وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني الموصل
قسـم التقنيات المدنية
فرع البناء والانشاءات
المرحلة الثانية

تقنية الخرسانة (1)

د. سعيد خلف رجب

الخرسانة
CONCRETE

الخرسانة:

الخرسانة كتلة غير متجانسة متكونة من خليط السمنت والرمل والحصى بالماء ويعتبر السمنت المادة الفعالة في هذا الخليط اذا انه يتفاعل فيزياويا وكيمياويا مع الماء مكونة المادة اللاصقة ثم يكون كتلة صلبة مشابه للصخور الطبيعية المقاومة للظروف الجوية.
يطلق تعبير الخرسانة الطرية (Fresh Concrete) على الخرسانة المخلوطة حديثا والتي لم تتماسك بعد, وهذه الخرسانة تفقد لدونتها بصورة تدريجية, وعندما تتماسك تماما, تعرف بالخرسانة الخضراء (Green Concrete). ولكن عند تجاوزها هذه المرحلة ودخولها في مرحلة التصلب, أي اكتساب المقاومة, بحيث تستطيع أن تتحمل الأثقال المؤثرة على المنشأ, تعرف عندئذ بالخرسانة المتصلبة (Hardened Concrete).

المجاميع (الركام) :

وهي عبارة عن الحصى والرمل المستعمل في الخرسانة وان هذه المواد هي مواد خاملة تقوم بالوظائف التالية:
1- ملىء الفراغات الموجودة في الخرسامة.
2- تقوم بمقاومة التغيرات الجمعية.

أسباب استعمال المجاميع :

1- مواد رخيصة الثمن.
2- مواد اولية متوفرة.
3- تكون قلب الخرسانة وتشغل حوالى 75% من جسم الخرسانة.
4- تقاوم المتغيرات الجمعية (Shrinkage, Creep).

بعض خواص الخرسانة :

1- تاخذ شكل القالب الذي تصب فيه.
2- قوة تحملها في حالة الضغط عالية.
3- قوة تحملها في حالة الشد ضعيفة.

علاقة الفراغات بقوة تحمل الخرسانة:

كلما كانت الفراغات كبيرة داخل الخرسانة من حيث الحجم والعدد والشكل ففي هذه الحالة تقلل من قوة التحمل وذلك لانها تقلل من كثافة الخرسانة وبالتالي تؤدي الى حصول ضعف الخرسانة.

مصطلحات علمية:

* تتكون عجينة الاسمنت من خلط الاسمنت مع الماء:

Cement Paste → Cement + Water

* يتكون الملاط (القيمة, المونة) من خلط الاسمنت, الماء والركام الناعم (الرمل):

Mortar → Cement + Water + Fine Aggregate

*** تتكون الخرسانة الاعتيادية من خلط الاسمنت, الماء, الركام الناعم (الرمل) والركام الخشن (الحصى):**

Normal Concrete →Cement+Water+ Fine Aggregate +Coarse Aggregate

*** تتكون الخرسانة المسلحة من خلط الاسمنت, الماء, الركام الناعم (الرمل),الركام الخشن (الحصى) وحديد التسليح:**

Reinforced Concrete → Cement + Water + Fine Aggregate + Coarse Aggregate + Steel Bars

أنواع من الخرسانة:

من أشهر أنواع الخرسانة:-

1- الخرسانة الاعتيادية: (Plain Concrete)
وتستعمل بشكل كبير في البناء مثل التبليط والسدود والساحات, الخ

2- الخرسانة المسلحة: (Reinforced Concrete)
هذا النوع شائع الاستعمال في البناء للسقوف والجسور والأعمدة والأسس وفي كل مكان يتطلب قوى عالية للشد والضغط.

3- الخرسانة المسبقة الجهد: (Pre-Stressed Concrete)
يستفاد منها في شتى المجالات كالجسور والملاعب ومن ميزاتها استخدام سمك اقل وحجم اقل من الخرسانة وبقوة تضاهي قوة الخرسانة المسلحة. أما بالنسبة لقوة الشد فتكون عالية جدا ويتطلب هذا النوع من الخرسانة إلى أيدي ماهرة وطرق فنية خاصة لإنتاجه.

4- خرسانة البناء الجاهز: (Pre-Fabricated Concrete)
يتم توفير مفردات البناء من الخرسانة المسلحة في المعامل وتجهيز المواقع بها لربطها.

5- خرسانة الصب ألموقعي: (Cast In Situ Concrete)
هي الخرسانة التي تخلط داخل موقع المشروع, حيث يتم تحضير كافة مواد الخرسانة من الاسمنت, الماء, الركام الناعم والركام الخشن داخل الموقع.

6- الخرسانة الجاهزة الخلط: (Ready Mixed Concrete)

هي الخرسانة التي تخلط داخل مصنع مركزي (خلاطة مركزية) ثم تنقل إلى موقع العمل بواسطة شاحنات خلاطة أو شاحنات رجاجة. تستعمل الشاحنات الرجاجة عندما تخلط الخرسانة خلط كامل داخل المصنع المركزي, بينما تستعمل الشاحنات الخلاطة عندما تخلط الخرسانة خلط جزئي داخل المصنع المركزي أو تخلط خلط كامل داخل الشاحنات الخلاطة نفسها.

خواص الخرسانة :

1- مقاومة العوامل الجوية.
2- مقاومة الضغط الناتج عن الاحمال المصممة.
3- تتحمل مرور الزمن.
4- تتحمل الاختلاف في درجات الحرارة بين الليل والنهار والشتاء والصيف.
5- تكون غير نفاذة في بعض المنشاءات مثل السدود.

6- تكون ذات قوة في تحمل عالية في حالة الضغط وتقاوم التأكل بفعل المواد الموجودة في التربة كما في الاسس.
7- تكون مقاومة الى فعل الاملاح والرج كما في المنشأءات البحرية.
8- تكون مقاومة الى التفاعلات الكيمياوية كما في بعض المنشاءات مثل المخازن.

مكونات الخرسانة :-

تتكون الخرسانة من المواد الرئيسية التالية :-

1- السمنت (cement) 200- 500 kg/m^3.
2- الركام (Aggregate) ويكون بنسبة (60 – 80) %.
ويشمل نوعين من الركام وحسب نسب الخلط وهي :-
أ- الركام الناعم Fine Aggregate.
ب- الركام الخشن Coarse Aggregate.
3- الماء (Water) ويكون بنسبة 40 % -- 60 % من وزن السمنت (W / C).
4- المضافات (Admixtures) وتستعمل في بعض الخلطات بنسبة مئوية من وزن الماء أو وزن السمنت .

نسب خلط الخرسانة :-

هناك خلطات خرسانية كثيرة قد تكون متداولة او تصصم لمشروع معين وحسب ظروف المشروع والمقاومة المطلوبة و نذكر منها (3) خلطات رئيسية شائعة في العراق وهي :-

نسب الخلط حصى : رمل : سمنت	الاستعمالات
1:1.5:3	في الاعمال التي تتطلب مقاومة عالية كالأعمدة والجسور
1:2:4	في معظم الاعمال الانشائية ذات التحمل المعتدل
1:3:6	في الأعمال التي تتطلب مقاومة منخفضة كالارضيات

خواص الخرسانة:-

للخرسانة خصائص كثيرة تمتاز بها عن المواد الاخرى فهي تأخذ شكل صلد ومتين مع الزمن تدريجياً وتبدأ بالتماسك الابتدائي وتنتهي بالتماسك النهائي وتمتاز الخرسانة بكونها شديدة المقاومة للضغط (Compression) ولكنه في نفس الوقت ضعيفة جداً في مقاومتها للشد (Tension) لذلك فالخرسانة (غير المسلحة) لاتستخدم في الاماكن التي تحدث فيها اجهادات شد مثل الجسور او العتبات وللتغلب على هذه المشكلة يوضع الحديد وهو مقاوم ممتاز لقوى الشد لذلك نجد أن مركباً خليطاً من الخرسانة والحديد يعطي مادة مثالية لمقاومة الاجهادات المختلفة المؤثرة عليها وهذا المركب يعرف بأسم الخرسانة المسلحة (Reinforced Concrete).
وتعد مقاومة الضغط من اهم خواص الخرسانة المتصلبة وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها ومقاومة الضغط هي المقاومة الام للخرسانة حيث أن معظم الخواص الاخرى والمقاومات الاخرى مثل الشد والانحناء والقص والتماسك مع حديد التسليح تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الضغط وتتراوح مقاومة الضغط للمنشاءات التقليدية بين (25 – 35) MPa .

* Compressive Strength : مقاومة الانضغاط ويرمز لها بالرمز(σ_c) ووحدتها MPa (N/mm^2) أو (kg/cm^2) وتتراوح قيمتها للخرسانة الاعتيادية بين(15- 50) MPa وللخرسانة العالية المقاومة تتراوح بين (50- 200) MPa .
* Tensile Strength : مقاومة الشد ويرمز لها بـ (σ_t) وتتراوح بين 8 – 11 % من مقاومة انضغاط الخرسانة وتستخدم النسبة (10 %)عادة لحساب مقاومة الشد نسبة الى مقاومة الانضغاط .

السمنت

تعريف السمنت :-

هي مادة انشائية تمتلك خواص تماسكية وتلاصقية بوجود الماء تعمل على ربط مكونات الخرسانة مع بعضها البعض ومع حديد التسليح كما تعمل على ربط المواد الانشائية كالحجارة والكتل الخرسانية .

اكتشاف السمنت :-

تم اكتشاف السمنت البورتلاندي الاعتيادي عام 1824 م من قبل العالم (جوزيف اسبيدن) حيث قام بحرق خليط من الطين والحجر الجيري وطحنه وتحويله الى مسحوق ناعم سمي بالسمنت الهيدروليكي لتفاعله مع الماء وتصلده وقد سميت المادة بالسمنت البورتلاندي نسبة الى المنطقة التي جلبت منها المواد الخام الداخلة في صناعة السمنت وهي جزيرة (بورتلاند) البريطانية .

صناعة السمنت :-

بشكل عام تتم عملية صناعة السمنت من خليط من الحجر الجيري بنسبة (75%) والطين بنسبة (25%) يضاف اليها في أغلب الاحيان اوكسيد الحديد (مواد خام الحديد) او اوكسيد السليكون (الرمل) او اوكسيد الالمنيوم (البوكسيت) اذا كان الطين المستعمل يحتوي على نسب ضعيفة من أحد هذه المواد.

وتتم عملية صناعة السمنت بالمراحل الرئيسية التالية :-

1- مزج المواد الاولية بشكل متجانس وبنسب معينة .
2- طحن المواد الاولية وتكسيرها الى حبيبات بحجم ما بين (10- 50) ملم .
3- تسخين المزيج في فرن دوار الى درجة حرارة تقريبا (1500) م حيث تنصهر المواد مكونة حبيبات كروية تدعى بالكلنكر (Clinker) .
4- يبرد الكلنكر بامراره في مبردات خاصة .
5- يطحن الكلنكر بعد اضافة نسبة من الجبس اليه (أقل من 5%) ويتحول الى مسحوق ناعم يدعى السمنت.

هناك طريقتان لصناعة السمنت هما :-

1- الطريقة الرطبة:
تستعمل هذه الطريقة عندما تكون نسبة الرطوبة في المواد الخام عالية حيث يتم طحن و مزج المواد الخام بوجود الماء بنسبة حوالي 40 % .

2- الطريقة الجافة:
تستعمل هذه الطريقة عندما تكون المواد الخام صلدة بحيث لاتتفت بالماء وهي طريقة حديثة ويتم طحن ومزج المواد الاولية بحالتها الجافة .

مراحل تحول المواد الاولية الى السمنت:
في جميع طرق تصنيع السمنت تمر المواد الاولية بالمراحل الثلاثة التالية :-

أ - مرحلة تحول المادة الكلسية ($CaCo_3$) الى اوكسيد الكالسيوم (CaO) في درجة حرارة 950 م°.
ب - ذوبان المواد الرئيسية؛ اكاسيد الكالسيوم والسليكون والالمنيوم والحديد في درجة حرارة بين (1250 - 1350) م° وانصهارها.
جـ - مرحلة تكوين مواد جديدة من تداخل المواد المنصهرة بعد درجة 1350 م° تقريباً وهي عبارة عن:-
1- سليكات الكالسيوم الثلاثية (C_3S)
2- سليكات الكالسيوم الثناثية (C_2S)

3- الومينات الكالسيوم الثلاثية (C_3A)
4- الومينات الكالسيوم الحديدية (C_4AF)

مقارنة بين صناعة السمنت بالطريقة الجافة والطريقة الرطبة:

الطريقة الجافة	الطريقة الرطبة
1- تكون المواد الخام جافة 2- حجم الفرن صغير 3- كمية الوقود تكون اقل اي تكون اقتصادية 4- يصعب الحصول على مواد متجانسة عند الخلط 5- يفضل استعمالها في البلدان الباردة 6- طريقة حديثة ومفضلة حالياً	1- تكون المواد الخام رطبة 2- حجم الفرن كبير 3- كمية الوقود تكون اكثر اي تكون غير اقتصادية 4- يمكن الحصول على مواد متجانسة عند الخلط 5- يفضل استعمالها في البلدان الحارة 6- طريقة قديمة وغير مفضلة حالياً

الخواص الكيمياوية للسمنت:

التركيب الكيمياوي للسمنت :

يتكون السمنت من المركبات الرئيسية التالية :-

1- سليكات الكالسيوم الثلاثية (C_3S)
ويرمز له ب(C_3S) ---------- $3Cao.Sio_2$

وهي مسؤولة عن اعطاء القوة في الايام الـ 28 الاولى من عمر الخرسانة .

2- سليكات الكالسيوم الثنائية (C_2S)
ويرمز له ب(C_2S) ---------- $2\ Cao.Sio_2$

وتقوم بأغلاق الشقوق الشعرية في الخرسانة وكذلك تزيد من مقاومة شد الخرسانة .

3- الومينات الكالسيوم الثلاثية (C_3A)
ويرمز له بـ (C_3A) ---------- $3Cao.AL_2O_3$

وتتفاعل مع الماء بسرعة عند الخلط حيث تطلق حرارة عالية وتعطي القوة للخرسانة في اليوم الاول ولاتؤثر على القوة النهائية للخرسانة .

4 - الومينات الكالسيوم الحديدية (C_4AF)
ويرمز له بـ (C_4AF) ---------- $4Cao.AL_2O_3.Fe_2O_3$

وهي تتفاعل في الايام الاولى وتعطي حرارة عاليـة لكنها ابطأ من الومينـات الكالسيوم الثلاثية ويعتبر العنصرالاكثر خمولاً من بين العناصر الاربعة السابقة .

5- مركبات ثانوية على شكل اكاسيد البوتاسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والقلويات.

وتتحكم نسب هذه المركبات في خواص السمنت ونوعه ويمكن السيطرة عليها بتحديد نسب مزج المواد الاولية الداخلة في صناعة السمنت.

الانواع الرئيسية للسمنت:

بالامكان اختيار نسب مختلفة من المواد الاولية اثناء صناعة السمنت لغرض الحصول على خواص مختلفة وحسب الحاجة حيث تتغير خواص السمنت اثنأء التميؤ بتغيير :-

أ- التركيب الكيمياوي للسمنت .

ب- درجة نعومة السمنت .

عموماً يمكن تصنيف السمنت البورتلاندي الى الانواع الرئيسية الخمسة التالية :-

1- السمنت البورتلاندي الاعتيادي (Type 1):

يستعمل هذا النوع في معظم المنشآت الخرسانية غير المعرضة لظروف قاسية كأملاح الكبريتات الموجودة في المياه الجوفية ويتم استعماله في حوالي 90 % من الاعمال الخرسانية .

2- السمنت البورتلاندي المعدل (Type 2):

يطلق هذا النوع حرارة اقل اثناء التميؤ ويتفاعل بشكل ابطأ تكون مقاومته افضل لتأثير الاملاح الكبريتية حيث يستعمل في المنشآت التي تكون كبيرة كدعامات الجسور والجدران الساندة الضخمة وكذلك في الاماكن المعرضة لتأثيرات الاملاح كمنشات البزل. يتكون السمنت البورتلاندي المعدل من 40 % من السمنت البورتلاندي الاعتيادي + 60 % من السمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة .

3- السمنت البورتلاندي سريع التصلب (Type 3):

ان مقاومة هذا النوع من السمنت لثلاث ايام تعادل مقاومة السمنت البورتلاندي الاعتيادي بعمر 7 يوم وتحصل هذه الزيادة في معدل اكتساب المقاومة بزيادة نسبة المركب (C_3S) في السمنت وزيادة نعومته .
يستعمل هذا النوع من السمنت عندما يراد الحصول على مقاومة مبكرة عالية لغرض رفع القوالب بسرعة او في معامل الكتل الجاهزة او في الاماكن التي لايمكن غلقها لفترة طويلة أو لغرض إجراء التصليحات المستعجلة .

4- السمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة (Type 4):

يستعمل هذا النوع في الكتل الخرسانية الضخمة كالسدود ويحتوي على نسبة اقل من المركبين (C_3A & C_3S) ونسبة اعلى من المركب (C_2S) مقارنة مع السمنت الاعتيادي وتكتمل مقاومة هذا النوع من السمنت بعمر (3) أشهر .

5- السمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات (Type 5):

يستعمل هذا السمنت في المنشآت الخرسانية المعرضة للتأثيرات الشديدة للأملاح كالمناطق الملامسة للتربة والمياه الجوفية وكذلك يستخدم في الموانئ والمنشآت المائية .

انواع اخرى من السمنت:

السمنت البورتلاندى الابيض :-

يصنع السمنت البورتلاندي الابيض بنفس طريقة السمنت الاعتيادي عدا أن الطين المستخدم في صناعته يحتوي على نسب قليلة من خامات الحديد والمغنيسيوم حيث أنها المسوؤلة عن أعطاء اللون الرمادي للسمنت وتحتاج صناعته الى درجات حرارة أعلى وكلفة طحن عالية ايضاً لذلك فأن كلفة صناعته تفوق كلفة صناعة السمنت البورتلاندي الاعتيادي .

السمنت الطبيعي :-

تطلق هذه التسمية على السمنت الذي نحصل عليه بمعالجة الصخور السمنتية الطبيعية بالحرارة والطحن ويمتاز بأحتوائه عل نسب قليلة من المركب (C_3S) لذلك يكون بطئ التصلب ويمتاز هذا النوع بكون استعمالاته قليلة لعدم التمكن من اجراء التعديلات على مكونات الخلط اثناء صناعته ولامتلاكه مقاومة بطيئة وقليلة نسبياً .

السمنت التمددي :-

يستعمل هذا النوع من السمنت عند الحاجة الى سمنت لايتغير حجمه بسبب الانكماش اثناء جفافه في الاعمار المبكرة ويتكون من (السمنت الاعتيادي + عامل تمددي + مثبت) وعادة يحصل التمدد عندما تكون الخرسانة رطبة لذلك فأن الخرسانة المصنعة من هذا السمنت تحتاج الى عناية وسيطرة عالية على المعالجة .

السمنت الألومينى :-

يتميز السمنت الالومينى (العالي الالومينيا) بلونه الغامق وسرعة تصلبه وتوليده لكميات كبيرة من الحرارة اثناء التميؤوكذلك يمتاز بمقاومته لتأثير المواد الكيمياوية .

يختلف السمنت الالومينى عن السمنت الاعتيادي بأنه غني بالألومينيا وبأحتوائه على نسبة أقل من أكاسيد الكالسيوم ويستعمل في الاجواء الباردة وعند الرغبة في الحصول على مقاومة مبكرة عالية وفي المنشآت البحرية .

يمتاز السمنت الالومينى بأن (80 %) من مقاومتة تتكون بعمر (24) ساعة ولايجوز استعماله في الاجواء الحارة وفي الكتل الخرسانية بسبب حرارة الاماهة الكبيرة المنبعثة من تفاعله مع الماء.

لقد اوقف انتاجه في اوربا بسبب النقصان في مقاومته بمرور الزمن وحصول انهيارات في الأبنية المستخدمة فيها .

السمنت سريع التصلب الممتاز:

يتم صناعة هذا النوع من السمنت من اضافة نسبة 2% (من مسحوق كلوريد الكالسيوم) الى السمنت سريع التصلب وبذلك تزداد سرعة عملية التماسك ويكون من الضروري صب الخرسانة المصنوعة منه خلال 20 دقيقة من الخلط كما ويجب حفظ السمنت في منطقة جافة لمنعه من التلف وعادة يستعمل هذا النوع من السمنت في الاجواء الباردة .

جدول يبين مركبات الانواع المختلفة من الاسمنت طبقا للمواصفات الامريكية

نوع الاسمنت	مركبات الاسمنت بالنسبة المئوية (%)			
	سليكات ثلاثي الكالسيوم (C_3S)	سليكات ثنائي الكالسيوم (C_2S)	ألومينات ثلاثي الكالسيوم (C_3A)	حديد ألومينات رباعي الكالسيوم (C_4AF)
نوع 1	55	19	10	7
نوع 2	51	24	6	11
نوع 3	56	19	10	7
نوع 4	28	49	4	12
نوع 5	28	42	4	9

الخواص الفيزياوية للسمنت:

هناك عدة خواص فيزياوية للسمنت منها :-

1- الوزن النوعي للسمنت.
2- نعومة السمنت .
3- القوام القياسي للسمنت .
4- التماسك الابتدائي والنهائي للسمنت.
5- فقدان وزن ألسمنت بالاحتراق.
6- ثبات السمنت .
7- حرارة الاماهة للسمنت .

الوزن النوعي للسمنت :-

هو نسبة بين وزن حجم معين من السمنت الى وزن نفس الحجم من الماء المقطر بدرجة حرارة 20 م° . يتراوح الوزن النوعي للسمنت بين (2.9 - 3.2) وتحدد باستخدام البكنوميتر و يستخدم الكيروسين بدل الماء لايجاد الوزن النوعي للسمنت وذلك لعدم تفاعله مع السمنت .

لايعتبرالوزن النوعي للسمنت دليل على نوعيته ويستعمل في :-

أ- حسابات تصميم الخلطات الخرسانية .
ب- تحديد وزن كميات المواد للخلطات الخرسانية .

نعومة السمنت :-

تبدأ عملية الاماهة (Hydration) عند سطح حبيبات السمنت فالمساحة السطحية للحبيبات تمثل المادة المتوفرة لهذه العملية وكلما أزدادت نعومة السمنت تزداد مساحته السطحية لذا فأن نعومة السمنت مفيدة للاغراض التالية :-

1- نعومة السمنت تزيد من سرعة اماهته وتقلل من زمن تماسكه .
2- تكون النعومة ضرورية لزيادة سرعة الحصول على المقاومة .
3- المسحوق الناعم يقوم بتغطية سطوح حبيبات الركام بصورة متكاملة .
4- تؤدي النعومة الى تحسين قابلية تشغيل الخرسانة .
5- النعومة تقلل من حدوث ظاهرة النضح (Bleeding) .

ويجب السيطرة على درجة نعومة السمنت بدقة وعناية حيث ان للنعومة العالية جداً اضرار اهمها:-

1- تكون كلفة الطحن عالية .
2- السمنت الناعم اكثر تضرراً عند التعرض للجو .
3- السمنت الناعم يتفاعل بشكل اكبر مع الركام الذي يتفاعل مع القلويات الموجودة في السمنت.
4- العجينة السمنتية تبدي أنكماشاً اعلى مما يجعلها اكثر عرضة للتشققات .
5- يزداد محتوى الماء المطلوب لعمل عجينة السمنت .

طرق قياس نعومة السمنت :-

هناك طريقتان لقياس نعومة السمنت وهي :-

1- طريقة المناخل (Sieve Method).
2- طريق المساحة السطحية (Specific Surface Method).

1- طريقة المناخل (Sieve Method) :-

في هذه الطريقة يتم ايجاد نسبة الوزن المتبقي على منخل معين الى الوزن الكلي للنموذج ويختلف قياس المنخل حسب المواصفات القياسية المعتمدة .

أ- حسب المواصفات البريطانية يستعمل منخل رقم 170 قياس 90 مايكرون وهذه النسب المتبقية تكون :-

1- للسمنت البورتلاندي الاعتيادي $\geq$ 10%
2- للسمنت البورتلاندي سريع التصلب $\geq$ 5%

ب- حسب المواصفات الامريكية يستعمل منخل رقم 200 قياس 75 مايكرون وهذه النسب المتبقية تكون :-
للسمنت البورتلاندي الاعتيادي ≥ 22%

لايفضل استخدام هذه الطريقة حالياً كما أنها قد أهملت في بعض الدول للاسباب التالية :-

- لاتعطي فكرة عن نعومة وحجم الحبيبات العابرة من المناخل .
- لانسداد فتحات شبكة المناخل .

2- **طريقة ايجاد المساحة السطحية (Specific Surface Method):**

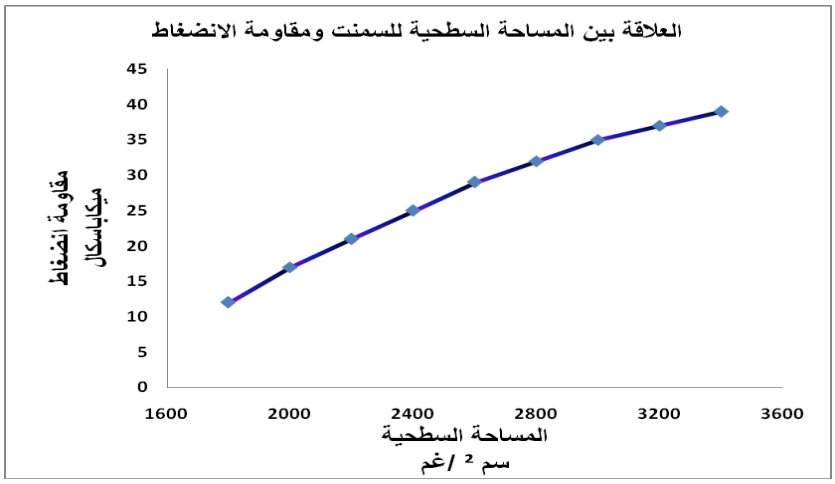
تعتبر المساحة السطحية للسمنت من اهم خواصها الفيزياوية حيث تحدد مدى نعومته وبقدر مايكون السمنت مطحوناً بقدر ماتكون المساحة السطحية اكبر .
ويتم في هذه الطريقة ايجاد المساحة السطحية لحبيبات السمنت بـ (سم²/غم) من السمنت وهناك ثلاث طرق رئيسية لذلك وهي :-

- **طريقة (Wagner) الامريكية:**
  يتم في هذه الطريقة امرار اشعة ضوئية خلال محلول حبيبات السمنت والكيروسين حيث تقاس درجة تعكر المحلول ويعتبر قياس للمساحة السطحية للحبيبات .

- **طريقة نفاذية الهواء لـ (Lea and Nurse) البريطانية:**
  تعتمد هذه الطريقة على العلاقة بين انسياب الهواء خلال طبقة معدة من السمنت والمساحة السطحية لوحدة الوزن لهذه الطبقة حيث تقاس المساحة السطحية بقياس نفاذية طبقة السمنت .

- **طريقة نفاذية الهواء لـ (Blaine) الامريكية:**
  ويتم فيها قياس الوقت اللازم لمرور كمية محددة من الهواء خلال طبقة معدة من السمنت ذات مسامية معينة ومن خلال هذا الوقت يتم حساب المساحة السطحية .

وقد حددت المواصفات البريطانية المساحة السطحية للسمنت بطريقة (Lea and Nurse) كما يلي :-
السمنت البورتلاندي الاعتيادي ≥ 2250 سم²/غم
السمنت سريع التصلب ≥ 3250 سم²/غم



شكل يوضح العلاقة بين المساحة السطحية للسمنت (النعومة) ومقاومة انضغاط الخرسانة

القوام القياسي للسمنت :-

أن تحديد القوام القياسي للسمنت يعني تحديد كمية الماء القياسية اللازمة لأعطاء قوام جيد لعجينة السمنت وتقاس بالنسبة المئوية للماء اللازم لتكوين عجينة تسمح للطرف الاسطواني من جهاز فايكات بألنفاذ داخل عجينة السمنت لمسافة 6 ± 1 ملم من قاع قالب فايكات عند فحص السمنت. حدود القوام القياسي 26 % - 34%.

التماسك الابتدائي والنهائي لعجينة ألسمنت :

عند خلط الماء والسمنت تتكون عجينة السمنت وهذه العجينة تفقد لدونتها تدريجياً بمرور الزمن وعندما تفقد لدونتها تماماً بحيث تستطيع ان تتحمل ضغطاً يقال انها تماسكت .

ويحصل التماسك على مرحلتين :-

1- التماسك الابتدائي Initial setting .
2- التماسك النهائي Final setting .

ان زمن التماسك الابتدائي يشير الى بداية تماسك عجينة السمنت اما زمن التماسك النهائي فيشير الى بداية فترة التصلب واكتساب المقاومة.

تكمن اهمية معرفة وقت التماسك في الاعمال الخرسانية في ضرورة بقاء الكتلة الحديثة الخلط في حالة لدنة لفترة كافية لاتمام عملية النقل والصب والرص تحت ظروف العمل في بعض الاعمال وفي اعمال اخرى فان من الناحية الاقتصادية ان تتصلب الخرسانة وتكتسب مقاومة في فترة زمنية معقولة بعد صبها.

قياس زمن التماسك :-

يقاس زمن التماسك الابتدائي والنهائي لعجينة السمنت باستخدام عجينة السمنت ذات القوام القياسي وباستعمال جهاز فايكات (Vicat apparatus).

المواصفات القياسية العراقية لزمن التماسك للسمنت الاعتيادي :-

زمن التماسك الابتدائي ≤ 45 دقيقة .
زمن التماسك النهائي ≥ 10 ساعات .
ويمكن حساب زمن التماسك النهائي من معرفة زمن التماسك الابتدائي كما يلي :-
زمن التماسك النهائي = (زمن التماسك الابتدائي بالدقيقة * 1.2) + 90 دقيقة

العوامل المؤثرة على زمن تماسك السمنت:-

1- التركيب الكيمياوي للسمنت .
2- المحتوى المائي لعجينة السمنت .
3- نعومة السمنت .
4- درجة حرارة المحيط والرطوبة النسبية .

فقدان وزن السمنت بالاحتراق (Loss on ignition):

ان فقدان وزن السمنت البورتلاندي بالأحتراق يكون بأخذ نموذج من السمنت وحرقه الى ان يصبح احمر اللون وحساب فقدانه للوزن والدرجة الحرارية هي 1000 درجة مئوية تقريباً. ان فقدان الوزن بالاحتراق يكون دلالة على وجود تميؤ سابق للسمنت بسبب خزنه لمدة طويلة او خزنه بصورة غير صحيحة .

ان الحد الاعلى المسموح به لفقدان الوزن بالأحتراق ≤ 4 % . ويعتبر هذا الاختبارافضل طريقة للتحقيق من تاريخ صلاحية السمنت للاستعمال (Expire Date).

ثبات السمنت (Soundness):

الثبات لعجينة السمنت المتصلب هي القابلية في الحفاظ او المحافظة على الحجم بعد التصلب. ويتميز السمنت بعدم الثبات بسبب حصول التمدد في بعض مكوناته مما يؤدي الى حصول تشققات وخاصة اذا كانت العجينة مقيدة . وتشترط المواصفات ان لايزيد تمدد عجينة السمنت (عدم ثبات السمنت) عن 10 ملم .

اسباب عدم الثبات :

يحصل عدم الثبات عادة نتيجة لبطأ في عملية اماهة السمنت وتكون بسبب :-

1- وجود الجير الحر (Free Lime)
2- وجود المغنيسيا (Mgo)
3- وجود سلفات الكالسيوم.

ان عدم الثبات يظهر بعد فترة شهور من الصب فأن من الضروري فحص ثبات السمنت مبكراً .

ويمكن تقليل عدم الثبات كما يلي :-

1- تقليل كمية المغنيسيا الى اقل من 0.5 % .
2- زيادة نعومة السمنت .
3- تهوية السمنت لعدة ايام .

حرارة الاماهة للسمنت (Heat of Hydration)

حرارة الاماهة هي الحرارة الناتجة من تفاعل السمنت مع الماءوتقاس بـ (سعرة / غم). ان عملية الاماهة داخل الكتل الخرسانية الكبيرة (السدود والخزانات) تكون مصحوبة بأرتفاع كبير في درجات الحرارة والسطح الخارجي لها يفقد قسم من الحرارة لذا سينشأ انحدار شديد في درجات الحرارة بين داخل الخرسانة وخارجها وفي التبريد اللاحق تنشأ اجهادات شد عالية تسبب تشققات خطيرة في الكتل الخرسانية .
اما في الاجواء الباردة فأن انبعاث الحرارة يمنع تجمد الماء داخل المسامات الشعرية للخرسانة ومن المهم معرفة معدل سرعة انبعاث الحرارة الناتجة للانواع المختلفة من السمنت لغرض اختيار السمنت المناسب فمثلاً يستعمل السمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة في السدود والكتل الخرسانية بينما يستعمل السمنت سريع التصلب في الاجواء الباردة .

تعتمد حرارة الاماهة على العوامل التالية :-

1- التركيب الكيمياوي للسمنت .
2- نعومة السمنت .
3- درجة حرارة الجو .
4- كمية السمنت في الخلطة .

ان السمنت البورتلاندي الاعتيادي يطلق مابين (80- 100) سعرة حرارية لكل غرام من السمنت المتفاعل مع الماء .

الخواص الميكانيكية للسمنت:

أ- قوة التحمل الانضغاطية :-

تعبر قوة التحمل الانضغاطية للسمنت المتصلب من اهم الخواص اللازمة للاغراض الانشائية حيث ان قوة تحمل الخرسانة تعتمد على :-

1- مقاومة عجينة السمنت .
2- مقدار تلاصق العجينة مع حبيبات الركام .
3- مقاومة الركام.

فحص مقاومة انضغاط السمنت:

هناك طريقتان لقياس وفحص مقاومة السمنت يستعمل في احدهما المونة (سمنت ورمل) وفي الثانية الخرسانة, ولاتستعمل عجينة السمنت الصافية في الفحص للاسباب التالية :-

1- صعوبة تشكيلها في القوالب .
2- حصول تغيرات حجمية كبيرة تؤدي الى الاختلاف في نتائج الفحص .

يتم فحص مقاومة انضغاط السمنت بأستخدام مكعبات صغيرة بقياس (7) سم و (5) سم حسب المواصفات البريطانية والامريكية على التوالي وتستخدم مونة السمنت والرمل القياسي بنسبة (1:3) وبنسبة ماء (10 %) من مجموع وزني السمنت والرمل .

مواصفات الرمل القياسي .-

1- يكون من الكوارتز .
2- يكون خالي من المواد العضوية.
3- يمر من المنخل قياس (850) مايكرون ولايزيد المار منه من منخل قياس (600) مايكرون عن (10%) .

حددت المواصفات البريطانية لمقاومة انضغاط السمنت كما يلي :-

نوع السمنت	مقاومة الانضغاط بعمر 3 يوم ميكا باسكال (ن/ملم²)	مقاومة الانضغاط بعمر 7 يوم ميكا باسكال (ن/ملم²)
سمنت بورتلاندي اعتيادي	15	23
سمنت سريع التصلب	21	28
السمنت البورتلاندي المعدل	10	17
السمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات	8	15

تعتمد مقاومة انضغاط عجينة السمنت عدة عوامل منها :-

1- التركيب الكيمياوي للسمنت.
2- درجة حرق الكلنكر
3- نعومة السمنت
4- درجة تهوية السمنت

ان معدل اكتساب المقاومة يكون كبيرا في الفترة الاولى للتصلب وينقص بمرور الوقت.
تزداد مقاومة الخرسانة وكثافته بمرور الزمن نتيجة استمرار التفاعلات الكيمياوية لحبيبات السمنت وقد تمتد هذه الزيادة لعدة سنين.

ب - مقاومة الشد للسمنت :-

لا تصمم الخرسانة لمقاومة قوى الشد بسبب ضعف تحملها لاجهادات الشد وعادة يستعمل الحديد داخل الخرسانة لمقاومة قوى الشد التي تتعرض لها الاجزاء الخرسانية . ويعتبر قياس تحمل الشد للخرسانة مهماً لتحديد الحمل الذي تحصل عنده التشـققات حيث ان الشـقوق تؤثر على مقاومة الخرسانة للعوامل الجوية كما ان تحديد الشقوق مهم في المنشآت الحافظة والناقلة للسوائل.
ويمكن فحص مقاومة السمنت للشد بأستخدام مونة السمنت والرمل بنسبة (1:3) وبمحتوى مائي بقدر القوام القياسي للسمنت وتصب في قوالب بشكل ∞ ويشترط ان يكون الرمل المستعمل قياسياً هذا وتصب قوالب الفحص باسلوب قياسي وتعالج لمدة 24 ساعة اما اسلوب الفحص فيتم بطريقة تسليط شد مباشر على النموذج وذلك بسحبه من الطرفين من خلال فكين يمسكان بالنهايات العريضة للنموذج وتحدد المواصفات البريطانية الحد الادنى لمقاومة الشد ليوم واحد للسمنت سريع التصلب بـ (2.1) ميكاباسكال مأخوذة كمعدل لستة نماذج .

الركام

الركام :-

هو حبيبات صخرية متدرجة في الحجم منها صغيرة وهي الرمل واخرى كبيرة وهي الحصى ويشكل الركام حوالي (60 - 80) % من حجم الخرسانة.

فوائد استخدام الركام :-

1- يعطي للكتلة الخرسانية استقرارية ومقاومة للقوى الخارجية .
2- يقلل التغيرات الحجمية أي يعطي ثبات للخرسانة .
3- يعطي الخرسانة متانة افضل .
4- تعتبر مادة اقتصادية مقارنة مع السمنت .

مواصفات الركام الجيد :-

1- تكون حبيباته شبه كروية ومتدرجة .
2- يمتاز بالثبات .
3- خالي من المواد العضوية والاملاح .
4- لايقل وزنه النوعي عن (2.35) .
5- ان لاتزيد نسبة امتصاص الركام عن (5 %) .

تصنيف الركام :-

يصنف الركام كما يلي :-

1- يمكن تصنيف الركام نسبة الى حجم حبيباته .
2- يمكن تصنيف الركام نسبة الى منشأه .
3- يمكن تصنيف الركام نسبة الى محتواه المائي .

تصنيف الركام نسبة الى حجم جبيباته :-

يصنف الركام نسبة الى حجم حبيباته الى:-

أ- الركام الخشن Coarse Aaggregate:

هو الركام الذي يشكل المتبقي منه على منخل رقم (4) أكثر من 95% ويكون بعدة اشكال وكما يلي :-

1- حصى غير مكسر.
2- حصى مكسر او حجر مكسر.
3- حصى مكسر جزئياً.

ب- ركام الناعم Fine Aggregate:

هو الركام الذي يشكل العابر منه من منخل رقم (4) أكثر من 95% ويكون بشكلين :-

1- الرمل الطبيعي.
2- رمل الحجر المكسر او الحصى المكسر.

تصنيف الركام نسبة الى منشأه

يمكن تصنيف الركام نسبة الى منشأه الى :-

أ- الركام الطبيعي :-

هو الركام الذي يتكون من مواد طبيعية تستعمل مباشرة او بعد اجراء بعض العمليات البسيطة عليه كالغسل والتدريج ومن أنواعه الركام السليكي الطبيعي كالحصى والرمل ويمكن تقسيم الصخور التي تتكون منها الى :-

- ✓ **الصخور النارية كالجرانيت والبازالت**

- ✓ الصخور الرسوبية كالحجر الجيري والرملي والطيني
- ✓ الصخور المتحولة كالرخام.

ب- **الركام الصناعي** :-
هو الركام الذي يتكون من مواد منتجة بطرق صناعية مثل الطابوق المكسر أو كسر الكتل الحجرية او خبث الافران العالية او الطين االممدد بفعل الحرارة .

تصنيف الركام نسبة الى المحتوى المائي :-

1- ركام جاف كلياً ,(Fully Dry or Oven Dry).
يجفف الركام في الفرن لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة (100—110)^0 م .
2- ركام جاف بالهواء (Air Dry).
3- ركام مشبع وجاف السطح (Saturated Surface Dray) (S.S.D).
4- ركام رطب (Wet or Damp or Moist).

وتعتبر الحالة الثالثة (S.S.D) حالة مثالية للخلطات الخرسانية حيث لاتمتص الماء من ولا تضيف الماء الى الخلطة الخرسانية .

مثال 1 :
تم وزن نموذج من الرمل وهو في الحالة الرطبة (Damp) وكان وزنه 1000غم ثم تم تجفيفه للحصول على حالة مشبع وجاف السطح فأصبح الوزن 925 غم وبعدها تم تجفيفه في الفرن بدرجة 110 م ولفترة 24 ساعة فأصبح الوزن 900 غم .

المطلوب ايجاد مايلي :-
أ- الامتصاص الكلي ب- الرطوبة السطحية جـ الرطوبة الكلية

الحل :

$$\text{أ- الامتصاص الكلي} = \frac{900 - 925}{900} * 100 = 2.27\ \%$$

$$\text{ب- الرطوبة السطحية} = \frac{1000 - 925}{900} * 100 = 8.33\ \%$$

$$\text{جـ الرطوبة الكلية} = \frac{1000 - 900}{900} * 100 = 11.11\ \%$$

نسبة الفراغات في الركام (Void Ratio) :

$$\text{Void Ratio} = 100 * \left(1 - \frac{\text{Bulk density (b)}}{\rho * \text{Unit Weight of Water}} \right)$$

حيث ان -
ρ = الوزن النوعي الظاهري للركام المجفف بالفرن .
b = الكثافة الكلية للركام المجفف بالفرن مرصوص ام غير مرصوص .
ملاحظة* كلما قلت هذه النسبة تزداد الكثافة الكلية .

مثال 2:-

احسب نسبة الفراغات لنموذج من الحصى من المعلومات المختبرية التالية اذا كانت لديك المعلومات التالية.

1- الكثافة الكلية للركام = 1650 كغم / م^3

2- الوزن النوعي الظاهري للركام = 2.6

$$\text{نسبة الفراغات Void Ratio} = 100 * \left(1 - \frac{\text{Bulk density (b)}}{\rho * \text{Unit Weight of Wate}}\right)$$

$$\text{Void Ratio} = 100 * \left(1 - \frac{1650}{2.6 * 1000}\right)$$

$$\text{Void Ratio} = 36\ \%$$

طرق اخذ نماذج الركام:

ان العينة المستعملة في فحوصات الركام يجب أن تمثل بصورة صحيحة الركام المأخوذ منه ولايجوز أخذ العينة من القمة (حبيبات ناعمة) اومن القعر (حبيبات خشنة) ويتم أخذ (10) عينات من مناطق مختلفة من الركام بحيث تكون نسبة الحبيبات الناعمة والخشنة متكافئة قدر الامكان وتعتمد كمية الركام المأخوذة على الحجم الاعلى للركام وكما يلي:-

الحجم الاعلى لمقاس الحبيبات الموجودة في العينة (ملم)	الحد الادنى لوزن العينة المجهزة للفحص (كغم)
25 واكبر	50
اصغر من 25 واكبر من 5	25
5 واصغر	13

عندما تكون كمية العينة المأخوذة كبيرة يمكن تقليل الكمية بطريقتين هما :-

1- التقسيم النصفي .

2- التقسيم الربعي .

وتستمر عملية التقسيم لحين الحصول على الكمية المناسبة للنموذج الذي يستعمل في ألفحوصات المختبرية.

خواص الركام:

للركام عدة خواص مهمة تؤثر بشكل كبير على خواص الخرسانة المنتجة ومن هذه الخواص :-

1- الخواص الكيمياوية:

بقدرماتكون الصخور الام التي يتكون منها الركام ذات تركيبة ثابتة بقدر مايكون الركام افضل ويشترط في الركام :-

- **ان لايلين اويتحلل تحت تأثير الماء .**
- **ان لا يتفاعل مع السمنت كيمياوياً .**
- **ان لا يقلل من حماية حديد التسليح ضد التآكل والصدأ .**

2- الخواص الفيزياوية:

تشمل الخواص الفيزياوية للركام ما يلي :-

أ- شكل الركام

ب- الملمس السطحي للركام
جـ - مسامية وقابلية امتصاص الركام
د - الوزن النوعي للركام
هـ - كثافة الركام

أ - <u>شكل الركام:</u>
يعتبر شكل الركام من الخواص التي تؤثر في خواص الخرسانة أثناء الخلط والرص وبعد التصلب ويأخذ الركام أشكال مختلفة منها :-
المدور او(الكروي), غير المنتظم , ذو الزوايا , الرقائقي أو (القرصي), المستطال ان افضل الاشكال الركام لأعمال الخرسانة هي المدور ثم غير المنتظم ثم ذو الزوايا ولايعتبر الركام الرقائقي او المستطال صالحا لأعمال الخرسانة .

<u>ان شكل الركام يؤثر على خواص الخرسانة في النواحي التالية</u> :-
- **قابلية تشغيل الخرسانة.**
- **امكانية الرص ومحتوى الفجوات.**
- **قابلية التحمل.**

ب - <u>الملمس السطحي للركام.</u>
يؤثر الملمس السطحي لحبيبات الركام على قابلية تشغيل الخرسانة ومقاومتها وقابلية سطح الخرسانة لامتصاص الرطوبة وكلما كان الملمس السطحي خشناً كلما زادت قوة التلاصق بين حبيبات الركام وعجينة السمنت اما الحبيبات ذات الملمس السطحي الناعم فأنها تقلل الاحتكاك بين أجزاء الخلطة الخرسانية وتزيد قابلية تشغيلها .

جـ - <u>مسامية وقابلية امتصاص الركام:</u>
توجد مسامات في حبيبات الركام ولهذه المسامات أهمية كبيرة في تحديد ميزات هذه الحبيبات فمسامية ونفاذية وامتصاص الركام تؤثر في خواص الخرسانة بالنواحي التالية :-
1- التلاصق بين عجينة السمنت والركام .
2- مقاومة الخرسانة للأنجماد والذوبان .
3- مقاومة الخرسانة للتآكل .
4- مسامية الخرسانة .

<u>أن كمية ومعدل سرعة نفوذ الماء الى داخل المسامات يعتمد على :-</u>
أ- مقاس المسامات.
ب- استمراريتها واتصالها مع بعضها.
جـ حجمها الكلي.

د- <u>الوزن النوعي للركام:</u>
ان الوزن النوعي للركام : هو النسبة بين وزن حجم معين من الركام الى وزن نفس الحجم من الماء المقطر الخالي من الفقاعات الهوائية بدرجة حرارة 20±1 م° .

انواع الوزن النوعي للركام

اعتمادا على صيغة احتساب <u>المسامات النافذة والكتيمة</u> ضمن حجم حبيبات الركام يقسم الوزن النوعي الى ثلاثة انواع وهي :-

1 - <u>الوزن النوعي الحقيقي (المطلق):</u>
هو نسبة وزن حجم معين من الركام <u>بأستثناء</u> المسامات النافذة وغير النافذة (الكتيمة) الى وزن نفس الحجم من الماء المقطر . وهذا النوع لايفيد الخرسانة لأن الركام لا يستعمل كمسحوق في اعمال الخرسانة .

2 - الوزن النوعي الكلي:

هو نسبة وزن حجم معين من الركام بحيث يشمل المسامات النافذة وغير النافذة (الكتيمة) الى وزن نفس الحجم من الماء المقطر . وهذا النوع أيضاً لايفيد الخرسانة لأن المسامات النافذة تمتلىء بالماء و يعتبر جزءاً من الركام .

3 - الوزن النوعي الظاهري:

هو نسبة وزن حجم معين من الركام بحيث يشمل المسامات غير النافذة (الكتيمة) فقط الى وزن نفس الحجم من الماء المقطر. وتستند حسابات الخرسانة على الركام بحالة مشبع وجاف السطح فالماء الموجود في المسامات النافذة للركام يكون غير فعال ولايشارك في التفاعلات الكيمياوية ويعتبر جزءاً من حجم الركام.

لذلك فان حسابات الخرسانة تعتمد على (الوزن الظاهري للركام), وتتراوح قيمة الوزن النوعي للركام الجيد بين (2.6 -- 2.7) .

ويستخدم الوزن النوعي للركام في :-

1- حساب كميات الركام اللازم لحجم معين من الخرسانة
2- يستخدم في تصميم الخلطات الخرسانية .

يعتمد الوزن النوعي للركام على :-

1- الوزن النوعي للمعادن التي يتكون منها الركام .
2- نسبة المسامات في الركام .
3- المحتوى الرطوبي للركام.

هـ - الكثافة الكلية للركام:

تعرف الكثافة الكلية للركام بأنها وزن حجم معين من الركام بالهواء في درجة حرارة معينة وتقاس بـ (كغم/م^3)

تعتمد الكثافة الكلية للركام على :-

1- تدرج الركام .
2- شكل حبيبات الركام .
3- مقدار الرص .
4- محتوى الرطوبة .

وبصورة عامة فأن الركام يتواجد في حالتين اما في حالة مرصوصة أو في حالة سائبة وتستعمل الكثافة الكلية في حسابات تحويل الاوزان الى حجوم او بالعكس .

الخواص الميكانيكية للركام

كلما كانت مقاومة ضغط حبيبات الركام اعلى كلما تحسنت مقاومة ضغط الخرسانة وخواصها الاخرى وتعتبر في العادة مقاومة الحجارة الام التي يستخرج منها الركام هي المعيار لمقاومته حيث أن مقاومة انضغاط الركام حينما يكون في حدود (80-100) نيوتن/ملم^2 يعتبر قيمة معقولة اذ يفضل الركام ذو المقاومة والمرونة المتوسطة لانه يفيد في تقليل التغيرات الحجمية وبدوره يقلل من تسليط الاجهادات على العجينة السمنتية وبذلك تزداد المقاومة .

ان مقاومة الركام الاعتيادي المستخدم في الخرسانة يكون في الغالب اعلى من مقاومة الخرسانة الناتجة .

يجب دراسة الخواص الميكانيكية للركام للاغراض التالية :-

1- لمعرفة مدى صلاحية الركام لتصميم الخرسانة المعرضة للاحمال الصدمية والاحمال المسببة لقوى البري او التآكل وخاصة في مشاريع الطرق او المنشآت الصناعية .
2- لمعرفة مدى صلاحية الركام للاستعمال في تصميم طبقات الطرق الاسفلتية .
3- عند استخدام الركام الصناعي .

هناك عدة اختبارات في مجال فحص مقاومة الركام من اهمها :-

أ- مقاومة الركام الخشن للتهشيم (Crushing Value) :-

الغرض من هذه التجربة هو تحديد مدى مقاومة هذا النوع من الركام لدى خضوعه لعملية التهشيم والجهاز المستعمل في هذا الاختبار هو عبارة عن اسطوانة من الصلب مفتوحة الطرفين لها مكبس وقاعدة من الصلب ويستعمل في هذا الاختبار الركام المار من المنخل (14) ملم والمحجوز على المنخل (10) ملم ثم توضع العينة في مكيال اسطواني خاص بالتجربة ويتم تجفيفها في فرن من 100 الى 110 درجة مئوية . بعدها يتم تبريد العينة وليكن وزنها (أ) وتتمثل مراحل التجربة في وضع الاسطوانة في مكانها على القاعدة ثم تملأ بالركام على ثلاث طبقات وتدك كل طبقة 25 مرة بالقضيب الحديدي ثم يسوى السطح ويوضع عليه المكبس . بعد ذلك توضع الاسطوانة بين فكي جهاز تجربة الضغط وتحمل ببطء حتى يصل الى 40 طن ثم يرفع الحمل وينخل الركام ويعين المار منه من منخل (2.82) ملم حسب المواصفات الامريكية او (2.36) ملم حسب المواصفات البريطانية وليكن وزنه (ب) .

يتم حساب معامل التهشيم بالطريقة التالية :-

$$\text{معامل التهشيم} = \left(\frac{\text{ب}}{\text{أ}}\right) * 100$$

على ان تتراوح النتيجة بين 7.5% و 12.5% .

ب - مقاومة الصدم (Impact Value) :-

يمكن اختبار صلابة الركام عن طريق تعيين قيمة مقاومة الصدم وذلك حسب المواصفات البريطانية BS 1975- 812 ويجري هذا الاختبارعلى الركام المار من منخل 14 ملم والمحجوز على منخل 10 ملم بحيث تكون الكمية المجهزة كافية لاختبارين . تملأ الاسطوانة القياسية المعدنية الخاصة بالتجربة على ثلاث طبقات متساوية الارتفاع وترص بواسطة قضيب حديدي وذلك بالدق 25 ضربة. يتم وزن العينة ويعبرعنها بالوزن (أ) ثم يتم ادخالها في جهاز مقاومة الصدمات للركام ثم ترفع المطرقة المعدنية الخاصة بالجهاز (13.5 – 14) كغم وتترك لتهبط من ارتفاع 380 ملم على سطح العينة الموجودة في الاسطوانة الفولاذية تكرر هذه العملية (15) مرة بفترات كل ثانية واحدة وبعد ذلك تنخل العينة بمنخل 2.36 ملم منخل رقم (7) في المواصفات البريطانية ويوزن الجزء المار من المنخل وليكن وزنه (ب) كما يوزن المتبقي على المنخل على ألا يقل مجموعهما على 1 غم عن العينة الاصلية . هذا والا فأن هذه العينة تهمل ونقوم بأعادة التجلربة من جديد هذا ويتم حساب قيمة مقاومة الصدم كالتالي :-

$$\text{مقاومة الصدم} = \left(\frac{\text{ب}}{\text{أ}}\right) * 100$$

حدود المواصفات :-

أ- أن (مقاومة الصدم) يجب إن لا تتجاوز (30 %) عندما يكون الركام مستعملاً في الخرسانة المستعملة للأسطح المعرضة للتآكل كالطرق .

ب- كما أن (مقاومة الصدم) يجب أن لا تتجاوز (45 %) عندما يكون الركام مستعملاً في الأنواع الأخرى من الخرسانة كالأبنية .

جـ- مقاومة التآكل (Abrasion Resistance) :-

يعكس هذا الاختبار مقاومة الركام لعمليتي التآكل والبري بالاحتكاك حيث أن نتائجه تظهر علاقة جيدة بالتآكل الفعلي للركام عند استعماله في الخرسانة. ويتم الفحص باختبار(لوس أنجلس للتآكل Abrasion Test Los - Angeles) حيث يوضع ركام ذو تدرج معين في اسطوانة معدنية مع كرات فولاذية وتدورالاسطوانة حول محور افقي ان عملية تدحرج وتساقط الركام والكرات تسبب بري وتآكل الركام بالاحتكاك والتساقط وبعد 500 دورة تفتح الاسطوانة وتنخل على منخل رقم 12 (1.7 ملم) مع غسلها بالماء اما المواد المتبقية في المنخل فتجفف في درجة 110 م ° ثم توزن .

يتم حساب نسبة التآكل كالتالي :-

$$\text{نسبة التآكل} = \frac{\text{(الوزن المار من منخل 12)}}{\text{الوزن الاصلي}} * 100$$

حدود المواصفات :-

أ- أن (نسبة التآكل) يجب إن لا تتجاوز (30 %) عندما يكون الركام مستعملاً في الخرسانة المستعملة للأسطح المعرضة للتآكل كالطرق .
ب- كما أن (نسبة التآكل) يجب أن لا تتجاوز (50 %) عندما يكون الركام مستعملاً في الأنواع الأخرى من الخرسانة كالأبنية .

مثال :-
تم فحص لوس أنجلس على نموذج من الحصى وزنه 5000 غرام وبعد إجراء الفحص تم نخل النموذج على المنخل قياس (1.7 mm) فكان الوزن المار 1200 غرام .

المطلوب :-
أ- أيجاد نسبة التآكل.
ب- تحديد مدى صلاحية الركام لأعمال خرسانة الطرق ؟

الحل :- أ- إيجاد نسبة التآكل

$$\text{Abrasion Value (نسبة التآكل)} = \frac{\text{Wt. of Agg. Passing No.12(1.7 mm)}}{\text{Wt. of Agg.}} * 100$$

$$\text{Abrasion Value (نسبة التآكل)} = \frac{1200}{5000} * 100 = \%24$$

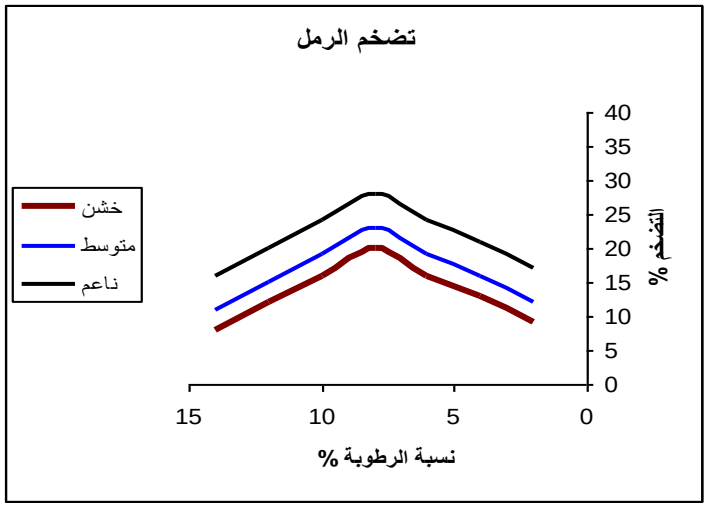
ب - نسبة التآكل = 24 % وهي اقل من 30 % لذا فأن الركام يصلح لأعمال خرسانة الطرق.

تضخم الرمل :

هو الزيادة الحاصلة في حجم وزن معين من الرمل نتيجة وجود طبقة رقيقة من الماء الفائض على سطوح حبيباته مما يجعلها تبتعد عن بعضها البعض .

تتناسب كمية التضخم مع :-
1- درجة نعومة الرمل .
2- المحتوى الرطوبة للرمل .

فالرمل الناعم يتضخم أكثر من الرمل الخشن وفي بعض الأحيان تصل الزيادة في الحجم إلى (40%) ولهذا لايفضل أن تكون نسب خلط الخرسانة بالحجم .



شكل يوضح العلاقة بين نسبة الرطوبة وتضخم الرمل

كيفية قياس تضخم الرمل :-

1- يملأ إناء برمل رطب وهو في حالة سائبة (أي بدون رص) ويقاس الارتفاع (Lm) .

2- يفرغ الإناء ويملأ إلى ثلثه بالماء .

3- يعاد الرمل إلى الإناء مع الماء ويتم تحريك المحلول باستمرار ويقاس الارتفاع الصافي للرمل (Ls).

$$\text{Bulking (التضخم)} = \frac{Lm - Ls}{Ls} * 100$$

مثال :-

في تجر بة لقياس تضخم الرمل تم استخدام إناء مملوء بالرمل ارتفاعه 20 سم وبعد تفريغ الرمل وملئه إلى الثلث بالماء ثم إعادة الرمل إليه مع التحريك المستمر وجد بأن ارتفاع الرمل أصبح 16 سم , أحسب مقدار تضخم الرمل ؟

Lm = 20 cm

Ls = 16 cm

$$\text{Bulking (التضخم)} = \frac{20 - 16}{16} * 100$$

$$\text{Bulking (التضخم)} = \%\ 25$$

مثال :-

مشروع انشائي يحتاج الى 24000 م³ من الرمل و 48000 م³ من الحصى فاذا علمت ان مقدارالتضخم في الركام هو 25 % فما هي كمية المواد المطلوب جلبها الى موقع العمل؟

بما ان التضخم يحصل في الرمل فقط لذا فان كمية المواد المطلوب جلبها الى موقع العمل هي:-

كمية الرمل = $24000 + 24000 * \frac{25}{100}$ = 30000 م³

كمية الحصى = 48000 م³

تدرج الركام:

تدرج الركام يعني تصنيف الركام نسبة الى مقاس حبيباته وتتم بواسطة التحليل المنخلي. والتحليل المنخلي هي عملية تقسيم الركام الى أجزاء يتكون كل منها من حبيبات متماثلة المقاس وتكون بحدود مقاسات فتحات المناخل وتتألف المناخل المستعملة من متسلسلة يكون مقاس الفتحة مساوي الى نصف مقاس الفتحة للمنخل التالي الاكبر .

فوائد تدرج الركام :-

1- للسيطرة على كثافة الخرسانة .
2- للحصول على قابلية تشغيل جيدة .
3- لمعرفة مدى مطابقة الركام للمواصفات القياسية العالمية .
4- لمعرفة الحجم الاعلى للركام .
5- لمعرفة معامل النعومة للركام .
6- لمعرفة كمية السمنت المستخدم في المتر المكعب الواحد من الخرسانة (معادلة تقريبية).

$$C = \frac{550}{5\sqrt{d}}$$

حيث ان:
d = المقاس الاقصى للركام بـ (mm)

معامل النعومة (Fineness Modulus)(F. M):

هو مجموع النسب المئوية المتبقية المتجمعة على سلسلة المناخل (38 , 19 , 9.5 , No.4 , No. 8, No.16, -No.30, No.50, No.100) مقسمة على 100 .

- ويعبر معامل النعومة عن متوسط حجم الركام المستعمل وكلما ازداد تزداد خشونة الركام.
- ويمكن الاستفادة منه في معرفة التغيرات الطفيفة في ركام نفس المصدر بين فترة واخرى .
- ويستعمل في تصميم الخلطات الخرسانية .

$$\text{معامل النعومة} = \frac{\text{مجموع النسب المئوية المتبقية المتجمعة}}{100}$$

المقاس الاقصى للركام (Maximum Agg. Size) : -

كلما ازداد الحجم الاعلى للركام يؤدي الى :-
1- تقليل نسبة ماء الخلط (W.C) .
2- تقليل المساحة السطحية للركام .
3- الاقتصاد من كلفة الخرسانة .

يتحدد المقاس الاقصى للركام بالشروط الانشائية ألآتية (مع أخذ اقل قيمة) : -

1- لايزيد حجم الركام عن 3/4 ألمسافة الصافية بين حديد التسليح .
2- لايزيد حجم الركام عن 1/3 أصغر مقاس للجزء الخرساني .
3- يقل 5 ملم عن اقل مسافة بين قضبان التسليح .

ويتم أيجاد المقاس الاقصى للركام كما يلي :-

أ- تحديد أقرب منخل من النسبة (15 %) للنسب المئوية المتبقية المتجمعة للركام .

ب- يعتبر قياس المنخل الذي يسبقه في التسلسل نحو الاعلى = المقاس الاقصى للركام .

متوسط حجم الركام :

ويتم أيجاد متوسط حجم الركام كما يلي :-

أ- اعطاء تسلسل للمناخل من الاسفل الى الاعلى أي من منخل (No.100) الى منخل قياس (38 mm).

ب- تقريب معامل النعومة الى أقرب رقم صحيح .

جـ- مطابقة الرقم في الخطوة (ب) مع الخطوة (أ) فيكون هو حجم المنخل الذي يمثل متوسط حجم الركام .

مثال :

تم فحص التدرج على نموذج من الحصى وكانت النتائج كما يلي :-

Sieve Size (mm)	Sieve Opening (mm)	Wt. of the Retained Agg.	% of the Retained Agg.	% of the Comulative Retained Agg.	% of the Passing	Specifications
38	38	0	0	0	100	100
19	19	98	3	3	97	95 --- 100
9.5	9.5	2000	61.5	64.5	35.5	30 --- 60
No.4	4.75	1152	35.5	100	0	0 --- 10
No.8	2.36	0	0	100	0	
No.16	1.18			100	0	
No.30	0.6			100	0	
No.50	0.3			100	0	
No.100	0.15			100	0	
Pan						

الوزن الكلي =∑ = 3250gm ∑ = 667

المطلوب ايجاد مايلي :-

1- معامل النعومة للحصى 2- الحجم الاعلى للركام

3- متوسط حجم الركام 4- رسم منحني التدرج

الحل :-

الحقل (4) يتم فيه حساب النسبة المئوية للوزن المتبقي = $\frac{\text{حقل (3)}}{\text{الوزن الكلي للنموذج}} * 100$

الحقل (5) يتم فيه حساب النسبة المئوية المتبقية المتجمعة (التراكمية) .

الحقل (6) يتم فيه حساب النسبة المئوية المارة = 100 - الحقل (5) = % Passing .

يقسم الركام حسب درجة تدرجه الى ثلآث أنواع :-

1- ركام ذو تدرج جيدٍ (Well Graded Aggregate)

2- ركام ذو تدرج رديءٍ (Poorly Graded Aggregate)

3- ركام ذو الفجواتِ (Gap Graded Aggregate)

مثال :-

تم فحص التدرج على نموذج من الرمل وكانت النتائج كما يلي :-

Sieve Size (mm)	Sieve Opening (mm)	Wt. of the Retained Agg.	% of the Retained Agg.	% of the Comulative Retained Agg.	% of the Passing	Specifications
38	38	-	-	-	-	-
19	19	-	-	-	-	-
9.5	9.5	0	0	0	100	100
No.4	4.75	30	3	3	97	90-100
No.8	2.36	90	9	12	88	85-100
No.16	1.18	40	4	16	84	75- 100
No.30	0.6	180	18	34	66	60-79
No.50	0.3	410	41	75	25	12-40
No.100	0.15	170	17	92	8	0-10
Pan		80	8	100	0	-

Total Weight $\sum = 1000$ **gm** $\sum = 232$

المطلوب :-

1- ايجاد معامل نعومة الرمل .
2- ايجاد متوسط حجم الركام .
3- تحديد مدى مطابقة الرمل للمواصفات القياسية العالمية .

الحل :-

1- معامل النعومة = $\dfrac{\text{مجموع النسب المئوية المتبقية المتجمعة}}{100}$

$$\text{معامل النعومة} = \frac{232}{100} = 2.32$$

2- متوسط حجم الركام :-

معامل النعومة = $2.32 \approx 2$

تسلسل المنخل هو (2) من الأسفل أي (No.50) وقياس فتحته (0.3 mm)

متوسط حجم الركام هو (0.3 mm) .

3 - نعم يطابق المواصفات القياسية (Zone 3) .

متطلبات التدرج للركام ألناعم :-

Sieve Opening (mm)	B.S. Specifications For Sand (% Passing)			
	Zone (1)	Zone (2)	Zone (3)	Zone (4)
9.5	100	100	100	100
4.75	90 ---100	90 ---100	90 ---100	95 ---100
2.36	60 ---95	75 ---100	85 ---100	95 ---100
1.18	30 ----70	55 ----90	75 ---100	90 ---100
0.6	15 ---34	35 ---59	60 ---79	80 ---100
0.3	5 ----20	8 ---30	12 ---40	15 ---50
0.15	0 ---10	0 ---10	0 ---10	0 ---15
معامل النعومة F.M	2.71 --- 4	2.1 ---3.37	1.71 --- 2.7	1.35 --- 2.2

متطلبات التدرج للركام ألخشن:-

Sieve Opening (mm)	B.S. Specifications For Gravel (% Passing) وحسب المقاس الاسمي للركام (mm)		
	4.75-12.5	4.75 – 19	4.75 - 38
75	-	-	-
63	-	-	-
50	-	-	100
38	-	100	95-100
19	100	95-100	35-70
9.5	85-50	30-60	10-40
4.75	0-10	0-10	0-5

المواد الضارة في الركام:

توجد عدة مواد ضارة في الركام تؤثر بشكل مباشر اوغير مباشر على خواص الخرسانة ومن اهم هذه المواد:

1- **الأملاح .**
2- **ألمواد العضوية .**
3- **الطين والمواد الناعمة .**
4- **الكتل الضعيفة القابلة للتفتت .**

اولاً : الاملاح :-

تؤثرنقاوة الركام من الاملاح وخاصة الكبريتات (Sulfates) على قوة ومتانة الخرسانة حيث أن وجود الاملاح بنسبة ≤ 0.5 % من وزن الرمل يسبب تلف الخرسانة عن طريق تغير حجم الخرسانة بعد تصلبها ويتم ذلك يطريقتين :-

أ- طريقة كيمياوية .
ب- طريقة ميكانيكية .

في الطريقة الكيمياوية تحصل عدة تفاعلات كيمياوية تسبب تغيرات حجمية تؤدي الى تلف الخرسانة .
اما في الطريقة الميكانيكية فتتجمع الاملاح قرب قشرة الخرسانة بالخاصية الشعرية والتزهر ويسبب تكسر القشرة وتلف الخرسانة .

ثانياً : الشوائب العضوية : -

تؤثر الشوائب العضوية على عملية التماسك والتصلب في الخرسانة وقد تسبب تلفها قي بعض الحالات فمثلاً وجود السكر يمنع تماسك الخرسانة أما وجود الفحم والمواد العضوية المتحللة فيجب تجنبها لتأثيرها على متانة الخرسانة ويكثر وجودها في الركام الناعم ويستعمل الفحص اللوني لبيان محتوى المواد العضوية في الركام الناعم .

ثالثاً : الطين والمواد الناعمة (Clay and Silt)

يتواجد الطين كغبار على حبيبات الركام ويتسبب في اضعاف الربط بين عجينة السمنت وحبيبات الركام .أن وجودها بكميات كبيرة على الركام تستدعي الحاجة الى كميات اكبر من عجينة السمنت لتغليفها كما وتؤدي الى الزيادة في تمدد وتقلص الخرسانة بصورة متزايدة وبالتالي تؤدي الى تشققها .
أن الطريقة المستخدمة في تحديد كمية الطين والمواد الناعمة هي الترسيب. وتحدد المواصفات:

1- **أن لاتزيد كمية الطين والمواد الناعمة في الركام الناعم عن (3 %) .**
2- **أن لاتزيد كمية الطين والمواد الناعمة في الركام الخشن عن (2 %) .**

رابعاً : الكتل الضعيفة القابلة للتفتت:-

وهي تؤثر على متانة ومقاومة الخرسانة وحددت المواصفات بان لاتزيد نسبتها عن 1% في الركام الناعم وان لاتزيد عن 0.25 % في الركام الخشن .
*** وتحدد المواصفات بأن لاتزيد نسبة المواد الضارة الكلية عن (5 %) لكلا النوعين من الركام.**

-------طين--------+-------غرين----------+-------رمل---------+-----حصى-----
0.002 mm 0.06 mm 4.75 mm
حبيبات صغيرة <========== حبيبات كبيرة

مخطط يوضح : الحدود الفاصلة بين حبيبات الركام

التفاعل القلوي :-

هو التفاعل الذي يحصل بين السليكا الفعالة الموجودة في الركام والقلويات الموجودة في السمنت حيث يؤدي الى انتفاخ حبيبات الركام وتصدع العجينة السمنتية المحيطة بها .

أسباب حصول التفاعل القلوي :-

يبدأ التفاعل القلوي بمهاجمة هيدروكسيدات القلويات الناتجة في الاسمنت (K_2O,Na_2O) للمعادن السليكية الموجودة في الركام ونتيجة لذلك يتكون جل من السليكا القلوية المتميزة بأنتفاخ غير محدد بسبب امتصاص الماء مؤدياً الى زيادة الحجم وينتج عن ذلك ضغوطا داخلية تؤدي الى تمدد وتشقق وتصدع الخرسانة .

ويعتمد مقدار التفاعل القلوي على :-

أ - مقاس حبيبات الركام .

ب- مسامية الركام .

جـ كمية القلويات في السمنت .

ويمكن التعرف على هذه التفاعلات من خلال فحص قضيب مونة السمنت (Mortar Bar Test)ويتم ذلك بسحق الركام المراد فحصه للوصول الى تدرج محدد ومن ثم يستعمل الركام لعمل قضبان من مونة السمنت والرمل وذلك باستعمال سمنت قلوي متكافئ بما لايقل عن (Na_2O من 0.6 %) ويتم وضع القضبان في ماء بدرجة 38 م° ويعتبر الركام المفحوص ضاراً اذا كان تمدد قضبان المونة السمنتية اكثر من 0.05 % بعد ثلاثة اشهر او 0.1 % بعد ستة اشهر .

الركام الخفيف :-

ان الخاصية المهمة للركام الخفيف الوزن هو مساميته العالية حيث تؤثر على وزنه النوعي وتقلله ويمكن تصنيف الركام الخفيف إلى نوعين :-

1- الركام الخفيف الطبيعي (Natural light – Weight Agg.) :

تعطي هذه الأنواع خرسانة خفيفة الوزن وحسب كثافة الركام المستعمل وتكون الخرسانة جيدة بسبب جودة الركام نفسه ويوجد الركام الطبيعي الخفيف في أماكن محددة لذا فأن استعماله قليل مقارنة مع الركام الخفيف الصناعي والأنواع الرئيسية هي :-

أ- البيوميس : ويكون البيوميس ذو لون فاتح وهو عبارة عن زجاج بركاني اشبه بالرغوة كثافته 500 – 900 كغم / م³ أما الخرسانة المصنوعة منه فتعطي كثافة بين 700- 1000 كغم/م³ وتمتاز بقابلية انكماش وامتصاص عاليتين .

ب- السكوريا : عبارة عن صخر زجاجي اسفنجي أشبه بالجمر الصناعي وعند استعماله في الخرسانة تعطي نفس خواص البيوميك .

2- الركام الخفيف الصناعي (Artifical light – Weight Agg.) :

ينتج الركام الخفيف الصناعي بحرق المواد الاولية بغية تمددها مثل الطين والاحجار الطينية الرخوة اوبأستعمال اسلوب خاص لتبريد خبث الافران العالية بغية تمدده اضافة الى أستخدام الفضلات المتبقية والمحروقة في الافران الصناعية ومن اهم انواع الركام الصناعي :-

أ- الكلنكر: يعطي الكلنكر المحروق بدرجات حرارة عالية نتائج جيدة ألا أنه يحتوي على الكبريت لذا لايجوز استعماله مع الخرسانة المسلحة ألا بغطاء أكبر من 2.5 سم .

ب - السلاك بالرغوة :- ينتج السلاك بالرغوة عند تبريد السلاك المنصهر بسرعة وذلك بتعريضه لكميات محددة من الماء ويعطي السلاك عزلاً حرارياً افضل من الكلنكر ويتميز بجودة الخرسانة المصنوعة منه حيث يستعمل للخرسانة الانشائية والعازلة .

جـ الطين المنفوخ :- عندما تتعرض بعض الاطيان لدرجات حرارة عالية تتحول الى حالة لدنة وذلك لتكون الغازات داخل المادة فتنتفخ بسرعة وبعد تبريد الركام يتم سحقه وتدريجه . تتراوح كثافة الخرسانة المنتجة منه بين 1600 – 1700 كغم / م^3 .

د - النشارة: أحياناً تستعمل النشارة كركام خشن ولكن بعد معالجتها حيث أن الدهون والكاربوهيدرات الذائبة الموجودة فيها تؤثر على عملية تميؤ السمنت وتستخدم بصورة رئيسية في المناطق الداخلية في المنشآت لعدم تحملها للرطوبة .

مميزات الركام الخفيف :-

1- الزيادة في العزل الحراري ومقاومة الحريق .
2- تقليل وزن المنشأ .
3- الخفة في المناولة والعمل .
4- عدم وجود الاملاح الكبريتية فيه مقارنة مع الرمل .
5- لها سطح جيد للطلاء والانهاء .
6- الزيادة في العزل الصوتي .

مساوىء الركام الخفيف :-

1- المسامية العالية .
2- الكلفة العالية .
3- يتطلب استخدامه كميات عالية من السمنت .
4- يتطلب استعماله زيادة في الغطاء الخرساني .
5- حركة الرطوبة فيه أعلى .
6- انكماش الجفاف فيه اعلى .
7- مقاومة الخرسانة للتآكل ضعيفة .

الركام الثقيل:

أحيانا يتطلب العمل الإنشائي خرسانة ذو كثافة عالية كما في الحالات التالية :-

1-الخرسانة المستعملة في الدروع الواقية من الإشعاعات .
2- الخرسانة المستعملة في زيادة الوزن أو معادلة الأوزان .

وفي هذه الحالات يستبدل الركام الاعتيادي بركام ذات وزن نوعي أعلى بكثير أي ما يقارب (4) ومن أهم المواد التي تستعمل كركام ثقيل :-

أ- البارايت (كبريتات الباريوم): وهو أكثر المواد استعمالاً وذو وزن نوعي يقارب (4) ويشبه الركام الاعتيادي المكسر , تبلغ كثافة الخرسانة المصنعة منه (3700) كغم/ م ^{3} تقريباً .

ب- خامات الحديد: مثل اوكسيد الحديد المغناطيسي ولها قابلية امتصاص عالية للماء. تبلغ كثافة ألخرسانة المصنعة منه (3000– 3900) كغم / م ^{3} .

جـ سبائك الحديد والمغنيسيوم وأوكسيد الحديد المائي والمينيت: ويتراوح وزنها النوعي ما بين (3.4- 6.5).

مميزات الركام الثقيل :-

1- يكون ذو كثافة عالية .
2- يحتاج إلى عناية كبيرة في الاستخراج والسحق والتدرج وأثناء خلط وصب الخرسانة .
3- يمتاز بحصول عملية الأنعزال أثناء خلطه بسبب وزنه النوعي العالي .

الماء (WATER)

أهمية الماء للخرسانة :-

يعتبر الماء مهم للآغراض التالية :-

1- الماء ضروري للتفاعل الكيمياوي مع السمنت .
2- الماء ضروري لكي يمتصه الركام .
3- يعطي الماء لخليط الركام والسمنت ليونة تساعده في التشغيل .
4- يعطي الماء حجماً يتراوح بين 15% -- 20 % .
5- الماء ضروري للترطيب اثناء فترة المعالجة .
6- الماء ضروري لغسل الركام .

يستخدم الماء في أعمال الخرسانة في ثلاث حالات وهي :-

1- ماء الخلط (Mixing Water)
2- ماء المعالجة (Curing Water)
3- ماء غسل الركام (Washing Water For Agg.)

اولاً : ماء الخلط (Mixing Water):

مواصفات الماء المستعمل في الخلط هي :-

1- أن يكون خالي من المواد العالقة والطمى .
2- أن يكون خالي من الدهون والشحوم والسكر .
3- أن يكون خالي من المواد العضوية والقواعد .
4- أن لاتزيد نسبة الاملاح الكلية فيه عن (2%).
5- درجة التعكر لاتتجاوز (0.002).

وعموماً فان الماء الصالح للشرب يمكن استعماله في خلط الخرسانة وعند استعمال ماء غير صالح للشرب يجب ان تتوفر الشروط التالية :-

أ- زمن تماسك السمنت لايزيد بأكثر من (30) دقيقة عن الزمن الاعتيادي لأستخدام الماء الصالح للشرب .
ب- لايقل تحمل الانضغاط عن (90 %) للعينات المماثلة والممزوجة باستخدام الماء الصالح للشرب .

لايفضل استخدام ماء البحر في الخرسانة المسلحة لوجود املاح الكلوريدات ألا انه يمكن استخدامه في الخرسانة الاعتيادية مع زيادة كمية السمنت اللازمة للحصول على المقاومة المطلوبة .

نسبة الماء الى السمنت (W/C) :-

هي النسبة بين وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (عدا الماء الذي يمتصه الركام) الى وزن السمنت في الخلطة الخرسانية .

جدول يبين المقاومة المتوقعة لنسب مختلفة من الـ (W/C) :-

المقاومة المتوقعة (MPa)	نسبة ألـ (W/C)
60	0.23 ------- 0.32
40	0.42 ------- 0.50
20	0.69 ------- 0.77

نلاحظ من الجدول اعلاه ان مقاومة الخرسانة (تقل) مع زيادة نسبة (الماء الى السمنت) في الخرسانة .

ثانياً :- ماء المعالجة (Curing Water) :

أن تواجد الطمى والدهون وكميات من الاملاح في ماء المعالجة لايؤثر تأثيراً ضاراً على الخرسانة عدا تغيير لون القشرة الخارجية لها .أما وجود المواد العضوية والحوامض في ماء الترطيب فأنه يستدعي أجراء الفحوصات لمعرفة مدى تضرر الخرسانة .

ثالثاً :- ماء غسل الركام (.Washing Water for Agg) :

أن الماء المستعمل في غسل الركام يجب أن يكون خالي من الطين والاملاح والمواد العضوية أن تركيز المواد الشائبة على سطح الركام يضر أكثر من المواد الشائبة الموجودة في ماء الخلط وذلك بسبب تكسية حبيبات الركام بالطمى والاملاح والمواد العضوية الامر الذي يضعف الربط بين الحبيبات والعجينة السمنتية مما يضعف مقاومة الخرسانة .

الخرسانة الطرية
FRESH CONCRETE

المقدمة:

يطلق نعبير الخرسانة الطرية (Fresh Concrete) على الخرسانة المخلوطة حديثا والتي لم تتماسك بعد, وهذه الخرسانة تفقد لدونتها بصورة تدريجية, وعندما تتماسك تماما, تعرف بالخرسانة الخضراء (Green Concrete). ولكن عند تجاوزها هذه المرحلة ودخولها في مرحلة التصلب, أي اكتساب المقاومة, بحيث تستطيع أن تتحمل الأثقال المؤثرة على المنشأ, تعرف عندئذ بالخرسانة المتصلبة (Hardened Concrete).
ونظرا لان مقاومة الخرسانة تتاثر تاثرا كبيرا بدرجة رصها ومدى الاعتناء بها اثناء عملية نقلها وصبها, فمن الضروري ان تكون الخرسانة الطرية ذات قوام (Consistence) مناسب بحيث يمكن نقلها, صبها ورصها بمقدار مناسب من الشغل المنجز ودون حصول الانعزال (Segregation).
ويمكن الاشارة هنا الى ان طبيعة المنشا الخرساني قد تتطلب ان تكون الخرسانة الطرية ذات خصائص معينة بغية التمكن من استعمالها بكفاءة في ذلك المنشا دون حصول اية صعوبات او زيادة في التكاليف عند القيام بعمليات نفل الخرسانة من مكان الخلط الى موضعها في القالب ثم رصها رصا كليا للحصول على خرسانة طرية كثيفة وبالتالي تكون الخرسانة المتصلبة خالية من الفراغات تقريبا وذات تحمل عال. على سبيل المثال , تكون الخرسانة الطرية المستعملة لاغراض الطرق بمحتوى ماء اقل من الخرسانة المستعملة في المباني الاعتيادية وذلك لسهولة نقلها ورصها وقلة تشابك حديد التسليح فيها. اضافة الى ذلك تتحكم خصائص الخرسانة الطرية المطلوبة بشكل القالب وترتيبه وكثافة حديد التسليح فيه.

خلط الخرسانة (Mixing of Concrete):

تخلط مكونات الخرسانة مع بعضها البعض للحصول على خليط متجانس التكوين والقوام, وعند الانتهاء من الخلط يجب ان تكون جميع سطوح حبيبات الركام مغطاة بعجينة الاسمنت يعتبر خلط الخرسانة من اهم العمليات التي تؤثر على خواصها المحتلفة لذلك يجب اعطاءها العناية الكافية وتتم هذه العملية اما بالطريقة اليدوية او باستعمال الخلاطات الميكانيكية.

1- الطريقة اليدوية (Hand Mixing):

هناك بعض الحالات يتم فيها خلط الخرسانة يدويا, وفي هذه الحالة يصعب الحصول على خليط متجانس لذا يتطلب اعطاء جهد وعناية كافية اثناء عملية الخلط . ويمكن انجاز هذه العملية بنشر الركام في طبقات منتضمة على سطح صلب, نظيف وغير مسامي ثمة نشر الاسمنت فوقه , وتخلط المواد الجافة جيدا لاستعمال جاروف وبقلب المواد من احدى النهايات الى الاخرى حتى ينتج خليط منتظم الون حيث تحتاج هذه العملية لثلاث قلبات على الاقل. ثم يعمل تجويف في وسط الخليط على شكل مخروط مفتوح من الوسط ويضاف الماء بصورة تدريجية مع الانتباه الى عدم السماح له بالخروج من جملة الخليط, وفي هذا الاثناء يقلب الخليط من الخارج نحو المركز ويستمر التقليب, على الاغلب ثلاث مرات, حتى ينتظم قوام الخلطة ولونها.

2- الخلط الميكانيكي (Mechanical Mixing):

نظرا لكون عملية الخلط اليدوي للخرسانة تكلف جهدا كبيرا, اصبح استعمال الخلاطات الميكانيكية ذو اهمية كبيرة, وعند استعمالها يجب الاعتناء بطريقة تفريغها كي لاتؤثر على تجانس لبخليط. وفي الحقيقة, فان طريقة تفريغ الخلاطة تعتبر من احدى النقاط الاساسية في تصنيف الخلاطات. ويمكن تصنيف الخلاطات الميكانيكية الى الانواع التالية:

أ- الخلاطات القلابة (Tilting Mixers):

يكون وعاء الخلط في هذه الخلاطات بشكل مخروطي وغالبا مايحوي بداخله الواح تسمى بريش التحريك حيث تساعد على اجرلء عملية الخلط بطريقة منتظمة. ويمكن تفريغ الخرسانة بسهولة وبدون حصول الانعزال لمكونات الخليط وذلك بامالة هذه الخلاطات حول محورها, لذا يفضل استعمالها للخلطات الجافة القوام والحاوية على ركام خشن المقاس.

ب- الخلاطات الغير قلابة (Non-Tilting Mixers):

تتكون هذه الخلاطات من اسطوانة تدور حول محور ثابت وتتم عملية الخلط فيها بتدحرج المواد بداخلها. تغذى المواد اليها عادة من احدى نهايتيها وتفرغ الخرسانة من النهاية الاخرى وذلك بايصال حوض بشكل قناة مفتوحة من الحديد والخشب (مزلقة-) باسطوانة الخلاطة او بفصل الاسطوانة الى قسمين. ونظرا لكون سرعة تفريغ الخرسانة من الخلاطة واطئة, فان مكونات الخرسانة تميل الى الانعزال, واثناء عملية التفريغ يميل ملاط الاسمنت الى النزول اولا وحبيبات الركام الخشن اخيرا وقد تبقى في بعض الاحيان في الخلاطة اذا يفضل استعمالها للخاطات الخرسانية الحاوية على ركام صغير المقاس.

جـ الخلاطات القدرية (Pan Mixer):

تتالف من وعاء او اسطوانة افقية تدور حول محورها, ويتم الخلط فيها بواسطة مجاذيف نجمية تدور حول محور عمودي وموضوعة بصورة لامركزية وفي بعض الاحيان يكون وعاء الخلط ثابتا وتدور المجاذيف بحركة دورانية حول محور الاسطوانة, وفي كلا الحالتين تكون الحركة النسبية بين الخرسانة والمجاذيف مماثلة حيث تخلط الخرسانة الموجودة في اي جزء من الوعاء بصورة تامة. وبصورة عامة, تكون هذه الخلاطة غير قابلة للحركة وتستعمل كخلاطة مركزية للمشاريع الكبيرة, في معامل صناعة الوحدات الخرسانية الجاهزة وفي المختبرات, كما وتستعمل بصورة خاصة للخلطات الصلبة (Stiff) القوام والمتماسكة. وبسبب وجود الالواح الدوارة والتي تشغل جزءا كبيرا من وعاء الخلط وتستعمل هذه الخلاطات ايضا لخلط كمية قليلة قليلة من الخرسانة لذا يفضل استعمالها في المختبر.

د- الخلاطات الاسطوانية الشكل (Drum Type Mixers):

في هذه الخلاطات لايحصل قشط لجوانبها الداخلية اثناء عملية الخلط وبذلك تتجمع كمية من الملاط وتلتصق بجوانب الاسطوانة الداخلية حيث تبقى هناك لحين غسلها عند نهاية العمل اليومي. فالخليط الاول سيفقد كمية كبيرة من الملاط ويظهر اثناء التفريغ بشكل حبيبات من الركام الخشن محاطة بطبقة من عجينة الاسمنت, لذا يجب اهمال الخليط الاول ويمكن معالجة ذلك بوضع كمية من الملاط في الخلاطة قبل بداية الخلط لغرض تمليطها (Buttering).

ه- الخلاطات الثنائية الوعاء (Dul Drum Mixers):

تتكون من وعائين متجاورين حيث تخلط الخرسانة لمدة معينة من الزمن في الوعاء الاول وتنقل الى الوعاء الثاني للفترة الباقية من عملية الخلط. وفي متوسط هذا الوقت يعاد شحن الوعاء الاول بمكونات الخرسانة ويبدا بعملية الخلط من جديد. وهذه العملية متواقتة بحيث لايحصل اختلاط بين مكونات الخرسانة الغير المخلوطة ومكونات الخرسانة المخلوطة جزئيا او بين الاخيرة والمكونات المخلوطة كليا وبذا فان انتاج الخرسانة يكون مضاعفا مقارنة بالخلاطات الاعتيادية. تستعمل هذه الخلاطات في اشلء الطرق, عندما تكون المساحة المتوفرة وحرية استعمالها محدودة وقد تستعمل خلاطات ثلاثية الوعاء لهذا الغرض.

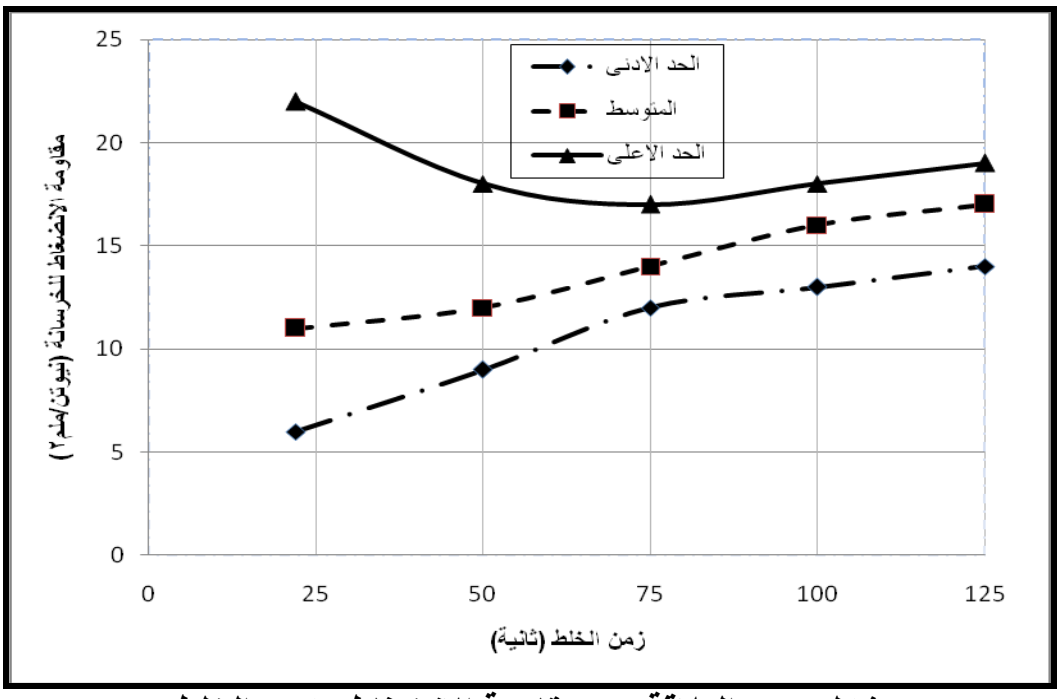
ان كل الخلاطات المذكورة هي خلاطات وجبة (Batch Mixer) أي من النوع التي تملأ بالمواد, تخلط ثم تفرغ تماما قبل اعادة ملئها, وهذه تختلف عن الخلاطات المستمرة (Continuous Mixers) التفريغ أي الخلاطات التي تغذى بالمواد الاولية وتفرغ المواد المخلوطة بتدفق مستمر.

مقاس الخلاطة (Size of Mixer):

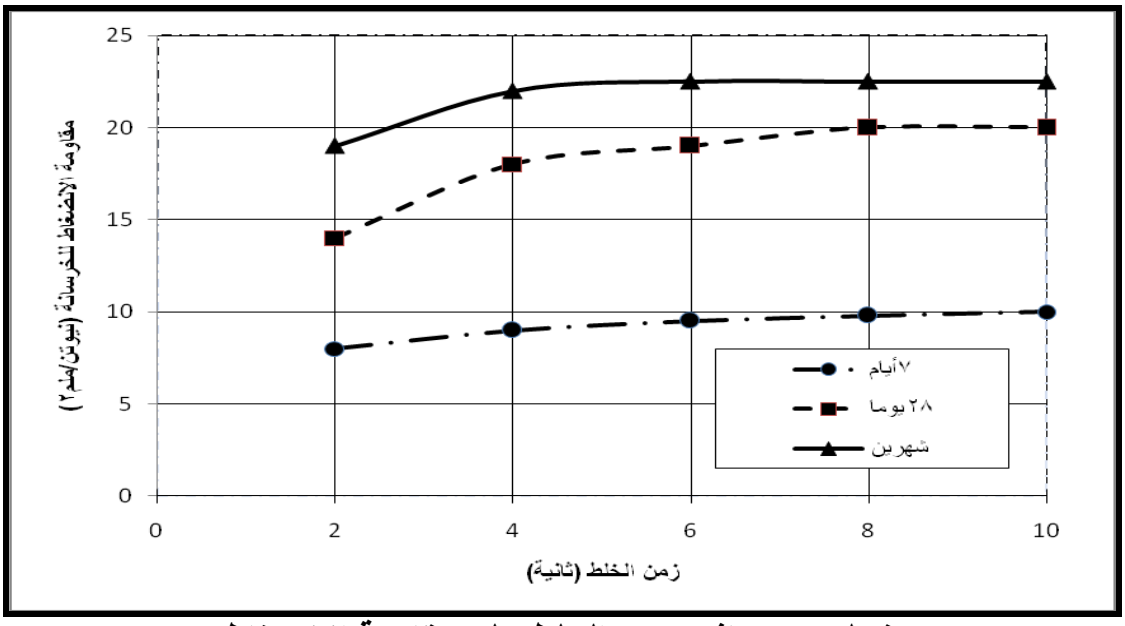
يعبر عن مقاس الخلاطة بحجمها وغالبا يستعمل رقمين: يشير الاول الى حجم المكونات الغير المخلوطة, بصورة سائبة, والثاني يعبر عن حجم الخرسانة عند خلطها, على سبيل المثال, 10/7 , 14/8, 22/14 ...الخ وهذه القيم هي بالقدم المكعب. وفي الوقت الحاضر يستند المقاس الاسمي للخلاطة على حجم الخرسانة بعد عملية الرص, كما مبين في المواصفات القياسية البريطانية (B.S. 1305:1967). تصنع الخلاطات باحجام مختلفة تتراوح بين (0.04) م^3 لاستعمالات المختبرية الى (13) م^3 واذا كانت الكمية المخلوطة صغيرة نسبة الى حجم الخلاطة فان الخليط الناتج يكون غير متجانس التكوين وتكون العملية غير اقتصادية.

زمن الخلط (Mixing Time):

في موقع العمل, غالبا ما تخلط الخرسانة باسرع وقت ممكن لانهاء عملية الصب, لذا يكون من الضروري معرفة الحد الادنى للزمن اللازم لعملية الخلط لانتاج خرسانة متجانسة التكوين وذات مقاومة مناسبة. وهذا الزمن يختلف باختلاف نوع الخلاطة وبتعبير ادق ليس هو زمن الخلط بل عدد دورات الخلاطة اللازمة لعملية الخلط, وبصورة عامة, تكون حوالي (20) دورة كافية. ومن جهة اخرى, نظرا لتحديد الحد الاقصى لسرعة الدوران من قبل صانع الخلاطة فان عدد الورات يعتمد على زمن الخلط.
ولخلاطة معينة هناك علاقة بين زمن الخلط وتجانس الخليط كما مبين في شكل رقم (1) فالتغير في مقاومة عينات خرسانية مصنوعة من خليط معين ومخلوطة لفترة معينة من الزمن يعبر عن عدم تجانس الخليط, كما ويظهر بان خلط الخرسانة لفترة اقل من (1-4/1 1) دقيقة يعطي خرسانة متغيرة كثيرا ولكن زيادة وقت الخلط عن هذه القيم لايؤدي الى تحسين تجانس الخليط بدرجة كبيرة.
اضافة الى ذلك, يزداد معدل مقاومة الخرسانة بزيادة زمن الخلط كما موضح في شكل رقم (2) ومعدل الزيادة ينخفض فجاة بعد حوالي دقيقة واحدة ولايكون بذات اهمية بعد دقيقتين وضمن الدقيقة الاولى يكون تاثير زمن الخلط على المقاومة ذو اهمية كبيرة.
تتغير القيمة الفعلية للحد الادنى لزمن الخلط مع نةع الخلاطة وتعتمد علة مقاسها فالجدول رقم (1) يبين القيم النموذجية, ويحسب هذا الزمن من وقت وضع كل المواد الصلبة في الخلاطة. ان الارقام المدرجة هي للخلاطات الاعتيادية ولكن هناك عدة خلاطات حديثة وكبيرة الحجم تعطي خليطا متجانسا عندما يكون زمن الخلط بين (1-2/1 1) دقيقة, وفي الخلاطات القدرية ذات السرعة العالية يكون من الخلط قصيرا اذ يصل الى (35) ثانية. ومن جهة اخرى عند استعمال الركلم الخفيف الوزن يجب ان لايقل زمن الخلط عن (5) دقائق وفي بعض الاحيان يقسم الى (2) دقيقة لخلط الركام مع الماء, يتبعها (3) دقائق اخرى بعد اضافة الاسمنت. وبصورة عامة فان طول زمن الخلط اللازم للحصول على خليط متجانس التكوين واللون يعتمد على نوعية او جودة موالفة المواد اثناء تفريغ الخليط.
ان خلط الخرسانة لفترة طويلة يؤدي الى تبخر الماء من الخليط ويتبع ذلك نقصانا في قابلية التشغيل. اضافة الى ذلك بزيادة زمن الخلط يتكسر الركام الخشن وبالاخص اذا كان ضعيفا وبذلك تزداد المساحة السطحية للركام وتقل قابلية تشغيل الخليط ايضا كما وترتفع حرارة الخليط ايضا بسبب الاحتكاك الداخلي بين الحبيبات الصلبة.



شكل (1): العلاقة بين مقاومة الانضغاط وزمن الخلط



شكل (2): تاثير زمن الخلط على مقاومة الانضغاط

جدول (1) يوضح الحد الادنى لزمن الخلط

سعة الخلاطة		زمن الخلط – دقائق
($م^3$)	($ياردة^3$)	الجمعية الامريكية للخرسانة والجمعية الامريكية لاختبار المواد (ASTM C 94-78a)
0.8	الى حد 1	1
1.5	2	1 ¼
2.3	3	1 ½
3.1	4	1 ¾
3.8	5	2
4.6	6	2 ¼
7.6	10	3 ¼

تغذية مكونات الخليط في الخلاطة:

ليس هناك طريقة عامة لتغذية مكونات الخليط في الخلاطة وذلك لانها تعتمد على خواص الخليط والخلاطة, وبصورة عامة:

1 - توضع اولا كمية قليلة من ماء الخلط في الخلاطة.

2- ثم يضاف اليها كل المواد الصلبة ومن الافضل ان تغذى المواد بصورة منتظمة في الخلاطة وفي نفس الوقت وان امكن ان يغذى الجزء الاكبر من الماء خلال نفس الوقت.

3- اما الجزء المتبقي من الماء فيضاف بعد اضافة المواد الصلبة.

وفي بعض الخلاطات, عند استعمال خليط جاف جدا يكون من الضروري ان:
يغذى اولا بعض الماء والركام الخشن والا فان سطح الركام الخشن لايترطب كليا.

ولقد لوحظ في بعض الخلاطات القدرية الصغيرة وعند استعمال خلطات صلبة (Stiff) جدا بانه:

1- من الافضل ان يغذى الرمل اولا.
2- ثم جزء من الركام الخشن.
3- ثم الاسمنت.
4- ومن ثم الماء واخيرا يغذى الجزء المتبقي من الركام الخشن وذلك لغرض تكسير كتل الملاط.

قابلية تشغيل الخرسانة الطرية
WORKABILITY OF FRESH CONCRETE

قابلية تشغيل الخرسانة الطرية:

في حالة كون الخرسانة الطرية ذات قوام مناسب بحيث يمكن نقلها وصبها ورصها كليا وإنهائها بجهد معقول وبدون حصول الانعزال, يقال أنها قابلة للتشغيل.

وقابلية التشغيل المطلوبة تعتمد, بدرجة كبيرة على طرق الرص المتوفرة فقد تستعمل طريقة الرج أو الدك اليدوي في عملية الرص لطرد الهواء المحصور من الخرسانة الطرية. والطلقة الكلية اللازمة للحصول على رص متكامل للخرسانة هي عبارة عن:

الشغل المبذول = الشغل النافع + الشغل المفقود

الشغل النافع هو عبارة عن الشغل المبذول في عملية الرص للتغلب على الاحتكاك الداخلي بين حبيبات الركام في الخرسانة إضافة إلى الشغل المبذول للتغلب على الاحتكاك السطحي بين الخرسانة وحديد التسليح أو سطح القالب من الداخل, أما الشغل المفقود فهو عبارة عن الشغل المبذول لرج القالب وأجزاء الخرسانة المتكاملة الرص. وبما إن الاحتكاك الداخلي هو الجزء المهم من الطاقة الكلية, فيمكن تعريف قابلية التشغيل بأنها مقدار أو كمية الشغل الداخلي النافع اللازم للحصول على رص متكامل للخرسانة الطرية.

الخرسانة الطرية يلزم أن تكون قابلية تشغيلها مناسبة لطريقة الرص المستعملة بحيث يمكن رصها للحصول على أقصى كثافة بمقدار معقول من الشغل المنجز.

قابلية التشغيل يجب أن تكون على الأقل كمقياس للخواص التالية:

أ- دموجية الخرسانة أو السهولة التي يمكن بها رص الخرسانة وطرد الفجوات الهوائية منها.
ب- حركية الخرسانة أو سهولة انسيابها في القالب حول قضبان حديد التسليح.
جـ- استقرارية الخرسانة أو قابليتها للبقاء مستقرة, أي كتلة متجانسة المكونات دون حصول الانعزال.

الطرق الرئيسية لقياس قابلية التشغيل:

يمكن تلخيص الطرق الرئيسية لقياس قابلية التشغيل للخرسانة الطرية فيما يلي:

1- فحص الهطول (Slump Test)
2- فحص عامل الرص (Compacting Factor Test)
3- فحص إعادة التشكيل بالرجات الترددية (Remoulding By Jolting)
4- فحص إعادة التشكيل بالاهتزازات الترددية (Remoulding By Vibration)

1- فحص الهطول: (Slump Test)

يستعمل فحص الهطول, بصورة واسعة, في موقع العمل وفي جميع أنحاء العالم, وهذا الفحص لا يقيس قابلية تشغيل الخرسانة ولكنه مفيد جدا في الكشف عن التغيرات الحاصلة في المواد الداخلة في تكوين الخرسانة بين فترة وأخرى, على سبيل المثال, زيادة محتوى الرطوبة في الركام أو تغير تدرج الركام كنقصان كمية الرمل في الخليط يؤدي إلى زيادة الهطول.إن الهطول العالي أو الواطيء كثيرا يعطي تحذيرا مباشرا للشخص المشرف على عملية الخلط ويمكنه من تصحيح نسب الخلط حالا.

في طريقة الفحص المبينة في المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM C 143-78) يستعمل قالب بشكل مخروط معدني ناقص ارتفاعه 305مم (12 انج) وقطر قاعدته السفلى 208 ملم (8 انج) وقطر قاعدته العليا 102 ملم (4 انج). انظر الشكل رقم (1). يرطب السطح الداخلي للمخروط والقاعدة التي يستند عليها لغرض تقليل الاحتكاك بين الخرسانة والسطوح الداخلية الملامسة لها, ثم يوضع على القاعدة بحيث تكون فتحته الصغيرة من الأعلى ويملأ بالخرسانة الطرية بثلاث طبقات متساوية الارتفاع تقريبا, حيث تدك كل طبقة

بواسطة قضيب رص قياسي, قطره 16ملم (5/8 انج), مدور من إحدى نهايتيه وذلك بالضرب 25 مرة عند نهايته المدورة وبعد ذلك يسوى سطح المخروط الناقص بواسطة مالج. وخلال هذه العملية يجب الانتباه إلى تثبيت المخروط على قاعدته بأحكام, وعند الانتهاء من مليء القالب تنظف المساحة المحيطة بقاعدة المخروط من الخرسانة الزائدة ثم يرفع القالب مباشرة بصورة بطيئة وعمودية وبذلك يمكن تعيين هطول الخرسانة إلى اقرب 5مم (1/4 انج) من قياس مقدار النقصان في الارتفاع الأصلي للخرسانة.

شكل رقم (1-A) يبين جهاز فحص الهطول

شكل رقم (1-B) يبين كيفية قياس الهطول

أشكال الهطول:

هنالك ثلاثة أشكال للهطول وهي:-

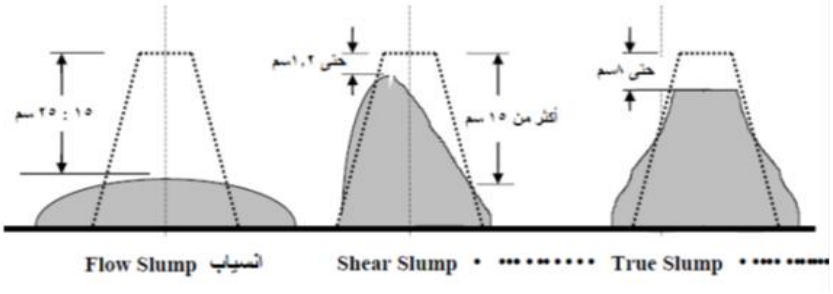
أ- **الهطول الحقيقي: (True Slump)**
هو هطول الخرسانة بصورة متساوية من جميع الجهات.

ب- **هطول القص: (Shear Slump)**

هو هطول نصف الخرسانة إلى الأسفل بمستوى مائل.وهذا يحصل عادة في الخليط المتباين المكونات معبرا عن فقدان تماسك الخليط. وعند الحصول على هذا النوع من الهطول يلزم إعادة الفحص بتقليل محتوى الماء في الخليط لحين الحصول على الهطول الحقيقي.

جـ- **هطول انهيار: (Collapse Slump)**

هو هطول الخرسانة إلى الأسفل بشكل كبير. الشكل رقم (2) يبين أشكال الهطول.



شكل رقم (2) يبين أشكال هطول الخرسانة الطرية

درجات التشغيل للخرسانة الطرية:

الجدول رقم (1) يبين درجات التشغيل للخرسانة الطرية من خلال معرفة قيم الهطول وعامل الرص للخرسانة المتضمنة مقاس أقصى 19 أو38 مم (3/4 أو ½ 1 انج). ومن خلال هذا الجدول يمكن معرفة استعمالات الخرسانة. ودرجات التشغيل هي واطئة جدا, واطئة, متوسطة و عالية.

جدول (1): درجات التشغيل, الهطول, عامل الرص للخرسانة المتضمنة مقاس أقصى 19 أو38 مم (3/4 أو ½ 1 انج)

درجة التشغيل	الهطول		عامل الرص باستعمال:-	استعمالات الخرسانة
	(مم)	(انج)	جهاز صغير جهاز كبير*	
واطئة جدا (Very Low)	25-0	1-0	0.80-0.78	خرسانة للطرق مرصوصة بالاهتزاز (الرج)
واطئة (Low)	50-25	2-1	0.87-0.85	خرسانة للطرق مرصوصة بالأجهزة اليدوية, خرسانة كتلية للأساسات من غير رص , خرسانة للمقاطع القليلة التسليح باستعمال الهزازات.
متوسطة (Medium)	100-50	4-2	0.94-0.92	خرسانة مسلحة للأعمال الاعتيادية مرصوصة يدويا, خرسانة للمقاطع الكثيفة التسليح وباستعمال الهزازات
عالية (High)	175-100	7-4	0.96-0.95	خرسانة للمقاطع الكثيفة التسليح جدا والغير ملائمة للاهتزاز

*لايستعمل اعتياديا

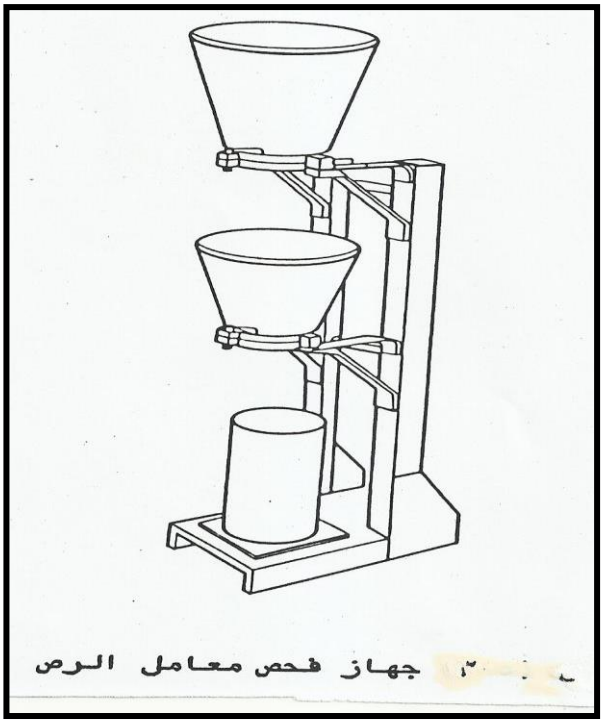
2- **فحص عامل الرص: (Compacting Factor Test)**

يمكن إجراء هذا الفحص بموجب الطريقة المبينة في المواصفات القياسية في المواصفة البريطانية (BS 1881: Part 103:1983) وكذلك في الكود الأمريكي (ACI 211.3:1975) وذلك باستعمال جهاز يتكون من انائين بشكل مخروط ناقص واسطوانة واحدة, مرتبة كما موضح في الشكل رقم (3), حيث تكون

سطوحها الداخلية مصقولة لغرض تقليل الاحتكاك السطحي بينها وبين الخرسانة الملامسة لها. يملا المخروط الناقص العلوي بالخرسانة, بصورة هادئة كي لاينجز عليها شغل يؤدي إلى رصها, ثم تفتح بوابته مباشرة بعد ملئه لغرض السماح للخرسانة بالسقوط تحت تأثير وزنها الذاتي في المخروط الناقص التالي والذي يكون اصغر من المخروط الناقص العلوي لهذا يمتلأ بالخرسانة ويفيض وبذلك يتضمن تقريبا نفس كمية الخرسانة في الحالة القياسية. بعد ذلك تفتح بوابة المخروط الناقص الثاني فتسقط الخرسانة في الاسطوانة ثم تزال الخرسانة الزائدة ويسوى سطح الاسطوانة جيدا. يعيين وزن الخرسانة للاسطوانة والمرصوصة جزئيا بتأثير الجهد القياسي المشار إليه أعلاه, تحت تأثير وزنها الذاتي من ارتفاعات قياسية محددة. وبعدئذ يعاد مليء الاسطوانة بنفس الخرسانة بطبقات, عمقها 50 مم تقريبا, ترص كل طبقة رصا تاما بقضيب الرص أو بالاهتزاز الميكانيكي وتزال الخرسانة الزائدة ويعدل سطح الاسطوانة ثم يعيين وزن هذه الخرسانة المالئة للاسطوانة وبذا يمكن حساب عامل الرص من العلاقة التالية:-

$$\text{عامل الرص} = \frac{\text{وزن الخرسانة المرصوصة جزئيا والمالئة لاسطوانة قياسية}}{\text{وزن الخرسانة المرصوصة كليا والمالئة لنفس الاسطوانة}}$$

يبلغ ارتفاع جهاز عامل الرص حوالي 1.2 م وعندما يزيد المقاس الأقصى عن 19 مم والى حد 38 مم يستعمل جهاز اكبر ارتفاعه 1.8 م ولذا السبب لايستعمل الجهاز الكبير اعتياديا. إن قيم عامل الرص لقابلية التشغيل المختلفة يمكن ملاحظتها في جدول رقم (1).

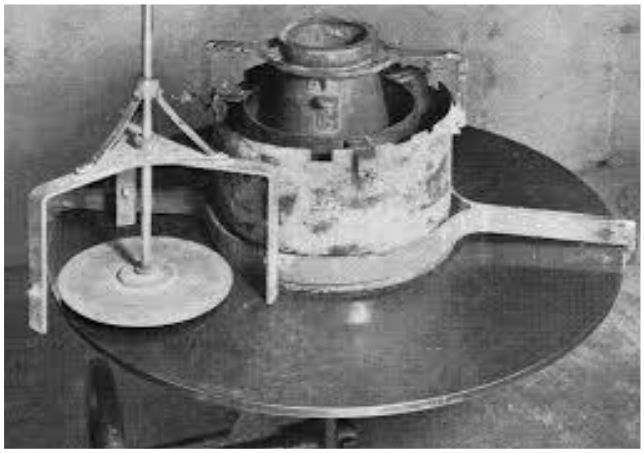


شكل (A-3) مخطط جهاز عامل الرص

شكل (B-3) جهاز عامل الرص

3- فحص إعادة التشكيل بالرجات الترددية: (Remoulding By Jolting)

تقاس قابلية التشغيل في هذه الطريقة بالجهد اللازم لتغير شكل نموذج من الخرسانة من هيئة إلى أخرى بواسطة الرج الترددي, والجهاز المستعمل في هذا الفحص مبين في الشكل رقم (4). يجري الفحص بوضع مخروط ناقص, أبعاده مماثلة لذلك المستعمل في فحص الهطول, في داخل اسطوانة قطرها 305 مم (12 انج) وارتفاعها 203 مم (8 انج), مثبتة على قرص الانسياب. وفي داخل الاسطوانة الرئيسية توجد حلقة داخلية, قطرها 210 مم (¼ 8 انج) وارتفاعها 127 مم (5 انج). يملىء المخروط الناقص بالخرسانة بالطريقة القياسية ثم يزال القالب ويوضع قرص وزنه 1.9 مم (1/4 انج) وتكرر العملية عدة مرات حتى يهطل المخروط الخرساني مقدارا معينا مغيرا شكله إلى شكل اسطواني وبذلك يعبر غدد الرجات الترددية عن الجهد اللازم لإعادة تشكيل الخرسانة والذي بدوره يعتبر كمقياس لقابلية التشغيل الخرسانة, وهذا الجهد يزداد بزيادة جفاف الخليط.



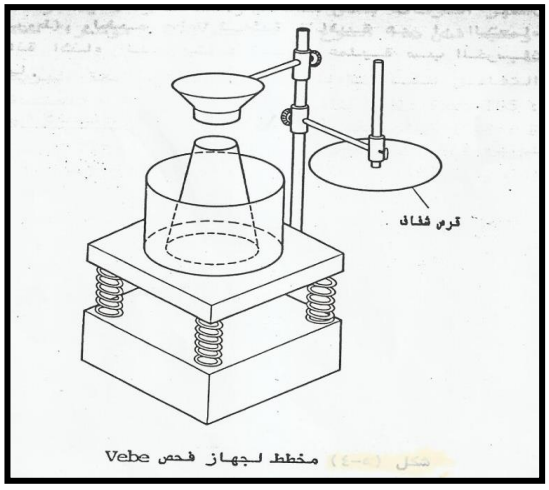
شكل (4) جهاز فحص إعادة التشكيل بالرجات الترددية

4- فحص إعادة التشكيل بالاهتزازات الترددية: Ve-Be (Remoulding By Vibration)

هذه الطريقة هي تعديل لطريقة إعادة التشكيل المبينة في (3), حيث تحذف فيها الحلقة الداخلية وترص الخرسانة بالاهتزازات الترددية بدلا من الرجات الترددية باستعمال الجهاز المبين في الشكل رقم (5). لقد سميت هذه الطريقة Ve-Be نسبة إلى العالم السويدي (V.Bahrner) الذي وضعها, وتفاصيلها مبينة في المواصفة البريطانية (BS 1881: Part 104:1983) وكذلك في الكود الأمريكي (ACI 211.3:1975).

في هذا الفحص يملىء المخروط الناقص بالخرسانة بثلاث طبقات تقريبا وكل طبقة تدك بقضيب الرص القياسي 25 مرة موزعة بالتساوي على سطح الخرسانة, ثم يسوى سطحه ويرفع مباشرة, بعدئذ تعرض الخرسانة للاهتزازات الترددية باستعمال المنضدة الهزازة والتي تهتز بسرعة قدرها 3000 دورة/دقيقة. تقاس قابلية التشغيل الخرسانة بالجهد اللازم لإعادة تشكيلها من مخروط ناقص إلى اسطوانة, ويقدر ذلك الجهد بالزمن T ثانية اللازم لإتمام إعادة التشكيل والذي يسمى عامل Vebe.

تعتبر هذه الطريقة من الطرق المختبرية الجيدة وخصوصا للخلطات الجافة جدا حيث لاتصلح الطرق الأخرى لذلك. وهناك فائدة أخرى من استخدام هذا الفحص, وهي إن طريقة معاملة الخرسانة أثناء الفحص مقاربة نسبيا إلى طريقة رص الخرسانة فعليه في الواقع.



شكل رقم (5) جهاز Vebe

شكل رقم (5) جهاز Vebe

العوامل المؤثرة على قابلية تشغيل الخرسانة:

يمكن تلخيص العوامل الرئيسية المؤثرة على قابلية التشغيل الخرسانة فيما يلي:

1- محتوى ماء الخلط:
عند تثبيت نوع الركام ومقاسه الأقصى فان قابلية تشغيل الخليط تزداد بزيادة محتوى الماء, وكلما كان المقاس الأقصى للركام اصغر كلما كان التدرج انعم وبذلك تزداد كمية الماء اللازمة للحصول على قابلية تشغيل معينة.

2- الكمية النسبية لعجينة الاسمنت والركام:
عند تقليل عجينة الاسمنت في الخليط نسبة إلى كمية الركام الموجود فان ذلك يجعل الخليط أكثر جفافا ولكن زيادة كمية عجينة الاسمنت تجعل الخليط أكثر سيولة وتزيد من قابلية تشغيله.

3- نعومة الاسمنت:
إن زيادة نعومة الاسمنت تزيد من قابلية تشغيل الخرسانة إلى حد معين ولكن تكاليف زيادة النعومة عالية ولاتتفق مع الزيادة في قابلية تشغيل الخليط.

4- تدرج الركام:
من الضروري إن تكون تدرج الركام المختلط بحيث يمكن الحصول على أقصى كثافة وبمقدار معقول من الشغل المنجز, أي إن تداخل الحبيبات ذات المقاسات المختلفة مع بعضها البعض, فالحبيبات الصغيرة تحتل الفجوات الموجودة بين الحبيبات الكبيرة وذلك لمنع ملاط الاسمنت من المرور خلال الفراغات الموجودة بين الحبيبات الكبيرة من الركام وكذلك لمنع عجينة الاسمنت من المرور خلال الفراغات بين الركام المختلط كي تكون الخرسانة الطرية ذات قابلية تشغيل جيدة والخرسانة المتصلبة الناتجة منها ذات مقاومة عالية.

5- شكل حبيبات الركام:
عند استعمال حبيبات الركام الرقائقية و المستطالة تقل قابلية تشغيل الخليط وهذا يتطلب زيادة كمية ماء الخلط لغرض ترطيب سطوح كل الحبيبات للوصول إلى درجة التشغيل المطلوبة مما يؤدي إلى تقليل مقاومة الخرسانة المتصلبة الناتجة. ومن جهة أخرى فان الحبيبات المستديرة الشكل تكون سهلة التشغيل وتحتاج إلى كمية اقل من الاسمنت لقلة مساحتها السطحية أما الحبيبات الغير المنتظمة والزاوية فتكون صعبة التشغيل.

6- الملمس السطحي:
إن زيادة خشونة سطح حبيبات الركام ومساميته يؤدي إلى تقليل حركة الحبيبات في الخليط وزيادة كمية الشغل المبذول للتغلب على الاحتكاك الداخلي والى عدم كفاية ملاط الاسمنت اللازم لتغليف سطوح كل الحبيبات وبذلك تقل قابلية الخليط للتشغيل.كما إن خشونة السطح وعدم انتظامه في الأحجار المكسرة المستخدمة في الخرسانة أيضا يسبب تقليل في قابلية التشغيل, وهذا يتطلب زيادة ماء الخلط للحصول على درجة التشغيل المطلوبة.

7- استعمال المضافات:
هناك بعض المواد بدرجة عالية من النعومة تضاف الى مكونات الخليط لغرض تحسين قابليته للتشغيل ولدونته ومنها:

أ- مواد خاملة كيمياويا:
مثل الجير المطفأ, الرمل المطحون, الحجر الجيري المطحون والمواد المماثلة الأخرى حيث تسلك كمادة تشحيم في الخليط وبذلك تزيد من قابلية التشغيل.

ب- مواد فعالة لها خواص بوزولانية:
مثل رماد مسحوق الفحم, رماد قشور الرز, خبث الأفران العالية, التراب الدياتومي, الطين المحروق وما إلى ذلك. إن هذه المواد لها القدرة على التفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم المتحرر من اماهة السليكات مكونة سليكات الكالسيوم المسؤولة عن مقاومة عجينة الاسمنت المتصلبة.

8- استعمال إضافات الهواء المقصود:

إضافات الهواء المقصود هي عبارة عن مواد تضاف إلى الخرسانة الطرية أثناء عملية الخلط بواسطة مواد كيمياوية ذات فعالية سطحية (مثل الدهون الحيوانية والنباتية وأصباغ الأخشاب الطبيعية) لتكوين فقاعات هوائية كروية الشكل مقاسها بين 1000-10 مايكرون. وهذه الفقاعات الهوائية تسلك كقطرات مائية أو كحبيبات من الرمل في داخل الخليط وبذلك تزيد من قابليته للتشغيل ولدونته. هذه الإضافات تستعمل في الأجواء المتجمدة لكي تمنع تفتت الخرسانة الطرية بسبب كبر جم الماء بعد انجماده فيها حيث إن هذه الزيادة بحجم الماء سوف تضيع داخل هذه الفقاعات الهوائية.

9- تأثير الزمن ودرجة الحرارة:

تتصلب الخرسانة الحديثة الخلط بمرور الزمن وذلك قسما من الماء يمتص من قبل الركام, بعضه يفقد نتيجة للتبخر وخصوصا إذا كانت الخرسانة معرضة للشمس أو الرياح وبعضه يستعمل في عملية التفاعل الكيمياوي لمركبات الاسمنت مع الماء, لذلك فان قابلية التشغيل للخرسانة تقل مع مرور الزمن. ولهذا يفضل تأخير فحص قابلية التشغيل إلى حوالي 15 دقيقة بعد عملية الخلط.

تتأثر قابلية التشغيل أيضا بدرجة حرارة المحيط, حيث إنها تقل مع زيادة درجة حرارة المحيط لان قسم من ماء الخلط سوف يتبخر وقسم آخر منه سوف يشارك في التفاعل الكيمياوي لمركبات الاسمنت مع الماء لان ارتفاع درجة الحرارة يحفز ويزيد من هذا التفاعل.

قوام الخرسانة الطرية

قوام الخرسانة الطرية:

في حالة الخرسانة الطرية يشير القوام عن درجة بلل (رطوبة) الخرسانة أو عن سهولة انسيابها. إن الغرض العملي من تحديد قوام الخرسانة هو تأكيد الحصول على خلطة خرسانية قابلة للتشغيل في مختلف الأعمال الخرسانية.

تصنيف قوام الخرسانة الطرية:

يمكن وصف وتصنيف قوام الخرسانة إلى:

1 - جاف (Dry)
2- صلب (Stiff)
3- متوسط (Medium)
4 - لدن (Plastic)
5- مبتل (Wet)
6 - رخو (Sloppy)

طرق تعين قوام الخرسانة الطرية:

هناك طرق متعددة لتعيين قوام الخرسانة منها:

1- فحص الانسياب (Flow Test)
2- فحص الاختراق بطريقة كيلي (Kelly Ball Penetration Test)

1- فحص الانسياب (Flow Test):

يجري هذا الفحص في المختبر لغرض التعرف على قوام الخرسانة ومدى ميلها للانعزال, ويعتبر هذا الفحص قيما في تخمين مدى تماسك مكونات الخلطة الخرسانية مع بعضها البعض.

يمكن تعين انسياب الخرسانة بموجب الطريقة المبينة في المواصفات الأمريكية (ASTM Standard C124-77) وذلك باستعمال قرص دائري قطره 760 مم (انج), كما مبين في الشكل رقم (6), موضوع بحيث يمكن رجه وذلك بإسقاطه مسافة 13 مم (1/2 انج). ينظف القرص بواسطة قطعة قماش مبللة, ثم يوضع قالب اختبار الانسياب, والذي يكون بشكل مخروط ناقص, قطر قاعدته العليا 171 مم (¼ 63 انج) وقطر قاعدته السفلى 254 مم (10 انج), في وسط القرص ويملى بالخرسانة الطرية بطبقتين حيث تدك كل طبقة (25) ضربة بواسطة قضيب رص ذو نهاية مدورة, قطره 16 مم (5/8 انج) وطوله 610 مم (24 انج) ثم يسوى سطح القالب بواسطة مالج وتزال الخرسانة الزائدة من القالب.ينظف سطح القرص المحيط بقاعدة القالب في حالة سقوط خرسانة عليه وبعدها يرفع القالب مباشرة بصورة عمودية ثم يرج القرص 15 مرة وذلك برفعه وخفضه مسافة 13 مم (1/2 انج) في حوالي 15 ثانية وسينتج عن ذلك انسياب الخرسانة على القرص. يقاس معدل قطر الخرسانة المنسابة إلى اقرب 6 مم1/4 انج) وبذا يمكن تعيين انسياب الخرسانة بحساب النسبة المئوية للزيادة في معدل قطر الخرسانة المنتشرة على القرص D مقسوما على القطر الأصلي لقاعدة الخرسانة D_1 أي :

$$\text{النسبة المئوية للانسياب } (\%) = \frac{D_1 - D}{D_1} * 100$$

الجدول رقم (2) يبين عن حدود الانسياب للخرسانة لمختلف درجات القوام, حيث يقل الانسياب إذا كان القوام جافا ويزداد إذا كان مبتلا.

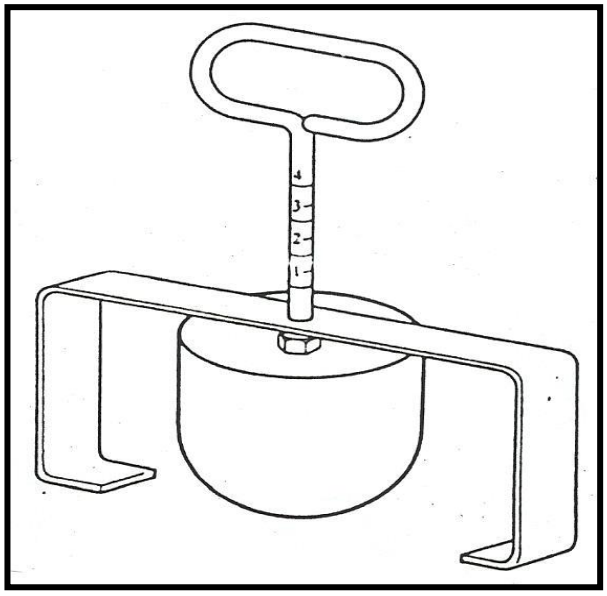
الجدول رقم (2) يبين عن حدود الانسياب للخرسانة لمختلف درجات القوام

قوام الخرسانة	النسبة المئوية للانسياب (%)
جاف (Dry)	20-0
صلب (Stiff)	60-15
لدن (Plastic)	100-50
مبتل (Wet)	120-90
رخو (Sloppy)	150-110

شكل رقم (6) قرص الانسياب مع القالب

2- فحص الاختراق بطريقة كيلي: (Kelly Ball Penetration Test)

يجري هذا الفحص الحقلي البسيط لغرض السيطرة على قوام الخرسانة وذلك بوضع جسم معدني بشكل نصف كرة, كما مبين في شكل رقم (7), قطره 152 مم (6 انج) نه 13.6كغم (30 باوند) على سطح الخرسانة الطرية ثم تقرأ قيمة اختراق الجسم المعدني للخرسانة الطرية على مقياس الجهاز حيث يزداد الاختراق كلما كان قوام الخرسانة أكثر بللا. إن تفاصيل هذا الفحص مبينة في المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM Standard C360-68).



شكل رقم (7-A) جهاز كرة كيلي للاختراق لفحص قوام الخرسانة

شكل رقم (7-B) جهاز كرة كيلي للاختراق لفحص قوام الخرسانة

يستعمل هذا الفحص لقياس التغيرات التي تحصل في مكونات الخلطة الخرسانية خلال إنتاجها, وعلى سبيل المثال, التغيرات الناتجة عن تغير محتوى الرطوبة في الركام, وكبديل لفحص الهطول لكونه ابسط وأسرع منه ويمكن تطبيقه على الخرسانة في داخل عربة النقل أو فعليا على الخرسانة الموضوعة في القالب. إضافة إلى ذلك

يكون فحص الهطول غير جدير بالاعتماد في حالة استعمال خلطات فقيرة بالاسمنت والتي يجب إن تكون عملية السيطرة عليها جيدة. ولقد وجد بان هناك علاقة بين الاختراق والهطول.

أمثلة محلولة

مثال 1:

بعد إجراء فحص الانسياب للخرسانة الطرية والحصول على النتائج التالية, قطر الخرسانة المنتشرة بعد رفع القالب على قرص الانسياب كانت 500 mm والقطر الأصلي لقاعدة الخرسانة (قاعدة القالب السفلى) هي 254 mm, حدد قوام الخرسانة.

الحل:-

$$\text{النسبة المئوية للانسياب } (\%) = \frac{D_1 - D}{D_1} * 100 = \frac{(500 - 254)}{254} * 100 = 96.850\ \%$$

بعد احتساب النسبة المئوية للانسياب للخرسانة يمكن تحديد قوام الخرسانة باستخدام جدول رقم (2) وهو لدن-مبتل.

مثال 2:

بعد إجراء فحص الهطول للخرسانة الطرية والحصول على النتائج التالية, الهطول 40 mm وعامل الرص 0.86. حدد درجة تشغيل الخرسانة واستعمالاتها, ثم جد مقدار الاختراق الخاص لفحص القوام للخرسانة الطرية (فحص كيلي).

الحل:-

بما إن مقدار الهطول ومقدار عامل الرص معلوم من السؤال, لذلك يمكن تحديد درجة التشغيل للخرسانة وكذلك استعمالاتها باستخدام جدول رقم (1). إذن من جدول رقم (1):-

درجة تشغيل الخرسانة هي واطئة. واستعمالاتها هي: خرسانة للطرق مرصوصة بالأجهزة اليدوية, خرسانة كتلية للأساسات من غير رص, خرسانة للمقاطع القليلة التسليح باستعمال الهزازات.

الانعزال فى الخلطات الخرسانية الطرية (Segregation)

الانعزال:

بصورة عامة, تعريف الانعزال بأنه انفصال مكونات الخليط الغير المتجانس والمتباين التركيب بحيث يصبح توزيعها غير منتظم.

الأسباب الرئيسية لحصول الانعزال:

1- الاختلاف في المقاس الحبيبي لمكونات الخلطة الخرسانية.
2- الاختلاف في الوزن النوعي لمكونات الخلطة الخرسانية.

الأسباب الأخرى لحصول الانعزال:

1- عدم اختيار التدرج المناسب للركام.
2- عدم العناية بعمليات نقل وصب ورص الخرسانة الطرية.
3- عدم اختيار نسب خلط مناسبة لمكونات الخليط.

أنواع الانعزال:

1- انعزال حبيبات الركام الخشن عن باقي مكونات الخليط, يحدث هذا النوع من الانعزال في بعض الخلطات الخرسانية الفقيرة بالاسمنت والجافة جدا.
2- انعزال عجينة الاسمنت عن الخليط, ويحدث ذلك في الخلطات الخرسانية المبتلة القوام.

*(يمكن علاج النوع الأول من الانعزال بإضافة ماء لتحسين تماسك الخليط ولكن إذا زادت كميته عن الحد الذي يجعل الخليط مبتلا جدا, يحصل النوع الثانى من الانعزال)

التأثيرات السلبية للانعزال:

1- لايسبب تكوين طبقة رقيقة من الاسمنت والماء على سطح الخرسانة والمعروفة بغثاء الخرسانة, وهذه الطبقة تسبب تشقق سطح الخرسانة وتكون طبقة هشة بعد جفاف الماء منها.
2- عدم تجانس الخرسانة بعد صبها في القالب بسبب الانعزال سوف يسبب ضعف في مقاومة الخرسانة المتصلبة ومتانتها.

الإجراءات الواجب اتخاذها لغرض منع أو تقليل من حدوث الانعزال:

1- استعمال ركام خشن ذو وزن نوعي مقارب للوزن النوعي للركام الناعم.
2- استعمال ركام ناعم ذو مقاس أقصى مقارب للوزن النوعي للركام الناعم.
3- اختيار نسب خلط مناسبة للخيط.
4- اختيار ركام ذو تدرج مناسب.
5- اختيار طرق مناسبة لخلط ,صب ,نقل ورص الخرسانة الطرية.
6- عدم إسقاط الخرسانة من ارتفاع كبير ونقلها خلال حوض بشكل قناة مفتوحة من الحديد أو الخشب, وبالأخص إذا كان متغير الاتجاه وكبير الحجم نسبة إلى حجم الخرسانة المنقولة.
7- عند صب الخرسانة يلزم أن تكون بهيئة كتلة ولايسمح لها بالانسياب أو الانزلاق على سطح مائل كما ولايجوز تحركها نحو جوانب القالب باستعمال المالج إذ يجب استعمال الهزازة لهذا الغرض ولتوزيع كتلة الخرسانة على مساحة أوسع.

8- عدم رص الخرسانة لفترة طويلة لان ذلك سبب انعزال عجنية الاسمنت وتوجهها نحو الأعلى وانعزال الحصى وحركته نحو الأسفل.
9- استعمال مضافات الهواء المقصود.

النضح أو النزف في الخرسانة الطرية (Bleeding)

النضح:

النضح هو ظاهرة ارتفاع بعض الماء الموجود في الخليط الى سطح الخرسانة الحديثة الصب ويطلق عليها أيضا ظاهرة اكتساب الماء.

أسباب حصول النضح:

تحصل هذه الظاهرة بسبب عدم إمكانية المكونات الصلبة في الخليط للاحتفاظ بجميع ماء الخلط عندما تترسب إلى الأسفل.

التأثيرات السلبية للنضح:

1- نتيجة لحدوث النضح فان الطبقة العليا م الخرسانة تكون مبتلة جدا وتحوي نسبة عالية من الماء/الاسمنت مما يؤدي إلى تكوين فراغات بهذه الطبقة بعد تبخر الملء منها وجعلها مسامية وبالتالي تكون الخرسانة الناتجة ضعيفة وغير متينة.
2- إذا كانت سرعة تبخر من الخلطة أسرع من النضح, حصل الانكماش اللدن مسببا تشقق الخرسانة.
3- ثناء عملة النضح قد ينحصر قسما من الماء المرتفع إلى الأعلى تحت حبيبات الركام الخشن أو قضبان التسلح الأفقية مكونا فراغات داخل الخرسانة ومؤديا إلى إضعاف التماسك بن حبيبات الركام وعجينة الاسمنت من جهة وبن الخرسانة وحدد التسلح من جهة أخرى, كما وتسبب تلك الفراغات زادة نفاذة الخرسانة بالاتجاه الأفقي ومن ثم تقليل متانتها.
4- عند ارتفاع الماء إلى الأعلى, يحمل معه كمية كبيرة من حبيبات الاسمنت الناعمة والتي تظهر على السطح بهيئة غثاء الخرسانة وهذه الطبقة تسبب تشقق سطح الخرسانة وتكون طبقة هشة بعد جفاف الماء منها. وهذه الطبقة تقلل تماسك الطبقة العليا بالتي تحتها لذلك يلزم إزالتها قبل الاستمرار في صب الخرسانة باستعمال فرشاة ومن ثم غسل السطح بعناية.

الإجراءات الواجب اتخاذها لغرض منع أو تقليل من حدوث النضح:

1- زيادة نعومة الاسمنت المستعمل في الخلطة الخرسانية.
2- زيادة كمية الركام الناعم, الذي يقل مقاس حبيباته عن 150 مايكرون في الخليط.
3- زيادة كمية الاسمنت في الخلطة.
4- استعمال بعض المواد البوزولانية.
5- اختيار نسب خلط مناسبة للخليط.
6- اختيار ركام ذو تدرج مناسب.
7- اختيار طرق مناسبة لخلط , صب , نقل ورص الخرسانة الطرية.

الانكماش اللدن

الانكماش اللدن:

نتيجة لحدوث النضج فأن الطبقة العليا الخرسانة تكون مبتلة جداً وتحوي نسبة عالية من الماء /إلى سمنت مما يؤدي إلى تكون فراغات بهذه الطبقة بعد تبخر الماء منها وجعلها مسامية و بالتالي تكون الخرسانة الناتجة ضعيفة المقاومة وغير متينة وإذا كانت سرعة تبخر الماء من الخلطة أعلى من سرعة النضج يحصل الانكماش اللدن(Plastic Shrinkage) مبيناً تشقق الخرسانة في بعض الأحيان يستعمل مسحوق الامنيوم الذي يسبب تمدد عجينة الاسمنت قليلاً لتجنب تأثير الانكماش الحاصل نتيجة النضج.

كثافة (وحدة الوزن في الهواء) للخرسانة الطرية

كثافة (وحدة الوزن في الهواء) للخرسانة الطرية:

من المعروف انه يتم إيجاد كثافة الخرسانة الطرية المرصوصة عند قياس قابلية التشغيل أو المحتوى الهوائي.ويتم إيجاد الكثافة بإيجاد وزن الخرسانة الطرية المرصوصة في إناء قياسي معلوم الحجم والكتلة. وطريقة إجراء ذلك مثبتة في المواصفتين BS 1881 : Part 107 :1983و ASTM C138-81.
والقانون المستعمل لإيجاد الكثافة للخرسانة الطرية هو:

$$\text{الكثافة للخرسانة الطرية (كغم / م}^3) = \frac{\text{وزن الخرسانة الطرية المرصوصة (كغم)}}{\text{حجم الخرسانة الطرية , حجم الإناء القياسي, (م}^3)}$$

إذا عرفت كثافة الخرسانة الطرية γ_c, , فيمكن إيجاد حجم الخرسانة من معرفة كتلة مكونات الخرسانة, لنفرض ان كتل مكونات دفعة واحدة من الخرسانة كما يأتي:-

W = كتلة الماء
C = كتلة الاسمنت
A_f = كتلة الركام الناعم
A_c = كتلة الركام الخشن

عندئذ فان حجم دفعة واحدة من الخرسانة المرصوصة, (V), تحسب كما يأتي:-

$$V = \frac{W + C + A_f + A_c}{\gamma_c}$$

وكذلك محتوى الاسمنت (أي كمية الاسمنت لوحدة حجوم الخرسانة) :

$$\frac{C}{V} = \gamma_c - \frac{A_f + A_c + W}{V}$$

العوامل المؤثرة على كثافة الخرسانة:

1- الطريقة المستعملة لرص الخرسانة.
2- مدة رص الخرسانة.
3- نوع الركام المستخدم.
4- نسب خلط الخرسانة.
5- كمية المواد الناعمة في الخلطة.
6- تدرج الركام المستعمل.
7- نوعية وكمية المضافات المستخدمة.
8- طريقة معالجة الخرسانة.

تزداد كثافة الخرسانة عندما ترص الخرسانة رصا كاملا وذلك باختيار طريقة الرص المناسبة والمدة الكافية للرص. وكذلك تزداد الكثافة للخرسانة باختيار نسب خلط جيدة وركام ذو وزن نوعي عالي وذو مسامية قليلة. أيضا تزداد الكثافة للخرسانة باستعمال ركام ذو تدرج مناسب بحيث تدخل الحبيبات الصغيرة بين الحبيبات الكبيرة.
عندما تعالج الخرسانة بشكل جيد من حيث اختيار الطريقة الفعالة والمدة الكافية لذلك فان نواتج الاماهة سوف تزداد وتمليء المسامات بحيث تقلل من المحتوى الهوائي للخرسانة. أيضا هنالك مجموعة من المضافات عندما تستخدم تعمل على تقليل محتوى الهواء داخل الخرسانة.
تعبر كثافة الخرسانة الاعتيادية أحيانا عن الكثير من الخواص للخرسانة, فعندما تزداد الكثافة تعطي دليلا عن نفاذية ومسامية قليلة, محتوى هوائي قليل, مقاومة وتحمل عالي, متانة وديمومة كبيرة, مقاومة للظروف الجوية عالية, تجانس واستقرارعالي.

مثال:

خلطة خرسانية بنسب وزنية (1.8: 4.5 : 1) لها نسبة ماء إلى الاسمنت تعادل 0.6 احسب محتوى الخلطة من الاسمنت إذا كانت كثافتها المرصوصة تساوي 2400 كغم / م^3.

الجواب:

تحسب الأوزان لمتر مكعب واحد من الخرسانة.

$$\frac{W}{C} = 0.6 \text{ ----------> } W = 0.6\,C$$

$$V = \frac{W + C + A_f + A_c}{\gamma_c}$$

$$1 = \frac{0.6\,C + C + 1.8\,C + 4.5\,C}{2400}$$

$$2400 = 0.6\,C + C + 1.8\,C + 4.5\,C$$

$$2400 = 7.9\,C$$

$$C = \frac{2400}{7.9}$$

$$C = 303.797 \text{ Kg / m}^3$$

إذن محتوى الخلطة من الاسمنت تساوي 303.797 كغم / م^3 .
محتوى الركام الناعم = 1.8 * C = 1.8* 303.797 = 546.834 كغم / م^3 .
محتوى الركام الخشن = 4.5 * C = 1.8 * 303.797 = 1367.087 كغم / م^3 .
محتوى ماء الخلط = 0.6 * C = 0.6 * 303.797 = 182.278كغم / م^3 .

معادلة الحجوم المطلقة لحساب اوزان مكونات الخرسانة:

تستعمل معادلة الحجوم المطلقة لحساب اوزان مكونات الخرسانة من الاسمنت, الماء, الركام الناعم والركام الخشن. والمعادلة هي:-

$$1000 = \frac{\text{وزن الماء}}{\text{الوزن النوعي للماء}} + \frac{\text{وزن الركام الخشن}}{\text{الوزن النوعي للركام الخشن}} + \frac{\text{وزن الركام الناعم}}{\text{الوزن النوعي للركام الناعم}} + \frac{\text{وزن الاسمنت}}{\text{الوزن النوعي للاسمنت}}$$

مثال:
استعمل معادلة الحجوم المطلقة لحساب اوزان مكونات الخرسانة من الاسمنت , الماء , الركام الناعم والركام الخشن اذا كانت النسبة الوزنية للخلطة الخرسانية (4 : 2 : 1) , نسبة الماء الى السمنت 0.5 , الاوزان النوعية للاسمنت 3.15 , للماء 1 , للركام الناعم 2.66 , وللركام الخشن 2.55 .

$$1000 = \frac{\text{وزن الماء}}{\text{الوزن النوعي للماء}} + \frac{\text{وزن الركام الخشن}}{\text{الوزن النوعي للركام الخشن}} + \frac{\text{وزن الركام الناعم}}{\text{الوزن النوعي للركام الناعم}} + \frac{\text{وزن الاسمنت}}{\text{الوزن النوعي للاسمنت}}$$

$$1000 = \frac{0.5\ C}{1} + \frac{4C}{2.55} + \frac{2C}{2.66} + \frac{1C}{3.15}$$

$$0.317\ C + 0.751\ C + 1.568\ C + 0.5\ C = 1000$$
$$3.136\ C = 1000$$
$$C = 1000/3.136$$
$$C = 318.877\ kg/m^3$$

وزن الاسمنت = 318.877 kg/m^3
وزن الماء = 0.5 *318.877 = 159.438 kg/m^3
وزن الركام الناعم = 2 * 318.877 = 637.754 kg/m^3
وزن الركام الخشن = 4 * 318.877 = 1275.508 kg/m^3

تأثير الفراغات الهوائية على الخرسانة وطرق قياسها
MEASUREMENT AND EFFECT OF AIR CONTENT ON THE PROPERTIES OF CONCRETE

الفراغات الهوائية الموجودة فى الخرسانة نوعان:

1 - الفراغات الهوائية الناتجة عن الهواء المحصور عرضيا.
2 - الفراغات الهوائية الناتجة عن إضافة مضافات الهواء المقصود.

أولا - الفراغات الهوائية الناتجة عن الهواء المحصور عرضيا:

هذه الفراغات ناتجة عن انحصار الهواء وتكون كبيرة وغير منتظمة الشكل وتكون احيانا متصلة مع بعضها مكونة ممرات داخل الخرسانة. وتتكون هذه الفراغات في الخرسانة بسبب عدم الرص أو الرص الغير كامل, وكذلك بسبب عدم اختيار نسب خلط جيدة, أو بسبب عدم اختيار التدرج المناسب للركام, أو عدم استخدام الطرق المناسبة لخلط ونقل وصب ورص الخرسانة, أو عندما تستخدم كميات كبيرة من الماء في الخليط, أو استخدام أنواع من الركام كالرقائقي أو المستطال حيث ينحصر الهواء أسفل هذه الأنواع.

التأثيرات السلبية للفراغات الناتجة عن الهواء المحصور:

1 - تقلل من متانة الخرسانة
2 - تقلل من مقاومة الخرسانة وتحملها
3 - تزيد من نفاذية الخرسانة ومساميتها
4 – تعمل وتساعد على صدا حديد التسليح
5 – يضعف من مقاومة الخرسانة للظروف الجوية

الإجراءات الواجب اتخذها لغرض منع وتقليل من انحصار الهواء داخل الخرسانة:

1 – اختيار نسب خلط مناسبة لإنتاج الخرسانة
2 – استعمال ركام ذو تدرج مناسب
3 – رص الخرسانة رصا كاملا باستعمال واختيار الطرق المناسبة للرص.
4 – العناية بعمليات خلط ونقل وصب ورص الخرسانة

ثانيا - الفراغات الهوائية الناتجة عن إضافة مضافات الهواء المقصود:

يمكن تعريف الهواء المقصود في الخرسانة بأنه هواء مدمج بقصد في الخرسانة الطرية خلال عملية الخلط بواسطة مواد مناسبة تؤدي إلى تكوين فقاعات هوائية صغيرة جدا, يتراوح قطرها بين (0.01-1.0) ملم, موزعة بصورة منتظمة خلال الكتلة الخرسانية وذلك, بصورة رئيسية, وتستعمل لغرض:

1 – زيادة قابلية التشغيل للخرسانة الطرية
2 – زيادة مقاومة الخرسانة الطرية للانجماد ومنع تلف وتكسر الخرسانة بفعل كبر حجم الماء بسبب انجماده داخل الخرسانة حيث إن هذه الزيادة في الحجم سوف تضيع داخل هذه الفراغات.
3 – زيادة متانة الخرسانة المتصلبة وذلك بزيادة مقاومتها لدورات الانجماد والذوبان التي تتعرض لها

تكون هذه الفراغات مفصولة عن بعضها البعض وبذلك لاتشكل ممرات لجريان الماء مما يشير عدم زيادة نفاذية الخرسانة بالهواء المقصود. كما إن هذه الفجوات الهوائية لاتمتليء بنواتج عملية الاماهة وذلك لان جسيمات الجل تتكون فقط عند توفر الماء. أيضا هذه الفراغات لها تأثير سلبي على المقاومة للخرسانة حيث أنها تقللها ولكن يمكن تعويض هذا التقليل في المقاومة وذلك بتقليل محتوى الماء في الخليط الخرساني لان هذه الفراغات سوف تحسن من قابلية التشغيل.

طرق قياس محتوى الهواء فى الخرسانة الطرية:

هناك ثلاث طرق لقياس محتوى الهواء الكلي في الخرسانة الطرية, ونظرا لعدم إمكانية تمييز الهواء المقصود, في هذه الفحوصات, عن الفجوات الكبيرة للهواء المحصور عرضيا, يكون من الضروري رص الخرسانة المراد فحصها بصورة تامة.

أ- الطريقة المثقالية (Gravimetric Method) :

تستند هذه الطريقة القديمة على مقارنة كثافة الخرسانة الحاوية على هواء , ρ_a , مع الكثافة المحسوبة للخرسانة الخالية منه وذات نسب خلط مماثلة , ρ . أما حجم الهواء معبرا عنه كنسبة مئوية من الحجم الكلي للخرسانة يمكن احتسابه من العلاقة التالية:

$$\text{النسبة المئوية لمحتوى الهواء (\%)} = \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho}\right) * 100$$

إن تفاصيل هذه الطريقة مبينة في المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM C138-71) ويمكن استعمالها عندما يكون الوزن النوعي للركام ونسب الخلط ثابتة.

ب - الطريقة الحجمية (Volumetric Method) :

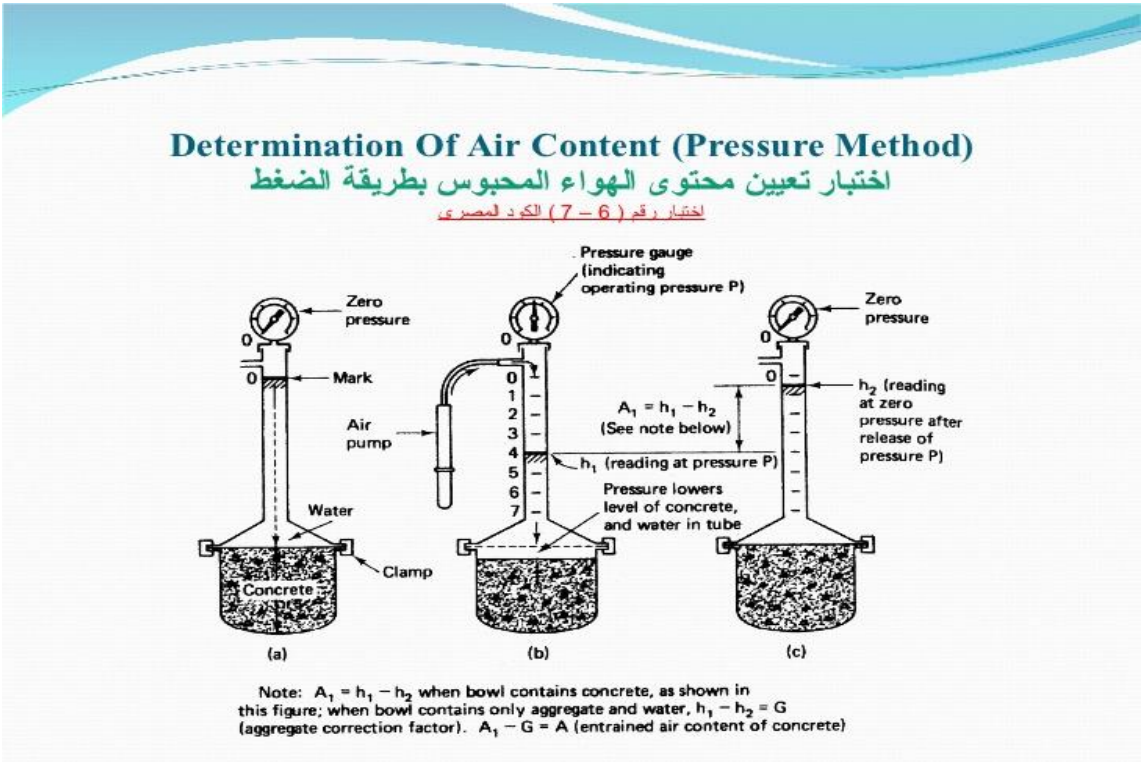
في هذه الطريقة يتم تعيين الفرق في حجم نموذجي الخرسانة قبل وبعد طرد الهواء منها, وذلك باستعمال قنينة الكثافة (Pycnometer). يزال الهواء بالرج (Agitation) , بالدحرجة (Rolling) وبالتحريك. أما تفاصيل هذه الطريقة فمبينة في المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM Standard C173-78), والصعوبة الرئيسية في هذا الفحص تمكن في حقيقة كون وزن الماء الذي يحل محل الهواء قليلا مقارنة بالوزن الكلي للخرسانة.

جـ - طريقة الضغط (Pressure Method) :

تعتبر هذه الطريقة اشهر الطرق وأكثرها ملائمة للاستعمال الحقلي, إذ تستند على العلاقة بين حجم الهواء والضغط المسلط (في درجة حرارة ثابتة) بموجب قانون بويل وعند استعمال مقياس الهواء لا يتطلب عمل حسابات وذلك لوجود تدريجات تعطي النسبة المئوية للهواء مباشرة. والشكل رقم (1) يبين نموذج لقياس الهواء, وتتلخص طريقة الفحص بملاحظة النقصان الحاصل في حجم نموذج من الخرسانة عندما تتعرض إلى ضغط معلوم حيث يسلط هذا الضغط بواسطة مضخة صغيرة ويقاس بواسطة مقياس الضغط. إن تفاصيل هذه الطريقة مبينة في المواصفات الأمريكية (ASTM Standard C 231-78) والمواصفات القياسية البريطانية (B.S.1881:Part 2:1970) .

شكل (1-A): جهاز لقياس محتوى الهواء بطريقة الضغط

شكل (1-B): جهازمن نوع اخر لقياس محتوى الهواء بطريقة الضغط



شكل (C-1): يوضح كيفية قياس محتوى الهواء بطريقة الضغط

وزن الخرسانة والنتاج وكمية الاسمنت فى الخرسانة الطرية
UNIT WEIGHT,CEMENT CONTENT AND YIELD OF FRESH CONCRETE

يتم إيجاد حجم الخرسانة بحساب مجموع الحجوم الصلبة للاسمنت والحصى والرمل والماء وتضاف من 1% إلى 2 % من مجموع هذه الحجوم لحساب الهواء المحصور. والمثال أدناه يبين اسلوب إيجاد هذه القيم.

مثال:

المطلوب إيجاد وحدة الوزن والنتاج وكمية الاسمنت لخلطة خرسانية بنسبة (4 : 2 : 1) بالوزن وهي نسبة الاسمنت إلى الرمل إلى الحصو وان كمية ماء الخلطة 26.0 لتر لكل كيس من الاسمنت علما إن وزن الكيس الواحد هو 50 كغم. الوزن النوعي للسمنت 3.15 , الوزن النوعي للماء 1 , الوزن النوعي للرمل 2.65 , الوزن النوعي للحصى 2.65 .(افرض ان نسبة الفراغات 1%).

الحل:

	الماء	الاسمنت	الرمل	الحصى
النسب بالوزن		1	2	4
وزن الخلطة على أساس كيس واحد من الاسمنت (كغم)	26 50*0.52= 26	50*1= 50	50*2= 100	50*4= 200
الوزن النوعي	1	3.15	2.65	2.65
الحجم الصلب (م^3)	0.026	0.015	0.037	0.075

مجموع الأحجام الصلبة = 0.153 متر مكعب
حجم الخرسانة = حجم الفراغات + مجموع الأحجام الصلبة (حجم الخرسانة بدون فراغات)

حجم الخرسانة = (0.153 *1 %) + 0.153 = 0.154 متر مكعب (بفرض 1% فراغات في الخرسانة)

الوزن الكلي للخلطة = وزن الاسمنت + وزن الماء + وزن الركام الناعم + وزن الركام الخشن
= 50 + 26 + 100 + 200 = 376 كغم

$$\text{وحدة وزن الخرسانة} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}} = \frac{376}{0.154} = 2441.558 \text{ كغم/ م}^3$$

= 2.441 طن/ م^3

النتاج (Yield) للخرسانة الطرية: هي كمية الخرسانة الطرية الناتجة عن استعمال كيس واحد من الاسمنت ويحسب بالطريقة التالية:

$$\text{النتاج} = \frac{\text{الحجم الكلي للخرسانة}}{\text{عدد الأكياس الاسمنت المستعملة في الخلطة}} = \frac{0.154}{1}$$

= 0.154 متر مكعب / كيس واجد من الاسمنت

عامل الاسمنت للخلطة الخرسانية: هو كمية الاسمنت معبرة بالأكياس لكل متر مكعب من الخرسانة وحسابها كما يلي:

$$\text{عامل الاسمنت} = \frac{1}{\text{النتاج}} = \frac{1}{0.154}$$

= 6.493 كيس سمنت / متر مكعب من الخرسانة

اذن اوزان مكونات الخرسانة لانتاج متر مكعب واحد من الخرسانة هي:

وزن الاسمنت = عدد الاكياس * وزن الكيس الواحد = 6.493 * 50 = 324.650 كغم / م^3.
وزن الماء = وزن الماء لكل كيس * عدد الاكياس = 26 * 6.493 = 168.818 كغم / م^3.
أو وزن الماء = نسبة الماء/الاسمنت * وزن الاسمنت = 0.52 * 324.650 = 168.818 كغم / م^3.
وزن الركام الناعم = 2 * وزن الاسمنت = 2 * 324.650 = 649.300 كغم / م^3.
وزن الركام الخشن = 4 * وزن الاسمنت = 4 * 324.650 = 1298.600 كغم / م^3.

نقل الخرسانة الطرية (Handling):

هناك طرق متعددة لنقل الخرسانة من الخلاط إلى موضعها النهائي في الموقع وقدتم شرح هذه الطرق في فقرة (الخرسانة الجاهزة الخلط) وان اختيار إحدى هذه الطرق يعتمد على الجوانب الاقتصادية وعلى كمية الخرسانة المنقولة.
وهناك وسائل متعددة تتراوح بين استعمال العربات اليدوية والأحزمة الناقلة إلى الشاحنات الخاصة ومضخات الخرسانة ولكن المهم وفي جميع الحالات وجوب إن تكون الخلطة الخراسانية ملائمة للأسلوب والطريقة التي يتم اختيارها أي يجب إن تبقى الخلطة متماسكة ولا تتعرض للانعزال ويجب تجنب اختيار أي طريقة لنقل الخرسانة تسبب انعزال مكوناته.

وضع (صب) الخرسانة:

إن عمليتي صب الخرسانة ورصها تجري بشكل متداخل وتكون تقريبا في وقت واحد وأنهما عمليتان مهمتان لتأمين متطلبات مقاومه الخرسانة وعدم النفاذين ومتانة الخرسانة المتصلبة في المنشات . إن الهدف الأساس في عمليه صب الخرسانة هو وضع الخرسانة وتكديسها في اقرب موقع لمكانها النهائي لتجنب حدوث الانعزال و من اجل تحقيق هذا الهدف يجب اخذ النقاط المثبتة في أدناه بنظر الاعتبار:

1- **يجب تجنب نقل الخرسانة بالمجرفة اليدوية وتوزيعها باستعمال الهزازات.**
2- **يجب وضع الخرسانة بطبقات متجانسة وليس على شكل أكوام ذات جوانب منحدرة.**
3- **يجب إن يتماشى سمك الطبقة الواحدة من الخرسانة مع أسلوب رصها بحيث يمكن التخلص من الهواء الذي قد ينحصر في أسفلها.**
4- **يجب أن تتوازن سرعة صب الخرسانة وإكمال رصها.**
5- **إذا كان المطلوب إنهاء جيد ولون متناسق ومنتظم بالنسبة للأعمدة والجدران يجب إملاء القالب بسرعة لا تقل عن مترين بالساعة وتجنب التأخير (التأخير الطويل يؤدى إلى تكون مفاصل واضحة في الخرسانة).**
6- **يجب رص كل طبقة بشكل كامل قبل إضافة الطبقة الثانية ويجب كذلك إن توضع الطبقات بحيث كل طبقة توضع على طبقة لا تزال في حالتها اللدنة للحصول على تداخل في الإنشاء.**
7- **يجب تجنب أي تعارض بين الخرسانة والقالب أو مع حديد التسليح, بالنسبة للمقاطع العميقة يستعمل أنبوب طويل أو أنبوب قمعي للتأكد من إيصال الخرسانة لموقعها المطلوب ولمنع الانعزال.**

8- يجب وضع الخرسانة بمستويات عمودية ,وعند صب الخرسانة في قوالب أفقية أو مائلة يجب وضع الخرسانة بشكل شاق ولي فوق الخرسانة التي سبقتها وليس بعيدا عنها وإذا تجاوز ميل القالب (15) درجات يجب استعمال خشبة منزلية للسيطرة على الخرسانة.

رص الخرسانة (Compaction Concrete)

ترص الخرسانة,بصوره رئيسية ,لطرد الهواء المحصور (Entrapped Air) وللحصول على أقصى كثافة ولزيادة قوى الربط بين مكونات الخرسانة من جهة وبين الخرسانة وحديد التسليح من جهة أخرى تجرى عمليه الرص بالطرق التالية:

1- الرص بالقضبان (Tamping Rods) الحديدية أو الخشبية للخرسانة المصبوبة موقعيها (Cast In Situ) أو المسبقة الصب (Precast) وتسمى هذه الطريقة بطاريقه اليدوية.
2- الهزازات (Vibrators) التي تسلط على الخرسانة المصبوبة موقعيها أو اكمال الخرسانة المسبقة الصب.
3- القوة المركزية (Centrifugal Force) بتدوير الجسم المراد رصه ويستعمل هذا النوع من الرص في الخرسانة المسبقة الصب.
4- بالضغط (Pressure) على الخرسانة ويستعمل هذا النوع من الرص قي الخرسانة المسبقة الصب ايضا.
5- بالصدم (Shock) هذا النوع من الرص يستعمل في الخرسانة المسبقة الصب ويتم ذلك بإسقاط القالب من مسافة قصيرة على جسم صلب.

تستعمل الطرق اليدوية في الأحوال الاعتيادية وفي الخلطات المبتلة القوام بينما تستعمل الطرق الميكانيكية في الإعمال الهامة والكبيرة والتي يراد فيها الحصول على خرسانة جيده وباستعمال الهزازات يمكن استعمال خلطات اجف قواما (عامل الرص اقل من حوالي (0.75) قد يصل الى (0.6) من تلك المرصوصة يدويا.

وبذلك يمكن الحصول على مميزات عديدات:

1- زيادة مقاومة الخرسانة للانصقاط والإنشاء
2- زيادة كثافة الخرسانة
3- تقليل درجة الامتصاص
4- زيادة مقاومة الخرسانة للعوامل الجويه
5- زيادة التماسك والترابط بين مكونات الخرسانة
6- زيادة التماسك والترابط بين الخرسانة وحديد التسليح
7- تقليل التغيرات ألحجميه
8- استعمال كمية ماء خلط قليله يقلل من حدوث الانعزال لمكونات الخرسانة تجمع ماء الخلط على سطح الخرسانة بعد عمليه صبها ورصها.

يتضح مما ذكر أعلاه بان طرق الرص المختلفة تتطلب خلطات ذات قابلية تشغيل مختلقة, فالخلطات الجافة جدا لا يمكن رصها رصا كافيا بالطريفة اليدوية وبعكسه فانه لا يمكن رص الخلطات المبتلة جدا باستعمال الهزازات الميكانيكية وذلك لحصول إلا انعزال. إضافة إلى ذلك تحتاج الخلطات المختلفة القوام إلى هزازات مختلفة للحصول على رص متكامل وبذلك فان قوام الخرسانة وخصائص الهزازات المتوفرة يجب إن تكون منسجمة كليا

يمكن تصنيف الهزازات إلى الأنواع التالية:

أ- الهزازات الداخلية (Internal Vibrators):

تكون على شكل اسطوانة نحتوي على ثقل دوار لا مركزي , تغطس وقتيآ في الخرسانة الطرية لتوليد قوى توافقية لذ تعرف بالهزازات الغاطسة (Immersion Vibration) يصل الحد الأعلى للاهتزازات ألتر ضدية

في هذه الهزازات الحد (1200) دوره اهتزازية في الدقيقة والحد الأدنى يتراوح بين (5000- 3500) دورة اهتزازية في الدقيقة تجري عملية للرص لكل (1-0.5) متر من الخرسانة ولمدة (30-5) ثانية وحسب قوام الخليط وقد تحتاج بعض الخلطات فترة دقيقتين تقريبا .
إن الإنهاء يعتمد على مظهر سطح الخرسانة والذي يجب إن يكون خاليا من الفجوات ولا يحتوي مزيد من المونة. ومن المفضل سحب الهزازة من الخرسانة بمعدل حوالي (80) ملم / ثانية بحيث يمتلئ الفراغ المتروك كليا ولا يحصر هواء في الداخل ,كما وانه من الضروري تغطيس الهزازة خلال العمق الكلي لطبقة الخرسانة الطرية ألموضوعه حديثا زائدا الطبقة إلى تحتها فيما إذا كانت لدنة وبذلك يمكن تجنب المستويات الضعيفة في منطقة اتصال الطبقتين والحصول على كتلة خراسانية واحدة.
وهذه الهزازات هي أفضل أنواع الهزازات المستعملة لرص الخرسانة وذالك لأنها تؤثر بصوره مباشره على الخرسانة كما ويمكن تحريكها بسهوله داخل الخرسانة لتوزيع الحركة الاهتزازية خلالها. وقد يصل القطر الاسطواني لهذه الهزازات إلى حد (20) ملم وبذلك يمكن استعمالها بسهوله في المقاطع الخرسانيه الكثيفة التسليح.

ب- <u>الهزازات الخارجية (External Vibrators):</u>

تثبت هذه الهزازات بإحكام على سطوح القوالب بواسطة ماسكات خاصة فتتم عمليه الاهتزاز للقوالب والخرسانة سويه وذلك سيفقد جزء من الشغل المنجز اللازم للحصول على رص متكامل للخرسانة في رج جوانب القالب المثبت أحكام لمنع تسرب الماء الموجود في الخرسانة إلى الخارج.
إن مبدأ الهزازات الخارجية مماثل للهزازات الداخلية ولأكن الاهتزازات الترددية غالبا ما تتراوح بين (3000-6000) دوره اهتزازية في الدقيقة وقد تصل في بعض الاهتزازات إلى (9000) دوره اهتزازية في الدقيقة.
تستعمل هذه الاهتزازات في عملية رص الوحدات الخرسانيه المسبقة الصب (Precast) أو في رص المقاطع الخرسانية المصبوبة في الموقع والتي يكون عرضها أو سمكها قليلا بحيث لايمكن استعمال الهزازات الداخلية فيها . وعند استعمال الهزازات الخارجية يلزم صب الخرسانة بطبقات مناسبة العمق وذلك لصعوبة طرد الهواء من الطبقات الخرسانيه السميكة العمق كما ويجب تبديل موقع الهزازة بين فترة وأخرى لتوزيع الحركة الاهتزازية خلال ألكتله الخرسانية.

جـ - <u>المنضدة الهزازة (Vibrating Table):</u>

عند استعمال هذه الهزازة توضع القوالب على سطحها بعكس الحالة عند استعمال الهزازة الخارجية حيث تثبت الهزازة على السطح الخارجي للقالب ,ولكن يتم ايضآ رص الخرسانة والقالب معا وبذلك يفقد جزء من الشغل المبذول للحصول على رص كلي للخرسانة في رج القالب. تختلف حوم مناضد الاهتزاز وتكون عادة مزودة بأثقال لا مركزية يمكن ضبطها للتحكم في سرعتها وسعة ذبذبتها وتستخدم هذه المناضد في رص وحدات الخرسانة المسبقة الصب إثناء إنتاجها حيث تمتاز برص الخرسانة بصورة متجانسة .

د - <u>الهزازات السطحية (Surface Vibrators) :-</u>

هناك أنواع مختلفة من الهزازات تستعمل لاغراض خاصة ومنها التي تستعمل في الخرسانة الكتلية كالخزانات والسدود. تتكون من لوحة مستوية (Flat Plate) يركب عليها جهاز الاهتزاز, وبعد صب الخرسانة ورصها بالهزازات الداخلية يمر على سطحها ألخرجي بالهزازات السطحية كي يتم إخفاء جميع حبيبات الركام الكبير للحصول على سطح مستوي وصقيل.

هـ - <u>الحادلة الهزازة (Vibrating Rollers) :-</u>

تستعمل لرص البلاطات الرقيقة السمك (Thin Slabs).

معالجة الخرسانة (Curing of Concrete) :

بغية الحصول على خرسانة جيدة فانه من الضروري معالجتها, بعد عملية وضع الخليط المناسب في محيط ملائم خلال المراحل المبكرة من التصلب. ويطلق تعبير المعالجة على الاسلوب المستعمل لتحفيز اماهة الاسمنت ويشمل السيطرة على درجة الحرارة وحركة الرطوبة من والى الخرسانة.
وبصورة ادق فان الهدف من المعالجة هو المحافظة بقدر الامكان على ابقاء الخرسانة مشبعة او قريبة من الاشباع لحين ملىء الفراغات التي كانت اصلا مملوءة بالماء في عجينة الاسمنت الطرية بالكمية المرغوبة من نواتج عملية الاماهة.
ان ضرورة الحاجة الى المعالجة تاتي من حقيقة حصول اماهة الاسمنت فقط عندما تكون المسامات الشعرية مملوءة بالماء. ولهذا السبب يكون من الضروري منع فقدان الماء من المسامات الشعرية نتيجة للتبخر.
بالاضافة لذلك فان الماء المفقود داخليا يسبب الجفاف الذاتي لابد من تعويضه من الماء الخارجي اي يجب جعل دخول الماء الى الخرسانة ممكنا.
يعتمد تبخر الماء من الخرسانة, بعد وضعها مباشرة, على الرطوبة النسبية ودرجة حرارة الهواء المحيط وعلى سرعة الرياح والتي تؤثر على تغير الهواء الموجود فوق سطح الخرسانة كما وان الفرق بين درجة حرارة الخرسانة والهواء يؤثر ايضا على فقدان الماء من الخرسانة. ولهذا فان الخرسانة المشبعة في النهار ستفقد الماء خلال الليل البارد, وهذه الحالة تحدث ايضا عند صب الخرسانة في جو بارد حتى ولو كان مشبعا.
من الضروري الاشارة هنا بان الماء الفعلي المفقود يعتمد على نسبة المساحة السطحية/حجم النموذج.

طرق معالجة الخرسانة (Methods of Curing Concrete) :

من الممكن تقسيم طرق المعالجة إلى ثلاثة أصناف هي:-

1- تغطية سطح الخرسانة بطبقة من الماء أو أي مادة رطبة لمنع التبخر وباستعمال الأساليب التالية:-

أ- إعداد بركة ماء على سطح الخرسانة بعد تجميدها النهائي.
ب- الرش بالماء.
ج - تغطية الخرسانة بنسيج قطبي (Burlap) رطب أو أي مادة مشابهة بأقرب وقت بعد وضع الخرسانة في محلها والمحافظة على رطوبتها الدائمية ولأطول فترة ممكنة.
د- الغمر بالماء.

2- استعمال وسط عديم النفاذية أو أي طريقة أخرى لتغطية سطح الخرسانة بغية منع أو تقليل فقدان الماء وكما يلي:-

أ- تغطية السطح بورق مانع الرطبة.
ب- ترك القالب محاطا بالخرسانة.
ج - تغليف سطح الخرسانة بغلاف عديم النفاذية (مثلا استعمال أغطية النايلون (البولي ثيلين)).
د - استعمال مواد كيمياوية لتغطية سطح الخرسانة حيث تنشر أو ترش كما في حالة استعمال كلوريد الكالسيوم وسيليكات الصوديوم.

3- المعالجة المسرعة :وذلك برفع درجة حرارة الخرسانة عندما تكون محافظة على رطوبتها وبأتباع الأساليب التالية:
أ- معالجة بالبخار تحت ضغط منخفض.
ب- معالجة بالبخار تحت ضغط مرتفع.
ج - تسخين الخرسانة بإمرار تيار كهربائي فيها.

قد تكون طريقة تغطية سطح الخرسانة ببركة من الماء, من أقدم طرق المعالجة وأفضلها ويمكن تطبيقها على البلاطات الأفقية وتشمل حجز طبقة من الماء حوالي (50) ملم فوق سطح الخرسانة وذلك بوضع حاجز طيني بسيط على الجوانب.وفي الحالات التي لا توجد فيها أمكانية لتغطية السطح بالماء يمكن استعمال طريقة فعالة وهي تغطية السطح بطبقة من النسيج القطني أو أي مادة مشابهة والمحافظة على رطوبتها الدائمية.ومن الممكن أيضاً المحافظة على رطوبة الخرسانة برشها المستمر بالماء دون تغطيتها ولكن هذا الأسلوب غير فعال بصورة عامة, مع أنها تعطي نتائج أفضل من الطرق الأخرى بقدر تعلق الأمر بنوعية الخرسانة ولكنها غير مناسبة إذ تحتاج إلى إشراف جيد للتأكد من المحافظة على رطوبة الغطاء بصورة دائمية وبذا تكون عالية الكلفة لحاجتها إلى أيدي عاملة أكثر إضافة عدم إمكانية تطبيقها في المناطق التي تكون شحيحة في المياه ولهذه الأسباب تستعمل طرق المعالجة الأخرى .

إن المبدأ الذي تعتمد عليه طرق المعالجة من الصنف الثاني هو إمكانية الحصول على معالجة مقبولة عند منع تبخر الماء الأصلي من الخرسانة.وأي نوع من الغلاف,شريطة أن لا يكون مثقوباً أو ممزقاً,سيمنع تبخر الماء من الخرسانة بصورة فعالة ولكنه بنفس الوقت سوف لن يسمح بدخول الماء من خارج الخرسانة ولكنه بنفس الوقت سوف لن يسمح للتعويض عن الماء المفقود بالجاف الذاتي. وتعد هذه الأغلفة من مركبات مانعة للتسرب والتي قد تكون بلون صافي, ابيض أو اسود علما بان اللون الناتج سيتسبب في امتصاص اقل للحرارة من أشعة الشمس مؤديا إلى ارتفاع اقل في درجة حرارة الخرسانة مقارنة مع اللون الغامق.

إن فترة المعالجة لايمكن تحديدها بسهولة لاعتمادها على عوامل عديدة كدرجة الحرارة,الرطوبة النسبية ونوع الاسمنت المستعمل. ولكن بصورة عامة تحدد فترة (7) أيام كحد أدنى لمعالجة الخرسانة الحاوية على الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي. تحدد المواصفة الأمريكية (ACI 308-81) والمواصفة البريطانية (BS: 8110.Part:1985) مدة المعالجة الاعتيادية لأنواع الاسمنت وظروف تعرض مختلفة.

وتجدر الإشارة هنا بان نوع المنشأ له دور رئيسي في تحديد أسلوب المعالجة وذلك لتعرض سطحها الواسع إلى الظروف الجوية المحيطة.كما وان المنشات التي تكون فيها نسبة المساحة السطحية /الحجم قليلة تكون معالجتها معقدة ولتسهيل المعالجة قد يدهن أو يرطب القالب قبل الصب .

إن ارتفاع درجة حرارة الخرسانة يودي إلى رفع معدل سرعة حصولها على المقاومة وهذا هو المبدأ الذي تعتمد عليها المعالجة المسرعة. ومن الممكن إسراع اكتساب المقاومة باستعمال المعالجة بالبخار . فعندما يكون البخار في الضغط الجوي ,أي عندما تكون درجة الحرارة اقل من (100)ْم تعتبر العملية حالة خاصة من المعالجة الرطبة بينما عملية المعالجة بالبخار تحت ضغط عالي حالة مختلفة تماما.ولقد استعملت عملية المعالجة بالبخار بنجاح للأنواع المختلفة من الاسمنت البورتلاندي ولكنها لا تستعمل للاسمنت الالوميني.
إن الهدف الرئيسي من المعالجة بالبخار هو الحصول على مقاومة مبكرة عالية بدرجة كافية للتمكن من مناولة المنتجات الخرسانية بأقرب فرصة بعد الصب وكذلك لرفع القوالب ولهذه فوئد اقتصادية وخاصة في معامل صناعة الخرسانة مسبقة الصب (Precast Concrete).

يختلف أسلوب المعالجة بالبخار تحت الضغط العالي عن المبين أعلاه بالطريقة والتنفيذ وكذلك في طبيعة الخرسانة المنتجة .وبما أن العملية تنطوي على ضغط أعلى من الضغط الجوي فان غرفة المعالجة لابد أن تكون بهيئة وعاء مسدود ببخار رطب وان الحاجة للماء الزائد ضرورية لمنع التماس المباشر للبخار المسخن بإفراط لسطح الخرسانة . هذا الإناء يعرف بمحمم مرصد (Auto Clave) ولهذا تطلق قسم من البحوث على هذا الأسلوب من المعالجة بالأتوكليف (Auto calving) وعادة تستعمل هذه الطريقة في معامل الخرسانة مسبقة الصب أيضا بهدف الحصول على خواص معينة للخرسانة العادية أو الخفيفة الوزن ,كالمقاومة العالية المبكرة ,المتانة العالية أو لتقليل انكماش الجفاف وتحركات الرطوبة .

ولقد وجد بان الحد الأدنى لدرجة الحرارة المطلوبة هو(177)ْم حيث تقابل ضغط بخار (0.8) نيوتن/ملم^2.إن هذه الطريقة تعطي للخرسانة فوئد عديدة وكذلك عند استعمال الإضافات.ولابد من الإشارة هنا بان هذه الطريقة تكون عالية الكلفة .

صب الخرسانة تحت الماء

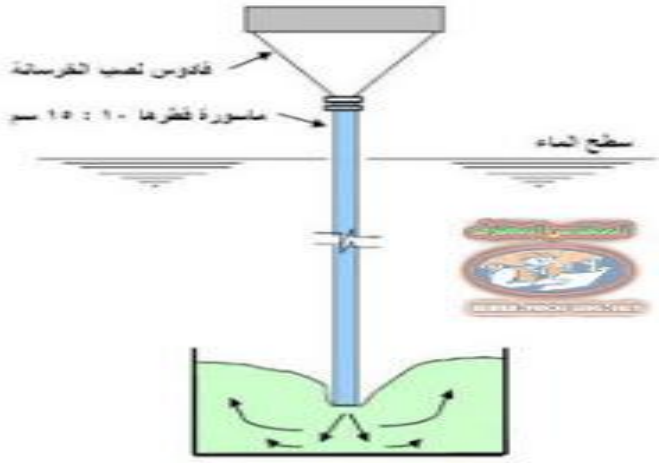
عند صب الخرسانة تحت الماء يعمل الماء على إجتراف او نزع الأسمنت وفصلة عن الخرسانة والركام وينتج عن ذلك نقص في مقاومة الخرسانة و تعكر في المياه المحيطة بها. ولهذا السبب يستخدم نوع من الإضافات تسمى : Ant washout Admixture وتعتبر هذه الإضافة من أحدث أنواع الإضافات الموجودة فى الأسواق حالياً. حيث تعمل هذه الإضافات على تكوين جل او نطاق لزج فى الماء المحيط بحبيبات الأسمنت فتحميه من الإجتراف بفعل الماء كما تعمل على زيادة اللزوجة و التماسك بين جزيئات الخرسانة و تحسن من مقاومة الخرسانة للإنفصال.

طرق صب الخرسانة تحت الماء:

يوجد طرق عديدة لصب الخرسانة تحت الماء ومنها ما يلى : -

1- طريقة القادوس - التريميو | Tremie :

فيها تصب الخرسانة من خلال قادوس او قمع متصل بماسورة قطرها من 10 إلى 15 سم تصل إلى القاع المطلوب صب الخرسانة عليه بحيث يراعى أن حافة الماسورة السفلية تكون غاطسة في الخلطة الخرسانية على أن ترفع الماسورة اثناء الصب بمعدل لايسمح بخروج الخلطة من الماسورة حتى لا تتسرب المياه بداخلها.



شكل يوضح صب الخرسانة باستعمال الانبوب القمعي

2- طريقة ضخ الخرسانة | Concrete Pumping :

وهي تطوير لطريقة القادوس حيث تصب الخرسانة بالضخ عن طريقة مواسير ممدودة إلى قاع مكان الصب, وفيما يلى خطوات تنفيذها بالتفصيل :

أولا: يتم وضع أنبوب معدني تحت الماء عن طريق ضغطها لأسفل.

ثانيا: يتم إدخال الحفار في الأنبوب المعدني وحفر تحت الأنبوب مسافة معينة.

ثالثا: يتم إدخال حديد التسليح داخل الأنبوب ومن ثم يتم ضخ الخرسانة فيه.

3- <u>طريقة الدلو | Bucket :</u>

وهو عبارة عن وعاء على شكل متوازي مستطيلات أو إسطوانة مفتوحة من أعلى ومجهزة من أسفل ببوابة قابلة للفتح والغلق يملئ الدلو بالخرسانة ويغطى سطحة بطبقة من القماش المشمع ثم ينزل برفق في الماء حتى مكان الصب ويفرغ ثم يرفع.

4- طريقة الركام المحقون | Grouted Aggregates :

تعبأ القوالب بالركام الخشن ثم يحقن بالمونة بواسطة أنابيب تمتد إلى قاع القالب حيث تدفع االمونة الماء خارج القالب ويحل محلة مالئاً الفراغات بين حبيبات الركام الخشن.

5- طريقة أكياس الخرسانة | Sacked Concrete :

وفيها يتم وضع خرسانة ذات قوام جاف (مفلفلة) في أكياس (أجولة) من الجوت سعة كل منها 1 متر مكعب تقريباً وتربط الأكياس جيداً ثم ترص في مكان الصب في صفوف مترابطة كما في حالة بناء الحوائط بحيث تكون الأكياس في النهاية كتلة واحده متماسكة متداخلة.

الاعمال الخرسانية في الجو الحار

مشاكل العمل بالخرسانة في الجو الحار:

1- ان درجة حرارة الخرسانة الطرية الاعلى من الطبيعية تسبب اماهه أسرع للاسمنت ولذلك تؤدي الى تجمد معجل والى مقاومة مستقبلية أوطا بالنسبة للخرسانة الممتصلبة لان الجل المتكون يكون اقل انتظاما.
2- اذا رافق درجة الحرارة العالية انخفاض في رطوبة الهواء النسبية فسيحدث تبخر سريع لبعض ماء الخلط مسببا نقصانا اعلى في قابلية التشغيل وانكماشا لدنا اعلى وتجزعا.
3- ان درجة حرارة الخرسانة الطرية العالية تكون مضرة ايضا عند وضع حجوم كبيرة من الخرسانة وذلك لوجود تفاوت كبير في درجة الحرارة بين اجزاء الكتلة بسبب الانبعاث السريع الحرارة اماهة الاسمنت والتبريد اللاحق الشيء الذي يولد اجهادات شد قد تسبب تشققات حرارية.
4- ان ادخال الهواء المقصود يكون اكثر صعوبة في درجات الحرارة الاعلى بالرغم من امكانية معالجة ذلك ببساطة باستخدام كميات البر من عامل ادخال الهواء.
5- اذا سمح للخرسانة الباردة بالتمدد نسبيا عند وضعها في درجة حرارة هواء اعلى فان الفجوات الهوائية تتمدد وان مقاومة الخرسانة تقل, ومن الممكن حدوث ذلك على سبيل المثال في الالواح الافقية وليس في العمودية ومنها الموضوعة في القوالب الحديدية التي تمنع التمدد.
6- ان المعالجة بدرجات حرارة عالية في الهواء الجاف تظهر مشاكل اضافية بسبب ميل ماء المعالجة للتبخر بسرعة مع ابطاء في الاماهه ونتيجة لذلك تتطور المقاومة بشكل غير كفوء ويحدث انكماش جفاف وهذا الاخير فد يولد اجهادات شد تكون بمقادير كافية لتسبب تشقق الخرسانة المتصلبة وينتج من ذلك ان منع التبخر من سطح الخرسانة يكون ضروريا وان طرق تحقيق ذلك يتم بالمعالجة المناسبة.

من الاجراءات الواجب اتخاذها عند العمل في الخرسانة في الاجواء الحارة لغرض التقليل او منع حصول هذه التأثيرات الضارة على خواص الخرسانة هي:

1- يجب ان تبقى درجة حرارة الخرسانة المصنوعة في موقع العمل او الجاهزة في حدود ويفضل ان لا تتجاوز 16^0 م وكحد أعلى 32^0 م .
2- يمكن استخدام الجليد بصفته جزءا من ماء الخلط.
3- تضليل الاسمنت واكوام الركام من اشعة الشمس المباشرة.
4- رش اكوام الركام بالماء, وهذا بدوره سوف يغير من المحتوى المائي للركام.
5- دفن انابيب الماء.
6- رش القوالب بالماء قبل صب الخرسانة.
7- تنفيذ الاعمال الخرسانية في المساء او الصباح.
8- اختيار نسب خلط مناسبة واستعمال كمية الاسمنت اقل ما يمكن.
9- يجب اختيار النوع والتدرج المناسب للركام.

10- استعمال الاسمنت المنخفض الحرارة, الاسمنت المعدل والاسمنت البوزلاني.
11-استعمال المضافات المبطئة.
12-حماية الخرسانة من الشمس المباشرة.
13- ترطيب الخرسانة والسماح بحدوث التبخر.
14- استخدام غطاء او غشاء بلاستيكي لونه ابيض لتغطية الخرسانة, وخصوصا في المساحات الخرسانية الكبيرة المعرضة للشمس مثل الطرق ومدارج المطارات والساحات.

الاعمال الخرسانية في الجو البارد

مشاكل العمل بالخرسانة فى الجو البارد:

1- اذا سمحنا للخرسانة التي لم تتصلب بعد بالانجماد فان ماء الخلط يتحول الى جليد وستحدث زيادة في الحجم الكلي للخرسانة. ولانه لايتوفر هناك الان ماء للتفاعلات الكيمياوية فان تصلب الخرسانة يتاخر وبالنتيجة ستكون هناك قليلة من عجينة الاسمنت التي يمكن ان تتلف بتكوين الجليد.
2- عندما يحدث الذوبان فان الخرسانة سوف تتصلب وهي في حالتها المتمددة لذلك فانها سوف تحتوي على حجم كبير من المسامات وبالنتيجة فان مقاومتها تصبح واطئة.
3- اذا حصل الانجماد بعد ان تتصلب الخرسانة ولكن قبل ان تكتسب مقاومة ملموسة, فان التمدد المتعلق بتكوين الجليد يسبب تصدعا وفقدانا في المقاومة غير قابل للاصلاح, ولكن اذا كانت الخرسانة حاصلة على مقاومة كافية قبل الانجماد فانها تتمكن من مقاومة الضغط الداخلي المتولد من تكون الجليد من ماء الخلط المتبقي.
4- اضافة الى حماية الخرسانة من تلف الصقيع في الاعمار المبكرة فانها يجب ان تكون قادرة على مقاومة أي دورات اجماد وذوبان متوقعة لاحقا خلال عمر الخرسانة.

من الاجراءات الواجب اتخاذها عند العمل في الخرسانة في الاجواء الباردة لغرض التقليل او منع حصول هذه التأثيرات الضارة على خواص الخرسانة هى:

بصورة عامة, اذا منع انخفاض درجة حرارة الخرسانة الجيدة الى اقل من 3-4^0 م فوق درجة الانجماد لمدة 3-4 أيام فانها ستقاوم الانجماد وسيستمر تصلبها ولو بمعدل اقل من التصلب الاعتيادي ولكن عندما تكون درجة حرارة الهواء خلال صب الخرسانة اقل من 2^0 م فوق الانجماد من الضروري اتخاذ الاحتياطات التالية لضمان الحصول على خرسانة مرضية:

1- تسخين المواد لغرض اعطاء الخرسانة درجة حرارة ابتدائية قدرها 30^0 م تقريبا واكثر بقليل عند استعمال الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي وأقل بقليل عند استعمال الاسمنت البورتلاندي السريع التصلب, والتسخين كما يلي:
   * يمكن تسخين الماء بسهولة ولكن لاينصح برفع درجة حرارته الى 60-80^0 م وذلك خوفا من حصول التجمد الفجائي للاسمنت.
   * منع تماس الاسمنت مع الماء الساخن لذلك يلزم ترتيب تغذية المواد في الخلاطة بطريقة مناسبة.
   * يمكن تسخين الركام ايضا ويفضل عمل ذلك بامرار بخار خلال ملفات بدل من استخدام البخار الحي من المراجل لان الطريقة الاخيرة تعمل على تغير المحتوى المائي للركام.
   * لايفضل تسخين الركام اكثر من 52^0 م .
2- يجب السيطرة على درجة حرارة الخرسانة للتاكد من ان عملية تجمدها لاتحصل في درجات الحرارة العالية لان ذلك يؤثر على تطور مقاومتها. والحرارة العالية تسبب نقصان في قابلية تشغيل الخرسانة وكذلك يؤدي الى زيادة الانكماش الحراري.

3- استعمال الاسمنت الورتلاندي السريع التصلب والذي يكون سرعة توليده للحرارة عاليا وبذلك يمكن السيطرة على درجة حرارة الخرسانة في المراحل المبكرة بعد عملية الصب.
4- تقليل كمية الاسمنت المستخدم وبما تسمح به المواصفات, لغرض تقليل من حرارة الاماهة.
5- عزل الخرسانة من الجو المحيط بها لغرض السيطرة على درجة الحرارة بعد عملية الصب وذلك بانشاء احاطات حولها وتجهيز مصدر حراري ضمن الاحاطات, بشرط ان لاتسبب الحرارة جفافا سريعا للخرسانة وان يكون التسخين متجانس.
6- استعمال السوائل المقاومة للتجمد يكون مسموحا فقط في الخرسانة الغير المسلحة. واكثر هذه الانواع استعمالا هو كلوريد الكالسيوم حيث يستعمل 1 كغم منه لكل كيس من الاسمنت 50 كغم لغرض تعجيل عملية اماهة الاسمنت وتقليل درجة انجماد ماء الخلط بمقدار 1 الى 2 ^{0} م.
7- يمكن استعمال كاربونات البوتاسيوم (K_2CO_3) في الخرسانة لغرض خفض نقطة اجماد ماء الخلط وبذلك يمكن للخرسانة من تطوير بعض المقاومة.
8- استعمال المضافات المعجلة لغرض الزيادة من سرعة الاماهه وزيادة من معدل سرعة انبعاث حرارة الاماهه.

طرق قياس درجة حرارة الخرسانة الطرية:

1- عن طريق استعمال المسعر الحراري.
2- عن طريق تطبيق المعادلات الرياضية.

ضخ الخرسانة الطرية (Concrete Pumping)

و في هذه الأيام تنقل كميات كبيرة من الخرسانة باسطة مضخات خاصة خلال أنابيب ولمسافات غير قصيرة إلى محلات يصعب إيصال الخرسانة إليها بالطرق الأخرى وتتكون المنظومة يشكل رئيسي من:-

1- صندوق قمعي الشكل يتسلم الخرسانة من ألخلاطة.
2- مضخة الخرسانة.
3- مجموعة أنابيب تنقل الخرسانة بواسطتها.

هناك نوعان من المضخات التي تستعمل لضخ الخرسانة هي:

1- مضخات كابسة (ذات الفعل المباشر).
2- مضخات عاصرة.

هناك العديد من المضخات من ذوات الفعل المباشر (مكبس مباشر) مع صمامات شبة دورا نية تسمح لمرور الجسيمات الكبيرة من الركام الخشن .

تغذى المضخة بالخرسانة بالإسقاط المباشر تحت تأثيرا لوزن بالإضافة إلى عملية الامتصاص الناتجة من حركة المكبس في الوقت الذي تفتح وتغلق الصمامات تلقائياً بحيث تنساب الخرسانة على شكل دفعات ولكن الأنابيب تبقى دائماً مملوءة بالخرسانة وان استعمال المكبسين يؤدي إلى انسيابية منتظمة أفضل ويمكن الحصول على إنتاجية تصل (60 م^3) من الخرسانة بالساعة الواحدة باستعمال أنابيب بقطر (200) ملم وهناك أيضا مضخات صغيرة متنقلة من النوع الذي يعمل بأسلوب الكبس (العصر) تدعى المضخات العاصرة (Squeeze Pumps) .
تدفع الخرسانة الموجودة في قمع الجمع بواسطة نصول دوارة إلى أنبوب مرن مربوط إلى حجرة الضخ والتي تحت الهواء (Vacuume) مقداره (600) ملم من الزئبقي. إن هذا الهواء يضمن إن الأنبوب المرن يبقى

دائري(ماعدا في الحال التي يعصر فيها)مما يديم الجريان المستمر للخرسانة هناك عجلتان دوارتان تعصر الأنبوب المرن تدريجياً وبذلك تدفع الخرسانة إلى الأنبوب التجهيز.
وتركب المضخة العاصرة على شاحنة وتصل إنتاجية مثل هذه المضخات إلى (20) متر مكعباً بالساعة الواحدة باستعمال أنابيب ذات قطر (75) ملم أو يمكن للمضخات العاصرة إن تنقل الخرسانة مسافة أفقية تصل إلى (90) متر أو (30) متراً عمودي بينما استعمال المضخات الكابسة يمكن إن تنقل الخرسانة إلى مسافة (450) متر أفقيا أو(40) متراً عمودياً هذا وان نسبة المسافة الأفقية إلى ارتفاع تعتمد على قوام الخرسانة وعلى سرعة جريانها في الأنابيب فأن زيادة السرعة تقلل هذه النسبة.

هناك نوعان أساسيان من مضخات الخرسانة :

1- مضخات متحركة
2- مضخات ثابتة

المضخات المتحركة:

تتنوع المضخات المتحركة على حسب نوعها و على حسب طول ذراعها وعلى حسب طريقة فرد ذراعها, أشهر أنواع المضخات من هذا النوع : مضخات البوتز ماستر PUTZMEISTER و الشيفنج Schwing والسيفا Cifa ويختلف طول ذراع المضخات عن بعضها فمنها ما يبلغ طول ذراعها , 35 , 32 , 30 , 24 , 20 , 17 62 , 60, 52 , 50 , 46 , 45 , 42 , 36 متر طولي.

وتتفاوت الأطوال بسبب نهايات الأذرع حيث أنه في نهاية الذراع يتم تركيب خرطوم ذو نهايتين يتفاوت طول الخرطوم من 4 إلى 6 متر طولي. وتختلف أيضا طريقة فرد أذرع المضخات حيث أنه بإختلاف أطوال الأذرع يختلف عدد الأذرع في كل مضخة مضخة طول ذراعها 36 م تتكون من 4 أذرع و مضخة طول ذراعها 52 م تتكون من 5 أذرع أيضاً تختلف طريقة فرد الأذرع فهناك أذرع يتم فردها من الخارج إلى الداخل , وهناك نوع يسمى الزيك زاك.

المضخات الثابتة:

فتختلف أنواعها بحسب قدرتها على ضخ الخرسانة فهي تستخدم في صب الخرسانات في الأماكن البعيدة أفقياً وعمودياً. كالأبراج السكنية أو آبار البترول البحرية. يمكنها أن تضخ الخرسانة رأسيا حتى 150 متر وأفقياً إلى 500 متر.

عند صبا ال RAFT FOUNDATION لها مساحة كبيرة نلجأ لاستخدام 3 مضخات او اكثر لتمام عملية الصب كل من هذه المضخات في جهة مختلفة لتغطية المساحة المراد صبها بهذه الطريقة يمكننا تغطيه النقاط الافقية . لكن ان كان ارتفاع المبنى كبير جدا 12 او 15 طابق وارتفاع المضخة في وضع راسي يصل الى 40 متر تقريبا" ارتفاع راسي لا يمكن الاستفادة منها في الصب للبلاطات او الاعمدة او الكمرات " نلجأ هنا لاستخدام طريقة الخط الثابت وهو عبارة عن مجموعه من الانابيب توصل مع بعضها من الدور الارضي للمشروع الى المنسوب المراد صبه" تغطية راسية "توصل ايضا بانابيب اخرى للتغطية الافقية ويتم تغير ارتفاع هذه الانابيب مع ارتفاع الادوار .

ويوجد طريقة اخرى هي طريقة الصب باستخدام PLACING BOOM وهي من الطرق المتقدمة وفكرتها وضع الجزء المتحرك من المضخة على TOWER CRANE ويتم التحكم بها بكل يسر وسهولة حتى ان قائد المضخة لهذا النوع بامكانه مشاهده الجزء المراد صبه مما يقلل حدوث الاخطاء . ان قمنا بعمل مقارنة بسيطة بين الطريقتين السابقتين نجد ان طريقة الصب بالخط الثابت طريقة متعبة جدا وتحتاج الى عمالة اضافية لنقل الانابيب وربطها وتنظيفها عند القيام بتغيير مكان الصب اما طريقة الصب ب PLACING BOOM طريقة جيدة جدا ومريحة لكن تكمن المشكلة في قله استخدامها ارتفاع سعر المتر المكعب من الخرسانة بنسبة % 40 تقريبا.

الاجراءات الواجب اتخاذها عند ضخ الخرسانة الطرية:

1- يجب تحاشي الانحناء الحاد والتغير المفاجئ في أنابيب الضخ.
2- يجب إن لايقل قطر الأنبوب عن ثلاثة إضعاف اكبر مقاس للركام الخشن.
3- ويمكن استعمال الأنابيب الصلدة أو المرنة ولكن الأنابيب المرنة تسبب خسارة إضافية بسب ألاحتاك إضافة إلى بعض مشاكل التنظيف.
4- لايجوز استعمال الأنابيب المصنوعة من الألمنيوم لان المعدن يتفاعل مع القلويات في الاسمنت منتجاً غاز الهيدروجين الذي يؤدي إلى إيجاد فجوات في الخرسانة الصلبة مما يؤدي يضعف مقاومتها.
5- ويجب إن لا تكون الخرسانة المطلوب ضخها خشنة أو لزجة ولا تكون جافة ورطبة جداً أي إن تكون قوامها جيد ودقيقاً هذا وان يكون هطولاً يتراوح بين (40) إلى (100) ملم ومعامل الرص (0.9) إلى (0.95) أو وقت (vebe) بين (3) إلى (5) ثواني يعتبر مناسب للخرسانة التي في القمع.
6- هذا وان عملية الضخ تؤدي إلى نوع من رص الخرسانة الجزئي لذلك يتخفف هطولها في نقطة تفريغها من الأنبوب بمقدار (10) الى (25) ملم.
7- إن متطلبات القوام ضرورية لتحاشي الزيادة في مقاومة ألاحتكاك الأنبوب في حالة الخرسانة الجافة أو حدوث الانعزال في حالة الخرسانة الرطبة.
8- وبشكل خاص فأن نسبة المواد الناعمة في الخرسانة مهمة جداً حيث إن نقصان هذه النسبة يسبب الانعزال وزيادة هذه النسبة تسبب الاحتكاك واحتمال حدوث انفلاق في الأنابيب والحالة المثالية عندما تكون مقاومة ألاحتاك بين الخرسانة وجدران الأنابيب في الحدود الدنيا وان نسبة الفجوات في الخرسانة تكون اقل ما يمكن ويتم الحصول على هذه الحالة عندما يكون تدرج الركام متجانساً ومستمراً.
9- عندما يكون اكبر مقاس للركام هو (20) ملم (3/4 انج) فأن أفضل نسبة للركام الناعم تكون بين (35) إلى (40) بالمائة والمواد التي مقاسها اقل من (300) ماكرون (No. 50 ASTM) يجب إن تمثل مبين (15) إلى (20) بالمائة من كمية الركام الناعم كذلك يجب إن تكون نسبة الواد المارة من (150) مايكرون (No. 50 ASTM) في حدود 3 بالمائة.
10- في حالة إن تكون الخرسانة مصنوعة من الركام الخفيف الوزن فيجب عندئذ استعمال مضافان خاصة (مساعدات الضخ) للتغلب على مشاكل الناجحة عن انخفاض قابلية التشغيل بسبب قابلية الامتصاص العالية للركام خفيف الوزن إما الخرسانة التي تحتوي على الهواء الداخل فتضخ عادة إلى مسافات قصيرة لا تتجاوز (45) متر (150) قدم لان الهواء الداخل يضغط عند ضخ الخرسانة مسببا انخفاض في قابلية التشغيل.

الخرسانة جاهزة الخلط (Ready –Mixed-Concrete):

بدلاً من تجميع وخلط الخرسانة في موقع العمل تجهز الخرسانة أحيانا للصب في الموقع من معمل مركزي للخلط ويعرف هذا النوع من الخرسانة الجاهزة أو الخرسانة المسبقة الخلط وقد ازداد استعمال هذا النوع من الخرسانة لأنها ذات فوائد متعددة مقارنة بالطرق المألوفة لإنتاج الخرسانة:-

1- السيطرة النوعية الجيدة على تجميع المكون مما يقلل الخلافات في خواص الخرسانة المطلوبة.
2- تستعمل في مواقع الضيقة والمزدوجة وكذلك في إعمال الطرق في حالات ضيق الفاءات المتاحة للخلط الخزن الركام.
3- استعمال الشاحنات الرجاجة للتأكد من العناية بالنقل لمنع الانعزال والمحافظة على قابلية التشغيل.
4- ملائمة استعمالها في حالة الحاجة إلى كميات قليلة من الخرسانة في مكانات متفرقة.

إن سعر الخرسانة الجاهزة أعلى نسبيا من الخرسانة المخلوطة في الموقع تعويضها هذه الزيادة في التوفير في الحاصل نتيجة اختصار تنظيم الموقع و تقليل جهاز الإشراف وتقليل كمية الاسمنت المستعمل وذلك لان السيطرة النوعية أفضل وذلك يقلل الهدر أو الضياع في هذه المادة.

أساليب إنتاج الخرسانة الجاهزة:

1- الخلط المركزي.
2- الخلط إثناء النقل أو الخلاطات الناقلة.
3- الخلط الجزئي.

ففي الأسلوب الأول تتم الخلط في وحدة مركزية ثم تنقل خرسانة بواسطة شاحنات رجاجة إما في الأسلوب الثاني فان التجميع يتم في وحدة مركزية ويتم الخلط في الشاحنات إثناء النقل أو مباشرة قبل إفراغ الخرسانة في الموقع إن الخلط إثناء النقل يؤدي إلى نقل وقت أطول واقل تأثرا في حالة التأخير ولكن سعة الشاحنة اقل من نفس الشاحنة التي تنقل الخرسانة المسبقة الخط وللتغلب على مساوئ انخفاض السعة أحيانا تخلط الخرسانة جزئيا في وحدة مركزية ويستمر الخط الخلط إثناء النقل وتدعى هذه الخرسانة المنكمشة الخط.
هذا و يجب إيضاح أن الرج يختلف عن الخط بسرعة دوران الخلاط حيث تتراوح بين2الى 6 دوراه في الدقيقة مقارنة بسرعة الخط التي تتراوح بين 4 الى 16 دورة في الدقيقة و تعتمد المواصفات البريطانية (BS 5328:1981) الرقم 7دورات في الدقيقة حداً أدنى لسرعة الخط هذا و يجب تثبيت العدد الكلي للدورات في الخلط أو الرج وقد إشارة المواصفة الأمريكية (ASTM C 94-83) إلى أن الحد الأدنى لعدد الدورات هو 300 دورة إن كان للخلط أو للرج آو في خلال ذلك يجب صب الخرسانة خلال 1.5 ساعة من بدء عملية الخلط.
وفي حالة الخلط إثناء النقل ليس بالضرورة إضافة الماء منذ البداية بل يفضل إضافته في نهاية مدة الخلط ولكن وفق المواصفة البريطانية (BS 5328:1981) فان الوقت المسموح بة للاسمنت والركام الرطب للبناء سوية يجب إن لا يزيد عن ساعتين وان تجاوز هذه المدد يؤثر على مقاومة الخرسانة.
أن تأثير زيادة وقت الخلط في حالة الخرسانة الجاهزة هو نفسه بالنسبة للخرسانة التي للخرسانة التي تخلط في الموقع.هذا و تعطي المواصفة البريطانية (BS 5328:1981) شرحاً مفصلاً عن طريق خلط الخرسانة ومن ضمنها الخرسانة الجاهزة.

المصادر:-

1- اي . ام .نيفيل، خواص الخرسانة، ترجمة حقي اسماعيل، مؤسسة المعاهد الفنية، 1985
2- د.مؤيد نوري خلف، تكنولوجيا الخرسانة،الجامعة التكنولوجية ، مركز التعريب للنشر ،1985
3- جلال بشير سرسم ، تكنولوجيا الخرسانة ،مؤسسة المعاهد الفنية ، الطبعةالاولى، 1985
4- الكيمياوي محمد اسماعيل عمر ، السمنت صناعته وخصائصه، دارالكتب العلمية ، القاهرة 2004

5 - M.L. Gambhir, Concrete Technology, Third Edition, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 2004

6- M.Chaels Mamlouk and John P. Zanhewski, Materials For Civil and Construction Eng. ,Second Edition, Pearson Prentice Hall,2006

7- M.S.Shety , Concrete Technology, S. Chand and Company LTD,1989 Ram Nagar ,New Delhi ,India