المضافات Admixtures

تتركب الخرسانة من الركام والأسمنت وماء الخلط وفى بعض الأحيان تستخدم بعض الإضافات الكيميائية بغرض تحسين بعض الصفات المعينة فى الخرسانة. وفي هذا الفصل سنتناول ببعض التفصيل الإضافات الكيميائية من حيث أنواعها ووظائفها وخصائصها وكيفية الإستفادة منها.

تعريف

الإضافاتهي مواد - غير الركام والأسمنت والماء- تضاف إلى الخلطة الخرسانية أثناء عملية الخلط بكميات صغيرة جداً بغرض إعطاء الخرسانة الطازجة أو الخرسانة المتصلدة خواص معينة مطلوبة مثل:

- تحسين القابلية للتشغيل للخرسانة الطازجة دون زيادة ماء الخلط.
- التعجيل أو التأخير فى تجمد الخرسانة.
- تقليل معدل فقد الهبوط او الهطول للخرسانة.
- تحسين القدرة على ضخ الخرسانة.
- الحد من حدوث الإنفصال الحبيبى.
- زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة.
- الحصول على خرسانة عالية المقاومة.
- تحسين خواص الخرسانة المتصلدة مثل مقاومة البرى.
- الحصول على خرسانة غير منفذة للماء أو خرسانة خلوية أو خرسانة ذات صفات خاصة.

الشروط العامة المطلوبة عند استخدام المضافات

١- يجب أن لا تؤثر تأثيراً ضاراً على الخرسانة أو حديد التسليح.

٢- أن تتناسب الفوائد الناتجة من إستخدام الإضافات مع الزيادة فى التكاليف.

٣- يجب عدم إضافة كلوريد الكالسيوم أو الإضافات التى أساسها من الكلوريدات بتاتاً إلى الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الإجهاد أو الخرسانة التى بها معادن مدفونة.

٤- يجب التأكد من مدى ملائمة وفاعلية أى من الإضافات بواسطة خلطات تجريبية.

٥- إذا إستخدم نوعين أو أكثر من الإضافات فى نفس الخلطة الخرسانية فيلزم أن تتواجد معلومات كافية لبيان مدى تداخلهما والتأكد من مدى توافقهما.

٦- يراعى أن سلوك المضافات مع الأسمنت المخلوط أو عالية المقاومة للكبريتات يختلف عنه فى حالة الأسمنت البورتلاندى. لذلك يجب أن تتوفر معلومات كافية عن مدى اداء المضاف مع الأنواع المختلفة من الأسمنت.

٧- يلزم توريد المضافات معبأة داخل براميل أو أوعية محكمة الغلق ومطبوع عليها الإسم التجارى وتاريخ الإنتاج ومدة الصلاحية وكذلك شهادة بخواص المضافات الموردة ومطابقتها للمواصفات القياسية ذات الصلة.كما يجب تخزين المضافات بطريقة تحميها من الرطوبة ومن أشعة الشمس والحرارة.

اهم انواع المضافات الخرسانية

يوجد العديد من الإضافات الكيميائية التى تستخدم مع الخرسانة ويمكن تقسيمها إلى المجموعات الآتية:

١- إضافات تخفيض الماء والتحكم فى وقت التجمد (سبعة أنواع).

٢- إضافات الهواء المحبوس.

٣- إضافات لمنع نفاذ الماء بالخرسانة.

٤- إضافات لمقاومة إجتراف الأسمنت بفعل الماء

٥- إضافات لتلوين الخرسانة.

٦- إضافات أخرى متنوعة.

١ـ إضافات تخفيض الماء والتحكم فى وقت التجمد

Water Reducing and Set Controlling Admixtures (ASTM C494)

وهذه الإضافات هى أهم وأكثر أنواع الإضافات إستخداماً وشيوعاً فى مجال الخرسانة وهى تختص بتقليل ماء الخلط (بدرجات متفاوته) والتحكم فى تصلب الخرسانة بالتأخير أو التعجيل. وتنقسم هذه المجموعة إلى سبعة أنواع مختلفة وتميزها المواصفات الأمريكية ASTM C494 بالحروف من A إلى G كما يلى:

١ـ إضافات تخفيض ماء خلط الخرسانة ASTM C494 - Type A

٢ـ إضافات تأخير التجمد ASTM C494 - Type B

٣ـ إضافات تعجيل التجمد ASTM C494 - Type C

٤ـ إضافات تخفيض ماء الخلط وتأخير التجمد ASTM C494 - Type D

٥ـ إضافات تخفيض ماء الخلط وتعجيل التجمد ASTM C494 - Type E

٦ـ إضافات تخفيض ماء خلط الخرسانة بدرجة عالية ASTM C494 - Type F

٧ـ إضافات تخفيض ماء خلط الخرسانة بدرجة عالية وتأخير الشك ASTM C494 - Type G

وكما نرى فإن الأنواع السبعة السابقة بهذه المجموعة من الإضافات ينحصر تأثيرها فى واحد أو أكثر من التأثيرات الثلاث الرئيسية الآتية:

١ـ تخفيض ماء الخلط (الملدنات والملدنات الفائقة) ASTM Type A, F

٢ـ تأخير التجمد (المؤجلات) ASTM Type B

٣ـ تعجيل التجمد (المعجلات) ASTM Type C

فنجد مثلاً أن النوع D عبارة عن مزيج من النوعين A , B.

أما النوع E عبارة عن مزيج من النوعين A , C.

فىحين نجد أن النوع G عبارة عن مزيج من النوعين B , F.

وفيما يلي شرح موجز للأنواع الرئيسية من هذه المجموعة

أولاً: مخفضات الماء (الملدنات والملدنات الفائقة) Plasticizers and Superplasticizers

ASTM C494 Type A & F

توجد الملدنات (البلاستسيزر) و الملدنات الفائقة (السوبربلاستسيزر) عموماً فى صورة سائلة وتضاف الى الخلطة الخرسانية بنسبة تتراوح من ١% إلى ٣% من وزن الأسمنت وهى أكثر وأهم أنواع الإضافات إستخداماً وشيوعاً. وقد وجد أن نسبة ٣% من الملدنات الفائقة تعطى أفضل النتائج. وتوجد الملدنات فى السوق تحت أسماء تجارية عديدة منها أدكريت - كونبلاست - سيكامنت - ملمينت ٠٠٠إلخ. والفرق بين النوعين A , F هو أن ان درجة تخفيض ماء الخلط بالنسبة للنوع A (الملدنات) تتراوح من ٦ إلى ١٢% عند ثبات قوام الخلطة الخرسانية. أما بالنسبة للنوع F (الملدنات الفائقة) فإن درجة تخفيضها للماء تزيد عن ١٢% وقد تصل إلى ٣٠% عند نفس قوام الخلطة الخرسانية.

▫ وظيفتها ▫

- تحسين خواص الخرسانة الطرية ذلك بزيادة القابلية للتشغيل وزيادة السيولة مع ثبات نسبة (W\C) كما في الشكل (1).
- الحصول على خرسانة ذاتية الدمك.
- تحسين خواص الخرسانة المتصلدة وذلك بتخفيض نسبة W\C فى الخلطة مع ثبات درجة القابلية للتشغيل وبالتالى الحصول على خرسانة عالية المقاومة (شكل 2).
- الحصول على خرسانة ذات مقاومة مبكرة عالية(شكل 3).
- الحصول على خرسانة عالية الأداء قليلة النفاذية.
- الحصول على خرسانة بدون إنفصال حبيبى أو نضح.

▫ طبيعة الملدنات ▫

الملدنات (A) والملدنات الفائقة (F) عبارةعن مواد بوليمرية تأخذ تركيبات كيميائية متنوعة من أهمها:

- الأساس الكيميائى للنوع A

Ligno-Sulfonate	- لجنوسلفونيت
Hydroxycarboxylic Acids	- أحماض الهيدروإكسيكربوإكسلك
Carbohydrates	- كربوهيدرات

- الأساس الكيميائى للنوع F

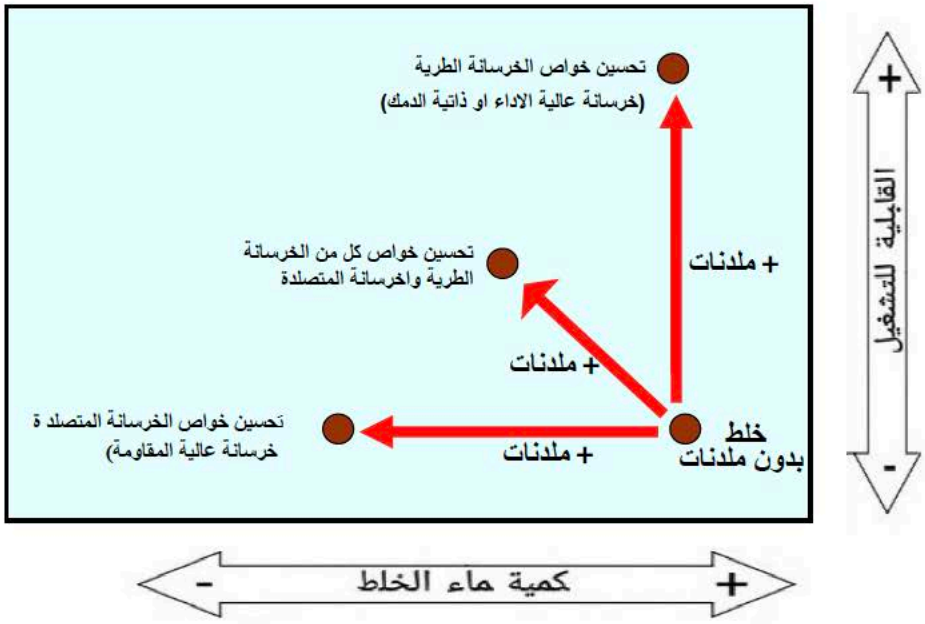
Modified Ligno-Sulfonate	- لجنوسلفونيت معدل
Melamine Formaldehyde	- ميلامين فورمالدهيد
Naphthaline Formaldehyde	- نفثالين فورمالدهيد
Phenol Formaldehyde	- فينول فورمالدهيد
Beta-naphthaline Sulfonate	- ناتج تكثيف بيتا نفثالين سلفونيت

ويمكن الحصول على النوع الأول (لجنوسلفونيت)كمنتج ثانوى من مصانع الورق. و تجدر الإشارة هنا إلى إمكانية مزج النفثالين والميلامين بكبريتات السليلوز التى تعتبر أقل تكلفة من النفثالين والميلامين بالإضافة أن كمية السكر الموجودة فى كبريتات السيليلوز فى معظم الحالات تكون مبطئة للشك مما يعنى إحتفاظ الخرسانة بتشغيليتها لفترة طويلة والتحكم بدرجة معينة فى معدل فقد الهبوط Control of Slump Loss وهو مناسب للإستخدام فى المناطق الحارة (Type D or G). وتجدر الإشارة أن تأثير الملدنات الفائقة على قوام الخرسانة لايستمر إلا لمدة من ٣٠ إلى ٦٠ دقيقة من لحظة إضافته إلى الخرسانة ، و تقل هذه المدة بإرتفاع درجة الحرارة حيث أن معدل فقد الهبوط فى الخرسانة المحتوية على الملدنات الفائقة يزداد بإزدياد درجة الحرارة.

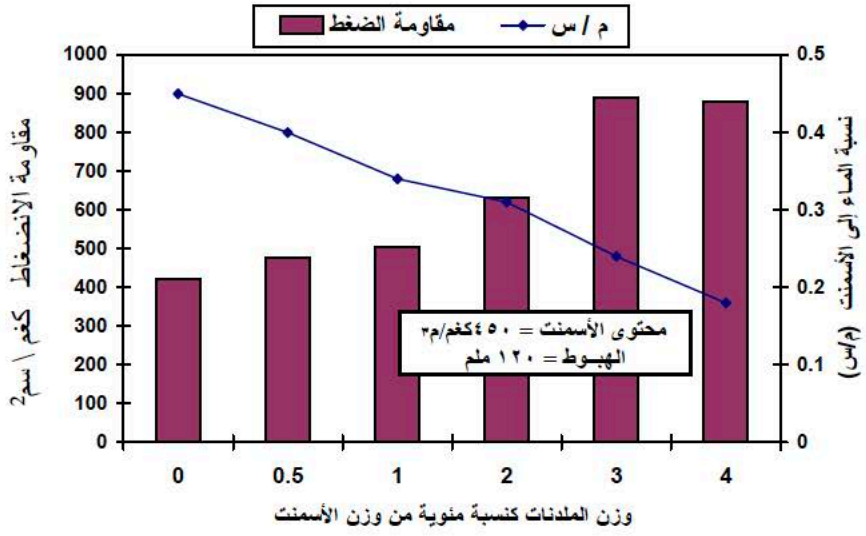
▫ أسـس إختيـار الملدنات والملدنات الفائقة ▫

ينبغي أن يكون إختيار نوع مادة الملدن على الأسس الآتية:

١ - معدل تخفيض ماء الخلط
٢- معدل فقد قابلية التشغيل
٣ - التأثير على زمن التجمد
٤ - التوافق مع الأسمنت المستخدم
٥ - المقاومة الناتجة للخرسانة
٦ - الثمن و التكاليف.



شكل الوظائف الرئيسية للملدنات أو الملدنات الفائقة.



شكل(2) تأثير الملدنات الفائقة على كل من مقاومة الضغط ونسبة الماء إلى الأسمنت.

◻ كيف تعمل الملدنات ◻

إن كيفية عمل الملدنات أو الملدنات الفائقة فى تسييل الخرسانة يأخذ واحداً أو أكثر من الصور الآتية:

١ - تشتيت حبيبات الأسمنت المتكتلة وإطلاق المياه المحبوسة بينها.

٢ - إحداث التنافر الكهروستاتيكى بين الجزيئات.

٣- العمل على تلاسق وترطيب للطبقة الرقيقة بين حبيبات الأسمنت.

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

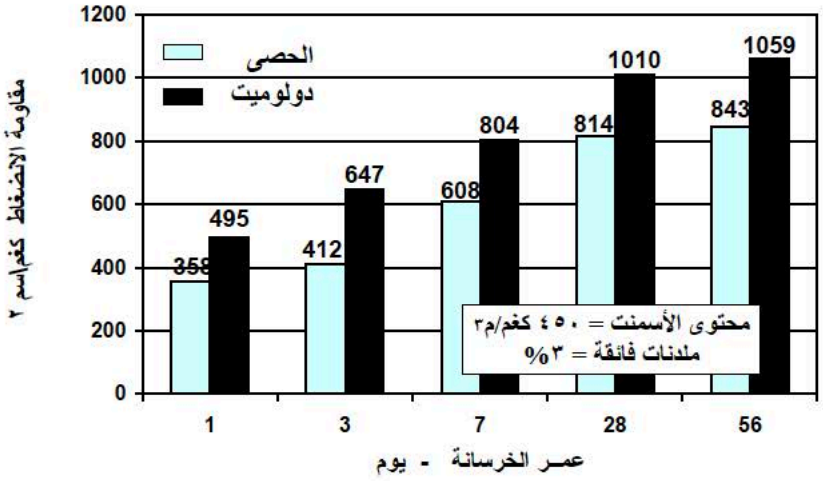
٥ - تقليل الشد السطحى للمياه.

٦- تغير البنية التركيبية فى منتجات تفاعلات الإماهة.

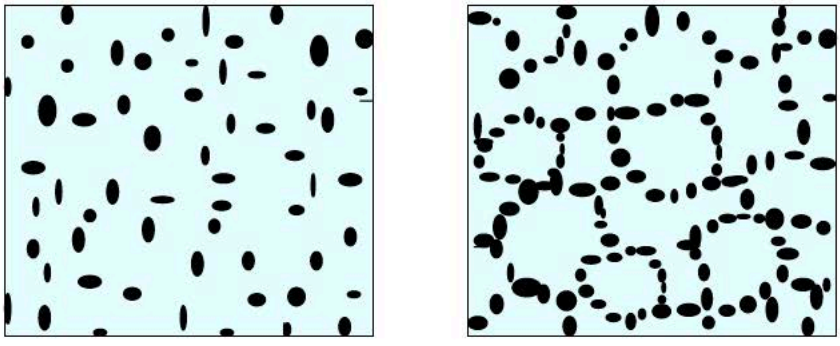
إن جزئيات الأسمنت البورتلاندى العادى تتميز بميلها الشديد للتكتل عندما تخلط مع الماء وهذا الميل هو حصيلة لتفاعلات داخلية متنوعه مثل التفاعلات الالكتروستاتيكية بين الشحنات المتضادة وكذلك تفاعلات عملية الإماهة المتنوعة. إن عملية التكتل تقود إلى تشكيل شبكة من الجزيئات كما هو موضح فى الشكل (4-أ) حيث تقوم هذه الشبكة بحجز نسبة من الماء حيث يكون هذا مطلوباً لإتمام عملية الإماهة وكذلك توفير التشغيلية المطلوبة فى الخرسانة. ويترتب على ذلك حدوث زيادة فى اللزوجة الظاهرية للنظام الأسمنتى. ودور الملدنات أو الملدنات الفائقة هنا هو العمل على فصل حبيبات الأسمنت المتكتلة عن بعضها ومن ثم الحصول على توزيع متجانس للمياه وإتصال مثالى بين المياه وحبيبات الأسمنت كما هو موضح بشكل(4-ب).

◻ إختبار عملى ◻

يمكن الوصول إلى طبيعة عمل الملدنات أو الملدنات الفائقة من حيث القيام بفصل حبيبات الأسمنت المتكتلة عن بعضها وذلك بإجراء تجربة ترسيب بسيطة حيث تُؤخذ كمية ثابته من الأسمنت وتُخلط مع الماء خلطاً جيداً ويُترك العالق فى مخبار مدرج وسنلاحظ أن جزيئات الأسمنت تكتلت وهبطت إلى القاع فى خلال وقت صغير نسبياً قد يصل إلى حوالى ٢٠ دقيقة فقط كما نلاحظ أن حجم هذه الحبيبات قد أصبح أكبر مما كان عليه ويتضح ذلك من الفارق فى الحجم المشغول فى المخبار المدرج بالأسمنت الجاف عند مقارنته بالأسمنت الرطب. بينما إذا إستخدمنا نوع معين من الملدنات أو الملدنات الفائقة مع نفس كمية الأسمنت السابقة يلاحظ أنه بعد مضى نفس الزمن السابق أن جزيئات الأسمنت ما تزال معلقة فى الماء ولا يتم ترسبها كلياً إلا بعد وقت يتراوح من ٢٤ساعة إلى ٤٨ساعة وفى هذه الحالة شكلت جزيئات الأسمنت طبقة كثيفة لها نفس حجم الأسمنت الجاف وهذه التجربة تشير بوضوح إلى أن الملدنات أو الملدنات الفائقة تكون فعالة جداً فى تفكيك جزيئات الأسمنت وتشتيتها ويمكن إستغلال هذه التجربة أيضا فى تحديد نسبة الإضافة المطلوبة للأسمنت.



شكل(3)استخدام الملدنات الفائقة للحصول على مقاومة مبكرة عالية.



(أ) بدون ملدنات تكتل

(ب) وجود ملدنات تشتت

شكل(4) دور الملدنات أو الملدنات الفائقة فى فصل وتشتيت حبيبات الأسمنت المتكتلة.

ثانياً :اضافات تاخير التجمد (المؤجلات) Retarders

ASTM C494 Type B

❐ وظيفتها ❐

تؤخر تجمد الأسمنت أى تزيد زمن تجمد و تصلد الخرسانة وتقلل درجة حرارة الإماهة للأسمنت فيقل معدل زيادة المقاومة Rate of Strength Gain وقد تسبب المؤجلات زيادة الإنكماش اللدن فى الخرسانة ولكن ليس لها تأثير يذكر على الخواص الطبيعية والميكانيكية للخرسانة المتصلدة.

❐ الهدف منها ❐

- عمل خرسانة فى الأجواء الحارة حيث يحدث التجمد الابتدائي للأسمنت سريعاً جداً .
- إذا كانت ظروف صب الخرسانة صعبة ويلزم جعل المونة الأسمنتية لدنة أو سائلة لمدة طويلة. إذا كانت هناك رسالة من الأسمنت ذات زمن تجمد صغير جداً .
- الحصول على خرسانة ذات ركام بارز ظاهر بسطحها.

❐ أهم المركبات المستخدمة ❐

المواد الكربوهيدراتية Carbohydrates والسكر Sugar

وأملاح الزنك Zink والفوسفات Phosphates.

ثالثاً: إضافات تعجيل الشك (المعجلات) Accelerators

ASTM C494 Type C

❐ وظيفتها ❐

تعجل أو تسرع متجمد الأسمنت أى تقلل زمن تجمد و تصلد الخرسانة وبالتالى يزداد معدل التصلد وكذلك تزداد الحرارة المنبعثة المبكرة.

▫ الهدف منها ▫

أ- تستعمل لغرض تعجيل تجمد الخرسانة كما في الحالات الاتية

- إزالة تأثير تأخير التجمد الناتج من درجات الحرارة المنخفضة.
-إزالة تأثير تأخر التجمد الناتج من إستخدام اضافة أخر ى.
- أعمال الطوارئ مثل وقف رشح المياه فى الخزانات.

ب-استخدام لغرض الحصول على خرسانة مبكرة المقاومة كما في حالة

- إزالة القوالب او الفرم مبكراً .
- التعجيل بزمن إستخدام المنشأ الخرسانى.
-تقليل المدة المطلوبة للمعالجة.

جـ- تستخدم لغرض الحصول على خرسانة تقاوم الصقيع نتيجة الحرارة المنبعثة المبك.

▫ أهم المركبات المستخدمة ▫

المركبات المستخدمة كمعجلات للتجمد فى الخرسانة هي الهيدروكسيدات القلوية وأملاح الكربونات الذائبة والسليكات ونترات الكالسيوم وكلوريد الكالسيوم و هو الأكثر شهرة نظراً لرخص سعره و كفائته العالية فى رفع المقاومة المبكرة وتقليل زمن التجمد وأملاح الكربونات الذائبة وتستخدم بنسب ١ إلى ٢% وبحد أقصى ٤% من وزن الأسمنت. ولكن من عيوب إستخدام كلوريد الكالسيوم فى الخرسانة االمسلحة هو إمكانية حدوث تآكل وصدأ فى حديد التسليح نتيجة تواجد أيونات الكلور فى وجود الرطوبة والأوكسجين. لذلك يجب عدم إستخدام كلوريد الكالسيوم فى الخرسانة المحتوية على حديد تسليح. وتوجد مركبات أخرى بديلة ولكنها أقل كفاءة وأغلى ثمناً مثل نيتريت الكالسيوم وأملاح النترات والبروميدات والفلوريدات والكربونات والسليكات.

▫ إحتياطات▫

- عدم زيادة نسبةهذه الإضافات عن الحد الأقصى وذلك مخافة حدوث االتجمد الخاطف Flash Set.

- استخدامها فى الأجواء الحارة بحساب وحذر لتلافى حدوث شقوق الانكماش.