

ت. الخرسانة

أ. د. صالح الراجحي

م. م. اسراء بوش

م. م. ميسرة مؤاد

قسم هندسة البناء والانشاءات
فرع هندسة مواد البناء وإدارة المشاريع

الرملة
التابعة

الماضرة السابعة (1)

Fresh Concrete الخرسانة الطرية

- الخرسانة الطرية :- هي الخرسانة الطولية حديثاً
والتي لم تتماسك بعد -
Fresh Concrete

- الخرسانة الخضراء :- هي خرسانة طرية تماسكت بعد
ان فقدت لدونها بصورة تدريجية
Green Concrete

- الخرسانة المتصلبة :- هي خرسانة خضراء تصلبت والنسبت
المقاومة حيث تستطيع ان تحمل
الاثقال المؤثرة على المنشأ -
Hardened Concrete

مقاومة الخرسانة تتأثر :-

- بدرجة الرهن

- مدى الالتئام بعملية النقل والصب

* يجب ان تكون الخرسانة الطرية ذات - قوام مناسب
- يجب يمكنه تحملها وصبرها ورصها بمقدار مناسب من
الثقل المتجدد دون حصول الانفصال (Segregation).

الماضرة الثامنة (2)

- تتكلم خصائص الخرسانة الطرية :-
- الطبيعة المنسأ الخرسانة :- فقد تكون الخرسانة الطرية المتقدمة لدرجة لدرجة بحيث ما في أقل مقارنته مع خرسانة المتتات العتيارية لتسهيل نقلها ورصها وقلعة شابلن حديد التسليح فير .
- يكل القالب وترتيب وكفاته حديد التسليح فيه .

قوام الخرسانة Consistence of Concrete

القوام Consistency :- هو دليل بسيط لحرية وانسيابية الخرسانة الطرية كذلك يشير الك درجة بلل (رطوبة) الخرسانة

- بصورة عامة يعبر القوام عن مدى ثبات شكل المادة وعند سهولة انسيابها .
الهدف من تحديد قوام الخرسانة هو تأكيد الحصول على قلة خرسانية قابلة للتشغيل في مختلف الاعمال الخرسانية .
تحديد قوام الخرسانة :-

① جافة (dry) :- تعتبر الخرسانة ذات قوام جاف اذا كانت كمية ماء الخلط قليلة وتلغ فقط لتلصق جزيئات البست مع الكرام في الخلط .

الماضرة الثامنة (3)

② صلب (Stiff) :- اذا زادت كمية الماء المستخدمة للخلط عن الكمية المطلوبة لتلاصق هبيات الإسمنت مع الركام من الخلط .

③ متوسط او اللدن (medium or plastic) :- عندما تتناسب الخرسانة بصورة لطيفة عند وضع القالب عند

④ مبلل (Wet) :- اذا زادت كمية ماء الخلط عن ذلك الذي يحويه الخرسانة المتوسطة القوام .

⑤ رخوا (slappy) :- اذا زادت كمية ماء الخلط الكافية تجعل الخرسانة ذات سيولة عالية . وهناك عدة طرق لتعيين قوام الخرسانة :-

1- فحص التسايب (Flow test)

عنه هذا الفحص الحري - التعرف على قوام الخرسانة ومدى صلاحية الانعزال Segregation لتعريف مدى تماسك مكونات الخلطة الخرسانية .

حيث يكتف الحصر على قيم تتراوح بين 0 - 50% كما جدول التالي

قوام الخرسانة	% التسايب
جاف	20 - 0
صلب	60 - 15
لدن	100 - 50
مبلل	120 - 90
رخو	150 - 110

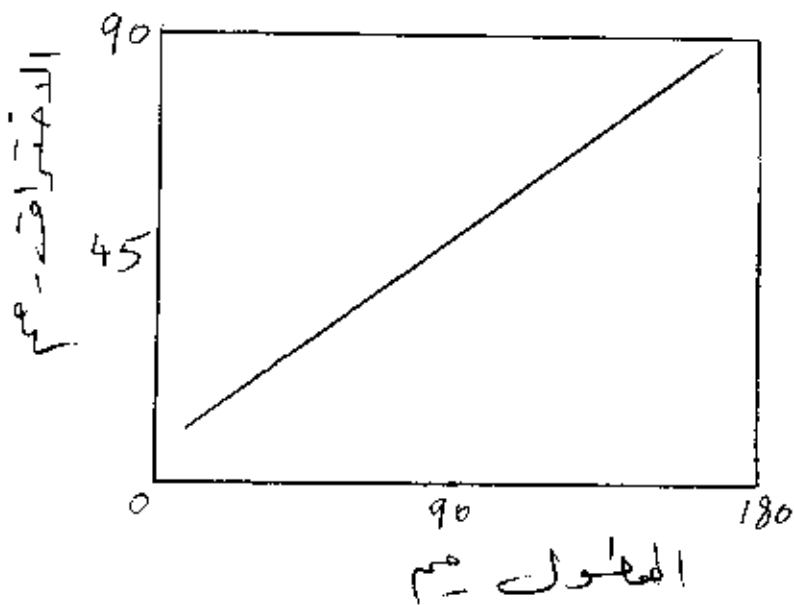
2- فحص الاحتراق بطريقة كوليبي -

(Kelly ball penetration test)

يخبر هذا الفحص الحقائق البسيطة لتعرف السيطرة على قوام الخرسانة وذلك بوضع جسم معدني بشكل نصف كرة بأبعاد قياسية على سطح الخرسانة الطرية ثم قراءة قيمة الاختراق الجسم للخرسانة الطرية على قياسه الجبراً حيث يزداد الاختراق كلما كان قوام الخرسانة أكثر ليلاً.

ليستعمل لفحص السيطرة على قوام الخرسانة كقياس التغييرات التي تحصل من مكونات الخلطة الخرسانية خلال انشائها كالتغير محتويات الرطوبة من الركام أو تغير في تدرج الركام.

- ⊖ كبدل لفحص الرطوب (slump test).
- ⊖ كونه أبطأ وأسرع من فحص الرطوب.
- ⊖ ويكون فحص الرطوب غير جدير بالاعتماد في حالة استعمال خلطات فقيرة بالدسمنت.



العلامة بين
الاحتراق والبطول
مبينة بالتكديك

قابلية تشغيل الخرسانة Workability

قابلية التشغيل :- هي الخاصية التي تحدد الجهد اللازم لتشغيل كمية من الخرسانة بطريقة مع الحد الأدنى لفقدان التماسك.

مصطلح التشغيل يشمل العمليات من المراحل المبكرة (وضع الرص، انتهاء الخرسانة).

قابلية التشغيل المطلوبة تعتمد على ← طرق الرص وطوفه :-

- طريقة الرص
- طريقة لبك السيوي
- طرق صبوات الدوا المحصورة من الخرسانة بطريقة

⊕ الطاقة الكلية اللازمة للحصول على رص متساو = الشغل المبذول

$$= \text{الشغل النافع} + \text{الشغل المفقود}$$

الشغل النافع :- الشغل المبذول من عملية الرص للتغلب على الدعامات الداخلية بين هياكل الكرام من الخرسانة + الشغل المبذول للتغلب على الدعامات السطحية بين الخرسانة وهديد التسليح او السطح الداخلي للقالب.

الشغل المفقود :- الشغل المبذول لرفع القالب وارجاع اجزاء الخرسانة المتكاملة الرص.

ويبان الدعامات الداخلية هو الجزء المهم من الطاقة الكلية

:- ما يلية التشغيل هي مقدار او كمية الشغل الداخلي النافع اللازم للحصول على رص متساو للخرسانة الصرية. حيث تتناسب عكسياً مع مقدار الشغل الداخلي النافع.

⊗ الجهد اللدزم لرصد الخرسانة تتحلم بـ ⊖ مضادها الذي يساهم
للخليط ⊖ السهولة التي يملكها بها تقليل الفجوات من دون
فقدان استقرارية الخليط تحت ضغط الرص.

الاستقرارية (Stability) هي دليل لكل من :-

* سعة تحمل الماء (التي هي معاكسة للنفخ).

* سعة تحمل الركام الخشن (التي هي معاكسة للدنغال).

النفخ : هو تجمع الماء في الطبقة السطحية للصبة الخرسانية وسببها
عدم احتفاظ مواد الخلطة الخرسانية بالماء.

الاستقرارية :- هي قابلية الخرسانة على البقاء مستقرة أي كتلة
متجانسة المكونات دون حصول الدنغال.

⊕ قابلية التسقيط قاصية مركبة ولها بالذات مركبتين :-

① القوام

② التماسك

⊗ بالنظر لاعتماد قابلية التسقيط على طهرت الرص والحاجة للرص
تصبح واضحة من دراسة العلاقة بين درجة الرص والمقاومة الناتجة
ويعبر عن درجة الرص بنسبة الكثافة .

نسبة الكثافة :- النسبة بين الكثافة الفعلية لخرسانة معينة إلى
كثافتها نفس الخرسانة المرصوة كلياً .

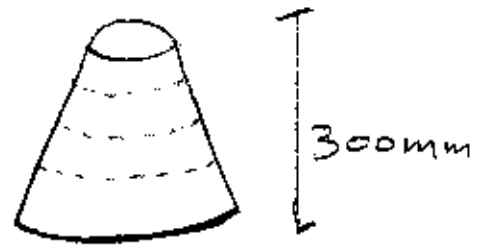
نسبة المقاومة :- النسبة بين مقاومة الخرسانة الفعلية المقاومة
نفس الخليط المرصوة كلياً .

لمرّف مِياس قابليّة التثقل

1- فحص الطول Slump test :-

ليستعمل في موقع العمل من جميع أنحاء العالم، يكون مفيداً من الكشف عن التغيرات الحاصلة في المواد الداخلة من تكويت الخرسانة بين فترة وأخرى - كغير مستوى الرطوبة من الركام - أو تغير ندرج الركام .

فحص الطول - بيوبي المواصفة البريطانية B.S. 1881: part 2



4 طبقات، 25 منبرج
الطول - مقدار النقصان بالارتفاع
الدهلي للخرسانة .

النواع الطول :-

* طول حقيقي - تطل الخرسانة بالتساوي



في جميع الطبقات
الحد 125 mm

* طول القصر - تطل نصف الخرسانة الحد المستل بمستوى مائل

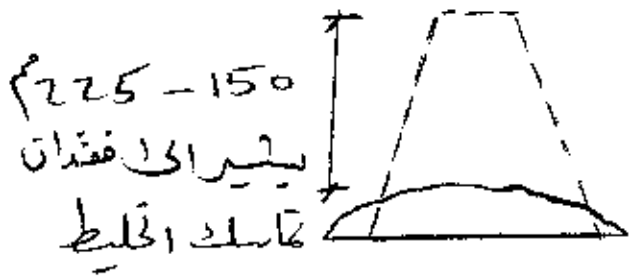


يصل من الخليط المتباين المكونات
مقبلاً عند فقدان تماسك الخليط

يُرفق الخليط الذي يكون طوله من هذا النوع في الأعمال الخرسانية وينبغي تعديل المحتوى المائي للحصول على الطول الحقيقي .

المحاضرة الثامنة (9)

* الدهيار :-



الخلطات الصلبة لقوام - يكون
مطولا معدوماً وصنت اكسود
التي تكون قيرك الخلطات اكثر هفاناً - ليملك تقدير التغيرات
الحاصلة في خلطات هرسانية ذات قابلية تسغيل
مختلفة .

الخلطات الفنيه بالدهسنت - يكون سلوكها مقبولاً .
الخلطات لققرة بالدهسنت - تسجل مكوناتها الحث الثباين -
ويملك ان تعطي قيم مختلفة للطول .

الجدول التالي يبين قيم الطول لقابليات تسغيل
مختلفة

درجة لتسغيل	الطول مم	عامل لرهن	استعمالات الخرسانة
والمنخفض جداً	25-0	0.78	خرسانة للطرق مرصوفة بالدهسنت
والمنخفض	50-25	0.85	خرسانة للطرق مرصوفة بالدهسنت الدوية، خرسانة كتلية، خرسانة للعناج القلبية التسليح باستعمال الهزازات
متوسطة	100-50	0.92	خرسانة مسانحة للأعمال الاعتيادية مرصوفة يدوياً، خرسانة للعناج الكثيفة التسليح باستعمال الهزازات
عالية	175-100	0.95	خرسانة للعناج الكثيفة التسليح جداً وغير المدونة للدهسنت

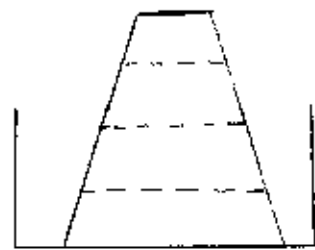
2- فحص عامل الرهن Compacting Factor test

يُضخ هذا الفحص تعيين درجة الرهن الحاصلة بمقدار قياس من الشغل المنزول للثقل على الدفك السطح وكذلك للثقل ذلك الدفك الداعي بين أجزاء الخرسانة لهذا السبب يعتبر هذا الفحص كقياس جيد لقابلية تشغيل الخرسانة.

تقاس درجة الرهن التي تعرف بعامل الرهن بنسبة الوزن أي عامل الرهن = وزن الخرسانة المرصوفة جزئياً والمالئة بالسطح قياسية وزن نفس الخرسانة المرصوفة كلياً والمالئة لنفس السطح

- يكون لهذا الفحص أساس للتغيرات الحاصلة بقابلية تشغيل الخلطات الحياقة القوام.

3- فحص إعادة التشكيل بالاهتزازات الترددية (ve-beats)



4 طبقات 25 سمية
كل طبقة -

تعرض الخرسانة للاهتزازات الترددية باستعمال المقصود الرزازة تقاس قابلية التشغيل بالجهود اللدزم لإعادة تشكيل الخرسانة عند شروط ناقص الخلط الحوائط.

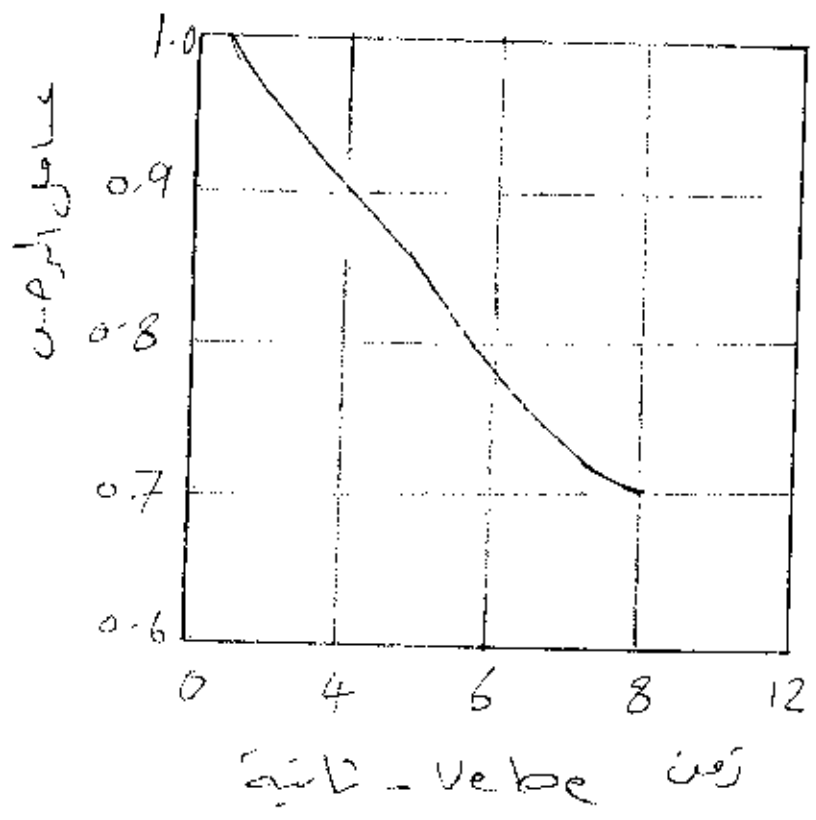
الحديد = الزمن T - ثانية - اللزج لإتمام المادة التشكيل

الماضرة الثامنة (10)

میراتے حصا الرصد -

- ① طريقة مستيرية بيده للتلفاات الجاقه القوام - حيث يه
- ② طريقة عامل الرصد تميل الكرساات للذ لصاق بالذواية المحرر طرية
- ③ طريقة معاملة الكرساات أثناء الرصد مقاربة نسبيا الكا
- ④ طريقة رصد الكرساات فعليا في الواقع .

العلاقة بين Ve و Ve وعامل الرصد تعتمد على
 ن شكل الزلازل مضمومة المصاح \ominus و \ominus وجود السواد
 التصود \ominus نسبة الكلا



المحاضرة العاشرة (11)

- يفضل استعمالاً للخلطات الحبات القوام والحوية كل ركام حشنة المقاس :-
- 2 - الخلاطات غير القلبية :-
 - تتكون من أسطوانة تدور حول محور أفقي ثابت وتتم عملية الخلط فيلا بتدوير المواد داخلها .
 - تفرغ الخرسانة بإيصال هورقة بشكل فتحة فتورجها اسطوانة الخلاط وتكون سرعة التفريغ والتهلكة تحيل إلى مكونات الكالديغزالي .
- يفضل استعمالاً للخلطات الحوية كل ركام خفيف المقاس .
- 3 - الخلاطات القدرية :-
 - تتكون من اسطوانة أفقية تدور حول محورها ويتم الخلط فيلا بواسطة مجاذيف لجمبية .
 - تستعمل لخلطه مركزية في المختبرات وفي معامل صناعة الومدات الخرسانية الجاهزة .
 - تستعمل للخلطات الصلبة القوام والمتماسكة .
- 4 - الخلاطات التنايبية الوعاء :-
 - تتكون من وعائين متجاورين تخلط الخرسانة جزئياً في الوعاء الدول وتنقل إلى الوعاء الثاني لإكمال الخلط .
- ⊕ ان جميع الخلاطات المذكورة هي من النوع الذي يملك بالمواد تخلط ثم تفرغ تماماً قبل إعادة ملئها وطلقة على (Batch Mixers) حيث تختلف عن الخلاطات المتمرة

المحاضرة العاشرة (2)

التفريغ (Continuous Mixers) أي الخلاطات التي
تُنقذ بالمواد الدوالية وتفرغ المواد المخلوطة بتدفق
مستمر.

⊙ يعبر عنه مفاصل الخلاط بحسب ونماليًا يستعمل قيمته
يغير الدول الحجم المكونات الغير المخلوطة بصورة
سائبة ، والثاني يعبر عنه حجم الخرسانة عند كل طرح
سبيل المثال (10/7 ، 27/14) . . . وهذه القيم
هي بالقدم المكعب ، وفي الوقت الحاضر يستند
المقاسن الدولي للخلاط على حجم الخلاط بعد عملية
الرص .

⊙ تصنع الخلاطات بأحجام مختلفة تتراوح بين 0.04³
للاستعمالات المختبرية إلى 13³ وإذا كانت
الكمية المخلوطة صغيرة نسبة إلى حجم الخلاط فإن الخليط
النتيجة يكون غير متجانس التكوين وتكون العملية
غير اقتصادية .

زمن الخلط

من الضروري معرفة الحد الأدنى لزمن الخلط اللازم
لإنتاج خليط متجانس التكوين وذو مقاومة مناسبة
زمن الخلط يعتمد على نوع الخلاط ومقاومة
خليط الخرسانة لفترة لولية يؤدي إلى
تغير المادة ، خليط . . . نقصان في قابلية التماسك
تلك الزيادة من زيادة مساحته الطية . . . نقصان قابلية التماسك
ارتفاع حرارة الخليط بسبب الاحتكاك الداخلي بين مكونات الخليط .

المحاضرة العاشرة (4)

رهن الخرسانة :-

الهدف من الرهن :- - لمرد عجوات المواد الطرية للصورة للحصول على اتصال كثافة أعلى مقاومة - لزيادة التماسك بين مكونات الخرسانة وبين الخرسانة وهديد التسليح .

لمرقت الرهن :-

- ① الطريقة اليدوية :- تستعمل في - الاعمال الداعية - الخلطات البتلة القوام .

② الطريقة الميكانيكية باستخدام المزازات الميكانيكية تستعمل في - الاعمال الرامة والكبيره

- الخلطات الجافة القوام ، معامل الرهن 0.75 .
- وباستخدام المزازات يمكن الحصول على الفوائد التالية :-
- زيادة مقاومة الخرسانة للاصطدام والاندثار
- زيادة كثافة الخرسانة
- تقليل درجة الانحطاط
- زيادة مقاومة الخرسانة للعوامل الجوية
- تقليل التغيرات الحجمية .

تصنف المزازات الى الدوائج التالية :-

- ① المزازات الداخلية :- اسطوانة تتجهن ثقل دوار للمركزي تفلس وقتياً من الخرسانة الطرية لتوليد قوى توافقية

المحاضرة العاشرة (5)

تجرب عملية الرصد لكل 0.5 - 1 م من الخرسانة لمدة 5 - 30 ثانية
منه تمام الخلط

والدترى الضعيف الرصد يعتمد وك مقدر سطح الخرسانة
والذي يجب ان :- - يكون خالي من الفتحات
- لا يتوى مزيجا منه المونة
عند استخدام الرزازات الداخلية ينبغي :-

- سحب الرزاز من معدن 20 ملم / لا يملك الفراغ المتروك
كلها بالخرسانة ولا يحصر مواد من الداخل
- تقطع الرزازة قلدك العمق الكلى لطبقة الخرسانة
الطرية والحد الطبقة التي تحتمل اذا كانت لدرته وذلك
لتجنب المستويات الضعيفة وللوصول عند كتلة
خرسانته واحدة .

تعتبر افضل انواع الرزازات المستعملة وذلك لدرج
- تؤثر بصورة مباشرة على الخرسانة .
- يمكن تحريكها بسهولة من المقاطع الخرسانية الكسيفة
التسليح ليصل قطر بعضها الى 20 ملم .

② الرزازات الخارجية :- تثبت عند السطح الخارجية
للجوانب وبذلك يفقد جزء من الشغل المبذول لرصد
القالب تستعمل :- لرصد الوحدات الخرسانية لطبقة
الصبة - لرصد المقاطع الخرسانية التي يكون عرضها ارساها
قليلا بحيث لا يمكن استعمال الرزازات الداخلية فيرى

المعاصرة العاشرة (6)

وعند استخدام التزازات الخارجية ينبغي :-

- صبب الخرسانة بطبقات مناسبة العمق، الصغرى لمرد الارتفاع من الطبقات السليمة .
- تبديل موقع التزاز بين ضرتيه واهرب لتوزيع الحركة الاهتزازية .

③ المنضدة التزاز :- توضع القوالب كذلك وهو يعكس الحالة عند استخدام التزاز الخارجية ، يفقد متر من الشغل المبدول لرمه القالب .
تستعمل من رصه الوحدات المسبقة الصب حيث تمتاز برص الخرسانة بصورة متجانسة .

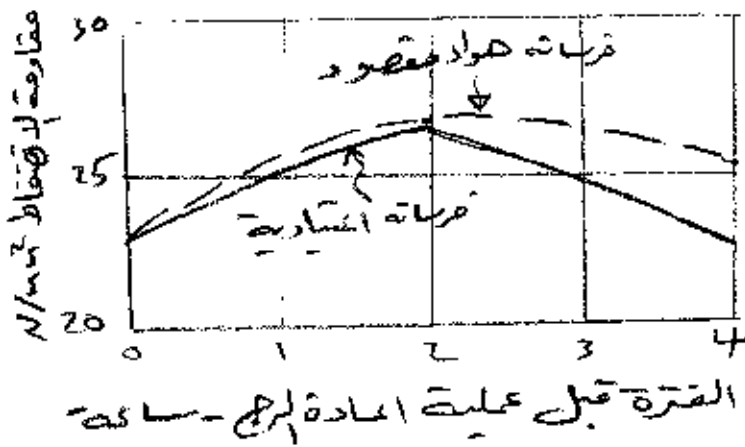
④ هزازات سطحية :- تتكون من لروحة مستوية يركب عليها جهاز الاهتزاز .
تستعمل في الخرسانة الكتلية كالخرانات والسدود طرية استخداما - بعد صب الخرسانة و رصها بالتزازات الداخلية يمرر ذلك سطحها الخارجي هزازة سطحية للوصول ذلك سطح مستو وصقيل .

⑤ هزازات اهرب :- مثل المحرقة الكهربائية والحادلة التزازة التي تستعمل لرمه البلاطات الرقيقة السمك .

الماضرة العاشرة (7)

اعادة ربح الخرسانة :-

- عملية ربح الخرسانة بعد فترة من الربح الابتدائي :-
- تقلل من الشقوق الناتجة عن الترسيب المتفاوت للخرسانة الطرية والحاصل بسبب وجود المواد العائقة لعملية الترسيب كالحصى وهديد التسليح .
- تقلل من التأثيرات الداخلية الحاصلة نتيجة للضغط
- تخفف اجهادات الدعامات اللدن حول جسيبات لبرام
- تعطى تلامق جيد بين مكونات الخرسانة وبين الخرسانة وهديد التسليح
- تؤدي الى زيادة مقاومة الدرقاط - الشكل التالي



- والتي العملية للزيادة من مقاومة الدرقاط تعتمد ذلك
- قابلية تسفل الخليط .
- تفضيل طريقة العمل .
- والتمسين الحاصل من المقاومة يكون الترمو معالجة :-
- في الدوقات المبكرة .
- من خلالات التي تبيل الك رضوخ أكبر .

مناخية الخرسانة في الجو الحار

يعرف الجو الحار بأنه التأثير المشترك لـ -
① ارتفاع درجات الحرارة
② انخفاض الرطوبة النسبية
③ سرعة الرياح
تميل الحد التأثير سلبياً على
خصائص الخرسانة الطرية
والمصلية والحصول على نتائج
غير طبيعية .

تأثيرات الجو الحار :-

صنالك مشاكل تراقق عملية خلط وصيد ومعالجة الخرسانة
في الجو الحار تنشأ هذه المشاكل من :-
① ارتفاع درجه حرارة الخرسانة والذي يسبب :-
- زيادة سرعة عملية الدماهة .
- زيادة سرعة التجمد .
- تقليل مقاومة الخرسانة المصلية وذلك لعدم توفر الوقت
الكافي للتوزيع المنتظم لنواتج الدماهة داخل المسافات
الشعرية ، تتكلس هذه النواتج في مناطق مختلفة تاركة
بعض الفراغات داخل المسافات الشعرية .

② زيادة معدل سرعة تبخر الماء من الخرسانة عن سرعة
التفتح يؤدي الى ذلك كما يشهد اللون ← تشقق الخرسانة .
علماً ان هناك تشققات ترمج الح :-
• التأثيرات الدافلية لعملية التفتح .

الماضرة العاشرة (9)

- ② الترسيب المتفاوتة للخرسانة الطرية والنتائج عند وجود مواد عائقة لعملية الترسيب كالخشب والحديد التسليح.
- ③ انخفاض الرطوبة النسبية .

- ③ تجمد ماء المعالجة سريعاً وعند استعمال مرتبات المعالجة المانعة للتسرب، تقل مقاومة الانكسار .

الدمرات العنصرية

٢- تقليل محتوى الاسمنت من الخلط \rightarrow تقليل حرارة لاعامة

٣- تقليل درجة حرارة الخرسانة الطرية بتبريد واحد او اكثر من مكونات الخلط \rightarrow لتبريد الماء باستعمال الجليد عوضاً عن جزء من ماء الخلط \rightarrow تبريد الركائز \rightarrow انزاعية لقلعة تاثير الحرارة النوعية للصخر.

ومن الضروري ان تحفظ درجة الحرارة للخرسانة الطرية الحد اقل من 29 $^{\circ}$ م وتجنب من العنصرية التالية:

$$T = \frac{0.2 (T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w}{0.2 (W_a + W_c) + W_w}$$

حيث

T = درجة حرارة الخرسانة الطرية المتولدة حديثاً - $^{\circ}$ م
 W = وزن اى من المكونات لوزن الحجم من الخرسانة

المحاضرة العاشرة (10)

- $w \approx 19$ الركام / الدسنت والماء على التوالي -
- $0.2 =$ السبب التقريبي للحرارة الترمسية للموارد الدوليه
- الجافه كذلك الخاصة بالماء -
- درجه الحرارة الفعلية $<$ درجه الحرارة المحسوسه من المعادله
- سبب - حرارة الادماسه
- الشغل المنجز للتقليل عند الاقتران الداخلي
- بين قنونات الخرسانه -

ح - استعمال المضخات المعلقة للماء والمياه للتجمد او المضخات المعلقة للماء بدرجه متفوقه والمياه للتجمد.

عند بناء الخرسانه في الجو الحار ينبغي الانتباه الى الملاحظات التاليه :-

- لتزيد درجه حراره الدسنت عن 75°F ← الدسنت حار يتقل ويغير عند تماسه مع الماء.

- بعد صب الخرسانه يلزم وقايتها من الشمس ← لتجنب الشقوق عند برودة الجو ليلت سبب تباين درجات حراره
- عدم السماح للماء المعالجه بالتجمد عند سطر لتجنب لتشققات
- اما قبل الصب فيتم رشه حديد التسليح وقاعده الصب والقوالب بالماء البارد قبل الصب مباشرة وتوضع الخدشات والقواديس والدمرقة الناقله وانايب الصنع من الظل أو تظن بقطعة مماشده رهيبه .

الخرسانة الجاهزة المخلط

خرسانة تتبأ من المصنع المركزي وتنقل الى موقع الصب
لتستعمل :-

- من مواقع العمل المزدحمة (بعدم توفر أماكن كافية لخزن
- من انشاء الطرق (المواد ولعملية نقلها
- عند الحاجة الى استعمال كميات صغيرة من الخرسانة .

فوائدها - امكانيه قصيرها تحت ظروف من السيطرة لتامة
باستخدام اجهزه دقيقه لتقدير كميات المواد

كلته الخرسانة الجاهزة المخلط اعلى من الخرسانة المخلوطة
في الموقع حيث يمكن تعريفه الفرق (تنظيم الموقع .
⑤ تقليل عدد الموظفين على العمل

انواع الخرسانة الجاهزة المخلط

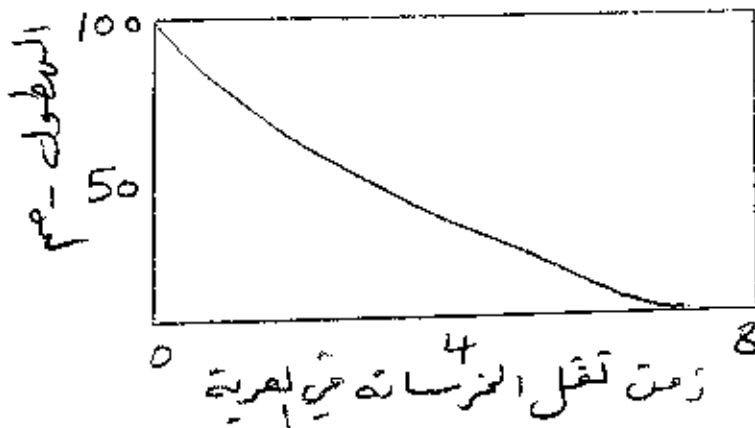
① خرسانة مركزية المخلط :- تخلط مكونات الخرسانة من المصنع المركزي
ثم تنقل بواسطة شاحنة فلاهه تدور
بهيئاً لتجنب الدتعمال .

② الخرسانة المخلوطة اثناء النقل - كد كميات المواد من المصنع
المركزي وتخلط في سيارة النقل اما
فلدى عملية النقل الى موقع الصب او قبل
تفريغ الخرسانة مباشرة .

الماضرة العاشرة (12)

- يمكنه تأجيل امتناع الماء الكهين الدمتراب منه موقع الصب للمفاداً على قابلية تشقيل الخليط -

* مثله اشناج الخرسانة الكاهتره المخلط المماظه على قابلية تشقيل الكدوقت الصب فالخرسانة تفقد قابلية تشقيل بمرور الزمن - الشكل التالي



* ويتداد نقصان يقابلية التشقيل - باطاله فتره المخلط - بارتفاع درجة الحرارة -

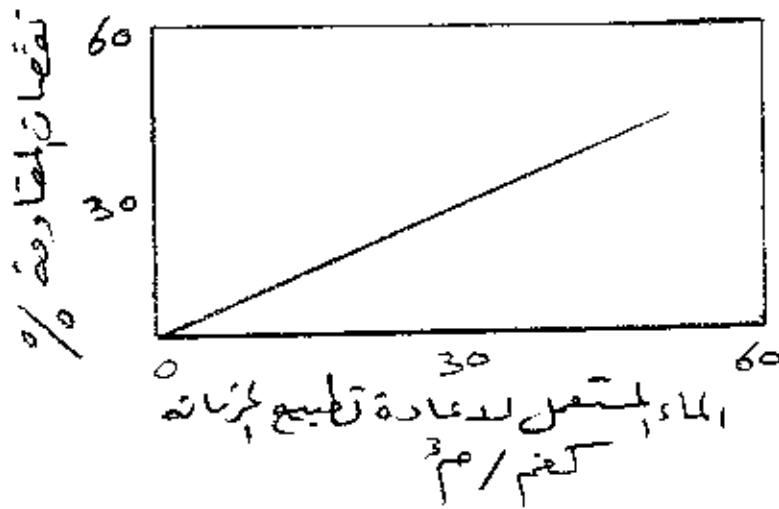
* خلط الخرسانة باستمرار لمدة ساعات لكي لا يؤثر على مقاومتها بشرط بقاء قابلية التشقيل كما فيه للوصول على حد حد متساو للخرسانة الطرية .

* اذا كانت قابلية التشقيل البوايه عالية - فان تصلبت الخرسانة الناتج من اطالة المخلط بسبب نقصان قابلية التشقيل اكاد درجة واطقة بسبب تشحر الماء ومضوضها من الجوكار
 ⑤ امادة السميت .

لهذا السبب يعاد مزج الخرسانة التي ابتدأت بالتصلبت باعادة تطبيع الخرسانة قبل تعريضها مباشرة الى استرجاع قابلية تشقيلها .

المحاضرة العاشرة (13)

ولله يحصل نقصان في مقاومة بسبب زيادة كمية الماء في الخليط - النقل التالي



تحليل الخرسانة الهريئة

- ① في الخلطات الخرسانية يفرض دائماً بأن نسب الخلط عملياً تلك قبل الخلط وأن أهم القيم الواجب تعيينها هي ① محتوى إسنت نسبة الماء / الإسنت في الخليط .
- ② قبل القيام بعملية تحليل الخرسانة الهريئة يلزم ① إجراء ملاحظات للحصل والرمل كالوزن النوعي والدمصاص والتدرج وهذه المعلومات تكون هامة في حسابات مكونات الخليط ② تعيين وزن الحصى والرمل بوزنك بالماء ويستخرج وزن الإسمنت كفرق بين وزن الإسمنت كفرق بين وزن الخرسانة بالماء ووزن الركام بالماء .
- ③ محتوى الماء يستخرج بتجفيفه بالتوزيع فوق مسخن (heater) وبذلك يمكن حساب نسبة الخلط .

العوامل المؤثرة على قابلية التشغيل

① محتوى ماء الخلط :-
ويعبر عنه بوزن الماء باللغم لكل م³ من الخرسانة .
* عند تثبيت نوع الركام ومقاسه الدقيقين فان قابلية التشغيل للخلط تزداد بزيادة محتوى الماء .
* كلما كان المقاس الدقيقين اصغر كلما كان التدرج انفع فتزداد نسبة الماء اللازمة للحصول على قابلية تشغيل معينة . (المقاس الدقيقين قليل اي مساهمة سهلية كبيرة) .

② اللبنة الشبيهة بعجينة الاسمنت والركام :-
* عندما تكون عجينة الاسمنت في الخلط كمية قليلة قياسا الكمية الركام المرهودة فذلك يجعل الخلط اكثر ثقلا فتقل قابلية تشغيله .
* كلما زادت عجينة الاسمنت جعل الخلط اكثر سيولة وتزيد من قابلية تشغيله .

③ لقومة الاسمنت :-
* زيادة لقومة الاسمنت تزيد من قابلية التشغيل الى حد معين .
* زيادة اللقومة تتطلب كالبقية عالية لدثتفا مع الزيادة في قابلية التشغيل للخلط .

④ تدرج الركام :-
من الضروري ان يكون تدرج الركام المنتظما بحيث يتكتم الحصول على افضل كثافة ومقدار معقول من التشغيل المميز

المحاضرة التاسعة (2)

ولكن تكون الخرسانة الطرية ذات قابلية تشغيل جيدة
والخرسانة المتصلية التامة متراخبات مقاومة عالية
وبما اشير من الفصل الثالث الى ان معنى التدريج رقم (1)

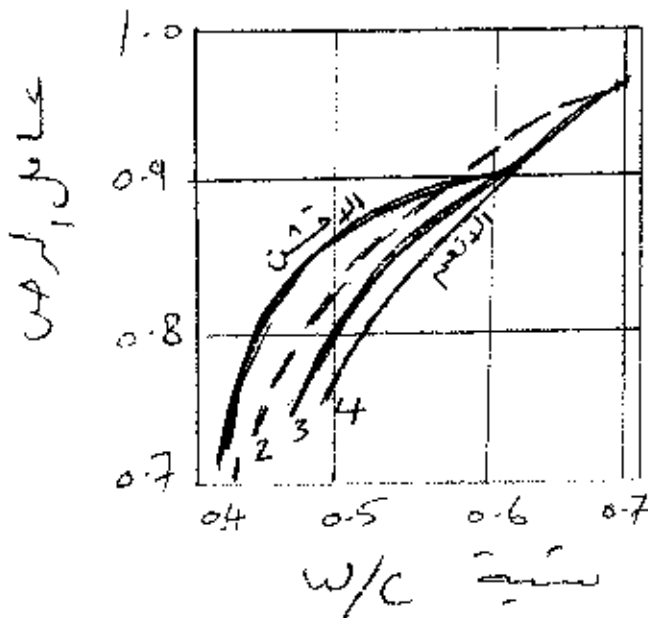
- مثل التدريج الدهن

- قابلية تشغيل له افضل من ياشي الخنثيات .

ومعنى التدريج رقم (4) - ليصل التدريج الداعم .

- تيا سكه افضل - قابلية التشغيل له واليدسة .

والشكل التالي يبين تآشير التدريج الحبيبي للركام المختلا
على قابلية التشغيل .



⑤ شكل حبيبات الركام % -

- الحبيبات الرقائقية والمستطالة * نسبة مساهمة الرقيقة
/ حبيبات عالية -

* يتطلب زيادة كمية ماء الخلط

للوصول الى درجة تشغيل

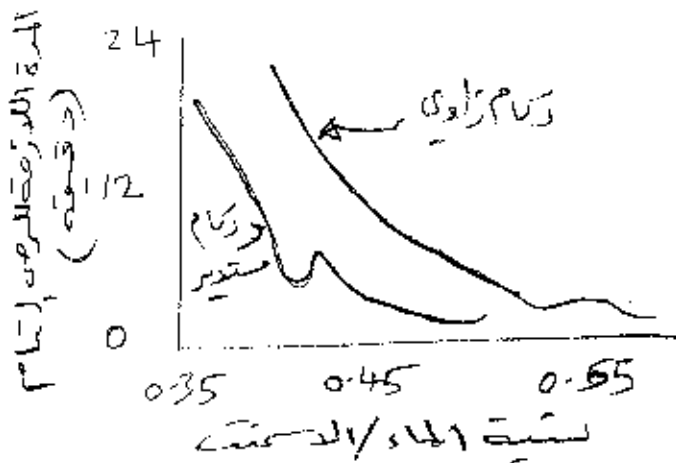
مطلوبة - في نقل المقاومة

المحاضرة التاسعة (3)

- الجزيئات المستديرة - تكون سهولة التنفيل لفلة
مما هي السطحية

- تنطوي كمية أقل من مخدنة الاست
للوصول إلى درجة التنفيل المطلوبة

- الجزيئات غير مستديرة والزاوية - صعوبة التنفيل كما هي
من القفل



6- المنس السطحي :-

زيادة قسوته السطح ومساميته يؤدي إلى :-

- زيادة الدسكالك - الدافقي بين مكونات الخليط - تقلل
حركية الجزيئات

- زيادة كمية الفضل المبدول للتغلب على الدسكالك الدافقي -
تقلل قابلية التنفيل

من الدهيار المكسرة - حسوته السطح وعدم انتظامه يقلل
من قابلية التنفيل

المضافة التاسعة (4)

7) استعمال المضافات :-

المواد المسحوقة ناعماً - تحسين قابلية تسخين الخليط وقصر

9 - مواد حاملة كيميائياً مثل - الجير المضاف
- الرمل المطحون
- الحجر الجيري المطحون

8 - مواد ذات خواص بوزولاجية مثل

رغاد محوكة الصم
رغاد قشور الرز
رغاد قشور إصفران لاهية
الترايب الدياتومي
الطين المحروق

ذات نعومة

عالية كحسب

قابلية لتسجيل

9 - الملدنات والملدنات المتفرقة :-

تقلل التلبدات هيبات الاستت بالتكثير من قابلية تسجيل الخليط نسبة ماء الاستت ثابتة .

10 - مضافات الهواء المقصورة :-

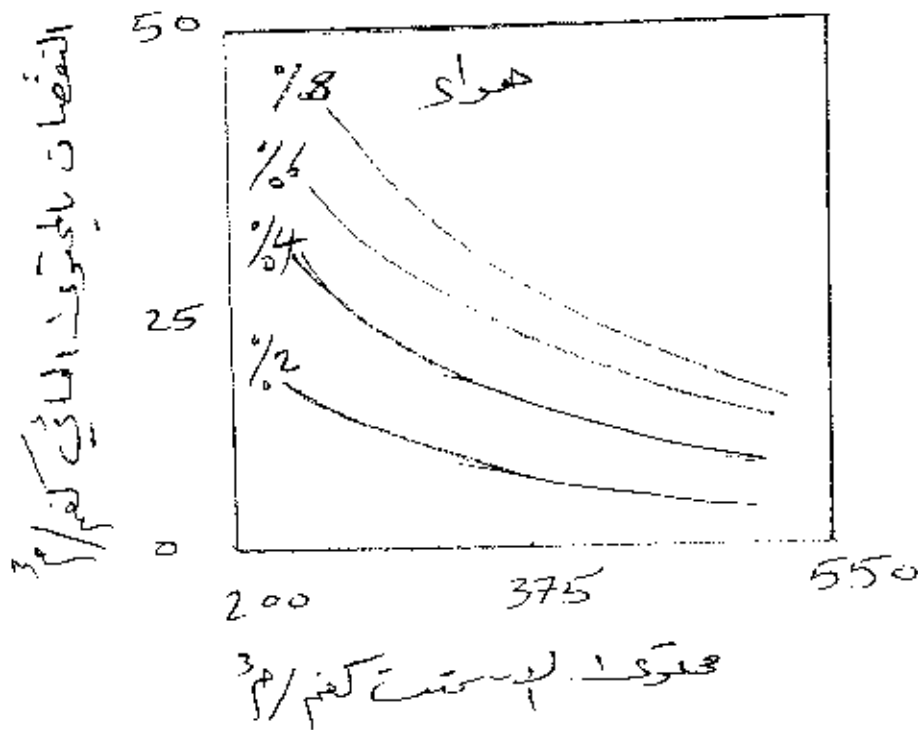
مواد ذات فاعلية طبيعية تؤدي الكالتون فقاعات هوائية مستقرة داخل الخليط يتراوح مقاسها بين 10-1000 ميكرون وهذه الفقاعات تسلك :-

ك- تؤدي الكزيادة

ل- كقطرات مائية

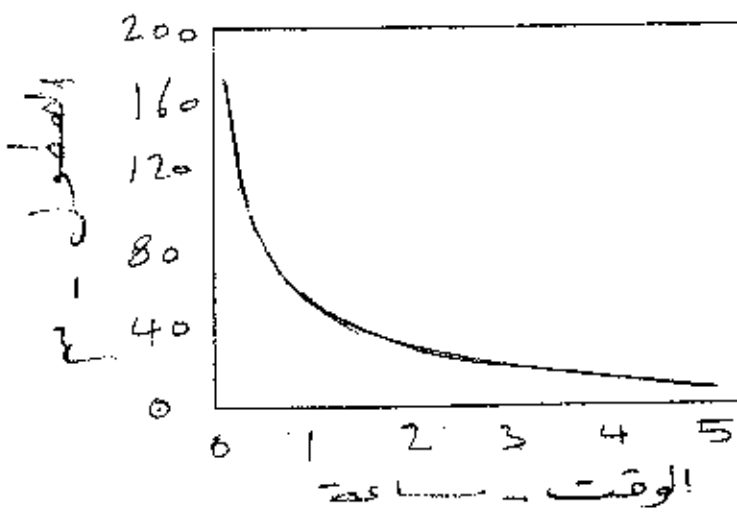
م- أو كحبيبات من الرمل الناعم
ن- قابلية التسجيل

- ويستعمل هذه الإضافات - يتحسن تماسك الخليط وبذلك
 تقل خطر الدقنزال
 - تسهل عملية متاوللة الخرسانة ويسببها
 - تقل مقاومة الخرسانة -
 - يمكنه تقليل المحتوى المائي من الخليط
 وبذلك يمكنه التقوية من الشدائد الكاهل
 بالمقاومة -
 الشكل التالي يبين تأثير تقليل المحتوى من الخليط

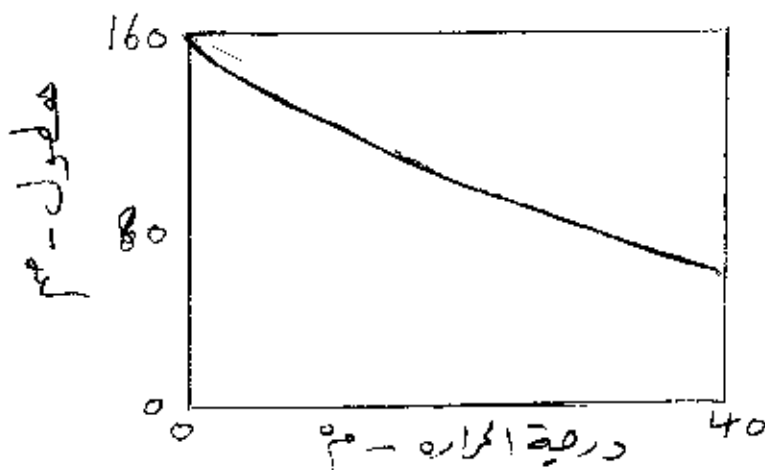


8) تأثير الزمن ودرجة الحرارة :-

- تقل قابلية التثقيب الخرسانية الطرية بمرور الوقت وذلك
- لاستعمال الماء في تفاعلات الدماجة -
- لذاتها جزء من الماء من قبل الركام
- لفقدان بعض المواد بسبب التبخر - عند تعرض الخرسانة
- لدسعة الشمس أو الرياح
- والقيمة الفعلية للتقمان من قابلية التثقيب تعتمد على :-
- كمية الدسنة من الخليط
- نوع الدسنة
- درجة حرارة الخرسانة
- وقابلية التثقيب الابتدائية
- العلاقة بين الرطوبة والزمن مبيّنة بالشكل التالي :-



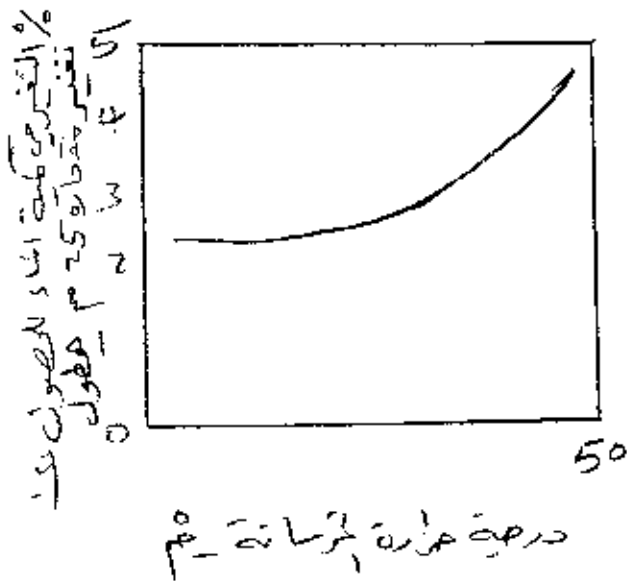
- بسبب - التغير الحاصل بالظواهر
- الظاهري للخليط
- ولاهية قابلية التثقيب
- في وقت الصب .
- بفضل تأخير فمه قابلية
- التثقيب الكهوالى
- 15 دقيقة بعد الخلط -



- درجة الحرارة - يؤثر على
- قابلية التثقيب - كما في الشكل
- :- من اليوم الكار - تبين زيادة
- محتوى الماء للحصول على قابلية التثقيب
- الظهورية

المحاضرة التاسعة (7)

من المتصل أخذ درجة حرارة الخرسانة بتفرياد عيار كما بين
الشكل التالي :-



انخفاض الرطوبة النسبية للمix
بدرجة كبيرة - يؤدي الى انخفاض
قيمة الشدود .

الدغزال والدقش Segregation & Bleeding

الدغزال Segregation :- هو انفصال مكونات الخرسانة
الضربة بحيث تبطل بشكل متباين التوزيع لأي توزيع لمكونات
بشكل غير منتظم) اسبابه :- - اختلاف انقاسها الطبيعي
لمكونات الخليط

- اختلاف الوزن النوعي لمكونات الخليط

اتوأمته :-

- الغزال هيبات الرنم الحشن عن باقر مكونات الخليط :-
- مرورها على سطح مائل . او كوزن المترسباً عن الهيبات
الصغيرة .

يصل من الخلطات القليلة بالدمية والحاقة هذا

- الغزال هيبته الدمية عند باقي المكونات يصل من الخلطات
الهبلة القوام .

العوامل المؤثرة على الانغزال :-

① التدرج — اشير اليه من القفل الثالث

② طريقة مناولة الخرسانة :-

- يحل الانغزال عند • نقل الخرسانة من مسافات بعيدة
- الحد موثوق اليه بسبب ربح وتأرجح حرارته النقل
- اسقاط الخرسانة من ارتفاعات عالية
- نقل الخرسانة بواسطة اهزعه النقل المتكوتة من قنوات مقنونة ومتغيرة الاتجاه وكبيره الحجم شبه الكاهم للخرسانة المنقولة
- والعلج — استعمال قهظات خرسانية متماثلة

③ لطريقة صب الخرسانة :-

- عند صب الخرسانة ينبغي — ان تكون يهية كتلة لا يسبح الا بالانتساب او بالتزلق على سطح مائل
- لا يجوز تحريكها نحو جوانب القالب باستعمال المالح ، تستعمل الهزازة لهذا الغرض

④ طريقة رمي الخرسانة :-

- رمي الخرسانة لفترة طويلة — يسبب الانغزال مؤدياً الى
- اضعاف مقاومة الخرسانة
- تشقق سطح الخرسانة بسبب لطيفة من غطاء الخرسانة على السطح

المخاضة التاسعة (9)

الدغزال يكون على نوعين :-

Ⓐ الدغزال الجاف Dry seg :- وهو انفصال الموتى عن هيكل الخرسانة وهذا يحصل بسبب الدغزال من الرص والحصل من الخلطات الفقيرة باليسمنت والحافنة ، إضافة الماء قد يجسن من تماسك الخليط .

Ⓑ الدغزال الرطب Wet seg :- هو انفصال مجيئة السمنت من الخليط [الركام ينوع لـ (Fine + coarse) يتغل]

تظليل ظهر الدغزال :-

- انخفاض التدرج المتناسق للركام .
- العناية بعملية متوازنة ومهنية ورص الخرسانة .
- استعمال مواد خاسرة الرطوبة المشبعة .

من الأسباب التي قد يسبب الدغزال الخرسانة كليا ، لكن يمكن تجنبه بسهولة عن طريق اتخاذ التدابير المناسبة كإضافة الماء في الخرسانة عند الحاجة ، إضافة الماء في الخرسانة الجيدة ، التي سممت فوق السطح .

في مخبرك يتبين عند وضع الخرسانة في الماء ، كما تلاحظ في الصورة التالية .

التفتح :- هو ظاهرة ارتفاع الماء المرهود من الخليط الى سطح الخرسانة الطرية بسبب عدم امتلاء الفراغات الأصلية من الماء فتتفاد لجميع ماء الخلط عندما تنترسب الكتل الثقيلة وهذا يحصل بعد عملية صب الخرسانة ووصولها ، ولكنه قبل مرحلة التجمد .

* المواد هوائيات مكثبات - قليل الترسبات (كثافته ا)
اذن النقع هو نوع من انواع الدتغزال لادن مكثبات
الترسبات لصلية كمثل اكه الترسبات الاسفل تاثير قوة
المادية

للنقع تاثيرات عديدة وهي ① بعض مواد الخلط يرتفع
الذات الذكوة ويستقر تحت هيبات الركام الكشن
ومضبان حديد التسليح مكونا مناطق ضعيفة الزايل
② تشبه للنقع الهيقه العليا للترسبات تصعب رطبه مسيبا
هيقه سطحية منقذه ضعيفة وذات حمل منقذه
③ اذالات معدل سرعة التغير اسرع من النقع يصل
لتشققات الدكماش للندن راين برايقه النقع تشققات
سطحية .

قد يكون النقع مضيدا من بعض الحالات - تجمد الماء يقلل
من w/c الفعالة ← زيادة المقاومة

العوامل المؤثرة على النقع

- ١- المتواضع القيريايه للاسمنت والركام التام : يقل النقع
بزيادة لغومة الاسمنت وزيادة لغومة الاسمنت وزيادة
كمية الركام التام > 150 مايلرون .
- ٢- العوامل الكيميائية : يقل النقع - عندما يكون محتوى الفلويات
في الاسمنت عاليا .
- عندما يكون محتوى كبريت C_3A عاليا
- باستخدام المضافات المعيلة مثل $CaCl_2$

المحاضرة التاسعة (11)

- كمية الاسمنت في الخليط : يقل النفع بزيادة كمية الاسمنت في الخليط .

- وجود بعض المعونات مثل - المواد ليوزولانية -
المضافات الهوائية -
المقصود { نقل النفع

* غناء الاسمنت (Laitance) تكون عندما تصعد جزيئات الاسمنت الناعمة مع المواد الكبدية فتترسب على سطح الخرسانة وتكون هشة وتميل لتكوين مسحوق على السطح (باور الاسمنت) هذه الطبقة تكون مسهلة التفتت وتؤدي الى ضعف السطح (تتريد من سمية السطح) اي سطح ذو ديمرعة ضعيفة .

اسباب الدغزال والنفع :-

١- القوام الغير صحيح (رطب جدا او جاف جدا)
٢- وجود كمية كبيرة من الركام الخشن الكبيرة ذات الكثافة العالية او المتفتته .

٣- وجود كمية قليلة من المواد الناعمة في الخليط بسبب :-

- انخفاض محتويات الاسمنت والرمل في الخليط -

- استخدام رمل ضعيف التدرج .

٤- استخدام لمرق غير صحيحة في عملية صب ودمج الخرسانة

Chemical Admixtures

المضافات الكيميائية

مقدمة :-

تُعرف المضافات على انها اية مادة تدخل في انتاج الخلطة الخرسانية او المونة عدا الماء والركام والسمنت والالياف. وتضاف اما مباشرة قبل البدء بعملية الخلط او اثناء عملية الخلط. تستخدم المضافات الكيميائية في الخرسانة عادة لتحسين واحدة او اكثر من خواصها بحيث تتلائم والغرض المطلوب لتحقيق بعض المتطلبات التي لا يمكن تحقيقها باستخدام الخرسانة التقليدية.

وبصورة عامة تعمل المضافات الكيميائية على تحسين خواص الخلطات الخرسانية اما بالحالة الطرية او المتصلبة او كليهما معا، وكما هو موضح في ادناه:

اولا : في الحالة الطرية

- زيادة قابلية التشغيل دون الحاجة الى زيادة محتوى الماء في الخلطة الخرسانية، كما ويمكن تقليل محتوى الماء مع المحافظة على قابلية تشغيل ثابتة.
- تعجيل او ابطاء زمن التجمد الابتدائي والنهائي للخرسانة.
- تقليل او منع حصول ظاهرة الانضمام او الهبوط (settlement) في الخرسانة.
- التحكم بمعدل سرعة النضج (Bleeding).
- تقليل او منع حدوث الانعزال (Segregation).
- تقليل المسامات المتواجدة في الخرسانة .
- التقليل من سرعة معدل فقدان الهطول.

ثانياً : في الحالة المتصلبة

- تقليل معدل انبعاث الحرارة خلال الاعمار المبكرة.
- تعجيل معدل اكتساب المقاومة في الاعمار المبكرة.
- زيادة مقاومة الخرسانة بكل انواعها (مقاومة الانضغاط، الشد والانثناء).
- زيادة ديمومة (Durability) الخرسانة وتحسين مقاومتها لظروف التعرض القاسية وبضمنها التعرض للاملاح.
- تقليل نفاذية الخرسانة.
- تقليل التمدد الحاصل بسبب التفاعلات بين الكلويات في السمنت وبعض انواع السليكا الفعالة في الركام.

- زيادة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح.
- تحسين التلاصق بين الخرسانة القديمة والخرسانة حديثة التشييد.
- تحسين مقاومة الخرسانة للصدم والبري والتآكل.
- تقليل احتمالية صدأ حديد التسليح.
- انتاج خرسانة او مونة ذات ألوان مختلفة.
- انتاج خرسانة خفيفة الوزن.

اهم انواع المضافات

Accelerating Admixtures

1-المضافات المعجلة

تعرف المضافات المعجلة بانها المضافات التي تزيد من معدل سرعة التفاعل الابتدائي بين السمنت والماء وبذلك تعجل تجمد الخرسانة وتطور مقاومتها المبكرة. وتستعمل المضافات المعجلة للاغراض الاتية:-

- 1- صناعة الخرسانة في الاجواء الباردة والتي تكون فيها درجة الحرارة المحيطة بالخرسانة اقل من 15-18°م واطلى من 2°م.
 - 2- تستعمل المعجلات ايضا للقيام باعمال الاتصليح السريع للمنشآت الخرسانية و خاصة الهيدرونيكية منها.
 - 3- زيادة معدل سرعة تطور المقاومة المبكرة وتقليل الفترة اللازمة لرفع القوالب وبالتالي امكانية استخدامها مرة اخرى فضلا عن امكانية استخدام المنشأ في وقت مبكر.
 - 4- تقليل الفترة اللازمة لمعالجة الخرسانة ووقايتها.
 - 5- الاسراع في انتاج الوحدات الخرسانية المسبقة الصب
- 1-1 التركيب الكيميائي واسلوب الاداء:-

تشمل المواد الكيميائية المعجلة لعملية التجمد والتصلب مدى واسعا من الاملاح السريعة الذوبان مثل املاح الكلوريدات (الصوديوم، الكالسيوم والالمنيوم) وفورمات الكالسيوم فضلا عن كاربونات الكالسيوم والبوتاسيوم وبعض المركبات العضوية مثل التريثانولامين. يعتبر كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) اكثر هذه المركبات استعمالا لتوفره وقلة كلفته، ولكن لا ينصح باستخدامه في

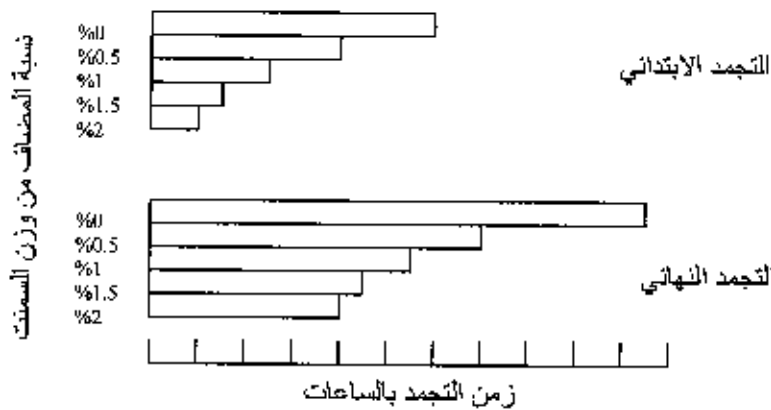
الخرسانة مسبقة الجهد ويستخدم بحذر في الخرسانة المسلحة بسبب علاقة المباشرة مع صدأ حديد التسليح.

أما عن أسلوب الأداء للمضافات المعجلة فإن هذه المركبات تذوب كلياً في المحلول المسامي لعجينة السمنت، فعند استخدام كلوريد الكالسيوم على سبيل المثال يصبح تركيز أيون الكلوريد عالياً في المحلول في الساعات الأولى معتمداً على نسبة كلوريد الكالسيوم المستخدمة في الخليط. ينتشر أيون الكلوريد بسرعة ضمن جسيمات المركبين C_2S و C_3S ويتبع ذلك انتقال أيون الهيدروكسيل OH^- إلى منطقة التفاعل ومن ثم تبدأ عملية ترسيب هيدروكسيد الكالسيوم وتكوين سليكات الكالسيوم المائية وهذه العملية ستعجل في اكتساب المقاومة.

1-2- تأثير المضافات المعجلة على خواص الخرسانة:-

❖ زمن التجمد:

تشير المواصفة القياسية العراقية رقم 5 لسنة 1984 إلى أن زمن التجمد الابتدائي للسمنت الابتدائي يجب أن لا يقل عن 45 دقيقة والنهائي لا يزيد عن 10 ساعات. يقل زمن التجمد الابتدائي باستعمال المضافات المعجلة، ومقدار هذا النقصان يعتمد على نسبة المضاف المستعمل ودرجة حرارة الخرسانة والمحيط، حيث أن استخدام كلوريد الكالسيوم بنسبة تتراوح بين 1.5-2% من وزن السمنت يقلل زمن تجمد معظم أنواع السمنت البورتلندي إلى النصف تقريباً مقارنة مع الخلطات المرجعية. يوضح الشكل في أدناه تأثير استخدام وزمات مختلفة من المضاف المعجل على كل من زمني التجمد الابتدائي والنهائي. تجدر الإشارة إلى أن هناك مضافات معجلة لا تؤثر على زمن التجمد الابتدائي بينما تعمل أنواع أخرى من المعجلات على تعجيل كلا من زمن التجمد الابتدائي والنهائي.



الشكل (1): تأثير استخدام وزمات مختلفة من المضاف المعجل على كل من زمني التجمد الابتدائي والنهائي

❖ حرارة الاماهة:-

يزداد معدل انبعاث الحرارة مبكرا باستعمال المضافات المعجلة ولكن ليس هناك تأثير يمكن تقديره على الحرارة الكلية للاماهة. يعجل وجود كلوريد الكالسيوم تجمد وتصلب الخرسانة وذلك لتأثيره في معدل سرعة اماهة السمنت في الخرسانة. ان اماهة السمنت تكون مصحوبة بانبعثات حرارة وان تعجيل تفاعلات الاماهة تعمل على انبعثات الحرارة بمعدل اسرع. وتظهر هذه الخاصية خلال الفترة المبكرة من الخلط (10-12 ساعة الاولى) وخاصة عند صناعة الخرسانة في الاجواء الباردة. ويتاثر موقع الذروة الحرارية المنبعثة من اماهة عجينة السمنت تبعا لمحتوى المضاف المعجل اذ تكون الذروة الحرارية بعد 8 ساعات من بدء الاماهة في العجينة المرجعية وبعد حوالي 3 ساعات في العجينة السمنتية الحاوية على 2% من وزن السمنت من كلوريد الكالسيوم. من جانب اخر فان معدل انبعثات حرارة الاماهة يعتمد على درجة حرارة المعالجة فكلما انخفضت درجة حرارة المحيط كلما انخفض معدل انبعثات الحرارة والعكس صحيح.

❖ النضج:-

يقال النضج بصورة عامة باستخدام المضافات المعجلة وبذلك يمكن انجاز اعمال الانهاءات مبكرا. وهذا النقصان في معدل سرعة النضج وفي سعة النضج يرجع الى زيادة كثافة ولزوجة العجينة. كما يقل معدل الترسيب الابتدائي ايضا باستخدام المضافات المعجلة. وهذا النقصان قد يساعد على تكوين الفجوات في الخرسانة وقد يفسر حصول الانكماش الكبير الملاحظ مع الخرسانة الحاوية على كلوريد الكالسيوم.

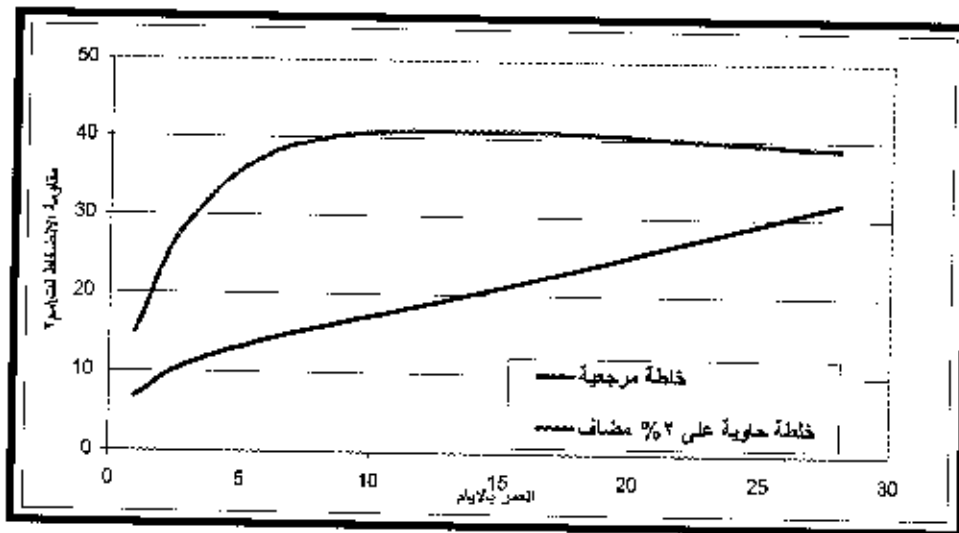
❖ قابلية التشغيل:-

لقد لوحظ بصورة عامة ان قابلية التشغيل تزداد باستخدام المضافات المعجلة واعتياديا يقل المحتوى المائي اللازم لانتاج هطول معين. كما وان اجهاد الخضوع ولزوجة السمنت في حالته اللدنة تتاثر بالمضاف المعجل، ويعتمد ذلك على نوع السمنت وفترة الاماهة ونسبة الماء\السمنت و كمية المضاف المعجل المستخدمة في الخلطة.

❖ المقاومة:-

تزداد مقاومة الانضغاط لعجينة السمنت والمونة والخرسانة الحاوية على المضافات المعجلة في الاعمار المبكرة مقارنة بالخلطات المرجعية وذلك نتيجة لزيادة معدل سرعة التفاعلات الكيميائية بين الماء والسمنت. وقد تم اثبات ذلك فعليا من خلال قياس معدل سرعة تكوين نواتج الاماهة لعجينة

المركب C_3S على اساس قياس محتوى الماء غير القابل للتبخر. والشكل (2) يبين الزيادة الحاصلة في مقاومة الانضغاط عند استعمال المضاف المعجل بنسبة 2% من وزن السمنت. ان الزيادة في مقاومة الانضغاط في الاعمار المبكرة بوجود المضاف المعجل لا يمكن ان تعزى فقط لزيادة كمية نتائج الاماهة المتكونة وانما لصلتها بعوامل اخرى كالمسامية والمورفولوجية (اي شكل الجسيمات، مقاسها وطبيعة نظامها التشابكي) والتركيب الكيماوي والمساحة السطحية والكثافة.



الشكل (2) : تأثير استخدام المضاف المعجل على تطور مقاومة الانضغاط مع العمر.

ان تأثير المضاف المعجل على مقاومة عجينة السمنت والمونة والخرماتة في عمر معين يعتمد على عدة عوامل، منها، وزمة المضاف ودرجة الحرارة و ظروف المعالجة ونوع السمنت ومحتواه. فهناك وزمة مثالية من المضاف المعجل يتم باستخدامها للحصول على اقصى مقاومة وعند استعمال وزمات اكبر منها تقل المقاومة. وقد لوحظ ان الوزمة المثالية تتغير بين 1 و 4% وهذه الاختلافات ناتجة عن الاختلافات في المواد والطرق المستعملة في التصنيع. هناك اراء متباينة حول التأثير البعيد الامد للمضاف المعجل على مقاومة الانضغاط فبعض التقارير تشير الى زيادة المقاومة والبعض الاخر يشير الى نقصانها. وقد يعود هذا النقصان الى خشونة البنية المسامية لعجينة المركب C_3S وعجينة السمنت البورتلندي. علما بان المواصفة القياسية الامريكية (ASTM C494) تشترط ان لا تقل مقاومة الخلطة الحاوية على المعجل عن 125% من مقاومة الخلطة المرجعية بعمر 3 ايام ولا تقل عن 90% بعمر 6 اشهر او سنة واحدة.

اما فيما يتعلق بتأثير المضافات المعجلة على تطور مقاومة الانثناء للخرسانه، فان التحسن الحاصل يكون اوطى من ذلك المتحقق في مقاومة الانضغاط. وتشترط المواصفة القياسية الامريكية ان لاتقل مقاومة الانثناء للخلطة الحاوية على المضاف المعجل عن 110% من مقاومة الخلطة المرجعية بعمر 3 ايام بينما القيمة المناظرة لمقاومة الانضغاط هي 125%.

اما مقاومة الشد فهي تزداد باستخدام المضافات المعجلة في الايام الاولى بعد الصب ولكن قد تنخفض في الاعمار المتقدمة مقارنة مع مقاومة الشد المسجلة للخلطة المرجعية.

❖ 2- الديمومة والمتانة:-

تقلل المضافات المعجلة من مقاومة الخرسانه لتأثير املاح الكبريتات وخاصة عندما تضعف ديمومة الخرسانة تحت تأثير الظروف الخارجية المحيطة بها كتعرضها لدورات متكررة من التجفيف والترطيب او مهاجمة السوائل او الغازات الطبيعية او الصناعية وغيرها من الظروف القاسية الاخرى. وقد يعود هذا التأثير الى خشونة البنية المسامية لعجينة السمنت الحاوية على المضافات المعجلة وما يترتب عليه من زيادة في النفاذية.

Retarding Admixtures

2- المضافات المبطنة :-

المضافات المبطنة هي مواد تقلل من سرعة التفاعلات بين السمنت والماء وبذلك تبطئ تجمد وتصلب الخرسانة. و لا تغير المبطنات من التركيب ولا نوعية نتائج الاماهة. وتستعمل للاغراض الرئيسية التالية:-

- 1- اطالة فترة المحافظة على قابلية التشغيل للخرسانة في الاجواء الحارة عندما يقل زمن التجمد بارتفاع درجات الحرارة الى ما فوق 25' م وعندما يتطلب العمل نقل الخرسانة لمسافات بعيدة او ضخها لمسافات طويلة او عندما يتطلب الامر ضخ الخرسانة ببطن كما في المنشآت المسلحة المعقدة مثل بطانة الانفاق.
- 2- ابقاء الخرسانة قابلة للتشغيل خلال الفترة الكلية للصب وذلك لمنع التشققات الناتجة عن اي انحراف في القالب عند وضع الخرسانة في الروافد او الاجزاء الانشائية المسلحة الاخرى.
- 3- ابقاء الخرسانة لدنة لفترة كافية وذلك لمنع تكون المفاصل الباردة (cold joints) ولضمان الحصول على استمرارية انشائية بين الواجهات المتتالية للخرسانة الموضوعه في القالب كما في حالة صب الروافد العميقة.

- 4- تقليل معدل سرعة انبعاث الحرارة في المنشآت ذات الخرسانة الكتلية كما في الخزانات والسدود.
- 5- عند استعمال الخرسانة في بعض الاعمال المعمارية بغية الحصول على انهاءات خاصة كما هو الحال في خرسانة الركام المكشوف السطح مثلا.

2-1 اسلوب الاداء للمضافات المبطنية:-

يعتمد اسلوب الاداء للمضافات المبطنية على نظرية الاستجذاب. فالالكتروليتات المكونة للمضاف المبطنى تتضمن مجاميع ال $CHOH$ التي تسلك كمجموعة فعالة مؤدية الى الاستجذاب. حيث تستجذب ايونات OH بالترابط الهيدروجيني على سطوح حبيبات السمنت. ان استجذاب المضافات المبطنية حول حبيبات السمنت يؤدي الى تاخير نمو و تكون نواتج الاماهة حول حبيبات السمنت لغاية استنفاد المضاف المبطنى كليا.

2-2- تأثير المضافات المبطنية على خواص الخرسانة:-

❖ زمن التجمد:-

ان مقدار التأخير الناتج عن استعمال المبطنى يعتمد على نوعية المضاف المستعمل والوزمة المستخدمة منه ونوع السمنت ودرجة حرارة المحيط وظروف العمل الاخرى. فمن الضروري تحديد الوزمة المضافة وقياسها بدقة وذلك لان استعمال وزمة مفرطة (overdose) تؤخر التجمد والتصلب على نحو خطير. ومن جهة اخرى هناك بعض المبطنات التي تسلك سلوكا عكسيا، حيث تسرع التجمد عند استعمالها بوزمات مفرطة ومثال على ذلك استخدام كلوريد الكالسيوم ، اذ يسلك هذا المضاف كمبطنى في الوزمات المنخفضة وكمعجل للتفاعل في الوزمات المرتفعة.

يعتمد سلوك المضافات المبطنية للتجمد على نوع السمنت المستخدم ايضا، فقد يختلف معدل سرعة التجمد والتصلب للانواع المختلفة من السمنت وكذلك لسمنت مماثل مأخوذ من طواحين مختلفة. وبذلك لا يمكن تحديد مقدار التأخير الحاصل في زمن التجمد عند استعمال المضافات المبطنية للتجمد مع سمنت معين الا عن طريق اجراء خلطات تجريبية.

❖ النضج:-

يختلف تأثير المبطنات على عملية النضج اذ تعمل حوامض اللكنوسلفونيك واملاحها واشكالها المعدلة والمشتقة على تقليل نضج الخرسانة المخلوطة حديثا وتقلل من انعزالها. ويرجع

ذلك جزئيا الى تكوينها الهواء المقصود. اما الحوامض الكربوكسيلية والهيدروكسيلية واملحها تميل الى زيادة سعة النضج.

❖ النقصان بالمحتوى المائي:-

تعمل المضافات المبطننة على تقليل المحتوى المائي للخرسانة دون التأثير على قابلية التشغيل. يعتمد النقصان الفعلي بمحتوى الماء على محتوى السمنت ونوع الركام ووجود عوامل الهواء المقصود. او البوزولانا من عدمه لذلك من الضروري عمل خلطات تجريبية حاوية على مواد فعلية من تلك التي ستستعمل في الموقع وذلك لتعيين نوع وكمية المضاف للحصول على افضل الخواص.

❖ حرارة الاماهة:-

لا تقلل المضافات المبطننة للتجمد من حرارة الاماهة الكلية عند استعمال نفس محتوى السمنت. وان تاخير زمن التجمد قد يؤثر في معدل سرعة انبعاث حرارة الاماهة وهذا بدوره سيؤثر على الارتفاع المبكر لدرجة الحرارة تحت ظروف العمل.

❖ المقاومة:-

عند استخدام المضافات المبطننة تنخفض كافة الانواع للمقاومة المبكرة للخرسانة (الانضغاط والشد والانثناء). ثم تظهر بعد ذلك زيادة في المقاومة في الاعمار المتقدمة مقارنة بالخرسانة المرجعية. وان سبب ذلك يرجع الى ان الاماهة الابتدائية البطيئة تؤدي الى تكوين نتائج اماهة ذات بنية فيزيائية كثيفة وقليلة المسامية ويتبع ذلك الى قاعدة نسبة الجل \ الفراغ بان المقاومة ستكون اعلى مقارنة مع عجينة السمنت المتمينة بصورة سريعة والحاوية على مسامات اكثر نتيجة لذلك. وهناك تفسير اخر يشير الى ان انخفاض معدل سرعة الاماهة الابتدائية يؤدي الى انتظام توزيع نواتج الاماهة ضمن عجينة السمنت مؤثرا بصورة ايجابية في المقاومة بسبب كون نسبة الجل \ الفراغ عالية.

3-المضافات المقللة للماء (الملدنات) و المقللة للماء بدرجة متفوقة (الملدنات المتفوقة)

Water Reducing Admixtures (plasticizers) & High Range Water Reducing Admixtures (Superplasticizers)

تعرف المضافات المقللة للماء بقدرتها على تقليل حاجة الخليط للماء دون التأثير على قابلية التشغيل للخرسانة.

ان المضافات المقللة للماء بدرجة متفوقة هي صنف حديث من المضافات المقللة للماء والاكثر فاعلية اذ انها تقلل كمية الماء اللازمة لانتاج خرسانة ذات قوام معين بمقدار 12% في الاقل. وقد تنتج هذه المضافات لتزدي دورين في آن واحد كأن تكون مقللة للماء بدرجة متفوقة ومبطنة للتجمد في نفس الوقت. ويمكن استخدام هذه المضافات للاغراض التالية:-

1- تقليل المحتوى المائي للملاط او الخرسانة وبدرجة كبيرة وفي الوقت نفسه المحافظة

على قوام معين دون التسبب في تأثيرات غير مرغوب بها في زمن التجمد.

2- زيادة الهطول بدرجة كبيرة دون الحاجة الى زيادة محتوى الماء نسبة الى الخلطات

المرجعية.

3- توافق في الاداء بين الغرضين اعلاه وذلك للحصول على زيادة معتدلة في الهطول

مع نقصان معتدل في محتوى الماء.

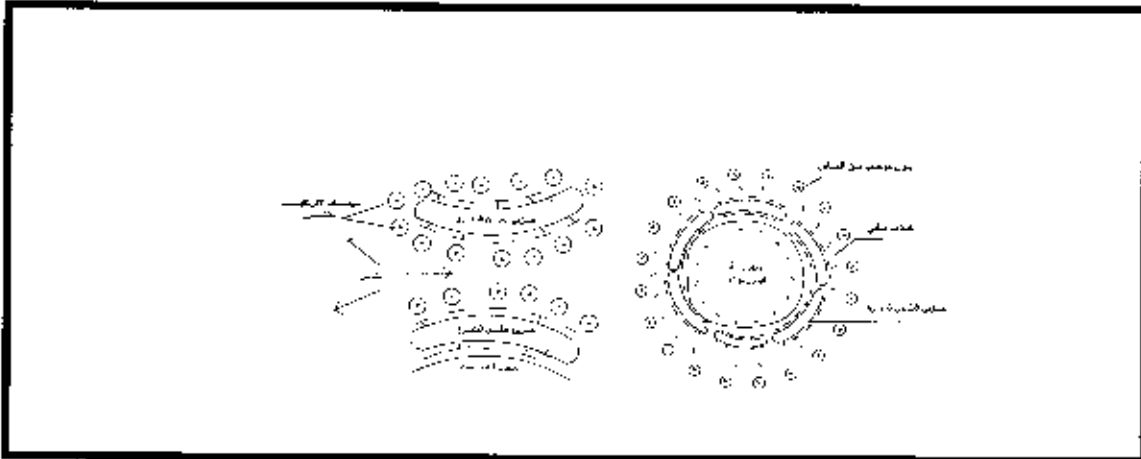
4- تقليل محتوى السمنت في الخليط بزيادة نسبة الركام السمنت لاغراض اقتصادية مع

الحفاظ على مستوى قابلية التشغيل و مقاومة الانضغاط ذلك من خلال تقليل محتوى

الماء.

3-1- اسلوب الاداء:-

الملدنات المتفوقة هي ايونات تحمل شحنات كهربائية سالبة وتتميز هذه المضافات بفاعليتها السطحية العالية حيث انها تتجذب نحو سطوح حبيبات السمنت مؤدية الى تنافر شديد بينها فتسبب زيادة كبيرة في سيولة الخليط. ويستحسن القيام بالخلط السريع للقيام بهذه الفعالية. تؤثر هذه المضافات بعد فترة من الاماهة وذلك بنشر غلاف الاثرنكايت المائي حول حبيبات السمنت مسببة تحرر ابر الاثرنكايت الصغيرة من غلافها المائي اثناء عملية جذب جزيئات المضاف كما مبين في الشكل ادناه.



الشكل (3) اسلوب اداء الملدنات المتفوقة.

3-2- تأثير الملدنات المتفوقة في خواص الخرسانة: -

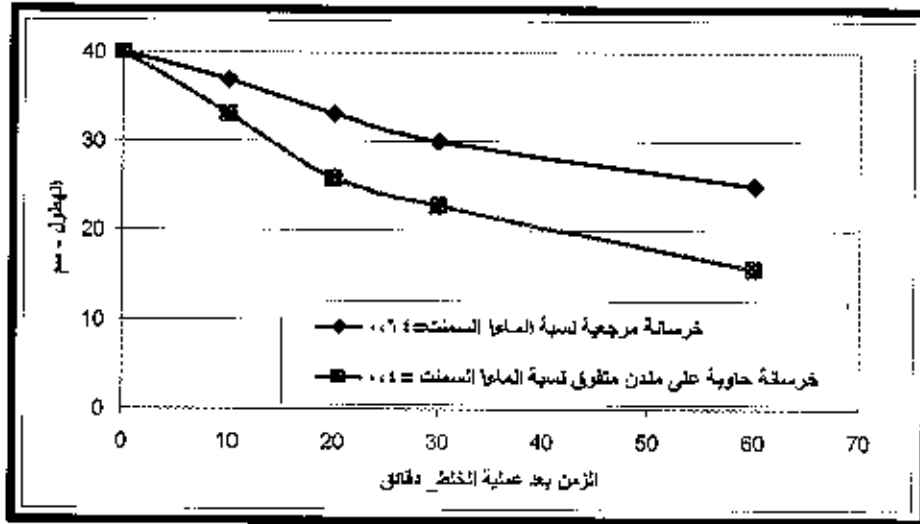
❖ زمن التجمد: -

تعمل الملدنات المتفوقة من اصل اللكنوسلفونات على اطالة زمن التجمد للخرسانة او المونة ويعتمد ذلك على نوع اللكنوسلفونات ومحتوى السكريات فيها. توصي المواصفة القياسية الامريكية (ASTM C494) بأن لايزيد زمن التجمد الابتدائي للخرسانة الحاوية على الملدن المتفوق باكثر من ساعة ونصف عنه في الخلطة المرجعية و بان لايزيد زمن التجمد النهائي باكثر من ساعة ونصف عنه في الخلطة المرجعية.

❖ ثانيا قابلية التشغيل: -

تعتمد قابلية التشغيل للخرسانة الحاوية على الملدن المتفوق على الوزمه المستخدمه ومحتوى الاسمنت ودرجه نعومته والهطول الاولي ووجود عامل الهواء المقصود والمضافات الاخرى من عدمها.

من المعلوم ان ملائمة الخرسانة بنسبة خلط معينة لاستخدام معين تقديرا لاعتماد على قابلية تشغيلها وما ان يتم الوصول الى قابلية التشغيل المطلوبة يحصل فقدان متزايد في قابلية التشغيل مع الوقت بسبب تقدم عملية الاماهة. وتستمر هذه العلاقة خلال مراحل الخلط والتفريغ والمناولة والرص وان اي تغير في معدل فقدان قابلية التشغيل يمكن ان يؤثر في اي من هذه الخطوات او في جميعها وبصورة عامة يكون الفقدان اكثر وضوحا في الخلطات الحاوية على الملدنات المتفوقة بسبب قابلية التشغيل الاولية العالية المستحصلة باستخدام هذه المضافات، الشكل (4).



الشكل (4) يوضح العلاقة بين النقصان بالهطول مع زمن الخلط

❖ النقصان في المحتوى المائي:

ان من تطبيقات الملدنات المتفوقة هي استخدامها لغرض تقليل نسبة الماء/السمنت في الخليط مع المحافظة على قابلية التشغيل المماثلة للخلطة المرجعية. وهذا بدوره يسمح بتحقيق المقاومة المطلوبة بمحتوى سمنت اقل لاغراض اقتصادية ويعتمد النقصان بالمحتوى المائي على خواص السمنت مثل النعومة والتركيب الكيميائي ومحتوى السمنت في الخلطة فضلا عن تأثير خواص الركام المتمثلة بنسبة الركام الناعم \ الخشن ومعامل النعومة للركام الناعم والمقاس الأقصى للركام الخشن وغيرها.

❖ المقاومة:-

تستخدم الملدنات المتفوقة لانتاج خرسانة ذات قابلية تشغيل عالية جدا دون التأثير في تطور المقاومة او كخيار اخر لتقليل المحتوى المائي بدرجة كبيرة للحصول على مقاومة عالية جدا من الضروري ان لا تؤثر الملدنات المتفوقة في ديمومة الخرسانة ولذلك يتطلب ان يستمر اكتساب المقاومة بالاعمار اللاحقة (بعد 28 يوما). ويعتمد هذا التطور في المقاومة على نسبة الماء/السمنت المستخدمة.

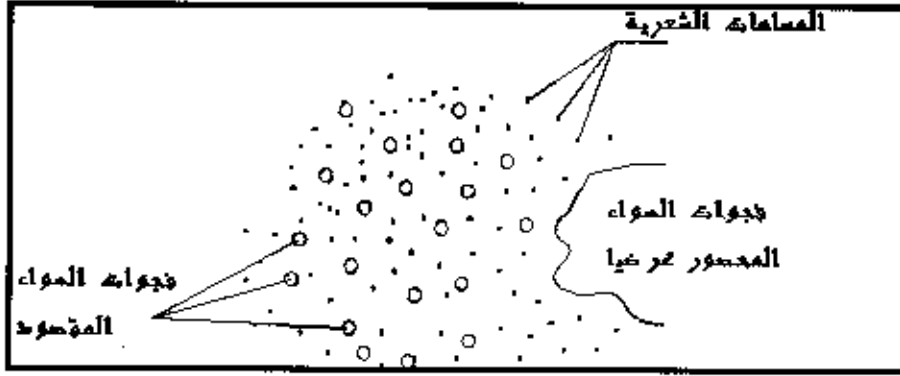
Air Entraining Admixtures

4-مضافات الهواء المقصود

عوامل الهواء المقصود هي مضافات قد تضاف الى السمنت او مواد تضاف الى خليط الخرسانة او الملاط مباشرة قبل او اثناء عملية الخلط وينتج عن ذلك تكوين كمية مستقرة من الهواء بهيئة فقاعات دقيقة في الخرسانة او الملاط خلال عملية الخلط وذلك لزيادة قابلية التشغيل او لتحسين ديمومة الخرسانة وخاصة مقاومتها لدورات من الانجماد والذوبان. يتراوح قطر هذه الفقاعات بين 0.04 - 1.25 مم تقريبا وتبعد عن بعضها بمسافة (0,4) مم تقريبا وتكون موزعة بصورة منتظمة خلال الهيكل ومقاسها بحدود 1000 مرة اكبر من مقاس مسامات الجل. وتجدر الاشارة هنا الى ضرورة تمييز فجوات الهواء المقصود عن فجوات الهواء المحصور عرضيا والناجئة عن عدم اكتمال عملية الرص. حيث تكون الاخيرة كبيرة نسبيا وغير منتظمة الشكل. تتضمن خرسانة الهواء المقصود هواء بحجم يتراوح بين 6\1 الى 4\1 حجم عجينة السمنت وحوالي 3-10% من حجم الخرسانة. والهواء المقصود يؤدي الى تكون فجوات غير مستمرة في العجينة السمنتية وبذلك فهي لا تؤثر على نفاذية الخرسانة. تستعمل هذه المضافات بصورة رئيسية للاغراض التالية:-

- 1- لتحسين ديمومة الخرسانة المعرضة للانجماد والذوبان وتحدد كمية المضاف المستخدم لهذا الغرض بحيث تؤدي الى تكوين محتوى فجوات هوائية بما يعادل $4.5 \pm 1.5\%$ من حجم الخرسانة كما وتستخدم لتحسين مقاومة الخرسانة المعرضة لفعل الاملاح المستعملة لازالة الجليد فضلا عن امكانية استخدامها في انتاج خرسانة سنودة للماء.
- 2- لتحسين قابلية تشغيل وتماسك الخلطات الخرسانية الجافة والصعبة التشغيل كتلك الفقيرة بالسمنت وتلك التي تعاني من نقص في كمية الركام الناعم.
- 3- لتقليل كثافة انواع الخرسانة ذات الركام الخفيف الوزن المستعملة لاغراض العزل الحراري او للاغراض الانشائية.

وعند استخدام مضافات الهواء المقصود هناك عدد من التأثيرات الجانبية التي يجب ان تؤخذ بعين الاعتبار منها ان الفقاعات الهوائية المتكونة تسلك كمزلق (Lubricant) وتزيد من قابلية تشغيل الخليط وبذا تسمح بتقليل نسبة الماء \ السمنت في الخليط عند الرغبة في الحصول على نفس قابلية التشغيل وفي الوقت نفسه يحصل انخفاض في مقاومة الانضغاط والشد للخرسانة مع زيادة محتوى الهواء عند عدم تغيير تصميم الخليط.



الشكل (5) انتشار فجوات الهواء المقصود بصورة منتظمة داخل الخرسانة.

هناك العديد من المواد الكيميائية ذات الفاعلية السطحية التي يمكن ان تستخدم كعوامل للهواء المقصود. و مع ذلك فان المنتجات التجارية الرئيسية تصنع من اصناف المواد الآتية:-

- 1- راتنجات الاخشاب الطبيعية وموادها الصابونية المستخلصة من جنور الصنوبر او المشتقة من زيت الصنوبر الراتنجي.
- 2- املاح الحامض الدهني امثال حامض الاوليك (Oleic Acid).
- 3- الاملاح القلوية ذات المركبات العضوية المحولة الى املاح حامض السلفونيك المختلفة.

2-4 تأثير مضافات الهواء المقصود على خواص الخرسانة:-

❖ قابلية التشغيل:-

ان وجود مضافات الهواء المقصود تعمل على تحسين قابلية التشغيل للخرسانة الطرية وذلك لان فقاعات الهواء تبقى كروية بفعل الشد السطحي فتسلك كحبيبات من الزكام الناعم ذات احتكاك سطحي واطى ومرونة كبيرة. فتسلك الخلطة الحاوية على مضافات الهواء المقصود كخلطة غنية بمحتوى الرمل وبالتالي يمكن تقليل كمية الماء اللازمة للحصول على قابلية التشغيل المطلوبة. عند المحافظة على مستوى ثابت من الاضافة لعامل الهواء المقصود فان الخليط الاكثر تشغيليا يكون قادرا على استيعاب هواء اكثر من الخليط الواطى التشغيل ومع ذلك فان الخرسانة ذات قابلية التشغيل العالية جدا والتي يكون هطولها اعلى من 180 مم تفقد هوائها سريعا قبل عملية صبها.

❖ استقرارية الخليط:-

تعمل مضافات الهواء المقصود على تسهيل حركية الخليط الخرساني ومن جانب اخر فهي تقلل النضج والترسيب وتزيد تماسك الخليط فيقل ميله للانعزال. وتؤثر درجة حرارة الخرسانة بدرجة كبيرة على محتوى الهواء المقصود المستحصل باستخدام وزمة قياسية من المضافات فيارتفاع درجة حرارة الخرسانة يقل محتوى الهواء.

❖ المقاومة:-

من المعروف ان مقاومة الخرسانة هي دالة لكثافتها، والفجوات الناتجة عن الهواء المقصود تؤثر في المقاومة بطريقة مماثلة لتأثير الفجوات من اي مصدر اخر. فعند اضافة عامل الهواء المقصود الى الخليط دون اجراء التعديلات على نسب الخلط يتناسب النقصان في المقاومة مع حجم الهواء الموجود. وبصورة عامة فيكون معدل النقصان بالمقاومة بحدود 5.5% لكل 1% هواء موجود في الخرسانة.

عندما يكون الهواء المقصود موجودا في الخليط فان الحجم الكلي للمسامات الشعرية يكون اصغر لان الهواء المقصود يشكل جزءا من الحجم الكلي لعجينة السمنت. وهذا يعتبر احد اسباب عدم حصول فقدان كبير في مقاومة خرسانة الهواء المقصود. ومن الجدير بالذكر هنا ان عمل تغيرات مناسبة في اسلوب تصميم الخليط الحاوي على مضافات الهواء المقصود يؤدي الى فقدان ضئيل او معدوم في مقاومة الخرسانة.

❖ الديمومة:-

تعمل مضافات الهواء المقصود على تقليل نفاذية الخرسانة الامر الذي يزيد من مقاومتها لمهاجمة السوائل القاسية كمحاليل املاح الكبريتات. كما ويعتبر استخدام هذا النوع من المضافات شائعا عندما تكون الخرسانة معرضة لدورات من الانجماد والذوبان و خصوصا بوجود الاملاح المزيلة للجليد. حيث ان تعرض الخرسانة الى درجات حرارية منخفضة يؤدي الى انجماد الماء الموجود بداخلها مصحوبا بزيادة حجمية تصل الى 9% . ان وجود فجوات الهواء المقصود يعمل على تخفيف الاجهادات الناتجة عن هذه الزيادة الحجمية وبالتالي يمنع حصول التشققات في الخرسانة.

Waterproofing Admixtures

5- المضافات المانعة لنفوذ الماء

من المعلوم بأنه يمكن انتاج خرسانة جيدة وقليلة النفاذية و ذلك بالتصميم الجيد للخلطة الخرسانية مع استخدام المهارة العملية عند التنفيذ. ومن ناحية اخرى فان الخرسانة المعالجة لفترة كافية يمكن اعتبارها ايضا سدودة للماء بسبب انقطاع استمرارية المسامات الشعرية و صعوبة مرور الماء والرطوبة خلالها. ومع ذلك فان المنشآت الخرسانية القائمة تسمح بمرور الماء غالبا تحت ظروف مختلفة ليس فقط من خلال المفاصل او الاجزاء غير المتصلة ولكن ايضا من خلال كتلة الخرسانة نفسها.

5-1 تصنيف المضافات المانعة لنفوذ الماء:-

تصنف المضافات المانعة لنفوذ الماء الى ثلاث مجاميع رئيسية:

اولا:- المضافات المقللة للنفاذية

تعمل المضافات ضمن هذه المجموعة على تقليل كل من النفاذية الهيدروليكية والمسامية للخرسانة وتملا مساماتها وهي تشمل المواد الدقيقة التجزئة كالرمل المسحوق ومسحوق الطباشير النقي ورماد الوقود المسحوق والتراب الدياتومي والحجر الجيري والخبث وغيرها. حيث تتميز معظم هذه المواد بفاعليتها البوزولانية التي تساهم في زيادة نسبة جل السمنت المتكون. كما ويمكن ادراج المضافات المدنة والملدنات المتفوقة ومضافات الهواء المقصود ضمن انواع المضافات المقللة لنفاذية الماء وذلك لامكانية استخدامها في تقليل المحتوى المائي في الخليط وبالتالي يقل حجم الفجوات والمسامات الشعرية وتقل نفاذية الخرسانة.

ثانيا :- المضافات الصادة للماء:

تقلل مواد هذه المجموعة من مرور الماء خلال الخرسانة الجافة الذي قد يحصل كنتيجة للخاصية الشعرية وليس كنتيجة لضغط الماء الخارجي. تشمل هذه المجموعة المواد الصابونية واستيريات البيوتيل و زيت البترول.

ثالثا:- مضافات متنوعة:

هناك مجموعة متنوعة من المضافات المتوفرة والتي يكون لها تأثير صداد للماء في الخرسانة ولكن اغلب هذه المضافات يكون لها تأثير سلبي على مقاومة الخرسانة ومن امثلتها:

- كبريتات الباريوم وسليكات المغنيسيوم والكالسيوم.
- سليكات متناهية النعومة والنفثالين

- السليكات الغروانية
- هلام البترول والجير
- المواد السليلوزية
- السليكا والالمنيوم
- قار الفحم المخفف بالبترول
- سليكات الصوديوم

تأثير المضافات المانعة لنفوذ الماء على خواص الخرسانة:-

❖ المقاومة:-

المضافات المانعة لنفوذ الماء لا تؤثر بدرجة كبيرة في مقاومة الخرسانة مالم تتضمن مضافات مقللة للماء والتي تسمح بتقليل نسبة الماء\السمنت مقارنة بالخليط المرجعي مؤدية الى زيادة مقاومة الخرسانة.

❖ الديمومة:-

ان استخدام المضافات المانعة لنفوذ الماء في الخرسانة يقلل من دخول مياه الامطار او المياه الجوفية اليها ويؤدي الى تحسين ديمومتها والمحافظة عليها من الناحية الجمالية ولفترة ليست بالقصيرة.. وباستخدام المضافات المانعة لنفوذ الماء وحتى بوزمات صغيرة يمكن تحسين ديمومة الخرسانة للانجماد والذوبان. فالمضاف المانع لنفوذ الماء من صنف المستحلب الشمعي يتميز بخصائص تساهم في تحسين ديمومة الخرسانة اضافة الى خصائصه الصادة للماء كتكوين فجوات الهواء المقصود والسماح بتقليل نسبة الماء\ السمنت في الخليط بالمقارنة مع الخليط المرجعي.

وبصورة عامة لا تبدي المضافات المانعة لنفوذ الماء تحسنا في مقاومة الخرسانة لتأثير الغازات الضارة في الاجواء الصناعية، على الرغم من ان تقليل الامتصاص في الاوساط المائية يحسن من المقاومة لتأثير املاح الكبريتات وغيرها. اما عن تأثير هذه المضافات على استقرارية حديد التسليح في الخرسانة فهي تحد بمستوى عالي من تآكل حديد التسليح.

مقاومة الخرسانة

1- مقدمة:-

بصورة عامة يمكن اعتبار مقاومة الخرسانة من اهم خواصها على الرغم من انه في حالات عملية عديدة قد تكون خواص اخرى كالمتانة وعدم النفاذية اكثر اهمية من المقاومة. ومع ذلك فان مقاومة الخرسانة تعطي صورة شاملة عن نوعيتها ودليل جيد لمعظم خواصها الاخرى ذات الاهمية العملية لان مقاومة الخرسانة تتعلق بصورة مباشرة بهيكل وبنية عجينة السمنت المتصلبة. بصورة عامة تكون الخرسانة ذات المقاومة العالية اكثر صلابة، اقل نفاذية للماء والسوائل الاخرى وذات مقاومة عالية للتقلبات الجوية وظروف التعرض المؤثرة الاخرى.

تعتبر الخرسانة مادة قسيمة مع انها تبدي قليلا من السلوك المرن. اذ يحصل التصدع فيها تحت تأثير الاحمال الثابتة مع حصول مقدار قليل من الانفعال. حيث ان الانفعال الذي يكون مقداره (0.001-0.005) يمثل الحد الاعلى للسلوك القسيمة. وبسبب كون الخرسانة مادة قسيمة فهي تكون اضعف في تحملها للشد والقص منها في تحمل الانضغاط.

ان مقاومة الشد الفعلية لعجينة السمنت او المواد القسيمة المشابهة كالحجر تكون اقل بكثير من المقاومة النظرية المقدرة على اساس التماسك الجزيئي والمحسوبة من الطاقة السطحية للمواد الصلبة وعلى افتراض ان المادة متجانسة كلياً وخالية من الثغرات.

ان اساس هذا الاختلاف بين المقاومة النظرية والمقاومة الفعلية هو وجود الثغرات المفترضة من قبل (Griffith) والذي يشير الى حصول اجهادات عالية في المادة تحت تأثير الحمل تسبب حصول فشل مجهري في موقعها. ويفترض Griffith ان اضعف ثغرة موجودة في وحدة الحجم هي التي تحدد مقاومة النموذج الكلية وبمعنى ادق ان التشقق سيبدأ بالانتشار خلال مقطع النموذج ابتداءً بتلك الفجوة. ومع ان التصدع الموقعي يبدأ في نقطة وتتحكم به الظروف المحيطة بتلك النقطة فان معرفة الاجهاد الاعلى في تلك النقطة لا يكفي لتوقع الفشل. اذ انه من الضروري معرفة توزيع الاجهادات حول النقطة.

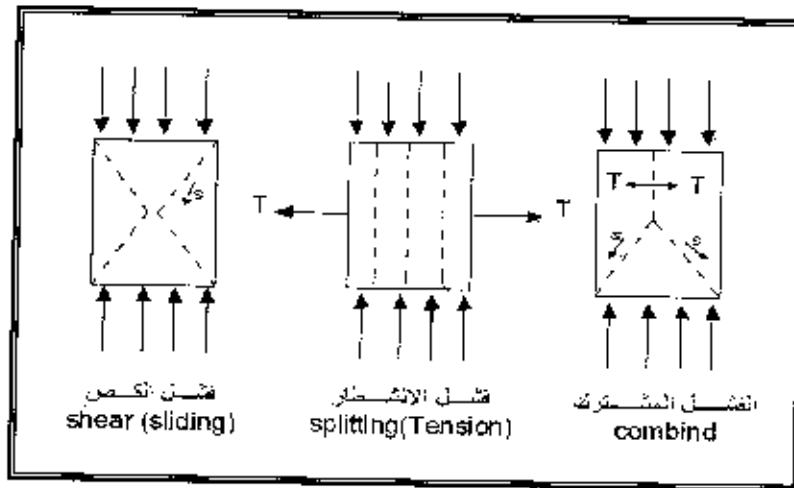
2- انواع مقاومة الخرسانة:-

1-2- مقاومة الانضغاط:-

معظم المنشآت الخرسانية مصممة على اعتبار ان الخرسانة تقاوم اجهادات الانضغاط فقط ولا تقاوم اجهادات الشد لذا ولاغراض التصميم الانشائي فان مقاومة الانضغاط هي المعيار في

تحديد نوعية الخرسانة. وان الاجهادات التشغيلية محددة بالموصفات العالمية كنسبة مئوية من مقاومة الانضغاط المعينة بفحوصات قياسية لنماذج خرسانية اسطوانية الشكل او بهيئة مكعبات. تطبق فرضيات Griffith عادة على الفشل الحاصل تحت تأثير احمال الشد ولكن تطبيقاتها لا تقتصر على ذلك فقط بل يمكن الاستفادة منها في تفسير التصدع الحاصل تحت تأثير الاجهادات الثنائية (Biaxial) او ثلاثية المحاور (Triaxial) وكذلك تحت تأثير اجهاد الانضغاط احادي المحور (Uniaxial)، كما لوحظ في فحوصات الانضغاط التي اجريت على نماذج من الخرسانة. ومن المحتمل ان يتأثر الفشل الحاصل لنماذج من هذا النوع بالانفعال الجانبي الناتج عن نسبة بوسون (Poisson's ratio) والتي تكون قيمتها في الخرسانة بحيث، ان انفعال الاجزاء البعيدة بمسافة معينة عن سطح تماس النموذج مع مائدة الفحص يفوق الانفعال الجانبي الناتج عن الانفعال الاقصى للخرسانة و يحدث الفشل عندئذ في زاوية عمودية على اتجاه الحمل وقد لوحظ ذلك بصورة متكررة وخاصة في النماذج التي يكون ارتفاعها اكبر من عرضها، علما بان نسبة بوسون تتراوح بصورة عامة بين (0.1-0.21) حيث تقل نسبة بوسون كلما زادت مقاومة الخرسانة.

يحصل الفشل النهائي تحت تأثير اجهاد الانضغاط احادي المحور اما بسبب الفشل في الشد في عجينة السمنت او في التلاصق باتجاه عمودي على الحمل المسلط او بسبب الانهيار المتسبب نتيجة اسطح القص المائلة. ومن المحتمل ان يكون الانفعال النهائي محددا للفشل ولكن مقدار الانفعال يختلف باختلاف مقاومة الخرسانة فكلما ارتفعت مقاومة الخرسانة قل الانفعال النهائي.



الشكل (1) انواع الفشل بالانضغاط احادي المحور.

لتعيين مقاومة الانضغاط للخرسانة تستعمل عادة نماذج اسطوانية ارتفاعها ضعف (100*200) ملم او (150 * 300) ملم قطرها او مكعبة الشكل بابعاد 100ملم او 150 ملم وبعد معالجتها لفترة زمنية معينة يعرض النموذج للتحميل بماكنة فحص قياسية كما مبين بالشكل (2) وبسرعة معينة لحين تصدعه وتحسب المقاومة للنماذج من القانون التالي:

$$\sigma = P / A$$

حيث ان:

$$\sigma = \text{الإجهاد الأقصى الذي تتحمله الخرسانة ، نت} / \text{ملم}^2$$

$$P = \text{الحمل المسلط، نت}$$

$$A = \text{مساحة قاعدة النموذج المعرضة للتحميل.}$$

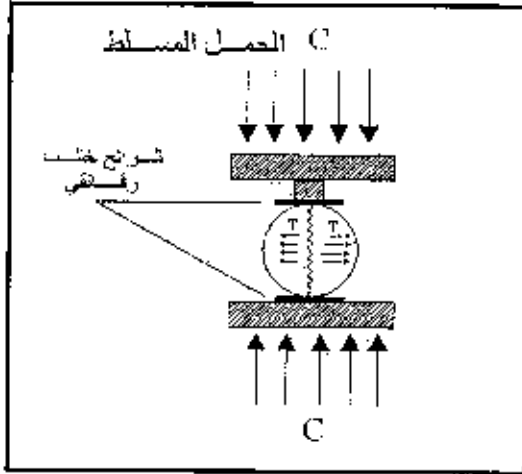
2-2 مقاومة الشد:-

بصورة اعتيادية لايتوقع من الخرسانة مقاومة قوى الشد المباشر بسبب ضعف مقاومة شدها النسبية وطبيعتها القصفة ولكن معرفة مقاومة الشد تكون ذات اهمية لتقدير الحمل الذي تحصل عنده التشققات في الخرسانة. ان عدم وجود التشققات له اهمية في الحفاظ على ديمومة المنشأ الخرساني وفي حالات عديدة تحد من صدأ حديد التسليح. على الرغم من ان التشققات قد تحصل في الخرسانة لاسباب اخرى كالانكماش الناتج عن الجفاف او تدرج الحرارة خلال المقطع الخرساني.

ويندر استخدام فحوصات الشد المباشر لتقدير مقاومة الخرسانة وذلك لصعوبة تثبيت النماذج الخرسانية في جهاز الفحص بواسطة المقابض ولعدم وضوح الاجهادات الثانوية المتكونة بتأثير وسيلة قبض النموذج في الجهاز المستعمل للفحص. لهذا فان فحص الشد المباشر لا يستعمل ابدا لاغراض السيطرة النوعية ولا يوجد فحص قياسي حتى لاغراض البحث. ويتم التعرف على مقاومة الشد من خلال فحوصات غير مباشرة كمقاومة شد الانشطار ومقاومة الانثناء او معايير الكسر (Modulus of Rapture).

2-3- مقاومة الانشطار:-

هو فحص يتم من خلاله احتساب مقاومة الشد للخرسانة وذلك باستخدام نماذج خرسانية اسطوانية الشكل بابعاد (100*200 ملم) او (150*300 ملم) تحضر وتعالج كما هو الحال مع نماذج مقاومة الانضغاط وتعرض الى قوة انضغاط باتجاهين متعاكسين وكما مبين بالشكل (3) ادناه. ولحين حصول التصدع في النموذج، تحسب مقاومة شد الانشطار باستعمال المعادلة التالية:



$$\sigma = 2P / \pi d L$$

حيث :

σ : مقاومة شد الانشطار ، نتاً ملم²

P : الحد الأقصى للقوة المسطلة نت

d : قطر اسطوانة نموذج الفحص ملم

L : طول اسطوانة نموذج الفحص ملم

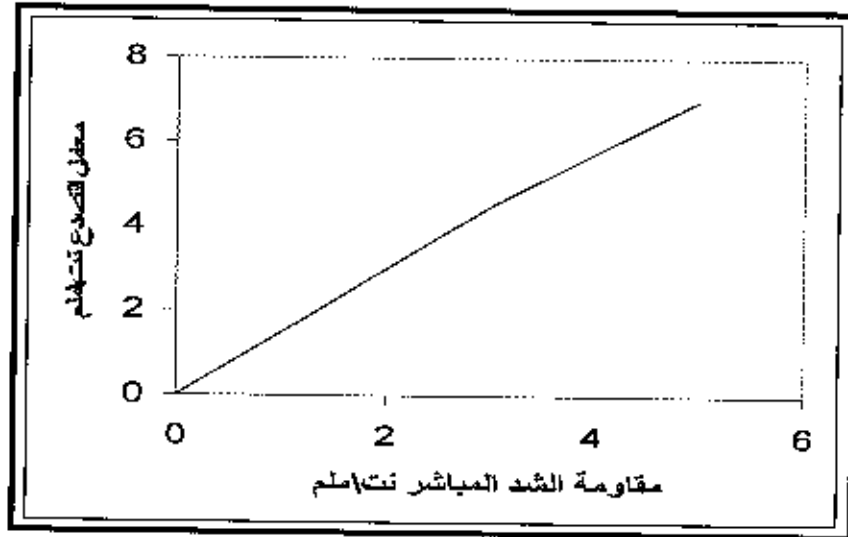
الشكل (3): ترتيب الحمل لنموذج فحص شد الانشطار

ان مقاومة الشد المحسوبة بهذه الطريقة تكون حوالي 15 % اكثر من تلك المقدرة بطريقة فحص الشد المباشر.

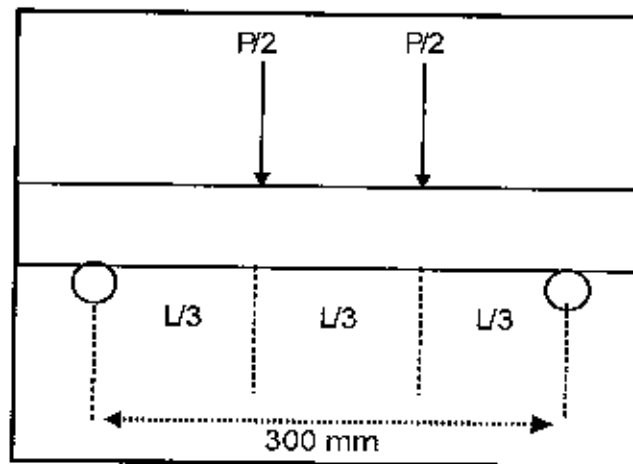
4-2 مقاومة الانثناء او معايير الكسر:-

عندما تتعرض الخرسانة الى احمال الانثناء تتطور فيها اجهادات الشد والانضغاط وفي حالات عديدة اجهادات القص المباشر. ان اكثر المنشآت الخرسانية الاعتيادية عرضة للانثناء هي بلاطات الطرق ومدارج المطارات. ويعبر عن مقاومة الانثناء بمعامل التصدع حيث يمثل الحد الأقصى لاجهادات الشد للالياف الموجودة في الطرف السفلي لنموذج الفحص والذي يكون بهيئة عتبة ذات ابعاد قياسية. وبالنظر لصعوبة ايجاد مقاومة الشد المباشر للخرسانة كما ذكر سابقاً فان معامل التصدع يستعمل كتقدير لمقاومة الشد المباشر.

يتناسب الاجهاد في الالياف مع بعدها عن محور التعادل للعتبة وان شكل مخطط الاجهاد يكون مثلثاً. علماً ان الشكل الحقيقي لمخطط الاجهاد قرب الفشل يكون بشكل منحنى مكافئ وليس مثلثاً. لذا فان معامل التصدع يعطي تقديراً مبالغاً به لمقاومة الشد مقارنة مع قيمة فحص الشد المباشر وكما مبين بالشكل (4).



الشكل (4): العلاقة بين مقاومة الشد المباشر ومعامل التصدع. ويتم اجراء الفحص على مواشير ذات ابعاد قياسية (400*100*100) او (500*100*100) ملم. حيث يتم اسناد النماذج داخل جهاز الفحص على مسندتين كما مبين في الشكل (5) ويتم التحميل باسلوبين اما في نقطة واحدة وسطية او نقطتين. الحالة الثانية تعتبر افضل من الاولى لانها تمثل محاكاة افضل للظروف الواقعية.



الشكل (5): نموذج خرساني محمل في نقطتين لغرض فحص مقاومة الانثناء.

تشير المواصفات البريطانية والامريكية الى انه في حالة وقوع التصدع خلال الثلث الوسطي للعتبة يمكن احتساب معامل التصدع من المعادلة التالية:

$$PL/bd^2$$

حيث ان:

P: الحد الاقصى للثقل الكلي المسلط على العتبة نت.

L: المسافة بين المساند، ملم

b: عرض العتبة،ملم

d: عمق العتبة،ملم

ولكن في حالة حدوث التصدع خارج نقاط التحميل على سبيل المثال عندما يكون على بعد a من المسند القريب فان معامل التصدع يحسب وفقا للمعادلة التالية:

$$3Pa/bd^2$$

2-5 مقاومة القص:

ينتج القص عن تأثير قوتين متساويتين بالمقدار متوازيتين ومتعاكستين بالاتجاه تعملان على مستويات سطوح متقاربة من بعضها. وعمليا وفي واقع الحال لايتواجد اجهاد القص لوحده فقط بل يكون مرافقا لاجهادات الشد والانضغاط وان القص الصرف يحصل فقط في حالة الالتواء (Torsion) للنماذج الاسطوانية الشكل. وبما ان مقاومة الخرسانة اضعف في الشد منها في القص فان فشل الشد القطري يحصل في حالة الالتواء وكذلك في الاجزاء المعرضة للانحناء، كما وان اجهاد القص يكون مصحوبا باجهادات الانحناء للشد والانضغاط والفشل في القص يكون بسبب الشد القطري الناتج.

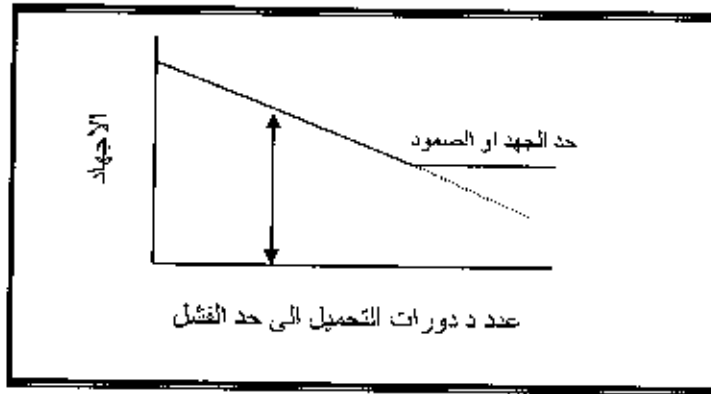
ان استعمال اجهاد القص في حسابات التصاميم الانشائية يكون معقولا فقط بسبب كونه تقديرا مناسباً للشد القطري. وان الفحوصات الممكن اجرائها لتقدير مقاومة القص تكون غير مجدية بسبب تاثيرات الانحناء والاحتكاك و التقييدات الجانبية لسطح التماس مع جهاز الفحص، علما بان بعض الباحثين استنتجوا بان مقاومة القص اعلى من مقاومة الشد للخرسانة بحوالي 20-30%.

2-6 مقاومة الجهد او الكتل :-

لقد تم فيما سبق تبيان مقاومة الخرسانة تحت تاثير الاحمال الثابتة فقط مع ان الخرسانة تكون معرضة في الكثير من المنشآت الى احمال متكررة ويحصل الفشل فيها تحت تأثير هذه الاحمال

المتكررة والتي يكون كل منها اقل من مقاومة الانضغاط التصميمية ففي مثل هذه الحالات يقال ان الفشل حصل بسبب الكلال او الجهد.

يعبر عادة عن نتائج فحوصات الجهد او الكلال بعلاقة بيانية بين الاجهاد وعدد دورات تسليط الحمل والتي تؤدي الى الفشل وكما مبين بالشكل (6). فاذا اصبح المنحني مقاربا في ميلانه الى المحور الافقي فيطلق على الاجهاد المناظر بحد الجهد او حد الصمود. معظم المعادن لها حد صمود معين ولكن من المشكوك فيه حدوث ذلك في حالة الخرسانة الا بعد اعادة تسليط الحمل بحدود 10 ملايين مرة على الاقل ومن ملخص نتائج الفحوصات تبين بانه يمكن اعتبار حد الجهد للخرسانة مساويا الى مقاومة الجهد بعد حوالي (1-10) ملايين دورة للتحميل ورفع التحميل لان ذلك يمثل الحد الاقصى لعدد مرات حدوث دورات التحميل في المنشآت الخرسانية.



الشكل (6) العلاقة بين الاجهاد وعدد دورات التحميل

3- العوامل المؤثرة على مقاومة الخرسانة:-

أ. نسبة الماء/السمنت:-

من الناحية العملية يفترض بان مقاومة الخرسانة بعمر معين والمعالجة (Cured) في درجة حرارة محددة تعتمد بصورة رئيسية على عاملين فقط هما: نسبة الماء/السمنت ودرجة الرص. ان تأثير الفجوات الهوائية على مقاومة الخرسانة يكون بشكل عكسي ولكن بفرض ان الخرسانة كاملة الرص (اي ان محتوى الفجوات فيها لايزيد عن 1% من حجمها) فان مقاومتها المحسوبة وفقا لمعادلات (Duff-Abrams) ستكون:

$$\sigma = K_1 / K_2^{w/c}$$

حيث ان:

w/c: نسبة الماء إلى السمنت (بالحجم)

K_1, K_2 : ثوابت عملية تحسب بتجارب مختبرية.

والعلاقة النموذجية بين المقاومة ونسبة الماء السمنت موضحة في الشكل (7) ولكن قانون (Abrams) هو حالة خاصة من قاعدة عامة اشتقت من قبل (Ferret) والتي كانت بالشكل التالي:

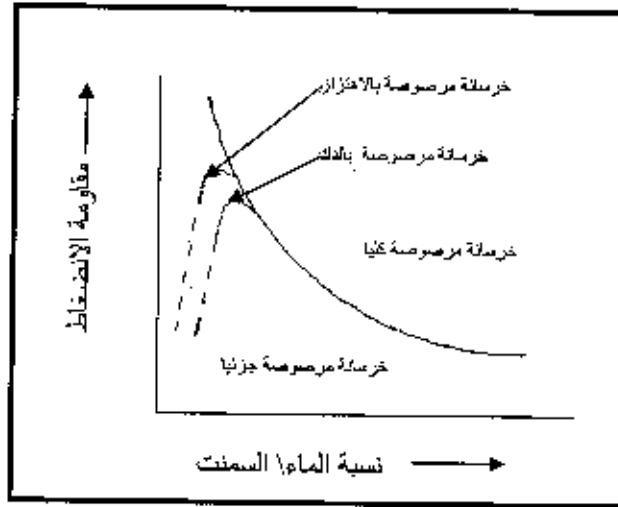
$$\sigma = K (C_2/c + e + a)^2$$

حيث ان:

σ : مقاومة الخرسانة

a, e, c : الحجم المطلق للسمنت، الماء والهواء على التوالي.

K : قيمة ثابتة.



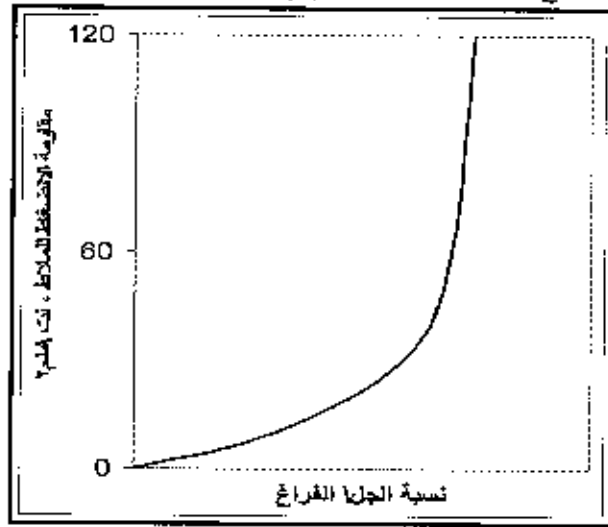
الشكل (7): العلاقة بين نسبة الماء السمنت ومقاومة

ومن الجدير بالذكر ان نسبة الماء السمنت هي التي تحدد مسامية عجينة السمنت المتصلبة في اي مرحلة من مراحل الاماهة. لذا فان نسبة الماء السمنت ودرجة الرص تؤثران كليهما على حجم الفجوات في الخرسانة. وهذا يفسر سبب تضمن معادلة (Ferret) لحجم الهواء في الخرسانة علما بان هناك احتمال بان تكون مقاومة الخرسانة متأثرة بجميع انواع الفجوات الموجودة فيها والتي تشمل الهواء المحصور والمسامات الشعرية ومسامات الجل والهواء المقصود ان وجد.

ب- نسبة الجل \ الفراغ:-

ان العلاقة السائدة بين نسبة الماء السمنت و المقاومة لا تولف في الحقيقة قانونا ولا تتضمن اساسيات عديدة وضرورية لصحتها وخاصة ان المقاومة في اي نسبة ماء/سمنت تعتمد على درجة امهارة السمنت وخواصه الكيميائية والفيزيائية ودرجة الحرارة التي تحدث فيها الامهارة و محتوى الهواء في الخرسانة و حصول الشقوق نتيجة للضغط.

ولهذا فان العلاقة الفعلية بين الانضغاط للملاط ونسبة الجل \ الفراغ تشير الى ان المقاومة تتناسب مع مكعب نسبة الجل \ الفراغ وكما مبين بالشكل (8).



الشكل (8): العلاقة بين نسبة الجل\ الفراغ ومقاومة التضغاط.

ج- الماء الفعال في الخليط:-

الماء الفعال هو الماء الذي يشغل الفراغ خارج حبيبات الركام في مرحلة استقرار حجم الخرسانة اي تقريبا في وقت التجمد. بصورة عامة يتألف الماء في الخرسانة من الماء المضاف الى الخليط اضافة الى ذلك المحجوز من قبل الركام في وقت وضعه في الخلاطة وقسم من الاخير يكون ممتصا ضمن البنية المسامية للركام بينما القسم الاخر يكون متواجدا كماء حر على سطح الركام ولهذا فانه لا يختلف عن الماء المضاف بصورة مباشرة الى الخلاطة. ومن جانب اخر فعندما لا يكون الركام مشبعا وقسم من مساماته مملوءة بالهواء فان قسما من الماء المضاف سيتمص من قبل الركام خلال النصف ساعة الاولى تقريبا بعد الخلط. تحت مثل هذه الظروف يكون من الصعب التمييز بين الماء الطليق و الماء الممتص.

في موقع العمل وكقاعدة يكون الركام رطبا او جافا تبعا للظروف الجوية والماء الفائض عن الكمية اللازمة لجعل الركام مشبعا وجاف السطح ستكون مشمولة ضمن الماء الفعال في الخليط

عندما يكون الركام رطباً، ومن ناحية أخرى عندما يكون الركام جافاً فلا بد من الأخذ بنظر الاعتبار الماء الممتص من قبل الركام، لجعله مشبعاً وجاف السطح وإضافته إلى كمية الماء الفعّال في الخليط، إن تصميم الخلطة الخرسانية تبعاً للمواصفات العالمية المختلفة يبنى على اعتبار أن الركام مشبع وجاف السطح. ويتبين من ذلك ضرورة الانتباه إلى النتائج المختبرية لتحديد نسب الخلط المستعملة في موقع العمل.

د- تأثير الركام الخشن:-

إن تأثير نوع الركام ذو الوزن الاعتيادي والتدرج المعلوم على مقاومة الانضغاط للخرسانة يكون ثانوياً وذلك لكون هذه الأنواع من الركام أقوى من عجينة السمنت المحيطة بها. كما وأن الاختلاف في المقاس الأقصى للركام المتدرج جيداً ولنوع معين له تأثيران متعاكسان على مقاومة الانضغاط للخرسانة فعند ثبوت محتوى السمنت والقوام يحتاج الركام الكبير المقاس إلى ماء أقل من الركام الذي يكون مقاسه الأقصى أصغر ومن ناحية أخرى فإن الركام الأكبر مقاساً يعطي مقاومة أقل ومن المحتمل أن يكون ذلك بسبب التشققات الحاصلة في عجينة السمنت المحيطة بحبيبات الركام الكبيرة المقاس.

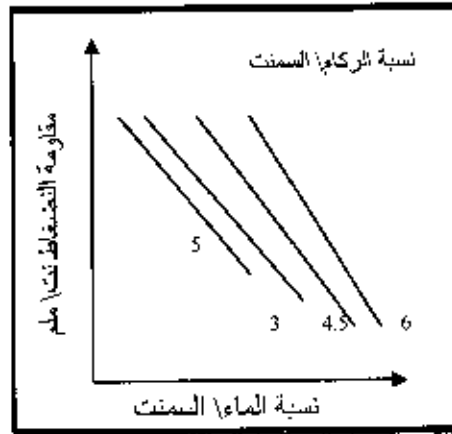
لذا تؤثر خواص الركام على الحمل المتسبب في ظهور التشققات في فحوصات مقاومة الانضغاط والانتشاء بنفس الأسلوب وإن العلاقة بين الكميتين لا تعتمد على نوع الركام المستعمل ومن ناحية أخرى فإن العلاقة بين مقاومة الانتشاء والانضغاط للخرسانة تعتمد على نوع الركام الخشن المستعمل حيث إن خواص الركام وخاصة ملمسه السطحي (عدا الخرسانة ذات المقاومة العالية)، يكون تأثيرها على مقاومة الانضغاط أقل بكثير من تأثيرها على مقاومة الشد.

إن تأثير الركام الخشن على مقاومة الخرسانة يختلف بالمقدار و يعتمد على نسبة الماء السمنت في الخليط. فعندما تكون النسبة أقل من 0.4 فإن استعمال الركام المكسر قد يؤدي إلى زيادة في المقاومة بحوالي 38% مقارنة باستعمال الحصى. وعند زيادة نسبة الماء السمنت فإن تأثير نوع الركام يقل وذلك لأن مقاومة عجينة السمنت تصبح هي العامل المحدد للفشل. وعندما تصل نسبة الماء السمنت إلى 65% لا تكون هناك اختلافات ملحوظة بين مقاومة الخلطات المصنوعة من الحجر المكسر أو الحصى. ويظهر أيضاً بأن تأثير الركام على مقاومة الانتشاء يعتمد على ظروف الرطوبة للخرسانة في وقت الفحص.

ه- تأثير محتوى السمنت في الخلطة:-

ليس هناك شك بان نسبة الركام \ السمنت تؤثر على مقاومة جميع الخلطات ذات المقاومة المتوسطة والعالية. اي التي تكون مقاومتها مساوية الى 35 نيوتن \ مم² او اكثر. وقد وجد بانه عند ثبوت نسبة الماء\ السمنت فان الخليط الفقير بالسمنت (عادة لا تتجاوز نسبة الركام \ السمنت فيه عن 10) والخليط المحتوي على كمية اكبر من الركام سيملك مقاومة اعلى وحسب ما مبين في الشكل (9). هذا السلوك من المحتمل ان يكون له علاقة بامتصاص الركام للماء. فالكمية الاكبر من الركام تمتص مقدار اكبر من الماء في الخلطة وبهذا فان نسبة الماء الفعال \ السمنت ستقل مؤدية الى زيادة المقاومة. ومن المحتمل ايضا وجود عوامل اخرى تلعب دورا هاما في تحديد مقاومة الخرسانة فعلى سبيل المثال ان محتوى الماء الكلي لكل متر مكعب من الخرسانة سينخفض في الخليط الفقير بالسمنت وسيشكل جزءا صغيرا من الحجم الكلي للخرسانة مسببا بعض الفراغات وان لهذه الفراغات في الخليط تأثير عكسي على المقاومة.

ومن الجدير بالذكر ان هناك حد ادنى لمحتوى السمنت في الخليط يجب توفره لضمان تغليف حبيبات الركام بالعجينة السمنتية وملئ الفجوات بينها وربط اجزاء الخليط مع بعضها البعض و جعلها كتلة متماسكة وغير قابلة للانعزال وعديمة التفاضية. كما ويعمل السمنت على تحسين قابلية التشغيل لنعومته العالية ويحسن شكل الانهاء للخرسانة ويساهم في تقليل حاجة الخليط للماء.



الشكل (9): تأثير نسبة الركام \ السمنت على مقاومة الخرسانة

و- نوعية ماء الخلط:-

ان نوعية الماء المستعمل في الخلط واحتوائه على الشوائب قد يؤثر على تجمد السمنت وقد يؤثر على مقاومة الخرسانة بصورة عكسية او تسبب تلوث سطحها وقد تؤدي ايضا الى صدأ حديد

التسليح. ولهذه الاسباب لابد من الاخذ بنظر الاعتبار ملائمة الماء المستعمل في الخلط او في معالجة الخرسانة ومن المهم التاكيد هنا على التمييز بين تأثيرات ماء الخلط و بين هجوم الماء الحاوي على مواد ضارة على الخرسانة المتصلبة.

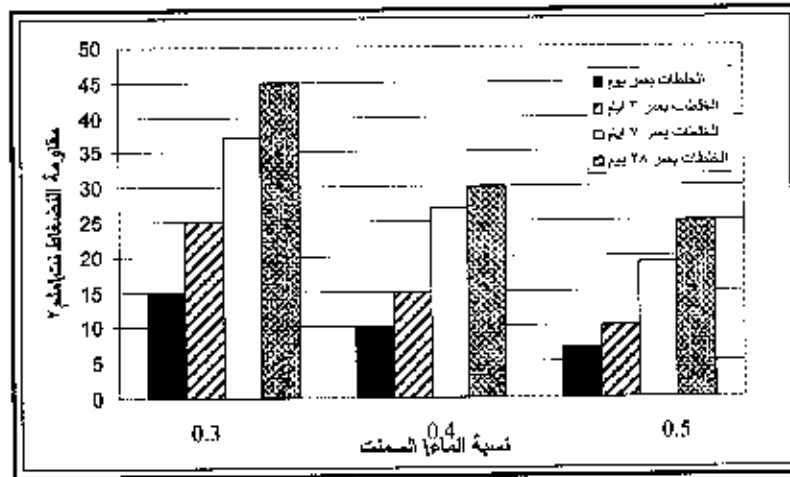
تحدد معظم المواصفات نوعية الماء المستعمل في الخلط وتشير الى انه من الممكن استعمال الماء الصالح للشرب. حيث انه نادرا ان يحتوي على مواد صلبة مذابة بتراكيز اكثر من 2000 جزء لكل مليون (p.p.m) واعتاديا اقل من 1000 جزء لكل مليون وهذا يعني انه اذا كانت نسبة الماء السمنت في الخليط 0.5 فان محتوى المواد الصلبة يمثل 0.05% من وزن السمنت. وبالإضافة الى ذلك فان الماء غير الصالح للشرب غالبا ما يكون صالحا للاستعمال في الخرسانة. وكقاعدة عامة فان الماء الذي لا يكون طعمه مالحا او ضاربا الى الملوحة يكون مناسباً للاستعمال وكما ان اللون الغامق او الرائحة الكريهة لا تعني بالضرورة ان الماء حاوي على مواد ضارة بالخرسانة.

وعند وجود مواد صلبة غير معتادة فان الفحص يكون ضروريا في مثل هذه الحالات. وفي حالة احتواء الماء على كمية كبيرة من المواد الصلبة العالقة كالغرين او الطين فمن المفضل ترك الماء يستقر في احواض والسماح لهذه المواد الصلبة بالترسيب. وفي حالة انتاج الخرسانة المسلحة فان استخدام ماء البحر يزيد من خطورة صدا حديد التسليح. وبصورة عامة لا ينصح باستخدام ماء البحر في الخلط الا اذا اقتضت الضرورة ذلك. وفي حالة انتاج الخرسانة المسبقة الجهد لا يسمح مطلقا باستعمال ماء البحر بسبب صغر مقطع السلك الحديدي وخطورة حدوث الصدا.

ز- تأثير العمر على المقاومة:-

يمكن تطبيق العلاقة بين نسبة الماء السمنت ومقاومة الخرسانة لنوع واحد من السمنت ولعمر واحد فقط. ومن ناحية اخرى فان العلاقة بين المقاومة ونسبة الجل ا الفراغ لها تطبيقات عامة اكثر لكون كمية الجل الموجودة في عجينة السمنت في اي وقت بحد ذاتها دالة للعمر ولنوع السمنت المستعمل. وبمعنى اخر، تحتاج الانواع المختلفة من السمنت الى فترات زمنية مختلفة لتكوين نفس الكمية من الجل. ان معرفة معدل حصول الخرسانة على مقاومتها عن طريق الفحوصات المختبرية له اهمية لتدقيق ملائمة الخليط للاستعمال قبل فترة مناسبة من المدة المحددة (28) يوما لما في ذلك من اختصار لعامل الزمن والانتظار وما له من انعكاسات اقتصادية. ومع ذلك فانه حتى عند السيطرة على ظروف المعالجة بصورة دقيقة يكون من الصعب تقدير مقاومة

الخرسانة بعمر 28 يوم من تلك المقاسة بعمر 7 أيام والسبب الرئيسي لذلك هو الاختلاف الجوهري في سرعة معدل تصلب عجينة السمنت التجاري فضلا عن كون الخلطات ذات نسبة ماء/سمنت واطئة تحصل على المقاومة (كنسبة من المقاومة الكلية طويلة الامد) بسرعة اكبر من الخلطات ذات النسب العالية من الماء/السمنت، وكما مبين في الشكل (10). ويرجع السبب في ذلك الى تقارب حبيبات السمنت من بعضها البعض في حالة استخدام نسب منخفضة من الماء/السمنت وبالتالي ستتكون شبكة مستمرة من الجل بصورة اسرع. ولهذا السبب فان معرفة المقاومة بعمر 28 يوما من المقاومة المعينة بعمر 7 أيام ليست مسألة بسيطة حتى عند استخدام نوع واحد من السمنت. وعند عدم توفر اي معلومات محددة عن مقاومة الخرسانة بعمر 28 يوما فيمكن ان تقدر على انها حوالي 1.5 من المقاومة بعمر 7 أيام. ومن الجدير بالذكر ان سرعة اكتساب المقاومة يختلف في الاجواء الحارة عنه في الاجواء الباردة فتتغير نسبة المقاومة بعمر 28 يوما 7 أيام تبعا لدرجة الحرارة.



الشكل (10): الاكتساب النسبي للمقاومة مع الزمن لخلطات ذات نسبة ماء/سمنت مختلفة.

ح- تأثير درجة الحرارة:-

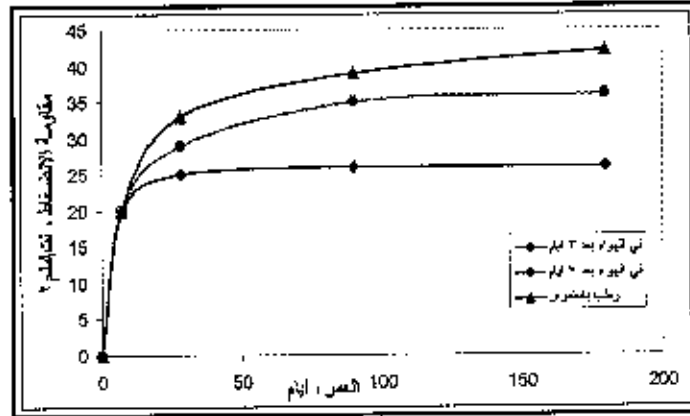
ان ارتفاع درجة الحرارة خلال معالجة الخرسانة يسرع التفاعلات الكيميائية لعملية الاماهة وبهذا يؤثر بصورة ايجابية على المقاومة المبكرة دون حدوث تأثير سلبي ملموس على المقاومة المتأخرة. ولكن عندما تكون درجة الحرارة عالية خلال وضع وتجمد الخرسانة (قبل البدء بالمعالجة وتوفير الرطوبة اللازمة لاتمام عمليات الاماهة) فانها تؤدي الى زيادة في المقاومة المبكرة ونقصان في المقاومة في الاعمار المتقدمة. ويعود تفسير ذلك الى ان الاماهة البدائية السريعة تؤدي الى جعل هيكل العجينة السمنتية اكثر مسامية حيث ستبقى نسبة كبيرة من

المسامات غير مملوءة بنواتج الاماهة. ويتبع ذلك الى قاعدة نسبة الجل الفراغ بان المقاومة ستكون اضعف بالمقارنة مع عجينة السمنت المتمينة بصورة بطيئة والحاوية على مسامات اقل نتيجة لذلك. وهناك تفسير اخر لذلك، يشير الى ان زيادة معدل سرعة التميأ البدائي في درجات الحرارة العالية يؤدي الى ابطاء التميأ اللاحق وبالنتيجة سيكون توزيع نواتج الاماهة غير منتظم ضمن عجينة السمنت وبذلك يؤثر بصورة عكسية على المقاومة بسبب كون نسبة الجل الفراغ في الفراغات البينية اقل مما لو كان التميأ مستمرا بمعدل طبيعي ولهذا ستكون مناطق ضعف داخل عجينة السمنت والتي تؤدي الى انخفاض المقاومة الكلية.

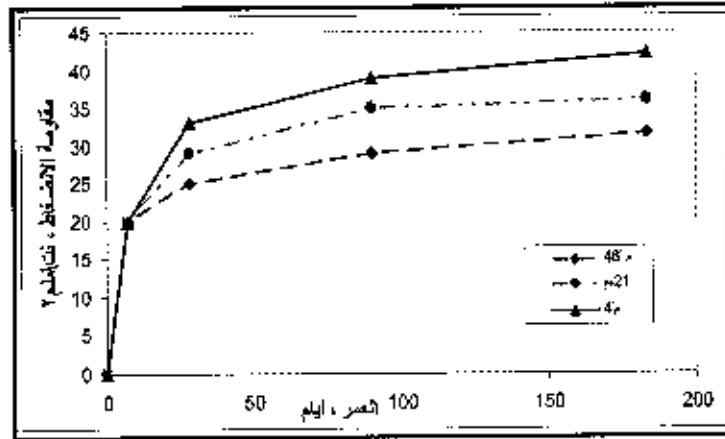
4- معالجة الخرسانة:-

بغية الحصول على الخرسانة الجيدة فانه من الضروري معالجتها بعد عملية الصب وذلك بتوفير المحيط الملائم خلال المراحل المبكرة من التصلب. ويطلق تعبير المعالجة على الاسلوب المستعمل لتحفيز اماهة السمنت 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 حالة الاشباع لحين ملئ الفراغات التي كانت اصلا مملوءة بالماء في عجينة السمنت الطرية بالكمية المطلوبة من نواتج الاماهة. وفي حالة الخرسانة المنتجة في موقع العمل تتوقف عملية المعالجة الفعلية غالبا قبل حصول الاماهة القصوى بفترة طويلة والشكل (11) يوضح تاثير المعالجة الرطبة على مقاومة الخرسانة ذات نسبة ماء اسمنت = 0.5.

ان اهمية المعالجة للخرسانة تكمن في ان اماهة السمنت لا تحصل الا اذا كانت المسامات الشعرية مملوءة بالماء. ولهذا السبب يكون من الضروري منع فقدان الماء من المسامات الشعرية نتيجة للتبخر. بالاضافة الى ذلك فان الماء المفقود داخليا بسبب الجفاف الذاتي لا بد من تعويضه من الماء الخارجي بالمعالجة.



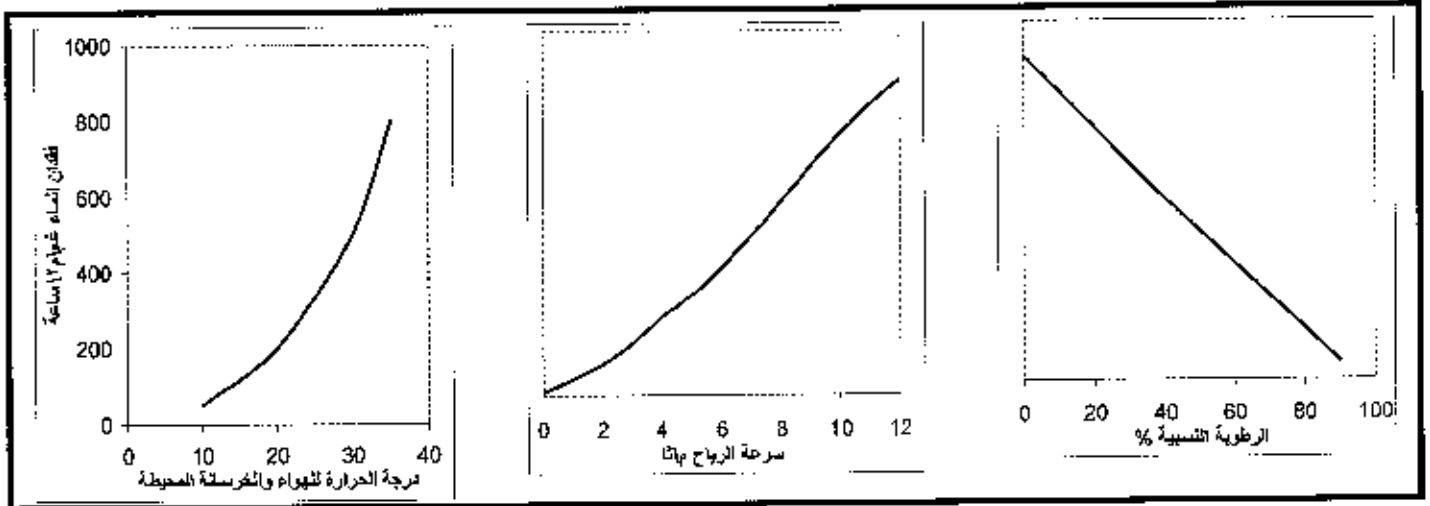
الشكل (11): يوضح تاثير المعالجة الرطبة على مقاومة الخرسانة



الشكل (12): تأثير درجة الحرارة خلال الساعتين الأولى بعد عملية الصب على مقاومة انضغاط الخرسانة

أن تبخر الماء من الخرسانة يعتمد على

- أ- الرطوبة النسبية (العلاقة عكسية)
- ب- درجة الحرارة (علاقة طردية)
- ج- سرعة الرياح (علاقة طردية)



الشكل (13) العوامل المؤثرة على معدل فقدان الماء في الخرسانة

5- مقاومة التلاصق بين الخرسانة وحديد التسليح:-

تتكون مقاومة التلاصق بين عجينة السمنت والمواد التي تحيطها كالركام وحديد التسليح من ثلاث مركبات هي:-

أ. التلاصق الكيميائي	Chemical Adhesion
ب. التداخل الميكانيكي	Mechanical Interlocking
ج. مقاومة الاحتكاك	Frictional Resistance

ومن المعلوم ان مقاومة الشد للخرسانة واطئة حيث لا تتحمل اجهادات عالية في الشد ولهذا الغرض يستعمل حديد التسليح فيها لمساعدتها في تحمل الاجهادات وخاصة عند تشققها. ان انتقال الاجهاد بفعل التلاصق بين الخرسانة والحديد له اهمية كبيرة في تحديد التشققات او تشوهات الخرسانة المسلحة وهذه الاهمية تزداد بارتفاع قيمة الاجهادات. ومع ذلك فانه لا يمكن الاستفادة كليا من مقاومة الشد العالية لحديد التسليح بسبب الافتقار الى مقاومة التلاصق الفعالة بين حديد التسليح والخرسانة ولذلك يتم اللجوء الى استخدام الحديد المشوه او ذو النتوءات السطحية. عند تعرض السطح البيئي بين الخرسانة وحديد التسليح الى اجهاد القص ينظم التلاصق مع التداخل الميكانيكي لمنع الانزلاق ولكن في حالة ارتفاع الاجهاد الى قيمة اعلى من مجموع قيمة التلاصق والتداخل الميكانيكي فان الانزلاق يحدث ويعمل الاحتكاك على تقييد حركة حديد التسليح. وبذلك فان قوة التلاصق تعتمد على خواص كل من الخرسانة و حديد التسليح. ان خواص حديد التسليح وخصوصا شكل وملامس سطحه الخارجي تؤثر على التلاصق. فهناك انواع من الحديد الاملس والمحزوز وفي حالة استخدام الحديد المحزوز (وهو الشائع الاستخدام حاليا في الخرسانة المسلحة) فان مقاومة التلاصق تعتمد على نوع النتوءات وعلى عمقها وبعدها عن بعضها البعض وزاوية ميلها عن السطح الاقوي. وهناك عوامل اخرى تؤثر على مقاومة التلاصق بين حديد التسليح والخرسانة منها العمر ودرجة الرص و نسبة الماء السمنت واتجاه الصب ودرجة الحرارة وتعرض الخرسانة للجفاف وغيرها.