الباب الثاني

الدراسة النظرية

الفصل الاول الخرسانة

1.1.2 : المقدمة

تعتبر مادة الخرسانة المادة الاساسية التي تحتل مركز الصدارة ضمن خطط التنمية وتنفيذ المشاريع المختلفة على مدى توفر مواد البناء وتطورها بمرور الزمن ،اذ تطورت الخرسانة وتحسنت طرق انتاجها وصناعتها بمختلف انواعها و بصورة هائلة تبعاً لمتطلبات المهام المستعملة من اجلها وفي مجالات مختلفة .ويتم ذلك عن طريق تنوع المكونات الاساسية لها او باستعمال الاضافات او بتنوع طرق الانتاج (الخلف وأخرون، 1984).

2.1.2 : مكونات الخرسانة

تتألف الخرسانة من المكونات الاتية (Neville, 2010)

1. الاسمنت .
2. الركام .
3. ماء الخلط .
4. الاضافات عند الحاجة.

والخرسانة هي بنيان يتركب من عدة مواد والجزء الاكبر من هذا البنيان هو الركام الذي يتماسك مع بعضه في صورة شبيهه بالكتلة الحجرية وذلك بفعل العجينة الاسمنتية المغلفة للركام والتي تتصلد نتيجة التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء ،وان نسب توزيع المواد المختلف المكونة لجسم الخرسانة حجمياً في اغلب الاحيان يكون كما يلي:.

1.ركام بنوعيه (60- 70)%

2.عجينة اسمنتية (30- 40)%

3.فراغات (1-2)%

1.2.1.2 : الاسمنت البورتلاندي

الاسمنت هو المادة الناعمة الناتجة من خلط المواد الكلسية والطينية وحرقها الى درجات الحرارة التي تتراوح (1300-1450) مئوي و التي يتكون عندها الكلنكر الذي يطحن بعد تبريده لدرجة النعومة المطلوبة وله خواص تماسكية (Cohesive) وتلاصقية (Adhesive) بوجود الماء وهذه الخواص تجعله قادراً على ربط الاجزاء المعدنية مع بعضها البعض وتحوله الى وحدة كاملة متراصة . (الخلف وأخرون، 1984)

1.1.2.1.2: مركبات الاسمنت البورتلاندي

ان المواد المستعملة في صناعة الاسمنت البورتلاندي تتكون وبشكل رئيسي من الكلس (Lime) والسليكا(Silica) والالومينا (Alumina) واوكسيد الحديد(Iron Oxide) وتتفاعل تلك المكونات مع بعضها في الفرن لتكوين سلسلة اكثر تعقيدا من النواتج ،عدى جزء صغير يبقى من

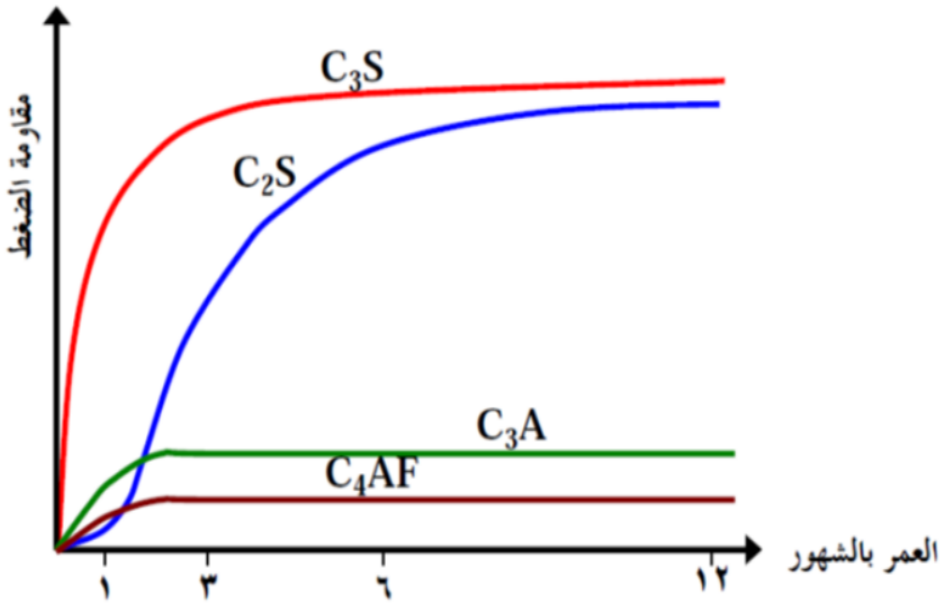
الكلس غير متفاعل (والذي لم يكن لديه الوقت الكافي للتفاعل).ان اهم المركبات الرئيسية للاسمنت هي كما مبينة في الجدول (2-1-1) (نيفل ترجمه حقي اسماعيل، 1994) ويوضح الشكل(2-1-1) علاقة مركبات الرئيسية للاسمنت بمقاومة الانضغاط.

واضافة الى المركبات الرئيسية المذكورة في الجدول (2-1-1) هناك مركبات ثانوية بشكل اكاسيد مثل اوكسيد البوتاسيوم K_2O و اوكسيد الصوديوم Na_2o و اوكسيد المغنسيوم Mgo واوكسيد التيتانيوم Tio_2 واوكسيد المنغنيز Mn_2o_3 وثالث اوكسيد الكبريت So_3 وتشكل هذه المركبات الثانوية نسبة قليلة من وزن الاسمنت ويعتبر اوكسيدي البوتاسيوم والصوديوم من المركبات المهمة وتسمى بالقلويات (Alkalis) . (Shetty, 1999)،(Neville, 2010) ويبين الجدول (2-1-2) حدود الاكاسيد الداخلة في تكوين الاسمنت. ويبين ملحق(جدول A1) القيم النموذجية لمحتوى مركبات الانواع المختلفة من الاسمنت

الجدول(2-1-1) اهم المركبات الرئيسة للاسمنت (نيفل ترجمة حقي اسماعيل، 1994)

اسم المركب	تركيب الاوكسيد	الرمز المختصر
سليكات الكالسيوم الثلاثية	$3Cao.Sio_2$	C_3s
سليكات 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 Cao=C ويمثل Sio=S ويمثل Al_2o_3=A ويمثل Fe_2o=F ويمثل H_2o=H



الشكل(2-1-1) علاقة مركبات الاسمنت بمقاومة الضغط (امام واخرون ،2007)

الجدول (2-1-2) حدود الأكاسيد الداخلة في تكوين الاسمنت (الخلف وأخرون، 1984)

الاكاسيد	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	3-1

2.1.2.1.2 : انواع الاسمنت البورتلاندي (Neville ,2010)

1.الاسمنت البورتلاندي العادي (Ordinary Portland cement (type I

2. الاسمنت البورتلاندي المعدل Modified pc (type II)

3.الاسمنت البورتلاندي السريع التصلب Rapid hardening pc (type III)

- الاسمنت البورتلاندي السريع التصلب الممتاز Extra rapid hardening
- الاسمنت ذو المقاومة المبكرة العالية و فوق الاعتيادية Ultra high early strength

4.الاسمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة (Low heat pc(type IV

5.الاسمنت المقاوم للكبريتات Sulphat resisting PC (type V)

6.الاسمنت البورتلاندي خبث الافران العالية Portland blast furnace slag cement (IS)

7.الاسمنت البورتلاندي الابيض والملون (White and coloured PC)

8.الاسمنت البورتلاندي البوزولاني Portland pozzolan C (type P- IP and I(PM))

9.انواع خاصة من الاسمنت البورتلاندي

- الاسمنت البورتلاندي المقاوم للبكتريا Anti-bacterial Portland cement
- الاسمنت البورتلاندي غير المألوف للماءHydrophobic Portland cement
- الاسمنت البورتلاندي المانع لنفاذ الماء Water proof Portland cement
- اسمنت البناء Masonry cement
- أسمنت الابار النفطية Oil well cement
- أسمنت التمدد Expansive cement

3.1.2.1.2 : الخواص الطبيعية والميكانيكية للاسمنت

1.نعومة الاسمنت Fineness

تؤثر نعومة الاسمنت في سرعة التميؤ، فالزيادة في النعومة تؤدي الى زيادة سرعة تفاعل الاسمنت وكذلك سرعة في انماء و زيادة قوة الاسمنت وخاصة للايام الاولى من التفاعل ، والنعومة تعتبر احد اسباب زيادة قوة الاسمنت البورتلاندي سريع التصلب. (جلال سرسم، 2006) لان عملية التفاعل مع الماء تتوقف الى حد كبير مع حجم حبيبات الاسمنت، وان القلب الداخلي للحبيبات الخشنة من الاسمنت يؤخذ سنوات للتفاعل مع الماء وقد يصل الامر الى ان هذه الحبيبات الخشنة قد لا تتفاعل اطلاقا مع الماء وكلما زادت النعومة كلما زاد تغطية المواد الخشنة في الركام وتعمل زيادة النعومة على ثبات الحجم وتحسن من قابلية التشغيل لانها سوف تعمل على انقاص كمية الماء وتقلل من مقدار ظاهرة النضح bleeding. (العريان وأخرون، 1974)

2. الكثافة النوعية للاسمنت البورتلاندي

تقرب الكثافة النوعية للاسمنت البورتلاندي من الرقم (3.15) ويؤثر التخزين الطويل تأثيرا كبيرا على الكثافة النوعية و تخفضها وذلك لان الاسمنت الحديث الطحن عند تعرضه للهواء يمتص البخار الموجود فيه بسرعة وكذلك يمتص ثاني اوكسيد الكاربون، واضافة الى ذلك فان حبيبات المواد الناعمة تكون كثافتها النوعية اقل من حبيبات المواد الخشنة . (العريان وأخرون، 1974)

3. الشك (التجمد) والتصلب للاسمنت Setting and Hardening of Cement

عند خلط الاسمنت بالماء تتكون عجينة الاسمنت وهذه العجينة تفقد لدونتها تدريجيا وبمرور الزمن حتى تصل الى مراحل التصلب وعندما تفقد العجينة لدونتها تماما بحيث تستطيع ان تتحمل ضغطا معيناً وتسمى المرحلة هذه مرحلة الشك (التجمد) ويقسم لمرحلتين (الخلف وأخرون، 1984)

- التجمد الابتدائي Initial setting
- التجمد النهائي Final setting

بعد وصول عجينة الاسمنت الى مرحلة التجمد النهائي فأنها تزداد في التماسك والمقاومة ،وهذه العملية الاخيرة اي الحصول واكتساب المقاومة تعرف بان العجينة وصلت الى (مرحلة التصلبhardening)، و يجب ان يكون تجمد الاسمنت محدد الوقت ويكون من الافضل اقتصاديا ان تتم عملية التصلب خلال فترة معقولة بعد صبها في موقعها . وهناك العديد من العوامل المؤثرة على خواص التجمد او الشك في الاسمنت :.(زينب حسن)

- النعومة : تزداد سرعة التجمد بزيادة نعومة .
- درجة الحرارة: يزداد سرعة التجمد بزيادة درجة الحرارة التي تسرع التفاعل.
- كمية الماء في العجينة الاسمنتية : تقل سرعة الانجماد بزيادة نسبة كمية الماء في العجينة الاسمنتية.

- نسبة الجبس المستخدمة : يتاثر زمن التجمد لعجينة الاسمنت الحاوية على كمية مناسبة من الجبس الى حد ما بالتركيب الكيمياوي للاسمنت و يعتبر الجبس مادة مبطئة للتجمد الاسمنت الذي لايحوي على الجبس يتجمد بسرعة اكبر.

4.ثبات الاسمنت soundness of cement

يقصد بثبات الإسمنت مقاومته للزيادة الحجمية التي تحدث فيه بعد تصلبه والتي تؤدي زيادتها إلى تلف المونة أو الخرسانة. إن سبب هذه الزيادة الحجمية يعود إلى:-.

- زيادة كبريتات الكالسيوم المائية (الجبس) بكمية أكثر من التي تتفاعل مع المركب C_3A أثناء فترة التجمد فإن الجبس الفائض يتمدد بشكل بطيء ويسبب عدم الثبات. ولـهذا السبب تحدد المواصفات القياسية كمية الجبس الواجب إضافتة إلى الكلنكر.
- المواد الخام الموضوعة في الفرن و حاوية على جير أكثر من الذي يتحد مع الاكاسيد الحامضية فإن الفائض يبقى بحالة حرة ويحترق بشدة داخل الفرن، والجير المحروق يتميأ بصورة بطيئة جداً وان ناتج الاماهة يشغل حجماً أكبر من حجم الاوكسيد الأصلي فيحصل التمدد ،والمعادلة (2-1-1) توضح التفاعل.

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 \qquad 2-1-1$$

- قد ينتج عدم ثبات الإسمنت عن وجود المغنيسيا الحرة والتي تكون بشكل متبلور وتتفاعل بطريقة مماثلة لتفاعل الجير الحر. أما المغنيسيا الموجودة في الزجاج لا تسبب عدم ثبات الإسمنت نظرا" لكونها غيرمتبلورة وتتميأ بصورة سريعة متحولة إلى الحالة المستقرة والمعادلة (2-1-2) توضح التفاعل.

$$MgO + H_2O = Mg(OH)_2 \qquad 2-1-1$$

- الجير الحر في الكلنكر يكون موجوداً بين البلوارت مع المركبات الأخرى ويكون معرضاً جزئياً للماء قبل فترة تجمد عجينة الإسمنت. (زينب حسن)،(امام واخرون، 2007)

5.مقاومة الاسمنت Strength of Cement

تعتبر المقاومة الميكانيكة للاسمنت المتصلب من اهم الخواص اللازمة للاغراض الانشائية وتعتمد مقاومة الملاط Mortar او الخرسانة على التماسك Cohesion للعجينة الاسمنتية ومقدار التلاصق adhesion العجينة مع حبيبات الركام وعلى مقاومة الركام نفـسه ، وحددت المواصفات البريطانية (B.S.12:1971) الحد الادنى لمقاومة الاسمنت الورتلاندي المطلوبة سواء في الشد او الضغط وتعتبر مقاومة الشد في الاسمنت ليست بذات الاهمية لان مونة الاسمنت والخرسانة قليل ما يستعملان في تحمل اجهادات الشد ،ويدخل الاسمنت اساسا في المنشأت ليتحمل اجهادات الضغط وتكون ذات اهمية اكبر من اجهادات الشد والجدول (2-1-3) يبين المواصفات البريطانية لمقاومة الاسمنت. (العريان وأخرون، 1974).

الجدول(2-1-3) متطلبات المواصفات البريطانية (B.S.12:1971) (الخلف وأخرون، 1984)

الحد الادنى لمقاومة الانضغاط				
العمر بالايام	السمنت البورتلاندي العادي		السمنت البورتلاندي السريع التصلب	
	نيوتن/مم^2	باوند/انج^2	نيوتن/مم^2	باوند/انج^2
3	15	2200	21	3000
7	23	3400	28	4000

2.2.1.2: الركام

تتكون الخرسانة من حبيبات صخرية متماسكة مع بعضها البعض بمادة لاحمة هي عجينة الاسمنت و تكون بصفة عامة متدرجة في الحجم الى حبيبات صغيرة من الرمل والى حبيبات كبيرة من الحصى والأحجار المكسرة، ويتكون ركام الخرسانة من احجار طبيعية او صناعية او من المعادن وفي بعض انواع الخرسانة الخفيفة يمكن ان يكون من المواد العضوية وبحيبات ذات مقاسات ملائمة لصناعة الخرسانة ،ويمثل الركام في الخرسانة الجزء المالئ الخامل نسبياً ويشغل حوالي (75%) من حجم الكتلة الخرسانية (Nevill, 2010).

يقوم الركام بالاعمال الرئيسية الاتية في الخرسانة:. (العريان وأخرون، 1974)

1. يكُون الركام جسم الخرسانة الذي يستطيع ان يقاوم الاحمال التي تتعرض لها عوامل البري وفعل العوامل الجوية المختلفة من حرارة وبرودة و رطوبة وغيرها.
2. يعتبر الركام نسبيا مادة مالئة رخيصة لتكوين جسم الخرسانة مع المادة اللاحمة المؤلفة من الاسمنت والماء.
3. يساعد الركام على انقاص وتقليل التغيرات الحجمية الناتجة من التجمد (الشكSetting) وتصلد(Hardening)عجينة الاسمنت وكذلك من تغيرات الرطوبة في الخرسانة.

1.2.2.1.2: التصنيف العام للركام

يقسم ركام الخرسانة الى الاقسام المختلفة التالية : (العريان وأخرون، 1974) ،(امام وأخرون، 2007).

أ.تقسيم حسب المصدر او المنشأ .

1. ركام طبيعيnatural aggregate: يؤخذ من المقالع والمحاجر الطبيعية .
2. ركام صناعي artificial aggregate : مثل ركام خبث الافران وركام مخلفات الفحم المحترق.

ب. تقسيم حسب الوزن ويكون الركام اما ثقيل يزيد وزنه الحجمى عن 2800 كجم/م^3 او عادي وزنه الحجمي بين (1500- 1800)كغم/م^3 وقد يصل الى 2400كغم/م^3 او خفيف وزنه الحجميالأقل من 1100 كغم/م^3.

جـ. تقسيم حسب المسامية.

1. ركام كثيف التركيب مثل الركام العادي والثقيل.
2. ركام مسامي التركيب مثل الركام الخفيف.

د.تقسيم حسب الشكل .

1. ركام مدور (Round) يستخرج من الانهار وشواطئ البحار او رمال الصحراء.
2. غير منتظم (Irregular) حصى الحفريات وحجر الصوان.
3. زاوي(Angular) يشمل كافة الاحجار المكسرة.
4. رقائقي(مفلطح)(Flaky and Elongated).
5. مبطط (Flaky).
6. عصوي (Elongated) حبيبات ذات بعدين اصغر من البعد الثالث.

هـ.تقسيم بالنسبة لحالة السطح: ويكون السطح اما زجاجي او ناعم اوحبيبي اوخشن.

و .تقسيم حسب مقاس الحبيبات .

1. ركام ناعم(Fine Aggregateالصغير):وهو مجموعة الحبيبات التي يمر(95-100)% منها خلال المنخل القياسي 4.76 mm ويسمى بالرمل Sand .
2. ركام خشن Coarse Aggregate او الكبير:وهو مجموعة الحبيبات التي يحجتز (95-100)% منها خلال المنخل القياسي4.76 mm و يسمى بالحصى Gravel .
3. الركام الخليط Mixture Aggregate: وهو خليط من الركام الصغير والكبير.

2.2.2.1.2: شروط ومواصفات اختيار الركام في الخلطة (حبيب زين العابدين، 1981)

1. ان لا يتأثر الركام او يتحلل تحت تأثير الماء الموجود في الخرسانة ولا يتحول مع مكونات الاسمنت الى مركبات ضارة ولا يقلل من حماية حديد التسليح ضد التاكل والصدأ.
2. ان يكون الركام الخرسانة حاويا على حبيبات ركام كبيرة وصغيرة وضمن التدرج القياسي وان تكون هذه الحبيبات صلبة وقوية وغير رقيقة او مفلطحة.
3. ان يكون الركام قدر الامكان خشن وقليل المسام حتى تكون المساحة السطحية اقل ما يمكن وتصبح كمية الملاط الاسمنتي الضرورية لتغليف الحبيبات اقل مما يساعد على تقليل كمية الماء الضرورية لعملية التشغيل ويؤدي الى خرسانة متماسكة وكثيفة التركيب.
4. ان يكون المقاس الاعتباري الاكبر للركام اكبر ما يكون في الحدود المسوح بها بشرط ان لا يؤثر على عملية الخلط والنقل والتشغيل والصب ودمك الخرسانة وان لايزيد المقاس الاعتباري الأكبر للركام عن 0.25 من اقل سمك لمقطع اي عضو خرساني.
5. ان تكون مقاسات حبيبات معظم كمية الركام الشامل (70-80)% اقل من اصغر مسافة بين التسليح واقل من سمك القطاع الخرساني حتى تحيط الخرسانة بالكامل لقضبان حديد التسليح و تملئ جميع الاركان والزوايا ولا يحدث انفصال الحبيبي فيها.

3.2.2.1.2: خصائص الركام المؤثرة في جودة الخرسانة (العريان وأخرون، 1974)

تقسم الخواص المؤثرة في جودة الخرسانة الى خواص فيزيائية، كيميائية وميكانيكية:

اولا :الخواص الفيزيائية

1. شكل حبيبات الركام
2. الفراغات الداخلية في حبيبات الركام
3. تماسك حبيبات الركام مع العجينة الاسمنتية:
4. التمدد الحراري للركام
5. الحرارة النوعية للركام
6. الوزن النوعي للركام
7. وحدة الوزن والفراغات بين الحبيبات
8. الرطوبة وامتصاص الركام للماء
9. الزيادة الحجمية للركام الناعم تضخم الرمل
10. المساحة السطحية للركام
11. التدرج الحبيبي للركام

ثانيا".الخواص الكيميائية

1. الشوائب والاملاح غير المرغوبة بالركام
2. الطين والمواد المغلفة للركام
3. المواد العضوية بالركام
4. التفاعل القلوي للركام

ثالثا". الخواص الميكانيكية

1. مقاومة الركام
2. صلادة الركام
3. متانة الركام
4. تحمل الركام مع الزمن

3.2.1.2 : ماء الخلط Mixing Water

هو الماء الذي يضاف الى الاسمنت والركام للبدء في عملية التفاعل وعمليات الخلط والتشغيل والصب والدمك، ويمثل ماء الخلط احد العناصر المهمة والاساسية في الخرسانة ان كمية الماء الازمة للاتحاد الكيميائي مع الاسمنت حوالي(26-33)% من وزن الاسمنت ولكن عند الخلط تزداد النسبة حتى لاتكون الخرسانة الطازجة (Fresh Concrete) جافة جدا ولتسهيل عملية الخلط والصب والدمك على ان تكون باقل كمية ممكنة لتحقيق الغرض وتتراوح الكمية المناسبة لعملية التشغيل بين (0.45-0.55) من وزن الاسمنت للخلطات الاعتيادية ،في حالة استخدام كمية ماء اقل من الكمية المطلوبة للتشغيل فأن الخلطة تكون جافة وصعبة الدمك مما يؤدي لتكوين الفراغات Voids داخل الخرسانة وبالتالي تضعف الخرسانة المتصلدة وتقل مقاومتها و ديمومتها ، وان زيادة ماء الخلط يؤدي الى اضرار في مقاومة وديمومة الخرسانة

المتصلدة والحصول على الخواص المطلوبة لقابلية التشغيل السهلة لابد من عمل موازنة بين كمية الماء وقابلية التشغيل المطلوبة (Nevil, 2010) ،و يقوم الماء بالوظائف الرئيسية الاتية:. (حبيب زين العابدين، 1981).

1. يعمل على اماهة Hydration الاسمنت وتفاعله مكونا عجينة الاسمنت التي تعمل على تماسك حبيبات الركام وذلك بعد ان تشك ابتدائيا"ثم نهائيا"وبعد ذلك تتصلد ويحتاج كل جزء من الاسمنت الى 0.3 من وزنه تقريبا من الماء لاتمام تفاعل الاماهة.
2. يعمل على بلل الركام ويحيطه بطبقة من الماء تحول دون امتصاص حبيبات الركام للماء اللازم لعملية الاماهة.
3. يقوم الماء بما يشبه فعل التشحيم (Lubrication) في المكونات فهو بذلك يساعد على جعل الخرسانة قابلة للتشغيل وعندما يتبخر هذا الجزء من الماء يترك فراغات في الخرسانة لذلك يوصي دائما بتقليل الماء المستخدم بغرض التشحيم الى نهايته الصغرى لانه الاسراف بالماء لغرض تحسين قابلية التشغيل يؤدي الى تقليل المقاومة النهائية لسبب الفراغات الناتجة من تبخر ماء الخلط .

1.3.2.1.2: اختيار ماء الخلط

ماء الخلط المستخدم في الخلطة الخرسانية يجب ان يكون نظيفا" وخاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والاحماض والقلويات والاملاح والمواد العضوية والمواد الاخرى التي تؤثر تأثيرا سلبيا وضارا" على الخرسانة او حديد التسليح (Neville, 2010).

وتعتبر مصادر مياه الشرب صالحة لأستعمالها كماء للخلطة اما اذا كانت هناك دلائل تشير الى عدم صلاحية الماء للخلطة كتغير الطعم والرائحة او الشكل فيجوز استخدام هذه المياه للخلطة اذا اختبرت مقاومة انضغاط الخرسانة المصنوعة منها واخرى مصنوعة من مصادر مياه الشرب ونفس النسب والمواد وكانت مقاومة الانضغاط بعد 28 يوم متساوية او لم يتغير النقص في المقاومة الاولى عن (10%) بالاضافة الى التأكيد من ان هذه المياه لا تؤثر على زمن الشك الابتدائي والنهائي بواسطة جهاز الابرة (فيكات). (حبيب العابدين، 1981)

في حالة احتواء الماء على املاح معينة من كبريتات ،كلوريدات ،كربونات ،ماء البحر يمكن استخدام هذه المياه ذات المذاق الملحي بعد تحليل الماء والتاكد من قلة التاثير على :

- مظهر سطح الخرسانة بحيث لاتظهر علامات التزهر(Effloresons) في سطح الخرسانة
- مقاومة انضغاط الخرسانة بحيث لاتقل مقاومة الانضغاط عن 10%من المستخدمة بالماء الصالح للشرب ويتطلب اضافة مادة تزيد من مقاومة الانضغاط ويفضل الاسمنت لمعادلة تاثير الاملاح (Neville, 2010).
- صدأ الحديد .عند وجود الاملاح الذائبة وتعرض الخرسانة الى التحلل الكهربائي Electrolyte التي تسبب الصدأ في الحديد فلا يمكن استعمال ماء البحر في الخلط للخرسانة المسلحة الا في حالة انعدام المياه الصالحة فيجوز الاستخدام مع احتمال حدوث تأكل ويمكن تقليل التأثير بزيادة القشرة الخارجية ولا تقل عن 75 mm ويجب ان لاتزيد

(W/C) عن 0.45 ، اما في الخرسانة الاعتيادية يشترط الاهتمام بالدمك للحصول على خرسانة كثيفة وتقليل نسبة الماء الى الاسمنت اقل ما يمكن لتوفير قابلية التشغيل المطلوبة .وفي حالة الخرسانة سابقة الاجهاد يحظر نهائيا" استخدام ماء البحر خاصة اذا كان هناك اتصال بين الخرسانة وسابقة الاجهاد.(Neville, 2010).

4.2.1.2 : الاضافات Additives

الاضافات هي مواد غير الركام والاسمنت تضاف الى الخلطة الخرسانية اثناء عملية الخلط بكميات صغيرة جدا لغرض تحسين بعض الصفات المعينة في الخرسانة (امام، 2002) وقد تضاف الى ماءالخلط قبل او بعد الخلط او اثناء طحن الاسمنت لأعطاء الخرسانة الطازجة او المتصلدة خواص معينة مطلوبة في ظروف عمل معينة ،وهنالك مواد تضاف بعد مدة من الزمن لمعالجة بعض المشاكل الخرسانية مثل التشققات (Shetty, 1999) ،و تصنف المضافات تبعا الى الغرض الرئيسي من استخدامها وتؤثر المضافات عادة في اكثر من خاصية للخرسانة واحيانا" تؤثر في خواص مرغوبة للخرسانة وفي نفس الوقت يكون تأثيرها سلبيا" على خاصية اخرى ويعتمد التأثير على نوع المضاف ،كميته ، تركيبه الكيميائي، محتوى الاسمنت في الخليط ، نوع الاسمنت ومركباته ومحتوى الجبس فيه ،ويتطلب عمل خلطات تجريبية واجراء اختبارات معملية بموجب المواصفات المعتمدة .(الخلف وأخرون، 1992).

1.4.2.1.2: الهدف من استعمال الاضافات (امام، 2002) و(الخلف وأخرون، 1992).

1.تحسين قابلية تشغيل الخرسانة الطازجة دون زيادة ماء الخلط.
2. التعجيل او التأخير في الشك.
3. تقليل معدل فقد الهبوط للخرسانة.
4. تحسين القدرة على ضخ الخرسانة.
5. الحد من حدوث الانعزال الحبيبي.
6. زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة.
7. الحصول على خرسانة عالية المقاومة .
8. تحسين خواص الخرسانة المتصلدة مثل مقاومة البري والتأكل.
9. الحصول على خرسانة غير منفذة للماء او خرسانة خلوية او خرسانة ذات صفات خاصة
10. معادلة او تقليل بعض التفاعلات الكيمياوية.
11. منع صدأحديد التسليح في الخرسانة.
12. تقليل التمدد الناتج عن التفاعل بين القلويات الموجودة في الاسمنت مع السليكا الفعالة بالركام.
13. زيادة قوة الربط بين الخرسانة وحديد التسليح.
14. اعطاء لون للخرسانة للنواحي المعمارية.
15.تقليل الحرارة المتولدة من عملية الاماهة.
16.تقليل النضح.

17.تقليل ومعادلة الانكماش الحاصل اثناء التجمد والتصلب.

18.تحسين المتانة Durability باستعمال عوامل مكونة للهواء Air Entraining Agent.

2.4.2.1.2: انواع الاضافات وتصنيفها (امام، 2002)

يوجد العديد من الاضافات الكيميائية التي تستخدم مع الخرسانة ويمكن تقسيمها الى ما يلي:-

أ. اضافات تخفيض الماء والتحكم في الشك .Ad **Water Reducing and Controlling**

هذه الاضافات هي اهم واكثر الانواع استخداما وشيوعا في مجال الخرسانة وهي تختص بتقليل ماء الخلط بدرجات متفاوتة والتحكم في تصلب الخرسانة بالتاخير او التعجيل وتنقسم هذه المجموعة الى سبعة انواع مختلفة وتميزها المواصفات الامريكية ASTM 494 ابتدا" من الحرف A الى الحرف G وكما يلي:-

1- إضافات تخفيض ماء خلط الخرسانةType A

2- إضافات تأخير الشك Type B

3- إضافات تعجيل الشك Type C

4- إضافات تخفيض ماء الخلط وتأخير الشك Type D

5 - إضافات تخفيض ماء الخلط وتعجيل الشك Type E

6- إضافات تخفيض ماء خلط الخرسانة بدرجة عالية Type F

7- إضافات تخفيض ماء خلط الخرسانة بدرجة عالية وتأخير الشك Type G

تعد اضافات تخفيض ماء الخلط (ASTM Type A,F) المـلدنات Plasticizer والملدنات الفائقة Super Plasticizers (SP) اكثر واهم انواع الاضافات استخداما وشيوعا"،وتكون بصورة سائلة وتضاف للخلطة الخرسانية بنسبة تتراوح(1-3)% من وزن الاسمنت، وقد وجد ان نسبة (3)% من الملدنات الفائقة تعطي افضل النتائج ،علما ان الفرق بين النوعين الملدنات والملدنات الفائقة هو ان درجة تخفيض ماء الخلطة للنوع A يتراوح من (6-12)% عند ثبات قوام الخلطة الخرسانية،اما بالنسبة للنوع F الملدنات الفائقة فأن درجة تخفيضها للماء تزيد عن (12)% وقد تصل الى (30)%عند نفس قوام الخلطة الخرسانية . و طبيعة عمل المضافات الملدنة والملدنة الفائقة في تسييل الخرسانة يؤخذ الصور الاتية :-

1- تشتيت حبيبات الأسمنت المتكتلة وإطلاق المياه المحبوسة بينها.

2- إحداث التنافر الكهروستاتيكى بين الجزيئات.

3- العمل على تشحيم الطبقة الرقيقة بين حبيبات الأسمنت.

4- تأجيل عملية الإماهة السطحية لحبيبات الأسمنت مع ترك المزيد من المياه لتسييل الأسمنت.

5- تقليل الشد السطحى للمياه.

6- تغير البنية التركيبية فى منتجات تفاعلات الإماهة.

وتقوم الملدنات والملدنات الفائقة بالوظائف التالية:-

1. تحسين قابلية تشغيل الخرسانة الطازجة وزيادة سيولتها مع ثبات نسبة W/C
2. الحصول على خرسانة ذاتية الدمك.
3. تحسين خواص الخرسانة المتصلدة بالحصول على خرسانة عالية المقاومة وذلك بتخفيض نسبة (W/C) فى الخلطة مع ثبات درجة القابلية للتشغيل.
4. الحصول على خرسانة ذات مقاومة مبكرة عالية .
5. الحصول على خرسانة عالية الأداء قليلة النفاذية.
6. الحصول على خرسانة بدون إنفصال حبيبى أو نضح.

واثبت (محمد عشية، 2009) بأمكانية تقليل محتوى الاسمنت في الخلطات الخرسانية باستخدام الخلطات الخرسانية و استخدام المضافات الملدنة المتفوقة وبنسب وصلت الى 4% من وزن الاسمنت عن طريق تقليل محتوى الماء وانتجت خرسانة ذات مقاومة تزيد عن المقاومة المطلوبة بمعدل الضعف وتم الاستفادة من هذه المقاومة بتقليل محتوى الاسمنت المستخدم وبنسب وصلت الى (37.5%) مع الحفاظ على الخواص المطلوبة للخرسانة (المقاومة والانسيابية) واثبت ايضا التاثير الايجابي للملدنات المتفوقة بالحصول على مقاومة مبكرة عالية والحصول على خرسانة عالية الشد اضافة الى تقليل نسب امتصاص العينات وبالتالي الحصول على كثافة جيدة للخرسانة . ويبين ملحق (جدولA2) تأثير نسبة المبطئات على زمن التصلد الابتدائي والنهائي .

ب.أضافات الهواء المحبوس Air entraining admixture

تستخدم هذه المواد بنسب تتراوح من (1–3) % من وزن الأسمنت و تحدث هواء محبوس يتراوح من (5–15) % من حجم الخرسانة، و وجد أن هناك علاقة عكسية بين نسبة الهواء المحبوس فى الخلطة ومقاومة الضغط للخرسانة ، حيث تقل المقاومة بمعدل حوالى 5% تقريباً لكل نسبة هواء محبوس مقدارها 1%.

جـ .اضافات لمنع نفاذ الماء بالخرسانة Permeability – reducing admixture

تساعد على مقاومة نفاذ الماء إلى الخرسانة ولكن لا تمنع نفاذ الماء تماماً وللوصول إلى درجة عالية من مقاومة النفاذية ينـبغى العناية بتصـميم الخلطة الخرسانية ثم العناية بعمليتي الدمك والمعالجة ويمكن تحسين منفذية الخرسانة من خلال المحاور الاتية:-(امام، 2002)

1. اضافات صادة للماء Water proofing agents
2. استعمال الملدنات الفائقة Super Plasticizers
3. أستخدام مواد بوزولانية مالئة للفراغات Pozzolanic Materials Filling

د .اضافات لمنع اجتراف الاسمنت بفعل الماء Antiwashout Admixture

تستعمل عند صب الخرسانة تحت الماء يعمل الماء على اجتراف الاسمنت من الخرسانة وينتج عن ذلك نقص في مقاومتها وتعكر في المياه المحيطة بها ، وتعمل هذه الاضافات على

تكوين جل في الماء المحيط بحبيبات الاسمنت فتحميه من الاجتراف بفعل الماء و تعمل على زيادة اللزوجة والتماسك بين جزئيات الخرسانة وتحسن من مقاومتها للانفصال، وهذه الاضافات لها استخدامات اخرى في انتاج الخرسانة عالية السيولة (خرسانة ذاتية الدمك Self–Compacted) حيث تقوم هذه الاضافات بمقاومة الانفصال الحبيبي وزيادة التماسك للخرسانة، وتتكون هذه الاضافات من بوليمرات اكريليكية او مركبات سليلوزية على هيئة بودرة قابلة للذوبان في الماء وتضاف الى الخلطة الخرسانية بنسبة تقريبية 1% من وزن الاسمنت .

هـ. اضافات لتلوين الخرسانة Coloring admixtures

هي عبارة عن اكاسيد معدنية metallic oxide وهي متوفرة في صورة مواد طبيعية او صناعية ويشترط فيها ان تكون خاملة كيميائيا"وان لاتزيد نسبتها عن 10%من وزن الاسمنت.

و.المضافات المعدنية دقيقة التجزئة Finely divided mineral admixtures

هي مواد ذات خواص اسمنتية او بوزولانية او ذات خواص مشتركة واغلبها على هيئة مسحوق يفوق الاسمنت البورتلاندي بالنعومة. (عثمان السر، 2010)، وتستخدم هذا النوع من المضاف للاغراض التالية:

1. تصحيح النقصان في كمية المواد الناعمة في الخليط كما في حالة عدم توفر الركام الصغير الناعم ذو التدرج المناسب او عندما تكون محتويات الاسمنت اللازمة للحصول على قابلية التشغيل المناسبة لاكمال عمليات الصب والدمك اعلى من تلك المطلوبة لتطوير مقاومة معينة.
2. تحسين خواص الخرسانة مثل مقاومة تأثير الكبريتات او لتقليل التمدد الناتج عن تفاعل القلويات الموجودة في الاسمنت مع اجزاء السليكا الفعالة في الركام او لتقليل (النفاذية او انبعاث الحرارة).
3. تقليل كلفة المواد المكونة للخرسانة او كلفة عمليات انتاج الخرسانة.

3.1.2 : تصميم الخلطة الخرسانية

هي عملية اختيار مواد الخلط المناسبة وتقدير كمياتها النسبية بهدف انتاج خرسانة بأقل كلفة وحاصلة على الحد الادنى من خواص معينة وبصورة خاصة القوام والمقاومة والمتانة. (الخلف وأخرون، 1984) .تعد من اهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة واقتصاديات المشروع، ويكون ذلك بإستخدام نسب ثُبتت فاعليتها من الخبرة وتسمى بالنسبة الوضعية Empirical Proportioning اوقد يكون بطرق حسابية مبنية على أساس فنى تتضمن خواص المواد المستخدمة والخواص المطلوبة فى الخرسانة المتصلدة ، و الإشتراطات التى تتطلبها خطوات صناعة الخرسانة وذلك مع مراعاة التكاليف الإقتصادية حسب نوع العمل الإنشائى المطلوب. وتحتسب مكونات الخرسانة بنسب وزنية او حجمية للاسمنت والركام والماء.(امام، 2002) ، ولتصميم الخلطات الخرسانية ذات الجودة العالية لها اعتبارات اساسية وهي:–

– الكلفة Cost : وتشمل كلفة المواد والمعدات واجور العمل.

- المواصفات Specification : تحدد المواصفات الخاصة بالخرسانة نسب كل من الاسمنت والرمل والحصى ،وان الاتجاهات الحديثة للمواصفات اقل تحديدا اذ انها تضع الحدود الدنيا والتي قد تغطي عددا من الخواص ومنها (نيفيل ترجمة حقي اسماعيل، 1994) وهي :-

1. الحد الادنى لمقاومة الانضغاط والذي يكون مهما للاعتبارات الانشائية
2. الحد الاعلى لنسبة (W/C) او الحد الادنى لمحتوى الاسمنت وبظروف جوية معينة
3. الحد الادنى لمحتوى الهواء المقصود بغية اعطاء متانة Durability كافية.
4. محتوى الاسمنت الاعلى لتلافي حصول تشققات الانكماش عند تأثير الجو الجاف.
5. محتوى الاسمنت الاعلى لتلافي التشققات الناتجة من الحرارة في الكتل الخرسانية الضخمة.
6. الحد الادنى للكثافة للمنشأت المتكونة من كتل خرسانية ضخمة.

1.3.1.2 : العوامل المؤثرة في اختيار نسب الخلط (الخلف وأخرون، 1984)

1. المقاومة Strength .
2. السيطرة النوعية Quality control.
3. المتانة Durability.
4. قابلية التشغيل Workability.
5. المقاس الاقصى للركام Maximum Size of Aggregate.
6. تدرج ونوع الركام Grading and Type of Aggregate .

4.1.2 : مراحل الخرسانة

تمر الخرسانة من لحظة اضافة الماء لها وحتى انتهاء عمرها الافتراضي بالمراحل الثلاثة الاتية :

1.4.1.2: الخرسانة الطرية (الطازجة) Fresh Concrete

هي الخرسانة التي تبدأمن لحظة اضافة الماء الى مكونات الخرسانة الجافة وحتى لحظة حدوث زمن الشك(التصلب) الابتدائي وتمتاز هذه الفترة بالقدرة على الخلط والنقل والصب وللخرسانة الطرية خواص رئيسية تتمثل بما يلي:-

اولا: قوام الخلطة الخرسانية Consistency

هو تعبير عن درجة بلل الخرسانة Degree of Wetness ويعبر عن السيولة النسبية للخرسانة اي بمعنى انه يبين النسبة بين كمية ماء الخلط وكمية المواد الجافة بالخرسانة ،وتكون الخرسانة اما جافة القوام Dry او صلبة القوام Stiff او لدنة القوام Plastic اومبتلة القوام Wet او رخوة القوام Sloppy. والغرض اساسي هو ضمان الحصول على قابلية تشغيل تتناسب مع مختلف الاعمال الخرسانية وقد حددت ذلك المواصفات القياسية الربيطانية (B.S.1881 part 125:1986). (Neville, 1995).

ثانيا : قابلية التشغيل Workability

هي الخاصية التي تبين السهولة التي يمكن بها صب ومناولة الخلطة الخرسانية وتبين درجة تجانسها ومقاومتها للانفصال الحبيبي،وقابلية التشغيل المطلوبة تعتمد بدرجة كبيرة على طرق الرص Compacting المتوفرة ،ويمكن تعريف قابلية التشغيل ايضا بأنها كمية الشغل الداخلي النافع واللازم للحصول على رص متكامل للخرسانة الطرية. (الخلف وأخرون، 1984) ، والعوامل المؤثرة على قابلية التشغيل هي :- (امام، 2002)

1. الركام : من حيث المقاس وشكل الحبيبات وحالة السطح والمسامية والمقاس الاعتباري الاكبر.
2. الاسمنت :من حيث نوعه ونعومته و خواص العجينة (نسبة الركام الى الاسمنت A/C).
3. الماء: في الخلطات الفقيرة بالاسمنت لاتؤثر زيادة الماء على قابلية التشغيل عكس ما للخلطات الغنية فأن الزيادة للماء لها تأثير كبير وحساس لقابلية التشغيل.
4. نسبة الماء الى الاسمنت W/C : تقليل النسبة تعطي خرسانة جافة وزيادة هذه النسبة ينتج عنها خرسانة لها درجة تشغيلية افضل ولكن الزيادة الكبيرة في نسبة الماء ينتج عنه خرسانة ذات قابلية تشغيل ردئية نتيجة السيولة.
5. الاضافات :تعمل الاضافات على تحسين درجة تشغيل للخرسانة بدرجات متفاوتة ومن اهم المضافات الملدنات و الملدنات الفائقة ولنسبة (1-3)% من وزن الاسمنت ، اومواد تعمل على تشحيم الخلطة مثل بودرة الحجر الجيري. او مواد جيلاتينية تضاف الى الخلطة.
6. الهواء المحبوس : يعمل الهواء المحبوس في الخرسانة على تحسين قابلية التشغيل اذا كانت نسبته(3-7)% من وزن الاسمنت.

ثالثا : الانفصال الحبيبي Segregation

هو انفصال مكونات اي خليط غير متجانس بحيث يصبح التوزيع لمكونات الخلطة غير منتظم و يوجد نوعان منه :

1. انفصال الحبيبات الكبيرة من الركام نتيجة لكونها اكثر ترسبا ويحدث في الخلطات الجافة جدا والفقيرة من الاسمنت.
2. انفصال الاسمنت ويحدث ذلك في الخلطات المبتلة جدا.

يتطلب تصميم الخلطة الخرسانية وضبط مكوناتها عن طريق زيادة المواد الناعمة وتقليل نسبة w/c مما يؤدي لزيادة التماسك للخلطة واستعمال الاضافات لتقليل ماء الخلط واضافات تحسين اللزوجة مع مراعاة عملية صناعة الخرسانة من خلط ونقل وصب.(Neville, 1995)

رابعا : النضح Bleeding

هو تكون طبقة من الماء على سطح الخرسانة المصبوبة حديثا" بعد دمكها وتسويتها ، ويعود الى الاسباب التالية :- (امام، 2002)

1. احتواء الطبقة العليا على نسبة عالية من الماء مما يسبب وجود فراغات في تلك الطبقة نتيجة التبخر و بالتالي ضعف مقاومة الخرسانة

2.عند صعود الماء الى الاعلى قد يحمل معه جزئيات ناعمة من الاسمنت تكون طبقة هشة على السطح بعد تبخر الماء وجفافه لذلك يلزم ازالة هذه الطبقة قبل الاستمرار بالصب.

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

يمكن تلافي ذلك يجب استعمال كمية ماء خلط مناسبة وعدم استعمال خلطات مبتلة جدا او بها نسبة قليلة من المواد الناعمة مثل الاسمنت والرمل كما ان استخدام نسبة من المضافات الملدنة في الخلطة يؤدي الى تحسين خواص الخرسانة ويعمل على تقليل ماء الخلط وتلاشي ظاهرة النضح.

2.4.1.2: الخرسانة الخضراء Green concrete

هي الخرسانة المتكونة في الفترة من بداية تجمد (شك) الاسمنت وحتى بداية تصلد الخرسانة او في حدود (24) ساعة وفي هذه المرحلة لايسمح للخرسانة بالخلط والنقل والصب لأنها تكون قد شكت كما انها لاتقوى على تحمل اي نوع من الاجهادات.(امام، 2002)

3.4.1.2: الخرسانة المتصلدة Hardened Concrete

تبدأ هذه المرحلة بتصلد الخرسانة عند عمر (24) ساعة وحتى نهاية عمرها الافتراضي وتمتاز هذه المرحلة بزيادة المقاومة الرئيسية للخرسانة (مقاومة الانضغاط) وقدرتها على مقاومة الاحمال بمرور الزمن ومقاومة الخرسانة ناتجة عن مقاومة الملاط Mortar وعلى قوة التلاصق بين الملاط والركام الخشن وعلى مقاومة حبيبات الركام الخشن للاجهادات المسلطة. ومن اهم خواص المرحلة هذه:-

اولا : مقاومة الانضغاط Compressive Strength

هي اهم خاصية للخرسانة واعتبارها الام لباقي الخواص والمقاومات الاخرى (امام، 2002) وتعتمد على :-

أ. المواد المكونة ونسب الخلطة

1. الاسمنت : هو المكون الرئيسي الذي تتوقف عليه المقاومة و أهم العوامل المؤثرة في الاسمنت هي كميته ونعومته وتركيبه الكيميائي.
2. تأثير الركام: تتوقف المقاومة على مدى التماسك بين العجينة الاسمنتية والركام ، ومن العوامل الرئيسية للركام هي نوع الركام وشكله ونعومته ومساحته السطحية وطبيعة السطح الخارجي .
3. ماء الخلط: تأثير نسبة w/c تؤثر على مقاومة الخرسانة وديمومتها وعموما فأن تقليل الماء لدرجة معينة هو اساس الحصول على الخرسانة عالية المقاومة او عالية الاداء .

ب. تأثير العمر والمعالجة Curing

تزداد مقاومة الخرسانة مع تقدم العمر لكن الزيادة وبدرجة كبيرة تتوقف على الظروف المحيطة بها وكذلك على ظروف المعالجة من حيث مدة المعالجة ودرجتي الرطوبة

والحرارة.والخرسانة المعالجة تحت الماء مقاومتها اعلى من تلك المعالجة في الهواء لان تعرض الخرسانة لدورات الجفاف يقيد عملية الاماهة وربما يوقفها ومن ثم تتوقف الزيادة في المقاومة .

ثانيا : مقاومة الشد Tensile strength

تتحمل الخرسانة العادية المتصلدة مقاومة ضغط بدرجة كبيرة واما بالنسبة لمقاومة الشد سواء المباشر وغير المباشر فأنها تعتبر ضعيفة مقارنة بمقاومة الانضغاط ويرجع ذلك لسبب كون الخرسانة مادة قاصفة ويعود السبب ان معظم الشقوق ناتجة عن ضعف مقاومة الشد في الخرسانة ، وتتراوح مقاومة الشد للخرسانة بنسبة(7-14)% من مقاومة الانضغاط وتختلف النسبة هذه تبعا" الى عمر الخرسانة ورتبة الخرسانة (مقاومتها للانضغاط) و يلاحظ كلما زادت مقاومة الانضغاط قلت الزيادة النسبية لمقاومة الشد.(امام، 2002)

ثالثا : مقاومة الانحناء Bending strength

هي ما تحدث عند تعرض كمرة او عتبة خرسانية للانحناء فيمكن حساب مقاومة الانحناء والتي تعتبر مقياسا لمقاومة الشد الغير المباشر او يسمى معاير الكسر او معامل التصدع في الانحناء Modulus of Rupture تزيد مقاومة الانحناء عن مقاومة الشد بنسبة (60-100)% وعموما تؤخذ مقاومة الشد 60% من قيمة مقاومة الانحناء،ومن ذلك فأن مقاومة الانحناء تزيد عن مقاومة الشد البرازيلي بحوالي 40%.(امام،2002) ، واكثرالمنشات الخرسانية الاعتيادية عرضة للانحناء هي بلاطات (Slabs) الطرق ومدارج الطائرات .(الخلف وأخرون، 1984).

رابعا : مقاومة القص Shear strength

مقاومة الخرسانة للقص اعلى من مقاومتها للشد واقل من مقاومة الانضغاط ولا يمكن تعيين مقاومة القص في حالة الخرسانة بقيمة صحيحة تماما نظرا لان قوى القص المباشرهي قوتين متساويتين ومتوازيتين تؤثران على مستويين على مسافة صغيرة جدا من بعضهما وتكون دائما مصحوبة بعزم انحناء ويكون كسر العينة المختبرة بتأثير اجهادات الشد الضلعي (Diagonal Tension) نظرا لضعف الخرسانة في الشد عنها في القص ،وتكون مقاومةالقص في الخرسانة اكبر من مقاومتها للشد بحوالـــي(20-30)% وتقدر بحوالي (10-20) % من مقاومة الضغط، بينما اظهرت نتائج اختبارات اخرى قيمة مقاومة القص تتراوح (50-60)% من مقاومة الانضغاط. (العريان وأخرون، 1975)

خامسا : مقاومة التماسك Bond strength

هي مقاومة الخرسانة لانزلاق سيخ التسليح الملتصق بها والموجود بداخلها ويعتبر تماسك اسياخ الحديد مع الخرسانة ، وتعتمد مقاومة التماسك على خواص الخرسانة وخواص الحديد وعلى مساحة التلامس بينهما ،وتكون مقاومة التماسك للاسياخ ذات النتوءات اكبر من الاسياخ الملساء هو اساس فكرة التصميم الانشائي للاعضاء الانشائية من الخرسانة المسلحة. (امام، 2002)، ويتم هذا التماسك بواسطة:

1. الالتصاق مع الخرسانة Adhesion
2. قوى الاحتكاك بين السيخ والخرسانة Friction
3. التحميل على النتوءات البارزة في الاسياخ Bearing

سادسا : مقاومة الجهد او الكلل Fatigue strength

هي ما تتعرض الخرسانة الى التعرض لدورات احمال متكررة وعندما تفشل تحت تأثير هذه الاحمال المكررة يقال ان الفشل حدث بسبب الجهد ويعبر اعتياديا عن نتائج الاختبارات الجهد بعلاقة بيانية بين الاجهاد وعدد دورات تسليط الحمل التي تؤدي الى الفشل .(الخلف وأخرون، 1984م).