .