الباب الثاني

مادة الخرسانة Concrete Material

2-1 تعريف الخرسانة

الخرسانة هي مادة تتركب من عدة مواد والجزء الأكبر في هذا البنيان هو الركام الذي يتماسك مع بعضه في صورة شبيهة بالكتلة الحجرية، وذلك بفعل العجينة الإسمنتية المغلفة للركام ويمثل الركام الكبير والناعم حوالي (60-70) % وعجينة الإسمنت (30-40) % والفراغات (1-2) % من المكون للخرسانة.

2-2 الخرسانة كمادة إنشائية

الخرسانة في حالتها المتصلبة تبدو كمادة صخرية ذات مقاومة عالية للضغط وتعتبر الخرسانة مع الحديد الصلب أكثر المواد الإنشائية شيوعا واستعمالا في عصرنا الحديث وذلك لسهولة تواجدها والرخص النسبي للمواد المكونة لها ، وأيضا لسهولة ورخص تصنيعها ، ويمكن استعمال الخرسانة بالاشتراك مع مواد أخرى وذلك بإضافة أنواع معينة من الألياف إلى الخرسانة أثناء خلطها لتحسين بعض الخصائص المرغوبة ومن أهم عيوب الخرسانة أن مقاومتها للشد ضعيفة نسبيا ولهذا يتم إضافة أسياخ من الصلب التي تقوم بمقاومة قوى الشد بالإضافة للشروخ الشعرية الدقيقة الناتجة من الرطوبة.

كما أن الخرسانة ليست مصمتة تماما إنما تسمح بنفاذ السوائل والغازات بدرجات متفاوتة تعتمد على جودة الخرسانة ونسبة الفراغات بها. ونفاذ الرطوبة في الخرسانة المسلحة يعمل على صدأ الحديد وتأكله وأيضا ينتج عنه تبقيع سطح الخرسانة وتلفها.

2-3 تطور صناعة الخرسانة

مع بداية القرن العشرين كانت الخرسانة تجاهد لكي تقف بين مواد البناء الأخرى وكانت مقاومة الضغط التي تصل إلى 3^kg/cm (140) وتعتبر قيمة كبيرة ولها اعتبارها. ولم تكن هنالك طرق معينة لتصميم خلطة خرسانية ولا أساليب للتصاميم المختلفة ولم يكن هنالك أنواع مختلفة من الإسمنت والتي تناسب الأغراض المتنوعة. كما أنه لم يكن هنالك أنواع مختلفة من الخرسانة مثل الخرسانة الخفيفة الخرسانة ذات الهواء المحبوس أو سابقة الصب أو سابقة الإجهاد. في سنة 1919 شهدت صناعة الخرسانة الثورة الأولى حيث اكتشف هنالك علاقة بين مقاومة الضغط للخرسانة ونسبة ماء الخلط (ABRAMS) مع التطور المتلاحق في صناعة وإنتاج الخرسانة شهدت هذه الأيام ثورة ثانية في تكنولوجيا الخرسانة حيث امكن التغلب على التناقض الناشئ بين المقاومة العالية والقابلية المنخفضة للتشغيل وذلك بإنتاج واستخدام بعض الإضافات المخفضة للماء.

2-4 العوامل التي أدت إلي تطور الخرسانة

الاستمرارية في البحث لتطوير المواد المكونة للخرسانة وتحسين فعاليتها وذلك لزيادة الجودة، التعامل المستمر بين البحث العلمي والصناعة، التدريب المستمر للعاملين في مجال الخرسانة وعمل حلقات دراسية وندوات علمية للتعرف على كل ما هو جديد في مجال الخرسانة وتطبيق ذلك من خلال منشآت فعلية وحل مشاكل التصميم والتنفيذ من خلال الدراسات الفنية اللازمة.

2-5 المواد المكونة للخرسانة

تتألف الخرسانة من المكونات الأتية:

2-5-1 الركام

يعد الركام من الركائز الرئيسية في تكوين الخرسانة، إذ يمثل من 60 إلى 80 % من حجمها الكلي وله تأثير كبير على خواصها في الحالة الطرية والمتصلبة. ويتفاوت تكوين الركام من حبيبات صغيرة كالرمل إلي حبيبات كبيره كالحصى، مما يؤثر على خواصه وبالتالي على متانة وسلوك الهياكل الخرسانية، هذا إضافة إلي وجود التغيرات الحجمية الناتجة عن تفاعلات وتصلب عجينة الإسمنت. وهو المادة الخاملة والتي لا يحدث تفاعل بينها وبين المكونات الأخرى ويعمل الركام على إعطاء القدرة على تحمل الأحمال الخارجية وتقليل التغيرات الحجمية.

- يقوم الركام بالأعمال الرئيسية الآتية في الخرسانة:

- يكون الركام جسم الخرسانة الذي يستطيع أن يقاوم الأحمال التي تتعرض لها عوامل البري بفعل العوامل الجوية المختلفة من حرارة وبرودة ورطوبة وغيرها.

- يعتبر الركام نسبياً مادة مالئة رخيصة لتكوين جسم الخرسانة مع المادة اللاحمة المؤلفة من الاسمنت والماء.

- يساعد الركام على انقاص وتقليل التغيرات الحجمية الناتجة من التجمد (الشك) و تصلد عجينة الاسمنت وكذلك من تغيرات الرطوبة في الخرسانة.

- التصنيف العام للركام:

يقسم ركام الخرسانة إلى الأقسام المختلفة التالية:

i. تقسيم حسب المصدر أو المنشأ:

- ركام طبيعي يؤخذ من المقالع والمحاجر الطبيعية.
- ركام صناعي مثل ركام خبث الأفران وركام مخلفات الفحم المحترق.

ii. تقسيم حسب الوزن:

- ركام ثقيل يزيد وزنه الحجمي عن $2800\ kg/m^3$.
- ركام عادي وزنه الحجمي بين $(1500-1800)\ kg/m^3$ وقد يصل إلى $2400kg/m^3$.
- ركام خفيف وزنه الحجمي أقل من $1100\ kg/m^3$.

iii. تقسيم حسب المسامية:

- ركام كثيف التركيب مثل الركام العادي والثقيل.
- ركام مسامي التركيب مثل الركام الخفيف.

iv. تقسيم حسب الشكل:

- ركام مدور يستخرج من الأنهار وشواطئ البحار أو رمال الصحراء.
- ركام غير منتظم يشمل حصى الحفريات وحجر الصوان.
- ركام عصوي الحبيبات ذو بعدين أكبر من البعد الثالث.
- ركام زاوي يشمل كافة الأحجار المكسرة.
- ركام رقائق (مفلطح).

- ركام مبطط.

v. تقسيم بالنسبة لحالة السطح:

ويكون السطح أما زجاجي أو صغير أو حبيبي أو كبير.

vi. تقسيم حسب مقاس الحبيبات:

- ركام صغير وهو مجموعة من الحبيبات التي يمر (100% – 95) منها خلال المنخل القياسي 4.76 mm.
- الركام الخليط وهو خليط من الركام الصغير والكبير.
- ركام كبير وهو مجموعه من الحبيبات التي يحتجز (100%–95) منها خلال المنخل القياسي 4.76mm.

- شروط ومواصفات اختيار الركام في الخلطة:

- ألا يتأثر الركام أو يتحلل تحت تأثير الماء الموجود في الخرسانة ولا يتحول مع مكونات الاسمنت إلى مركبات ضارة ولا يقلل من حماية حديد التسليح ضد الأكل والصدأ.
- أن يكون ركام خرسانة حاوياً على حبيبات ركام كبيرة وصغيرة وضمن التدرج القياسي وأن تكون هذه الحبيبات صلبة وقوية وغير رقيقة أو مفلطحة.
- أن يكون الركام قدر الإمكان كبير وقليل المسام حتى تكون المساحة السطحية أقل ما يمكن وتصبح كمية الملاط الاسمنتي الضرورية لتغليف الحبيبات أقل مما يساعد على تقليل كمية الماء الضرورية لعملية التشغيل ويؤدي إلى خرسانة متماسكة وكثيفة التركيب.

- أن يكون المقاس الاعتباري الأكبر للركام أكبر ما يكون في الحدود المسموح بها بشرط ألا يؤثر على عملية الخلط والنقل والتشغيل والصب ودمك الخرسانة وألا يزيد المقاس الاعتباري الأكبر للركام عن 6.15 من أقل سمك لمقطع أي عضو خرساني.

- خصائص الركام المؤثرة في جودة الخرسانة:

تُقسم الخواص المؤثرة في جودة الخرسانة إلى خواص فيزيائية وكيميائية وميكانيكية:

I. الخواص الفيزيائية:

- شكل حبيبات الركام.
- الفراغات الداخلية في حبيبات الركام.
- تماسك حبيبات الركام مع العجينة الإسمنتية.
- التمدد الحراري للركام.
- الحرارة النوعية للركام.
- الوزن النوعي للركام.
- وحدة الوزن والفراغات بين الحبيبات.
- الرطوبة وامتصاص الركام للماء.
- الزيادة الحجمية للركام الصغير.
- المساحة السطحية للركام.
- التحليل المنخلي للركام.

II. الخواص الكيميائية:

- الشوائب والأملاح غير المرغوبة بالركام.
- الطين والمواد المغلفة للركام.
- لمواد العضوية بالركام.
- التفاعل القلوي للركام.

III. الخواص الميكانيكية:

- مقاومة الركام.
- صلادة الركام.
- متانة الركام.
- تحمل الركام مع الزمن.

2-5-2 الاسمنت

لأسمنت هو تلك الًمادة الناعمة الداكنة اللون التي تمتلك خواص تماسكيه تلاصقيه بوجود الًماء مما يجعله قادراً على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض وتماسكها مع حديد التسليح. ويتكون الاسمنت من ثلاث مواد خام أساسية هي كربونات الكالسيوم الًموجودة في الحجر الكلسي، والسليكا الًموجودة في الطينٍ والرمل، والألمونيا (أكسيد الألمنيوم).

2-5-2-1 أنواع الاسمنت

أنواع الاسمنت عديدة، أهمها الاسمنت البورتلاندي وهو الأكثر شيوعاً في التصنيع والاستعمال وهناك أربعة أنواع من الاسمنت شائعة الاستخدام

❖ الاسمنت البورتلاندي

ويستخدم في الخرسانة غير المعرضة إلى الإجهاد في الأعمار المبكرة.

- مركبات الاسمنت البورتلاندي:

إن المواد المستعملة في صناعة الاسمنت البورتلاندي تتكون وبشكل رئيسي من الكلس والسليكا والا لومينا وأوكسيد الحديد وتتفاعل تلك المكونات مع بعضها في الفرن لتكوين سلسلة أكثر تعقيدا من النواتج، عدا جزء صغير يبقى من الكلس غير متفاعل (والذي لم يكن لديه الوقت الكافي للتفاعل) إن أهم المركبات الرئيسية للاسمنت هي كما مبينة في الجدول (2-1).

وإضافة إلى المركبات الرئيسية المذكورة في الجدول (2-1) هناك مركبات ثانوية بشكل أكاسيد مثل أوكسيد البوتاسيوم (K_2O) وأوكسيد الصوديوم (Na_2O) وأوكسيد المغنسيوم (NgO) وأوكسيد التيتانيوم(TiO_2) وأكسيد المنغنيز(Mn_2O_3) وثالث أوكسيد الكبريت(SO_3) وتشكل هذه المركبات الثانوية نسبة قليلة من وزن الاسمنت ويعتبر أكسيدي البوتاسيوم والصوديوم من المركبات المهمة وتسمى بالقلويات.

الجدول (2-1) يوضح اهم المركبات الرئيسية للاسمنت:

اسم المركب	تركيب الأوكسيد	الرمز المختصر
سلكيات الكالسيوم الثلاثية	$3Cao.Sio_2$	C_3s
سلكيات الكالسيوم الثنائية	$2Cao.Sio_2$	C_2s
الومينات الكالسيوم الثلاثية	$3Cao.Al_2o_3$	C_3A
الومينات الكالسيوم الحديديك	$4Cao.Al_2o_3.Fe_2o_3$	C_4AF

حيث يمثل C=Cao ويمثل S=Sio ويمثل A=Al2o3 ويمثلF=Fe2o ويمثل H=H2o

الجدول (2-2) حدود الأكاسيد الداخلة في تكوين الاسمنت

الأكاسيد	محتواها
CaO	67-60
SiO_2	25-17
Al_2O_3	8-3
Fe_2O_3	6.0-0.5
MgO	4.0-0.1
Alkalis	1.3-0.2
SO_3	1-3

- ❖ الاسمنت ذو المقاومة المبكرة العالية

يستخدم عندما يكون مطلوبا من الخرسانة أن تتحمل اجتهادات ذات قيم غير قابلة بعد الصب بفترة قصيرة.

- ❖ الاسمنت واطي الحرارة

يستخدم في المنشأة ذات الكتل الخرسانية الضخمة مثل السدود عندما يكون من المهم تخفيض الحرارة الناتجة عنة إماهة عجينة الاسمنت خلال عملية التصلب التدريجي للخرسانة.

❖ الاسمنت المقاوم للأملاح

يستخدم هذا النوع في المنشأة الخرسانية المعرضة لتأثير الأملاح الشديدة ولذا يستعمل في كافة المناطق الملامسة للتربة وفي المناطق الساحلية المعرضة لماء البحر.

2-5-2-2 الخواص الطبيعية والميكانيكية للإسمنت

1- نعومة الاسمنت

تؤثر نعومة الاسمنت في سرعة التميؤ، فالزيادة في النعومة تؤدي إلى زيادة سرعة تفاعل الاسمنت وكذلك سرعة في إنماء وزيادة قوة الاسمنت، والنعومة تعتبر أحد أسباب زيادة قوة الاسمنت البورتلاندي سريع التصلب. وأن القلب الداخلي للحبيبات الكبيرة من الاسمنت يأخذ سنوات للتفاعل مع الماء وقد يصل الأمر إلى أن هذه الحبيبات الكبيرة قد لا تتفاعل إطلاقاً مع الماء وتعمل زيادة النعومة على ثبات الحجم وتحسن من قابلية التشغيل لأنها سوف تعمل على إنقاص كمية الماء وتقلل من مقدار ظاهرة الضخ.

2-الكثافة النوعية للاسمنت البورتلاندي

تقترب الكثافة النوعية للإسمنت البورتلاندي من الرقم 0.25 ويؤثر التخزين الطويل تأثيرًا كبيرا على الكثافة النوعية وتخفيضها وذلك لأن الاسمنت الحديث الطحن عند تعرضه للهواء يمتص البخار الموجود فيه بسرعة وكذلك يمتص ثاني أكسيد الكربون، وإضافة إلى ذلك فإن حبيبات المواد الصغيرة تكون كثافتها النوعية أقل من حبيبات المواد الكبيرة.

3- الشك والتصلب للإسمنت

عند خلط الاسمنت بالماء تتكون عجينة الاسمنت وهذه العجينة تفقد لدونتها تدريجياً وبمرور الزمن حتى تصل إلى مرحلة التصلب وعندما تفقد العجينة لدونتها تماماً بحيث تستطيع أن تتحمل ضغطاً معيناً وتسمى المرحلة هذه مرحلة الشك (التجمد) ويقسم لمرحلتين:

- التجمد الابتدائي.
- التجمد النهائي.

بعد وصول عجينة الاسمنت إلى مرحلة التجمد النهائي فإنها تزداد في التماسك والمقاومة، وهذه العملية الأخيرة أي الحصول واكتساب المقاومة تعرف بأن العجينة وصلت إلى مرحلة التصلب، ويجب أن يكون تجمد الاسمنت محدد الوقت ويكون من الأفضل اقتصادياً أن تتم عملية التصلب خلال فترة معقولة بعد صبها في موقعها.

4- ثبات الاسمنت

يقصد بثبات الاسمنت مقاومته للزيادة الحجمية التي تحدث فيه بعد تصلبه والتي تؤدي زيادتها إلى تلف المونة أو الخرسانة.

5- مقاومة الاسمنت

تعتبر المقاومة الميكانيكية للإسمنت المتصلب من أهم الخواص اللازمة للأغراض الإنشائية وتعتبر مقاومة الملاط أو الخرسانة على التماسك للعجينة الاسمنتية ومقدار التلاصق العجينة مع حبيبات الركام وعلى مقاومة الركام نفسه، وحددت المواصفات البريطانية

(BS 12 1971) الحد الأدنى لمقاومة الاسمنت البورتلاندي المطلوبة سواء في الشد أو الضغط وتعتبر مقاومة الشد في الاسمنت ليست بذات الأهمية لأن مونة الاسمنت والخرسانة قليل ما يستعملان في تحمل إجهادات الشد، ويدخل الاسمنت أساساً في المنشآت ليتحمل إجهادات الضغط وتكون ذات أهمية أكبر من إجهادات الشد.

2-5-2-3 اختبارات الاسمنت

- قياس درجة نعومة الاسمنت
- اختبار القوام القياسي لعجينة الاسمنت
- زمن الشك الابتدائي والنهائي
- اختبار ثبات فقدان الوزن بالاحتراق
- اختبار مقاومة الشد للإسمنت
- اختبار مقاومة الشد للاسمنت
- اختبار مقاومة الانحناء للإسمنت
- التحليل الكيمائي للإسمنت

2-5-3 الماء

هو الماء الذي يضاف إلى الاسمنت والركام للبدء في عملية التفاعل وعمليات الخلط والتشغيل والصب والدمك، ويمثل ماء الخلط أحد العناصر المهمة والأساسية في الخرسانة إذ أن كمية الماء اللازمة للاتحاد الكيميائي مع الاسمنت حوالي% (26-32.3) من وزن الاسمنت ولكن عند الخلط

تزداد النسبة حتى لا تكون الخرسانة الطازجة جافة جداً ولتسهيل عملية الخلط والصب والدمك على أن تكون أقل كمية ممكنة لتحقيق الغرض وتتراوح الكمية المناسبة لعملية التشغيل بين(.55– 45) من وزن الاسمنت للخلطات الاعتيادية في حالة استخدام كمية ماء أقل من الكمية المطلوبة للتشغيل فإن الخلطة تكون جافة وصعبة الدمك مما يؤدي لتكوين الفراغات داخل الخرسانة وبالتالي تضعف الخرسانة المتصلدة وتقل مقاومتها وديمومتها، وان زيادة ماء الخلط يؤدي إلى أضرار في مقاومة وديمومة الخرسانة المتصلدة وللحصول على الخواص المطلوبة لقابلية التشغيل السهلة لابد من عمل موازنة بين كمية الماء وقابلية التشغيل المطلوبة.

2-5-3-1 اختيار ماء الخلط

يجب أن يكون الماء المستعمل في إنتاج الخرسانة نظيفاً، وخالياً من الزيوت والأحماض والقلويات والأملاح والمواد العضوية ونحوها من المواد التي قد تؤثر تأثيراً عكسياً على مقاومة الخرسانة ومظهرها ومدى تعميرها.

ويعتبر ماء الشرب الذي لا طعم ولا رائحة له، صالحاً للاستخدام في خلط الخرسانة. أما مياه مخلفات الصناعة أو مياه المجاري أو مياه البحر فيحظر استعمالها لخلط الخرسانة، إلا إذا توفرت بها المتطلبات المنصوص عليها فيما بعد، وخاصة تركيبتها الكيمائية.

والماء قيد الاختبار يعتبر صالحاً للاستخدام في خلط الخرسانة إذا لم تقل نتائج مقاومة مكعبات الخرسانة المصنوعة من الماء الصالح للشرب وذلك عند القيام باختبار المكعبات حسب المواصفات الأمريكية (ASTM C109).

كما يجري اختبار زمن الشك للإسمنت بطريقة إبرة فيكات حسب المواصفات الأمريكية (189 ASTM C)، وذلك للتأكد من عدم تأثير الشوائب الموجودة في هذا النوع من الماء علي زمن الشك المحدد للإسمنت.

2-5-3-2 أهمية الماء

- إن الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيمائي بين الاسمنت والماء.
- ضروري أيضا لكي يمتصه الركام المستعمل في الخرسانة.
- يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت ودرجة مناسبة من الليونة على التشغيل والتشكيل.
- بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الركام بنفس الكمية من الاسمنت.
- إن الماء يعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين %(20-15).
- يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.
- أن الماء ضروري لعمليات إيناع الخرسانة أثناء تصلبها.

2-5-4 الإضافات

الإضافات هي عباره عن مواد أو تراكيب من عدة مواد تضاف للخرسانة أثناء الخلط لتحسين خاصة أو أكثر من خواص الخلطة الخرسانية. وتتمثل هذه المواد بالمضافات الكيمائية والتي يتطلب استخدامها في الحلات الخاصة، وعهد استخدام المضافات ليس بالعهد الحديث ويكاد يكون قديماً قدم الخرسانة نفسها، وكان أول من استخدم المضافات في عهد الرومان حيث استخدموا الدماء واللبن في صناعة الاسمنت البوزلاني وربما كان

الدافع من ذلك هو الاحتفاظ بلدونة أكبر للمونة الاسمنتية فيسهل تشكيلها بسهولة حيث انه لم تكن خاصية إدخال الهواء المحبوس معروفة حين ذلك.

2-5-4-1 الهدف من استعمال الإضافات

- تحسين قابلية التشغيل للخرسانة الطرية.
- تعجيل التصلب للحصول على مقاومة عالية في وقت قصير.
- أبطاء عملية التصلب (الشك) في الأجواء الحارة أو النقل لمسافات البعيدة.
- تقليل الحرارة المتولدة وتقليل النضح أو النزف.
- تحسين مقاومة التآكل وتقليل التقلص الحاصل أثناء التصلب.
- منع صدأ الحديد.

2-5-4-2 أنواع المضافات وخصائصها

بالرغم من تعدد أنواع الإضافات وأسمائها التجارية إلا أنها تندرج أساسا ضمن ثلاث مصنفات رئيسية هي:

a. إضافات مسرعة للتفاعل.

b. إضافات مبطئة للتفاعل.

c. إضافات مقللة للماء.

أن لهذه الإضافات مضاراً لذلك يجب عدم استعمالها إلا في الحالات الضرورية وحسب تعليمات الشركة المصنعة وبأقل الكميات. ومحاولة الاعتماد علي تحسين خواص الخرسانة بتعديل مكوناتها الرئيسية.

2-5-4-3 الغرض من الإضافات

يمكن أن نجمل مجموعة الأغراض التي يمكن أن تستخدم فيها الإضافات فيما يلي:

- تحسين قابلية التشغيل للخرسانة الطازجة.
- تقليل النضح.
- تعجيل الشك أو التصلد للحصول على مقاومة مبكرة وقد تكون عالية.
- إبطاء الشك والتصلد في ظروف صب خاصة أو في الأجواء الحارة.
- المحافظة على درجة حرارة حفظ الخرسانة.
- تقليل ظاهرة الانكماش عند الشك التصلد.
- تحسين أو إنقاص بعض التفاعلات الكيمائية.
- تحسين المتانة.
- تحسين القدرة على سدوديه الماء وتقليل النفاذية.
- إنتاج أنواع من الخرسانة تتميز بخفة الوزن.
- زيادة ثبات الخرسانة وتقليل التغيرات الحجمية.

ويختلف الغرض من الإضافة بحسب نوع المنشأ وظروف استعماله لذلك تتنوع الإضافات من منشأ إلى أخر.

2-6 المراحل التي تمر بها الخرسانة

تمر الخرسانة من لحظة إضافة الماء لها وحتى انتهاء عمرها الافتراضي بالمراحل الثلاثة الأتية: -

2-6-1 الخرسانة الطازجة Fresh concrete

وهي الخرسانة التي تبدأ من لحظة إضافة الماء إلى مكونات الخرسانة الجافة وحتى لحظة حدوث زمن الشك الابتدائي، وتمتاز هذه المرحلة بالقدرة على الخلط والنقل والصب.

2-6-2 الخرسانة الخضراء Green concrete

هي الخرسانة المتكونة في الفترة من بداية شك الإسمنت وحتى بداية تصلد الخرسانة أي في حدود10ساعة وفي هذه الحالة لا يسمح للخرسانة بالخلط والنقل والصب لأنها تكون قد تشكلت كما أنها لا تقوى على تحمل أي نوع من الإجهادات.

2-6-3 الخرسانة المتصلدة Hardened concrete

وهي تبدأ بتصلد الخرسانة (أي عند عمر 24ساعة) وحتى نهاية عمرها الافتراضي وتمتاز هذه الخرسانة بأنها بداية زيادة المقاومة الرئيسية للخرسانة (مقاومة الضغط) وقدرتها على تحمل الأحمال بمرور الزمن.

2-7 الخواص الرئيسة للخرسانة الطازجة

2-7-1 قوام الخلطة Consistency

يعبر قوام الخرسانة الطازجة عن درجة بلل الخرسانة degree of wetness فمثلا يقال إن الخرسانة جافة القوام أو رخوة القوام.

يمكن القول إن قوام الخرسانة يعبر عن السيولة النسبية للخرسانة أي انه يبين النسبة بين كمية ماء الخلط وكمية المواد الجافة بالخرسانة.

- الغرض من تحديد القوام:

هو ضمان الحصول على خرسانة ذات درجة سيولة أو لدونة تتناسب مع مختلف الأعمال الإنشائية. كما انه من الأهم وابسط الخواص التي تساعد على التأكد من انتظامية خلطات الخرسانة الطازجة وتجانسها وضبط جودتها وذلك قبل الصب مباشرة.

- العوامل التي تؤثر على القوام:
  - نسبة المواد المكونة للخلطة
  - نعومة الاسمنت
  - المقاس الاعتباري الأكبر للركام
  - حرارة الجو
  - الإضافات
- ظروف تعين القوام:
  - هبوط الخرسانة قبل بعد إزالة قالب التشغيل Slum test
  - انسياب الخرسانة الطازجة بعد تعرضها للاهتزازات ترددية Flow test
  - اختراق جسم معدني للخرسانة تحت تأثير وزنه Ball penetration test

2-7-2 قابلية التشغيل Workability

هي خاصية الخرسانة الطازجة التي تؤثر تبين السهولة التي يمكن بها صب ومناولة الخلطة الخرسانية ومقاومتها للانفصال الحبيبي.

- العوامل التي تؤثر على قابلية التشغيل للخرسانة:

✓ الركام:

- مقاس الركام
- شكل حبيبات الركام
- حالة السطح
- المسامية
- المقاس الاعتباري الأكبر

✓ الإسمنت:

- نوع الإسمنت
- نعومة الإسمنت
- خواص العجينة

✓ الماء:

في الخلطات الفقيرة بالإسمنت فإن زيادة الماء لا يؤثر تأثيرا كبير على قابلية التشغيل.

✓ نسبة الماء إلى الاسمنت:

- الإضافات
- الهواء المحبوس

- طرق تعين قابلية التشغيل:

- اختبار عامل الدمك
- اختبار طريقة في بي

2-7-3 الانفصال الحبيبي: Segregation

هي انفصال مكونات أي خلط غير متجانس بحيث يصبح توزيع هذه المكونات غير منتظم ويوجد نوعان من الانفصال الحبيبي للخرسانة:

- انفصال الحبيبات الكبير من الركام نتيجة لكونها أكثر ترسبا، وذلك يكون في الخلطات الجافة جدا وفقير بالإسمنت.
- انفصال الإسمنت اللباني ويحدث ذلك في الخلطات المبتلة جدا.

- أسباب حدوث الانفصال الحبيبي:

- لخلط عند زيادة زمن الخلط عن الزمن اللازم
- النقل ينتج عند حدوث الرج والتأرجح
- في حالة الصب من ارتفاعات عالية
- الدمك الزائد بسبب الانفصال

- لملافاة الانفصال الحبيبي:

- ينبغي العناية بتصميم الخلطة الخرسانية وضبط مكونات
- استخدام إضافات تقليل ماء الخلط
- مراعاة عمليات الصناعة من خلط ونقل وصب
- استخدام إضافات تحسين اللزوجة

2-7-4 النضح Bleeding

هو تكون طبقة من الماء على سطح الخرسانة المصبوبة حديثا بعد دمكها وتسويتها.

- أسباب حدوث النضح:

كثرة الدمك الذي يؤدي إلى هبوط المكونات الثقيلة إلى أسفل وصعود العجينة الاسمنتية إلى اعلى وكذلك زيادة ماء الخلط تتلخص في الاتي:

- احتواء الطبقة العليا على نسبة عالية من الماء مما يسبب وجود فراغات في تلك الطبقة وضعف في مقاومة الخرسانة

- صعود الماء إلى اعلى قد يحمل معه جزيئات ناعمة من الاسمنت تكون طبقة هشة على السطح بعد تبخر الماء مما يلزم إزالة هذه الطبقة في الصب

- تراكم طبقة رقيقة من الماء تحت سطوح الركام الكبير والحديد مما يؤدي إلى فراغات وضعف قوة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح

- لملافاة ظاهرة النضح:

يجب استعمال كمية ماء خلط مناسبة وعدم استعمال خلطات مبتلة جدا أو بها نسبة قليلة من المواد الناعمة مثل الاسمنت والرمل. كما يجب استخدام الملدنات التي تؤدي إلى تحسين خواص الخرسانة.

2-8 أنواع الخرسانة:

2-8-1 الخرسانة العادية Plain concrete

وهي خرسانة بدون أي حديد تسليح تستخدم في الفرشات الخرسانية والأرصفة وعمل الكتل الخرسانية الغير معرضة لإجهادات شد.

2-8-2 الخرسانة المسلحة Reinforced concrete

وهي خرسانة عادية يشترك معها حديد التسليح لمقاومة إجهادات الشد وهذا النوع من الخرسانة هو الأكثر شيوعا واستخداما في العالم. وذلك لسهولة تنفيذ ورخص تصنيفه وينبغي تحقيق الاتزان والتوافق بين الإجهادات والانفعالات في كلا من الخرسانة والحديد.

2-8-3 الخرسانة سابقة الإجهاد Prestressed concrete

وهي خرسانة عادية يتم إكسابها إجهادات ضغط قبل تحميلها وهذه الإجهادات تكون كفيلة بملافاة إجهادات الشد الناتجة من تأثير الأحمال وبالتالي لا تحتاج إلى حديد تسليح حيث تكون المحصلة النهائية للإجهادات هي غالبا إجهادات ضغط وبالتالي تكون الخرسانة كفيلة بتحملها.

4-8-2 الخرسانة الخفيفة Lightweight concrete

هي خرسانه إنشائية يتراوح وزن المتر المكعب منها من 3^kg/m(900-2000) وهي بذلك اقل وزنا من الخرسانة العادية الأخرى والتي يتراوح وزنها من 3^kg/m(2200-2500).