# دليل المهندس
## في أعمال التشييد والبناء
## ٧ـ اضافات الخرسانة

# دليل المهندس
## في أعمال التشييد والبناء

## ٥ـ اضافات الخرسانة

اعداد ومادة علمية :
مهندس/ محمد أبو الفتوح السيد حجاج
مراجعة :
مهندس/ مرتضى على عبد الله
اعتماد :
مركز تطوير الدراسات والبحوث الهندسية ـ جامعة القاهرة

مدير معهد تدريب الهرم
مهندس/ أحمد زكي أحمد خالد

# ٧ - اضافات الخرسانة

## الفهـــرس


مقـــدمه

أولا : تعريف الاضافات .

ثانيا : الاشتراطات الواجب توافرها عند استخدام الاضافات .

ثالثا : الغرض من الاضافات .

رابعا : تصنيف الاضافات .

خامسا : بعض أنواع الاضافات شائعة الاستعمال فى صناعة الخرسانة .

# الاضـــــافات

**مقدمـــه :**

يكاد يكون استخدام الاضافات فى صناعة الخرسانة قديما منذ بدء صناعة الخرسانة نفسها فقد استخدم الرومان بعض الاضافات مثل الدماء والبن عند صناعة الخرسانة بأستخدام الأسمنت البوزولانى ومن المعروف عمليا أن الهيموجلوبين الموجود فى الدم له تأثير كبير فى ادخال الهواء المحبوس فى الخرسانة كما انه ايضا تأثير فى زيادة تشغيله عجينة المونة .

وفى عام ١٩٣٠ انتشر استخدام الاضافات فى صناعة الخرسانة أو المونة وذلك عندما اكتشفت فوائد اضافة مساعدات الطحن والعوامل المنشطة واضافات ادخال الهواء المحبوس .

وفى عام ١٩٤٤ اعتمدت الهيئة الامريكية للاختبار والمواد (A.S.T.M) اضافة بعض المواد الكيميائية مثل راتنج فينزول والداركس والايرلون كاضافات الهواء المحبوس فى الخرسانة .

## أولا : تعريف الاضافات

الاضافات هى مواد خلاف الاسمنت والركام والماء تستعمل كمكون أو كعنصر فى الخرسانة وتضاف الى ماء الخلط أو الخلطة الخرسانية مباشرة قبل أو بعد الخلط أو اثناء طحن الاسمنت وذلك بغرض اكساب الخرسانة الطازجة أو الخرسانة المتصلدة خواص جديدة مطلوبة .

## ثانيا : الاشتراطات الواجب توافرها عند استخدام الاضافات

قد ينتج عن استخدام الاضافات تأثيرات ضارة لبعض خواص الخرسانة بالرغم من تحسينها لبعض الخواص الأخرى . فمثلا المواد المطحونة طحنا ناعما تحسن قابلية التشغيل للخرسانة الا انها قد تقلل من مقاومة الخرسانة فى حين انها تزيد من مقدار انكماش الخرسانة (Shrinkage)

وقد نص فى أسس تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة لتحديد الاضافات على الاتى :-

١ - يجب الا يكون لها تأثير ضار على الخرسانة الناتجة .
٢ - يجب الا تؤثر تأثيرا ضارا على اسياخ التسليح
٣ - يجب تحديد الحد الاقصى للكمية المستعملة لكل نوع من الاضافات كنسبة مئوية من وزن الاسمنت
٤ - يشترط فى الخرسانة المحتوية على الاضافات الا تقل مقاومتها للضغط والانحناء ومقاومة التماسك بينها وبين اسياخ حديد التسليح عن ٨٥٪ من القيم المناظرة فى حالة الخرسانة الخالية من الاضافات
٥ - الا تزيد تكاليف الخرسانة كثيرا اى ان تتناسب الزيادة فى التكاليف مع الفائدة المطلوبة من استخدام الاضافات
٦ - مراعاة التأثيرات المضادة التى يمكن حدوثها بالنسبة للخواص الأخرى للخرسانة
٧ - استخدام الاضافات بكميات صغيرة (حوالى ٠٫٠٠٥ الى ٢٪ من وزن الاسمنت) لاتغير كثيرا فى النسب الاساسية لمكونات الخلطة

## ثالثا : الغرض من الاضافات

تستخدم الاضافات لأغراض كثيرة بل قد تستخدم لأكثر من غرض واحد الا انه يمكن اجمال مجموعة الأغراض التالية التى يمكن استخدام الاضافات فيها : -

١ - تحسين قابلية التشغيل للخرسانة الطازجة
٢ - تقليل النضح
٣ - تعجيل الشك أو التصلد للحصول على مقاومة مبكرة وقد تكون عالية
٤ - ابطاء الشك والتصلد لظروف صب خاصة وفى الاجواء الحارة

٥ - تقليل الحرارة المتولدة من الاماهة
٦ - المحافظة على درجة حرارة حفظ الخرسانة
٧ - تقليل ظاهرة الانكماش عند الشك والتصلد
٨ - تقليل مفعول بعض التفاعلات الكيميائية
٩ - تحسين المتانة
١٠ - تحسين القدرة على سدودية الماء (Water Tightness)وتقليل نسبة النفاذية (Permeability)
١١ - تحسين مقاومة التآكل والتحمل مع الزمن
١٢ - انتاج أنواع من الخرسانة خفيفة الوزن
١٣ - زيادة ثبات الخرسانة وتقليل التغيرات الحجمية
١٤ - اكساب اللون للحصول على خرسانة ذات الوان مختلفة

ويختلف الغرض من الاضافات بحسب نوع المنشآ وظروف استعماله لذلك تتنوع الاضافات من منشآ الى اخر بل قد تتنوع فى نفس المنشآ الواحد بحسب موقع الخرسانة فى المنشآ .

## رابعا : تصنيف الاضافات

يمكن تصنيف الاضافات الى مجموعات بحسب الغرض منها كما يلى : -

أ - اضافات تحسين قابلية التشغيل
ب - اضافات الهواء المحبوس
جـ - اضافات الغاز المحبوس
د - المنشطات والعوامل المساعدة
هـ - اضافات سدودية الماء
و - اضافات تقليل التغير الحجمى
ز - اضافات معالجة الخرسانة
ح - اضافات مضادة للبكتريا
ط - اضافات ملونات الخرسانة

فيما يلى تعريف لهذه الأنواع : -

### أ - اضافات تحسين قابلية التشغيل (Workability Admixtures)

ويمكن تقسيم هذه الاضافات الى ما يأتى : -

١ - المواد المسحوقة ناعما (Finely Divided Powders)

**تعريفها** : هى تلك المواد التى تضاف للخرسانة فتسهل نقلها وصبها فى الفرم بدون حدوث انفصال حبيبى أو حدوث نضح لمكوناتها مثل : -

- الجير المطفىء (Hydrated lime)- التربة الدياتومية (Diatomaecous earth)
- دقيق Rock Flour
- خبث الافران المطحونة ( Fly Ash)
- الكاولين (Kaolin)

وتطحن المواد سالفة الذكر طحنا ناعما جدا مثل نعومة الأسمنت أو أكثر حيث تضاف نسبة تصل الى ٥٠٪ من وزن الأسمنت .

فائدتها : - تسهل قابلية التشغيل للخلطة الخرسانية دون حدوث نقص فى مقاومة الخرسانة
يلاحظ ان اضافة المواد الناعمة المطحونة الى الخرسانة بكمية كبيرة يؤدى الى نقص المقاومة وزيادة الانكماش للخرسانة نتيجة عدم زيادة ماء الخلط اللازم والذى يقابل الزيادة الكبيرة فى المساحة السطحية لعناصر الخرسانة والتى نتجت من زيادة المواد الناعمة المطحونة

٢ - المواد المبللة (Watering Agents)

**فائدتها** : زيادة نسبة الرطوبة أو ترطيب الخرسانة أو تعمل على ابعاد الحبيبات عن بعضها البعض فتزداد قابلية التشغيل حيث تسهل حركة هذه الحبيبات .

وقد تطحن هذه الاضافات مع الأسمنت أو تضاف مع الاسمنت أو تضاف الى ماء الخلط وامثلتها : -
- سترات وكلوريد الكالسيوم وهى اضافات تذاب فى ماء الخلط .
- المواد البوزلانية وتستخدم على هيئة مسحوق .
- املاح الكربوهيدرات وتضاف بمقدار ٠١ر٠٪ - ٠٥ر٪ من وزن الاسمنت بغرض تقليل الشد السطحى لحبيبات الركام والاسمنت لتسهيل قابلية التشغيل .

ويوجد ايضا عدد كبير من أنواع الاضافات المحسنة لقابلية التشغيل مثل : -
- الجير الهيدروليكى (الجير المبتل)

كان يستخدم قديما ولكن قيمته مشكوك فيها من حيث فائدته كمادة مضافة لخليط الخرسانة .
- مالئات المسام

مثل الكاولين والأتربة الرسوبية والأحجار المطحونة ولكن يجب ملاحظة ان هذه المواد تزيد من قابلية التشغيل. الا انها تحتاج لنسبة عالية من الماء بالنسبة للأسمنت مما يتسبب عنه نقص فى المقاومة وكذلك تزيد من زمن الشك والجفاف باضافة هذه المواد .

### الرمل البركانـــــى :

وهى مادة تتفاعل مع أى كمية من الجير المتحد اثناء عملية شك الاسمنت ولهذا يعمل على تحسين متانة الخرسانة ويكسبها مقاومة للكبريتات والماء ولكنه يقلل من صلابة الخرسانة والذى يعتبر من اهم الاعتراضات التى تحد من استخدام الرمل البركانى كمادة مضافة للخرسانة .

### الرماد المتطاير :

ينتج الرماد المتطاير خلال عملية حرق فحم الوقود واصبحت محطات القوى هى المصدر الرئيسى للامداد به وهو يحتوى على كمية من الفحم غير المحترق والنسبة التى يجب ان يوجد بها فى حالة استخدامه كمادة مضافة للخرسانة حوالى ٨٪ من وزن الاسمنت ويعمل الرماد المتطاير على تأجيل الشك الابتدائى وعند استبدال ما يقرب من ٢٠٪ من الاسمنت بالرماد المتطاير يمكن الحصول على نتائج جيدة .

## ب - اضافات الهواء المحبوس (Air Entrained Admixtures)

### تأثير وجود الهواء المحبوس فى الخرسانة :

١ - زيادة قابلية التشغيل والتحمل مع الزمن

٢ - تقليل الكثافة

٣ - تقليل النضح والانفصال الحبيبى

ويلاحظ ضرورة ان يكون الهواء المحبوس على صورة فقاعات صغيرة ليكون السطح الناتج بأقل حجم هوائى كاف ليغطى اكبر مساحة محيطة ويجب الا تخلط بين الفقاعات الصغيرة الناتجة من العناصر المدخلة للهواء وبين المساحات الناتجة من قلة التماسك بين الحبيبات .

وقد نصت المواصفات على ان تتذبذت الفراغات بين ٣ر٥ - ٦ر٥٪ بالحجم وعند استخدام اضافات الهواء المحبوس فأن فقاعات صغيرة جدا تنتشر خلال الكتلة الخرسانية ويتم ذلك باحدى الطريقتين الاتيتين : -

١ - اضافة عناصر تحدث رغاوى (Foaming Agent)اثناء خلط الخرسانة مثل المركبات العضوية كالراتنجات الطبيعية (Natural Resins) والزيوت (Oils) والشحومات النباتية والحيوانية (Animal & Vegetable Fats) والعوامل المبللة مثل الأملاح القلوية وصابون السلفونيك .

٢ - استخدام مواد تتفاعل مع الأسمنت عند اضافة ماء الخلط اليه منتجه غازا (Gus) مثل بيروكسيد الهيدروجين (Hydrogen Peroxide) الذى يتناقص منه الهيدروجين اثناء التفاعل وكذلك يمكن الحصول على فقاعات الهواء المحبوس باستخدام اسمنت خاص هو الاسمنت ذو الهواء المحبوس (Air Entrained Cement) حيث تضاف المواد الى الأسمنت اثناء صناعته ويتكون الهواء المحبوس عند اضافة

ماء الخلط الى الأسمنت والركام بتكون فقاعات محتوية على هواء من الجو وليس الغاز المتصاعد اثناء التفاعل .

- وتستخدم اضافات الهواء المحبوس بنسبة تتراوح بين ٠٫٠١٪ - ٠٫٠٥٪ من وزن الاسمنت

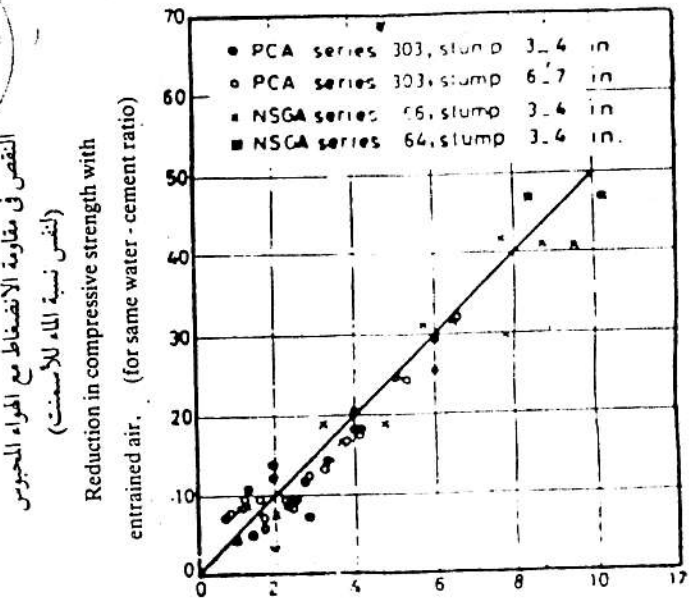
ويلاحظ ان استعمال هذه الاضافات التى تعمل على حبس الفقاعات الهوائية فى الخرسانة فانه يقلل من محتوى الرمل المستخدم بمقدار يعادل حجم هذه الفراغات الهوائية وكذلك فأنه عند ادخال ١٪ من الهواء المحبوس يؤدى الى نقص الماء فى الخلطة بنسبة ٣٪ بدون حدوث اى تغير فى قوام الخرسانة مع زيادة قليلة فى قابلية التشغيل

- ويجب مراعاة ان تكون نسبة اضافات الهواء المحبوس على اساس مقدار النقص المسموح به فى مقاومة الضغط الخرسانة حيث ان كل ١٪ تقريبا من هذه المواد يؤدى الى نقص بين ٣٪ - ٤٪ من مقاومة ضغط الخرسانة المتصلدة بعد ٢٨ يوم كما يوضح الشكل رقم (١)

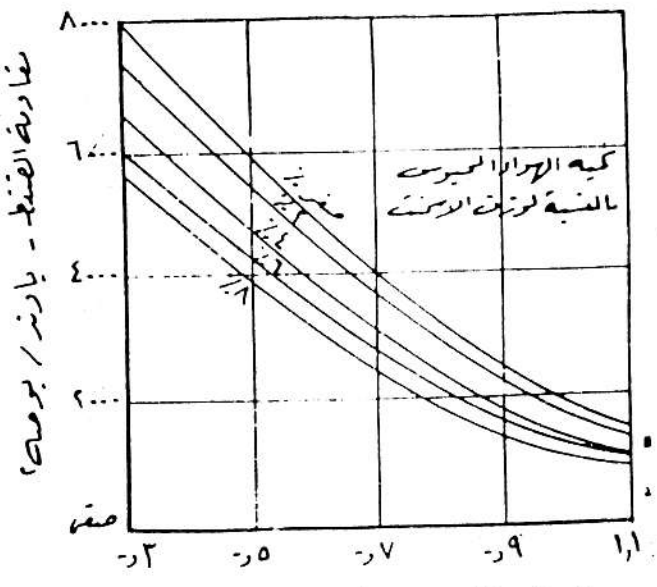
ولما كان استعمال هذه الاضافات يكون بكميات قليلة فان طحنها مع الاسمنت يجعل فائدتها أكبر المؤثرات فى كمية الفقاعات الهوائية المحبوسة للخلطة الخرسانية

- تغير نوع الاسمنت
- نسبة الخلط الخرسانية (اسمنت - ركام - ماء)
- طرق الخلط وزمن الخلط تكون القيمة القصوى لكمية الهواء المحبوس بالخرسانة عندما يكون زمن الخلط فى حدود ٣ : ٥ دقائق
- درجة حرارة . كمية الهواء المحبوس تتغير تغيرا عكسيا مع درجة الحرارة وذلك فى حالة تثبيت كل العوامل الأخرى
- طرق هز ودمك الخرسانة . كمية الهواء المحبوس تقل بمقدار الخمس عما كانت عليه بعد صب الخرسانة .

وكلما زادت كمية الاضافات زادت كمية الهواء المحبوس الناتج ولذلك يراعى عدم استخدام هذه الزيادة لأنها تحدث تأثيرا ضارا حيث تقلل مقاومة الضغط للخرسانة كما هو مبين فى الشكل رقم (٢) ويفضل الا تزيد نسبة الهواء المحبوس عن ٦٪ من حجم الخرسانة .




شكل رقم (١)




شكل رقم (٢) تأثير الهواء المحبوس على مقاومة الضغط للخرسانة

## جـ - اضافات الغاز المحبوس (Gas - Forming Admixtures)

يلاحظ اثناء حدوث عملية الشك للخرسانة ميل حبيبات الركام الكبيرة للحركة الى اسفل اى الغوص فى كتلة الخرسانة ويرجع ذلك الى خروج الماء الى سطح الخرسانة مع حبيبات الاسمنت الرفيعة مكونا الزبد (Laitance)أو تحت اسياخ حديد التسليح .

ويمكن منع تكون هذه الفراغات عن طريق بعض أنواع الاضافات التى تضاف للخلطة الخرسانية وتنتج عند اضافتها وخلطها بالماء غازات نتيجة لحدوث تفاعل كيميائى وتكون كمية هذه المواد بحيث يعادل حجم الغاز الناتج مقدار التغير فى حجم الخرسانة نتيجة لهبوط حبيبات الركام الكبير داخل الكتلة الخرسانية بالفرم .

وتساعد الغازات المتولدة على تحسين مقاومة الخرسانة لفعل التجمد الحادث عند صبها فى الاجواء الباردة بنفس الطريقة التى تحدث عند استعمال اضافات التى تسبب الهواء بالخرسانة ولكن بدرجة اقل حيث ان الفراغات الناتجة تكون بحجم اكبر ومتباعدة عن بعضها ومن بعض اضافات الغاز المحبوس مسحوق الالومنيوم والزنك وفوق اكسيد الايدروجين .

ويعتبر مسحوق الالومنيوم هو المستخدم غالبا وينتج غاز الايدروجين نتيجة للتفاعل الكيميائى الذى يحدث بينه وبين القلويات الموجودة فى الاسمنت وذلك اثناء ايماهه الاسمنت وباستعمال فوق اكسيد الايدروجين ينتج اكسوجين ولكن تفاعلة يعتبر سريعا نسبيا

## د - المنشطات والعوامل المساعدة (Activators & Catalytsts)

### المنشطات : -

هى المواد التى تساعد عند خلطها بالأسمنت للحصول على مقاومة عالية فى وقت مبكر حيث انها تنشط وتدفع من سرعة التفاعل بين الأسمنت والماء ولكنها ايضا تستهلك فى نفس الوقت .

ومن امثلتها كلوريد الكالسيوم (Cacl2) فعند استخدامه فان مقاومة الأسمنت تتحسن فى حدود ٧ أيام ويكفى للحصول على نتائج جيدة اضافة نسبة لا تزيد عن ٢ر٪ من وزن الاسمنت

### العوامل المساعدة : -

هى المواد الكيميائية التى تنشط التفاعل الكيميائى بين الاسمنت والماء ولكنها لا تتغير اثنائه ولا تستهلك .

واكثر العوامل استخداما مع الاسمنت هى الكحول الاثيلى ثلاثى الأمين (Triethano lamine) وتظهر له تأثيرات مختلفة باختلاف نوع الاسمنت ويكون تأثيره اكبر عند استخدامه مع الاسمنت المحتوى على نسبة عالية من الومنيات ثلاثى الكالسيوم فهو يزيد المقاومة المبكرة للخرسانة ولكن بدرجة اقل من كلوريد الكالسيوم .

يعتبر امين ثلاثى الاثانول حاليا العامل المساعد الفعال فى المركب التجارى المعروف باسم T.D.A. ويمكن تقسيم المنشطات والعوامل المساعدة الى مجموعتين رئيستين بحسب الغرض من استخدامها وهما : ـ

١ ـ اضافات لتعجيل الشك (Accelerators)

٢ ـ اضافات لتبطىء الشك (Retarders)

١ ـ **اضافات لتعجيل الشك** : تقوم هذه الاضافات بتقصير زمن الشك وزيادة معدل التصلد (Rate of Hardening) المصحوب بزيادة فى معدل الحرارة المنبعثة المبكرة وايضا بزيادة فى المقاومة المبكرة للخرسانة .

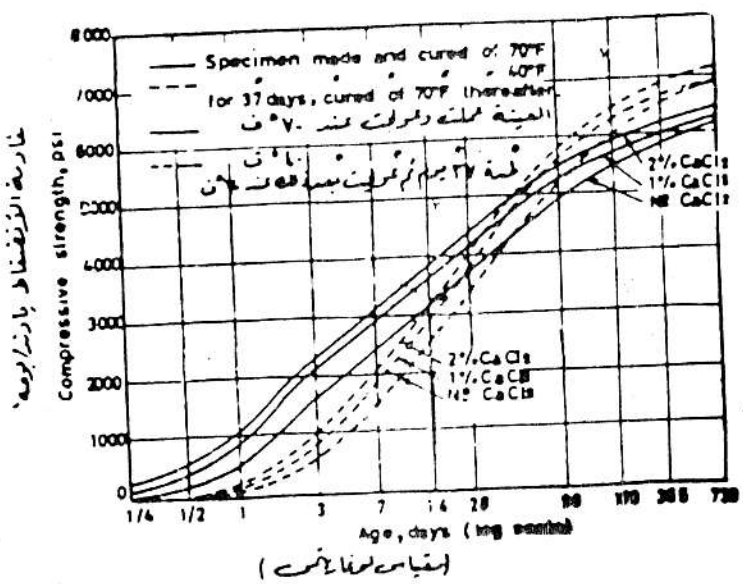
فوائد استخدام اضافات معجلات الشك : ـ

١ ـ فك الفرم مبكرا

٢ ـ الاسراع فى استخدام المنشآ

٣ ـ تقليل زمن معالجة الخرسانة

٤ ـ ازالة تأثير ابطاء الشك فى درجات الحرارة المنخفضة حيث ان هذه الاضافات تجعل الخرسانة تشك قبل حدوث تأثير ضار نتيجة تجمدها بعد صبها مباشرة فى الاجواء شديدة البرودة ، كثير من المواد




اضافة كلوريد الكالسيوم يزيد مقاومة الخرسانة بمختلف وذلك لعينتين مختلفتين للمقارنة مع نوع الاسمنت II ونسبة ملح ٥٣ و. ، وعينة الاسمنت = ٤٨٦ باوند/ بوصة٢ وعينة الهواء ٥ ٪ ، والفرق ٢٨ ٪ .

شكل رقم (٣)

التى تستعمل كاضافات معجلة للتصلد تحتوى على كلوريد الكالسيوم أو السيلكات أو بعض المركبات العضوية مثل الكحول الاثيلى ثلاثى الامين .

ويعتبر من اهم هذه الاضافات ويستخدم بنسبة من ١٪ - ٣٪ من وزن الاسمنت مع مراعاة ان الزيادة فى كميته تؤدى الى حدوث الشك الوميضى (Flash Set) ويوضح الشكل رقم (٣) تأثير زيادة كلوريد الكالسيوم على مقاومة الضغط للخرسانة كما يلاحظ ان نسبة كلوريد الكالسيوم المستخدمة كمادة معجلة للشك تختلف باختلاف درجة حرارة الجو المحيط بالخرسانة اذ انه يتناسب عكسيا مع درجة الحرارة كما يوضح الجدول رقم (١)

## جدول (١) تأثيرات درجات الحرارة على نسب كلوريد الكالسيوم

| درجة الحرارة | ٢٠م° فأقل<br>٧٠ف فأقل | ٢٠م° - ٣٣م°<br>(٧٠ - ٩٠ف) | ٣٣م° فأكثر<br>٩٠ف فأكثر |
|---|---|---|---|
| كلوريد الكالسيوم<br>لكل شيكارة اسمنت | ٢٪ | ١٫٥٪ | ١٪ |

وفى حالة الجو شديد البرودة (مناطق التجمد) وعند استخدام الركام بدون تسخين فان نسبة كلوريد الكالسيوم المستخدمة تزيد الى ٤٪

### احتياطات استخدام كلوريد الكالسيوم : -

١ - يضاف كلوريد الكالسيوم قبل تفريغ الخرسانة من حلة الخلط بمدة كافية لضمان توزيعه بأنتظام على اجزاء الخلطة .

٢ - يضاف كلوريد الكالسيوم على هيئة محلول مذاب فى ماء الخلط .

٣ - عند استعماله فى المناطق الحارة يجب تغطية الخرسانة .

٤ - يزيد معدل مقاومة الخرسانة الناتجة والمضاف اليها كلوريد الكالسيوم فى الثلاثة الأيام الأولى ولكن يقل معدل هذه الزيادة فى الأيام التالية : -

والجدير بالذكر ان هناك معجلات تصلد للخرسانة اخرى مثل سيلكات الصوديوم تسبب شك سريع جدا ولكنها تسبب فى نفس الوقت ضعف نسبى فى مقاومة الضغط للخرسانة الناتجة .

لذلك فانها تستخدم فقط فى حالات الطوارىء مثل وقف رشح الماء وخلافه .

## ٢ - اضافات لتبطيء الشك : -

المبطئات هى المواد التى تبطىء الزمن اللازم لشك الخرسانة أو مونه الاسمنت البورتلاندى واكثرها انتشارا الجبس (Gypsum) وتكوينه الكيميائى ($Ca\ So_4\ 2Ho$) ويطحن الجبس مع الكلنكر لكى يمنع الشك الوميضى للأسمنت (Flash Set) ويعتمد اختيار النسبة بالكلنكر يضاف بها الجبس الى الاسمنت البورتلاندى على نسبة الومنيات ثلاثى الكالسيوم الموجودة بالكلنكر (اذ ان الومنيات ثلاثى الكالسيوم تتفاعل بسرعة كبيرة مع الماء فى غياب الجبس وينتج عن ذلك الشك الوميض) .

وتحسب النسبة الواجب اضافتها للاسمنت على هيئة نسبة مئوية لثالث اكسيد الكبريت من وزن الاسمنت الناتج .

وقد نصت المواصفات القياسية المصرية على ان تكون النهاية العظمى لنسبة ثالث اكسيد الكبريت ٣٪ من وزن الاسمنت الناتج اذا كانت نسبة الومنيات الكالسيوم لا تقل عن ٧٪ وتكون النهاية العظمى لثالث اكسيد الكبريت ٥ر٢٪ اذا كانت نسبة الكالسيوم اقل من ٧٪ (الاسمنت منخفض الحرارة - اسمنت ماء البحر)

والسبب فى ذلك هو استخدام الجبس لتبطيء تفاعل الومنيات ثلاثى الكالسيوم .

اما اذا زادت نسبة الجبس فانها تنقلب من مبطيء للشك الى مادة منشطة تزيد من سرعة الشك ومن الأمثلة الأخرى للمبطئات هى كبريتات النحاس ومركبات البورون والكازن وتضاف المبطئات بكميات قليلة الى الاسمنت المستخدم فى ابار البترول ويسمى هذا النوع من الاسمنت باسمنت بورتلاندى ابار البترول .

ويستخدم هذا النوع من الأسمنت فى الأعماق البعيدة لأبار البترول حيث ان زمن شكه اكبر بكثير من الاسمنت العادى .

وحيث ان اضافات ابطاء شك الأسمنت تعمل على نقص قليل فى معدل نمو المقاومة وايضا تقلل قيمة المقاومة القصوى للاحمال ولذلك لا تستعمل هذه الاضافات الا فى الحالات الاتية : -

١ - عند صب الخرسانة فى الاجواء الحارة حيث يكون الشك الابتدائى للاسمنت سريع جدا .

٢ - صعوبة ظروف صب الخرسانة .

٣ - لمنع الشك الكاذب للخرسانة نتيجة الحرارة العالية مثل صالات تبطين ابار البترول حيث تصل درجة الحرارة الى حوالى ٢٠٤ مئوية (٤٠٠ ف) والشك الكاذب يعنى تصلد السطح الخارجى للخرسانة بنيما تكون الاجزاء الداخلية داخلها غير تامة التصلد مما يضعف الخرسانة .

٤ - الحصول على خرسانة ذات ركام بارز ظاهر بسطحها وذلك لأغراض معمارية ويكون ذلك بوضع طبقة من هذه الاضافات على الأسطح الداخلية للفرم ويتسبب ذلك فى تبطيء زمن الشك للأسطح الخرسانية

المقابلة للفرم حيث يسهل بعد تصلد الخرسانة وفك الفرم ازالة المونة الاسمنتية فقط من الاسطح فيظهر الركام بارزا

وتتضمن المواد التى تستخدم كاضافات لابطاء زمن الشك املاح الكالسيوم مثل كبريتات واسيتات ونترات وبروميدات الكالسيوم وليجو كبريتات الكالسيوم والمواد الكربوهيدراتية واملاح كبريتات الزنك والالومنيوم والنحاس والحديد .

والمواد المبطئة للشك تستخدم بكميات تتذبذب بين ٠٫٠٥ الى ٠٫٥٪ من وزن الاسمنت

## هـ - اضافات سدودية الماء (Water Tightness Admixtures)

هذه الاضافات لا تمنع تماما نفاذية الماء بالخرسانة ويلزم لجعل الخرسانة غير منفذة تماما للماء بجانب الاضافات العناية بتصميم الخلطة الخرسانية واستخدام ركام متدرج غير مسامى والعناية ايضا بالصناعة وخاصة بالنسبة لعمليتى الدمك والمعالجة وتوجد هذه الاضافات باسماء تجارية كثيرة الا انها تنحصر فى مجموعها تحت قسمين كبيرين تبعا لاداء هذه المواد لوظيفتها (Water Repellent Admixtures)

### ١ - الاضافات الطاردة للماء

والغرض من هذه الاضافات هو منع الخرسانة من امتصاص ماء المطر أو المياه السطحية الملامسه وتضاف هذه الاضافات للخلطة بنسبة تتذبذب بين ١٫٠ الى ٢٫٠ ٪ من وزن الاسمنت ومن امثلتها التاللو (Tallow) والاستيرات المعدنية (Metallic Stearares)

### ٢ - الاضافات المالئة للفراغات (Pores Filler Materials)

وهى مواد فعالة كيميائيا تتفاعل مع الاسمنت وتكون جيلاتينا (Gel)يملاء الفراغات داخل الخرسانة وكذلك تشمل مواد خاملة (Inert) والتى تسد الفراغات أو تقلل من حجمها .

ومن أمثلة المواد الفعالة مثل سليكات البوتاسيوم وسليكات الصوديوم والماء الزجاجى وكبريتات النشادر وكبريتات الزنك وكلوريد الكالسيوم ومن أمثلة المواد الخاملة المواد المطحونة ناعما والسابق ذكرها كاضافات لتحسين قابلية التشغيل

## و - اضافات تقليل التغيير الحجمى (Volume Change Admixtures)

يتغير حجم الخرسانة لسببين رئيسيين : ازدياد أو انخفاض الرطوبة - التغيير فى درجة الحرارة .

والتغيير فى الحجم نتيجة التغيير فى الرطوبة ينتج من ان التفاعل الكيميائى بين الاسمنت والماء يجعل الحبيبات تنتفخ فى حالة وجود الرطوبة فاذا تعرض جزء منها للجفاف يبدأ فى الانكماش وبذلك تنشأ مقاومات

ضغط وشد فى الخرسانة فاذا زادت عن مقاومات الخرسانة احدثت فيها شروخا لذلك يجب عدم تعريض الخرسانة للجفاف بعد صبها حتى تصل الى المقاومة المناسبة - ولمنع حدوث الشروخ - يراعى بقدر الامكان ما يلى :-

١ - عدم زيادة نسبة الاسمنت
٢ - تقليل مـــاء الخلط
٣ - عدم استعمال رمل ناعم جدا
٤ - اختيار ركام ذو تدرج حبيبى جيد

التغيير فى الحجم نتيجة تغير درجة الحرارة ينتج من تمدد الخرسانة بالحرارة فالمتر الطولى من الخرسانة الجاهزة يتمدد بمقدار ٠٫٠١ مم لكل متر طولى عند ارتفاع درجة الحرارة ١°م . ومعامل تمدد الحديد يبلغ ٠٫٠١١٦مم لكل متر طولى اى انهما متساويان وبذلك يتساوى تمددها ولذلك فان تأثير الحرارة على الخرسانة المسلحة اقل بكثير عن الخرسانة غير المسلحة .

ومن اشهر اضافات تقليل التغيير الحجمى مادة تسمى تجاريا (الامبيكو) وهى مادة تمنع حدوث شروخ الانكماش فى الخرسانة والمونة وهى عبارة عن حبيبات معدنية ذات تركيب كيميائى يسمح باكسدتها فى موضع الفراغات الهوائية وعند تأكسدها تنتفخ بحيث تعادل انكماش الخرسانة الناتج ومزايا اضافات تقليل التغير الحجمى ما يأتى :-

١ - تمنع الانكماش تقريبا منعا باتا (٠٫٥٪ بعد ٢٨ يوم)
٢ - تجعل الخرسانة بطيئة الشك بحيث يمكن صبها بعد ١٢ ساعة من خلطها
٣ - تجعل الخرسانة عازلة للسوائل لأن هذه الاضافات تسد الفراغات
٤ - تزيد وزن المتر المكعب من الخرسانة بنسبة ١٣٪ وهى تستخدم فى الأماكن المعرضة للانكماش مثل لحام تقابل الارضيات الخرسانية ولحام المواسير وتثبيت المسامير والصواميل .
ولحام المبانى المعرضة لتغيرات درجة الحرارة الشديدة أو مياه البحر

## ز - اضافات معالجة الخرسانة (Curing Admixtures)

الغرض من عملية المعالجة للخرسانة هو المحافظة على نسبة من ماء الخلط الذى يضاف للخرسانة عند خلطها مدة من الزمن تسمى فترة المعالجة حتى تستمر عملية اماهة الاسمنت وكذا المحافظة على درجة حرارة الخرسانة عند درجة معينة اعلى من درجة التصلد .

وقد تتم المعالجة بتغطية سطح الخرسانية بطبقة من الرمل أو الطين المبلل أو بالحصير أو بالخيش أو طلاء سطح الخرسانة المعرض للجو بأنواع من الطلاء يجف مباشرة ويكون طبقة غير منفذة للماء (وغالبا يكون هذا الطلاء من مشتقات البلاستيك) وغالبا ما تؤدى هذه الطرق الى تغير لون سطح الخرسانة .

واما الطرق الحديثة لحفظ الماء من التبخر فتكون بتغطية السطح بطبقة من البرافين أو البيتومين أو الورق غير المنفذ للماء . ومن افضل المواد التى تضاف الى الخرسانة بغرض المعالجة هو كلوريد الكالسيوم .

## ح - اضافات مضادة للبكتريا :(Antibacterial Admixtures)

واضافة هذه المواد الى اى نوع من أنواع الاسمنت فان الاسمنت الناتج يسمى اسمنت مضاد للبكتريا .

وهذه الاضافات تكون ذات تركيز وقوة لمنع النشاط الحيوى للكائنات الدقيقة كالبكتريا والعفن (الكائنات الميكروبيولوجية) ويستخدم هذا الاسمنت فى عمل خرسانة الارضيات أو الحوائط لأحواض السباحة أو ارضيات مصانع الالبان ومصانع حفظ المآكولات وخلافه بالاضافة ان هذا الاسمنت يحفظ الأرضيات من فعل البكتريا فانه ايضا يحفظ الأرضية من التأكل بفعل بعض الاحماض .

## ط - اضافات ملونة للخرسانة (Colowred Concrete Admixtures)

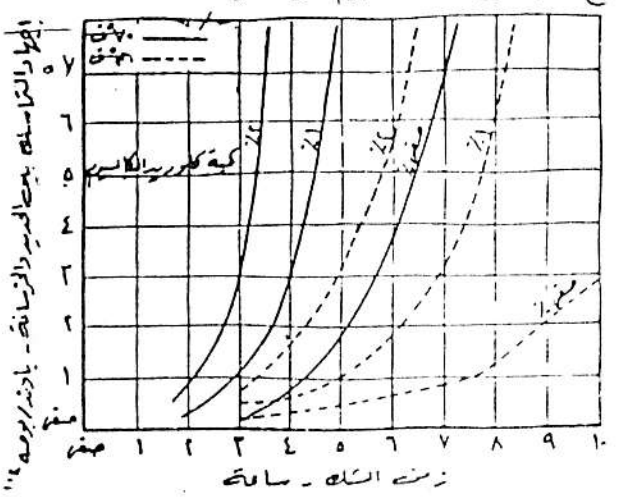
تتطلب بعض الأعمال المعمارية ان تكون الخرسانة ذات سطح ملون ولذلك يلزم اضافة مواد ملونة للخلطة التى تصب منها طبقة رقيقة على سطح الخرسانة .

وهذه الاضافات عبارة عن أكاسيد معدنية ومواد اخرى مشابهة ويشترط فيها ان تكون خاملة كيميائيا وعدم تغير الوانها عند التعرض لأشعة الشمس وهذه الاضافات قد تضاف اثناء الخلط أو الاسمنت اثناء صناعته ومن امثلتها ثانى اكسيد المنجنيز واكسيد ايدروكسيد الكروم .

# خامسا : بعض أنواع الاضافات شائعة الاستعمال فى الخرسانة

### أ - كلوريد الكالسيوم (Calcium Chlorido

ان اضافة كلوريد الكالسيوم للخرسانة له تأثيرات مفيدة كثيرة على بعض خواص الخرسانة الطازجة والمتصلدة وفيما يلى توضيح لأثر كلوريد الكالسيوم على الخرسانة : -



شكل رقم (٤)

## ١ - الشك الابتدائى والنهائى : -

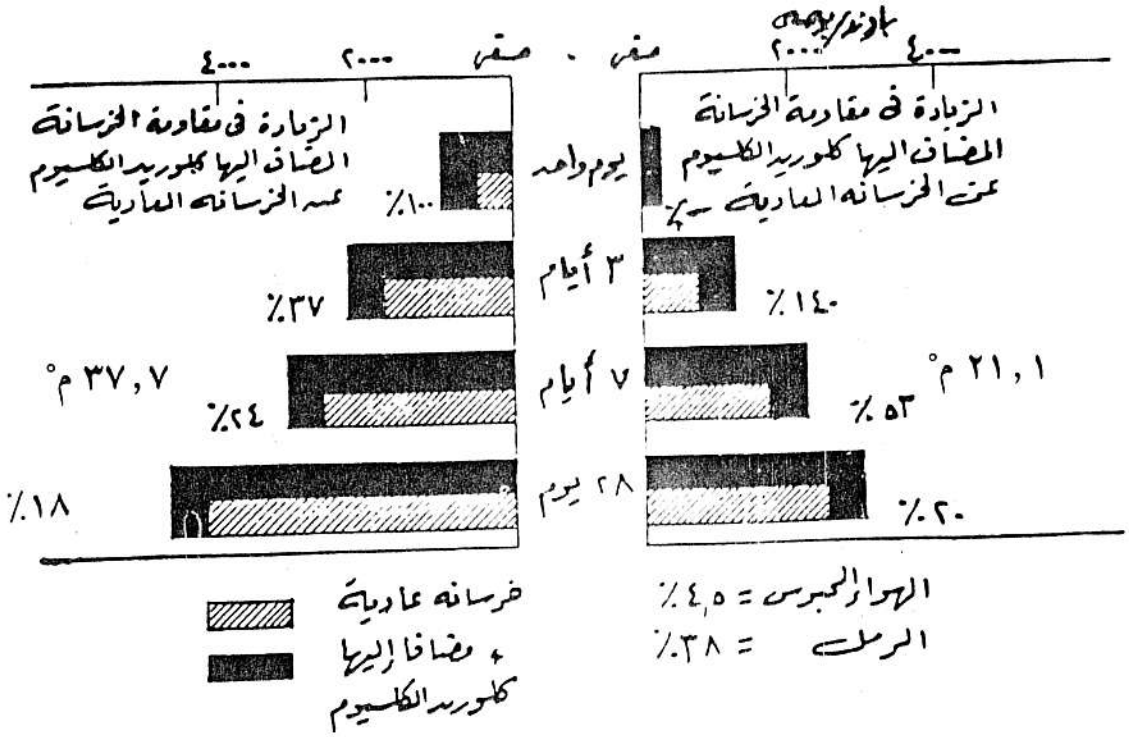
فانه يلاحظ انخفاضا فى زمن الشك الابتدائى وكذلك تأثيره على مقاومة التماسك بين الحديد والخرسانة كما هو موضح بالشكل رقم (٤) عند درجات الحرارة العادية والمنخفضة عند اضافة كلوريد الكالسيوم للخلطة الخرسانية بنسبة ٢٪ من وزن الاسمنت

## ٢ - المقاومة المبكرة : -

يكسب كلوريد الكالسيوم الخرسانة مقاومة مبكرة بدون تقليل للمقاومة النهائية وهذه ميزة هامة لأسباب عديدة منها : -

- تقليل زمن فك الشدات الى النصف
- يؤدى سرعة فك الشدات الى الاستعمال المبكر للمبنى

ويبين الشكل رقم (٥) مقدار زيادة مقاومة الخرسانة عند اضافة كلوريد الكالسيوم فى حالتى درجة حرارة ٧ر٣٧°م ودرجة حرارة ١ر٢١°م




شكل رقم (٥)

### ٣ ـ الحماية من تأثيرات الجو البارد والرطب : ـ

تتأثر نسبة زيادة مقاومة الخرسانة بدرجة الحرارة حيث تكون المقاومة القصوى المطلوبة عند درجة الحرارة ٣٧ر٧°م كما تغير واضح فى المقاومة اذا انخفضت درجة الحرارة .

وهنا تظهر فائدة كلوريد الكالسيوم حيث يجعل الخرسانة وكأنها فى طقس معتدل وهذه الفائدة ترجع الى زيادة الحرارة المتولدة من التفاعل وثباتها مع ان استعمال كلوريد الكالسيوم فى درجات الحرارة العادية يؤدى الى الحصول على المقاومة المطلوبة عند نصف الزمن الا انه لوحظ ان النسبة المئوية للزيادة فى المقاومة تكون اكبر لدرجات الحرارة المنخفضة فمثلا فى درجة حرارة ١ر٢١°م تحصل الخرسانة المعالجة بكلوريد الكالسيوم على مقاومة فى ويوم واحد تعادل ما تكسبه الخرسانة الغير معالجة فى ثلاثة ايام

ويجب ملاحظة ان كلوريد الكالسيوم لا يعتبر مانعا للتجمد ولذلك يجب اتباع اجراءات الوقاية فى الاجواء شديدة البرودة لفترة من ٣ ـ ٧ ايام .

يستخدم كلوريد الكالسيوم فى الاجواء العادية بنسبة ٢٪ من وزن الاسمنت ولا يوصى باستخدامه بنسبة أكبر

### ٤ ـ فوائد اضافية لكلوريد الكالسيوم : ـ

( أ ) تزيد المقاومة النهائية للخرسانة بالاضافة الى زيادة المقاومة المبكرة ولقد اظهرت التجارب زيادة مقدارها ٩٪ فى فترة ثلاث سنوات

(ب) زيادة قابلية التشغيل للخرسانة الطازجة مع الاحتفاظ بنسبة الماء الى الاسمنت (م/س)

(جـ) الحصول على خرسانة ذات كثافة عالية .

(د ) زيادة مقاومة سطح الخرسانة للتأكل وباستعمال كلوريد الكالسيوم تكون المقاومة الناتجة مماثلة لتلك التى نحصل عليها من المعالجة بواسطة الخيش المبلل لمدة ٣ ايام .

(هـ) يقلل فقدان الرطوبة اثناء الخلط ويساعد على تسهيل عملية الخلط مع الماء .

## ملاحظات خاصة بشأن استخدام كلوريد الكالسيوم

( أ ) يضاف كلوريد الكالسيوم الى الماء ولا يجب اضافة الماء الى كلوريد الكالسيوم حيث ان صب الماء على كلوريد الكالسيوم سوف ينتج عنه تكون طبقة سطحية جافة من الصعب اذابتها .

(ب) لا يجب اضافة كلوريد الكالسيوم بأكثر من النسبة المطلوبة

(جـ) يستخدم كلوريد الكالسيوم على هيئة محلول أو بودرة (مسحوق)

(د ) فى حالة اضافة كلوريد الكالسيوم بهيئة البودرة فأنه يجب اضافته للخرسانة قبل تفريغ الخرسانة من الخلاطة

وعلى ذلك فأنه يجب خلط الخرسانة لمدة عشرين دورا للتأكد من جودةالخلط

(هـ) يجب عدم حدوث تلامس بين كلوريد الكالسيوم والاسمنت الجاف .

ب - المواد البوزولانية (Pozzolanic Material)

وهى الخامات السيليسية والالومينية التى تتصف بانها ليست ذات قدرة لاصقة أو اسمنتيه الا انها تتفاعل مع الجير فى وجود الماء لتكون موادا ذات خواص اسمنتيه .

وهى تتواجد فى الطبيعة كخامات معدنية كما يمكن تحضيرها صناعيا .

وعند خلط انواع جيدة من المواد البوزولانية مع الاسمنت البورتلاندى نجد انها تحسن الخواص التالية : -

- قابلية التشغيل
- مقاومة منفذية الماء
- مقاومة فعل الكبرتيات
- مقاومة التشقق
- مقاومة الضغط
- مقاومة تأثير الركام القلوى
- مقاومة القابلية للذوبان والتآكل
- تقليل الانكماش الحرارى

* انواع المواد البوزولانية : -

(أ) الخامات الطبيعية :

١ - الطفلة والطين (Cly & Shale)

٢ - المواد الاوبالية (Opaline Materials)

٣ - الرواسب البركانية (Volcanic Tuffs)

(ب) الخامات الصناعية : -

١ - رماد الفحم (Fly Ash)

ويستخرج من افران المحطات الحرارية التى تستخدم الفحم كوقود

٢ - رماد الطين الحلفلى الزيتى المحروق

وهذا النوع من الطين يكون اصلا محتويا على كمية من زيت البترول ويحرق كوقود والرماد الناتج هو الذى يمكن استخدامه

٣ - الطوب المحروق - الطوب الحرارى المطحون

٤ - خبث الأفران العالية (المبرد فجائيا بالماء والمبرد بالهواء)

ويبين الجدول رقم (٢) نتائج تأثير اضافة المواد البوزولانية للاسمنت

| رقم | الخاصيـة | تأثير المواد البوزولانية | النتيجـــة |
|---|---|---|---|
| ١ | مقاومة الشـد | أعلى بعد مرور وقت طويل | تحسين المقاومة للتشقق |
| ٢ | مقاومة الضـغط | أقل بعد مرور وقت قصير وتقريبا متساوية بعد مرور وقت طويل | تعطى مقاومة مناسبة لجميع اغراض الاستخدام العادى |
| ٣ | حرارة الاماهة | أقـل | يقل الانكماش الحرارى والتشقق عند انخفاض الحرارة |
| ٤ | قوام العجينة | أحسـن | اقل تشققا |
| ٥ | مقاومة الكبريتات | تـزاد | هامة للاستخدام البحرية والتربة القلوية |
| ٦ | قابلية التشغيل | تتحسـن | هامة عند الخلط بالركام والماء |