الإضافات Admixtures

تتكون الخرسانه من الركام والأسمنت وماء الخلط وفى بعض الأحيان تستخدم بعض الإضافات الكيميائيه بغرض تحسين بعض الصفات المعينة فى الخرسانه.

الإضافات هى مواد (غير الركام والأسمنت والماء) تضاف إلى الخلطة الخرسانيه أثناء عملية الخلط بكميات صغيره جداً بغرض إعطاء الخرسانة الطازجة أو الخرسانه المتصلدة خواص معينة مطلوبة مثل:

- تحسين القابليه للتشغيل للخرسانة الطازجة دون زيادة ماء الخلط.
- التعجيل أو التأخير فى الشك.
- 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 ذات صفات خاصة.

1- الإشتراطات العامه المطلوبه عند استخدام الإضافات

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 الإضافات مع الأسمنتات المخلوطة أو عالية المقاومة للكبريتات يختلف عنه فى حالة الأسمنت البورتلاندى. لذلك يجب أن تتوافر معلومات كافية عن مدى الأدائية السليمة للإضافات مع الأنواع المختلفة من الأسمنت.

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

2- أهم الأنواع الشائعه من الإضافات

يوجد العديد من الإضافات الكيميائيه التى تستخدم مع الخرسانه ويمكن تقسيمها إلى المجموعات الآتيه:

١- إضافات تخفيض الماء والتحكم فى الشك (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.

2-1 إضافات تخفيض الماء والتحكم في الشك

(Water Reducing and Set Controlling Admixtures)

وهذه الإضافات هى أهم وأكثر أنواع الإضافات إستخداماً وشيوعاً فى مجال الخرسانه 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) الى (G) كما يلي:

1- إضافات تخفيض ماء الخلط للخرسانه (ASTM C494-Type A)

2- إضافات تأخير الشك (ASTM C494-Type B)

3- إضافات تعجيل الشك (ASTM C494-Type C)

4- إضافات تخفيض ماء وتأخير الشك (ASTM C494-Type D)

5- إضافات تخفيض ماء وتعجيل الشك (ASTM C494-Type E)

6- إضافات تخفيض ماء خلط للخرسانه بدرجه عاليه (ASTM C494-Type F)

7- إضافات تخفيض ماء خلط للخرسانه بدرجه عاليه وتأخير الشك (ASTM C494-Type G)

وكما نرى فإن الأنواع السبعه السابقه بهذه المجموعه من الإضافات ينحصر تأثيرها فى واحد أو أكثر من التأثيرات الثلاث الرئيسيه الآتيه:

١- تخفيض ماء الخلط (الملدنات والملدنات الفائقة)	**ASTM Type A, F**
٢- تأخير الشك (المؤجلات)	**ASTM Type B**
٣- تعجيل الشك (المعجلات)	**ASTM Type C**

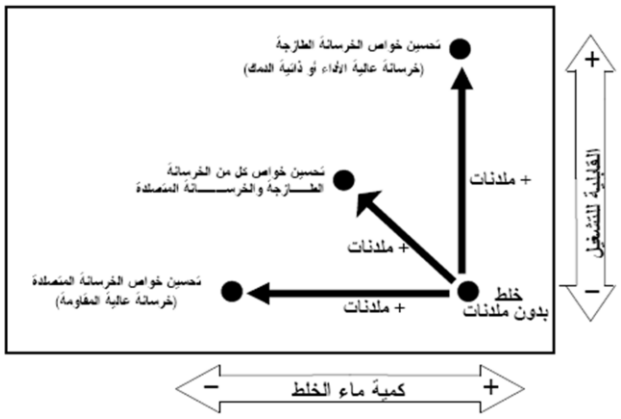
أولا: مخفضات الماء (الملدنات والملدنات الفائقه)

ASTM Type A, F (Plasticizers and Superplasticizers)

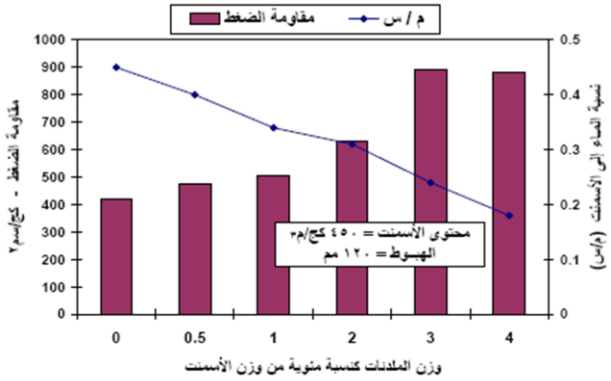
توجد الملدنات (البلاستسيزر) و الملدنات الفائقة (السوبربلاستسيزر) عموماً فى صورة سائلة وتضاف الى الخلطة الخرسانية بنسبة تتراوح من 1% الى 3% من وزن الأسمنت وهى أكثر وأهم أنواع الإضافات إستخداماً وشيوعاً. وقد وجد أن نسبة 3% من الملدنات الفائقة تعطى أفضل النتائج. وتوجد الملدنات فى السوق تحت أسماء تجارية عديدة منها أدكريت – كونبلاست – سيكامنت. والفرق بين النوعين A, F هو أن ان درجة تخفيض ماء الخلط بالنسبة للنوع A (الملدنات) تتراوح من 6% الى 12% عند ثبات قوام الخلطة الخرسانية. أما بالنسبة للنوع F (الملدنات الفائقه) فإن درجة تخفيضها للماء تزيد عن 12% وقد تصل إلى 30% عند نفس قوام الخلطة الخرسانية.

وظيفتها

- تحسين خواص الخرسانه الطازجه وذلك بزيادة القابلية للتشغيل وزيادة السيولة مع ثبات نسبة (م/س).
- الحصول على خرسانه ذاتية الدمك.
- تحسين خواص الخرسانة المتصلدة وذلك بتخفيض نسبة (م/س) فى الخلطة مع ثبات درجة القابلية للتشغيل وبالتالى الحصول على خرسانة عالية المقاومة.
- الحصول على خرسانة عالية الأداء قليلة النفاذية.
- الحصول على خرسانة بدون إنفصال حبيبى أو نضح.



تأثير الملدنات او الملدنات الفائقه على الخرسانه الطازجه والمتصلده



تأثير الملدنات الفائقه على مقاومة الضغط ونسبة م/س

طبيعة الملدنات

الملدنات A والملدنات الفائقة F عبارة عن مواد بوليمرية تأخذ تركيبات كيميائية متنوعة من أهمها:

الأساس الكيميائى للنوع A

- لجنوسلفونيت Ligno-Sulfonate
- كربوهيدرات Carbohydrates

الأساس الكيميائى للنوع F

- لجنوسلفونيت معدل Modified Ligno-Sulfonate
- ميلامين فورمالدهيد Melamine Formaldehyde
- نفثالين فورمالدهيد Naphthaline Formaldehyde
- فينول فورمالدهيد Phenol Formaldehyde

- ويمكن الحصول على النوع الأول (لجنوسلفونيت) كمنتج ثانوى من مصانع الورق. وتجدر الإشارة أن تأثير الملدنات الفائقه 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 المحتويه على الملدنات الفائقه يزداد بإزدياد درجة الحرارة.

- أسس اختيار الملدنات والملدنات الفائقه

- ينبغي أن يكون إختيار نوع مادة الملدن على الأسس الآتية:

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

- كيف تعمل الملدنات

إن كيفية عمل الملدنات أو الملدنات الفائقه في تسييل الخرسانه يأخذ واحدا أو اكثر من الصور الآتيه:

١- تشتيت حبيبات الأسمنت المتكتلة وإطلاق المياه المحبوسة بينها.

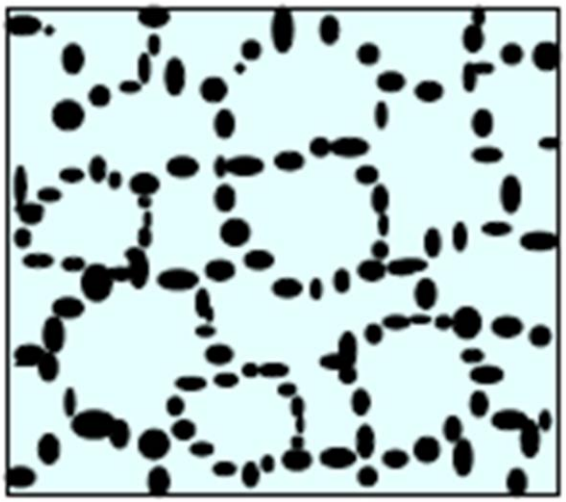
٢- إحداث التنافر الكهروستاتيكى بين الجزيئات.

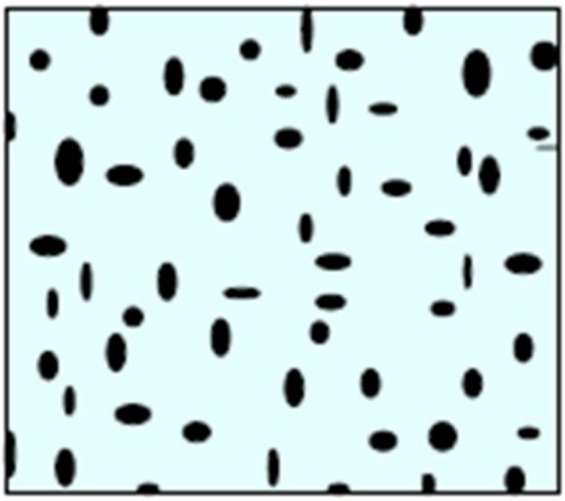
٣- العمل على تشحيم الطبقة الرقيقة بين حبيبات الأسمنت.

4- تقليل الشد السطحى للمياه.

5- تغير البنية التركيبيه 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. تقود عملية التكتل إلى تشكيل شبكة من الجزيئات 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





بدون ملدنات (تكتل) **وجود ملدنات (تشتت)**

دور الملدنات والملدنات الفائقه في فصل وتشتيت حبيبات الأسمنت المتكتله

ثانيا: إضافات تأخير الشك(المؤجلات) ASTM Type B (Retarders)

وظيفتها:

تؤخر شك الأسمنت أى تزيد زمن شك و تصلد الخرسانة وتقلل درجة حرارة الإماهة للأسمنت فيقل معدل زيادة المقاومة 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 الشك الإبتدائى 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 شك صغير جداً.
- الحصول على خرسانة ذات ركام بارز ظاهر بسطحها.

أهم المركبات المستخدمه:

المواد الكربوهيدراتيه Carbohydrates والسكر Sugar وأملاح الزنك Zink والفوسفات Phosphates.

ثانيا: إضافات تعجيل الشك(المعجلات) (Accelerators) ASTM Type C

وظيفتها:

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

الهدف منها:

أ- تستخدم بغرض التعجيل بالشك كما في الاحوال الآتيه:

- إزالة تأثير تأخر الشك الناتج من درجات الحرارة المنخفضة.
- إزالة تأثير تأخر الشك الناتج من إستخدام اضافة أخرى.
- أعمال الطوارئ مثل وقف رشح المياه فى الخزانات.

ب- تستخدم بغرض الحصول على خرسانه مبكرة المقاومه كما في:

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

أهم المركبات المستخدمه:

المركبات المستخدمة كمعجلات للشك فى الخرسانة هى الهيدروكسيدات القلوية وأملاح الكربونات الذائبة والسليكات ونترات الكالسيوم وأملاح الكربونات الذائبة **وكلوريد الكالسيوم** وهو الأكثر شهرة نظراً لرخص سعره وكفائته العالية فى رفع المقاومة المبكرة وتقليل زمن الشك وتستخدم بنسب 1% الى 2% وبحد أقصى 4% 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 والأكسجين. لذلك يجب عدم إستخدام كلوريد الكالسيوم فى الخرسانة المحتوية على حديد تسليح. ويوجد مركبات أخرى بديلة ولكنها أقل كفاءة وأغلى ثمناً مثل نيتريت الكالسيوم وأملاح النترات والكربونات والسليكات.

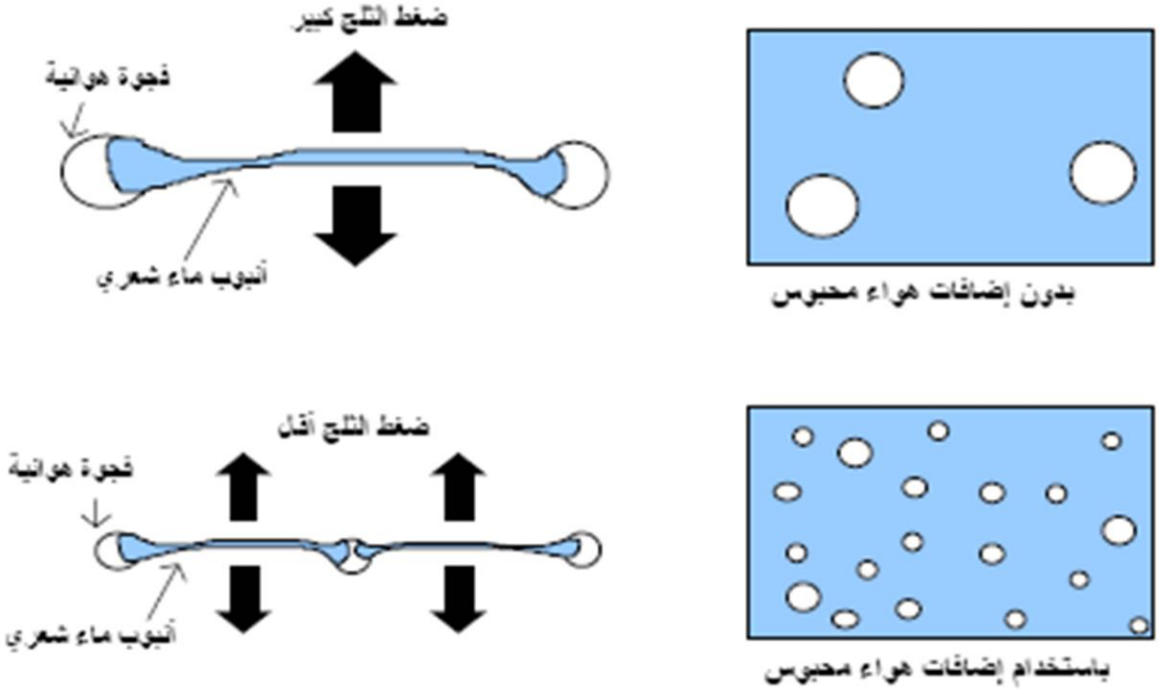
إحتياطات:

- عدم زيادة نسبة هذه الإضافات عن الحد الأقصى وذلك مخافة حدوث الشك الخاطف Flash Set
- استخدامها فى الأجواء الحارة بحساب وحذر لتلافى حدوث شروخ الانكماش.

2-2 إضافات الهواء المحبوس Air Entraining Admixtures

الهدف منها:

تقليل وزن الخرسانه وزيادة المتانه Durability وخاصة المقاومة للصقيع Frost Resistance ويتم ذلك عن طريق إحداث فقاعات Bubbles هوائيه دقيقة (غير متصله) موزعة توزيعاً منتظماً خلال الكتله الخرسانيه وتبقى كذلك بعد تصلد الخرسانه



تأثير إضافات الهواء المحبوس في تحسين مقاومة السقيع

ويمكن ان يتم ذلك بطريقتين

١- إضافة مواد تحدث رغاوى Foaming وذلك أثناء خلط الخرسانة مثل بعض المركبات العضوية كالأصماغ الخشبية Resins والزيوت والمنظفات الصناعية.

٢- إستخدام مواد صلبة تتفاعل مع الأسمنت وتنتج غاز الهيدروجين على هيئة فقاعات دقيقة كثيرة مثل مسحوق بودرة الألمنيوم وبودرة الزنك والماغنسيوم.

وتستخدم هذه المواد بنسب تتراوح من ٠,٠١% إلى ٠,٠٣% من وزن الأسمنت وتحدث هواء محبوس يتراوح من ٥% إلى ١٥% من حجم الخرسانه. ولا تؤثر هذه الإضافات على زمن الشك للخرسانة بينما تؤدى إلى زيادة إنكماش الجفاف وتقل المقاومة فقد وجد أن هناك علاقة عكسية بين نسبة الهواء المحبوس

فى الخلطة ومقاومة الضغط للخرسانة، حيث تقل المقاومة بمعدل حوالى ٥% تقريباً لكل نسبة هواء محبوس مقدارها ١%.

3-2 إضافات لمنع نفاذ الماء بالخرسانه Permeability-Reducing Admixtures

الهدف منها:

تساعد على مقاومة نفاذ الماء إلى الخرسانه ولكنها لا تمنع نفاذ الماء تماماً. وللوصول إلى درجة عاليه من مقاومة النفاذيه ينبغى العنايه بتصميم الخلطة الخرسانيه ثم العناية بعمليتى الدمك والمعالجه.

ويمكن تحسين نفاذية الخرسانه من خلال:

1- إضافات صاده للماء Water Proofing Agents

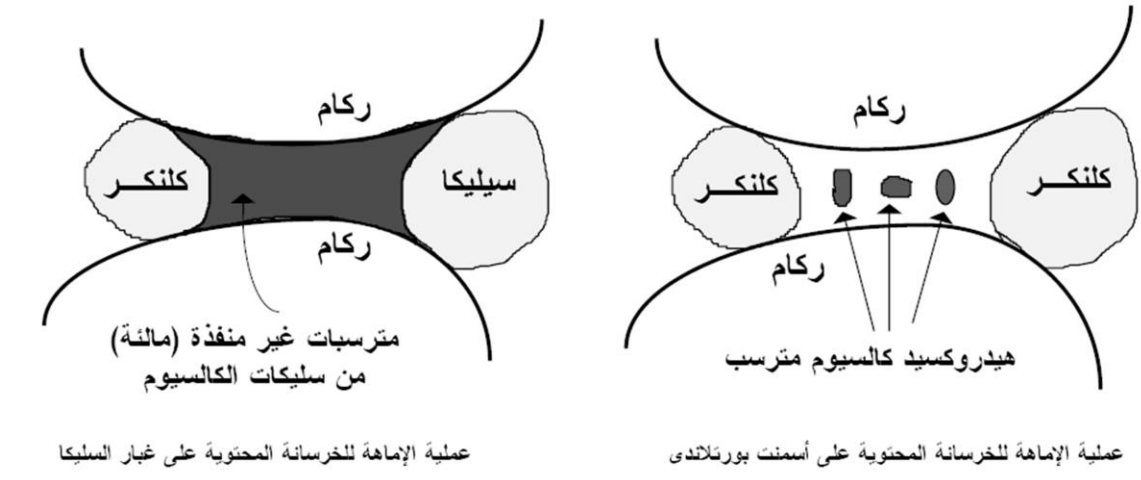
وهى تعمل على منع الخرسانه من امتصاص ماء المطر والمياه السطحيه الملامسه ومن امثلتها زيوت البترول والشمع Wax وتضاف بنسبة تتراوح من ٠,١% إلى ٠,٤% من وزن الأسمنت. وتستخدم المواد البوليمرية أيضاً لهذا الغرض وذلك فى صورة دهانات لأسطح الخرسانة لسد الفجوات الهوائيه والشروخ الشعريه الموجوده بالسطح.

2- إستعمال الملدنات الفائقه Superplasticizers

وهى تفيد هنا بطريقة غير مباشرة حيث أنها تعمل على تقليل ماء الخلط وبالتالى الحصول على أقل نسبة فراغات ممكنة بالخلطة ومن ثم تتحسن منفذية الخرسانة.

3- إستعمال مواد بوزولانيه مالئه للفراغات Pozzolanic Materials (Filling Effect)

والمواد البوزولانيه هى المواد التى تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم الحر الناتج من تفاعل الأسمنت مع الماء مكونة مركبات غير قابله للذوبان مثل سيليكات وألومنيات الكالسيوم والتى تعمل على سد الفجوات الداخليه والمسام الشعريه ومن أمثلتها مادة **غبار السيليكا** Silica Fume وهى مادة تتكون من حبيبات دقيقة جداً مساحتها السطحية حوالى أربعة إلى خمسة أمثال المساحة السطحية للأسمنت (٢٠٠٠٠سم^{٢}/جم) وهى ناتج ثانوى Byproduct في صناعة سبائك السيليكون والفيروسليكون. وتتفاعل مادة غبار السيليكا مع هيدروكسيد الكالسيوم مكونة سيليكات الكالسيوم المماهة والتى لاتذوب فتؤدى إلى تقليل الفجوات الداخلية والمسام الشعريه.



دور غبار السيليكا في تحسين نفاذية الخرسانه

4-2 إضافات لمنع اجتراف الأسمنت بفعل الماء Antiwashout Admixtures

عند صب الخرسانه تحت الماء يعمل الماء على إجتراف الأسمنت من الخرسانة وينتج عن ذلك نقص فى مقاومتها و تعكر فى المياه المحيطة بها. ولهذا السبب يستخدم هذا النوع من الإضافات التى تعتبر من أحدث أنواع الإضافات الموجودة. و تعمل هذه الإضافات على تكوين جل فى الماء المحيط بحبيبات الأسمنت فتحميه من الإجتراف بفعل الماء كما تعمل على زيادة اللزوجة و التماسك بين جزئيات الخرسانة و تحسن من مقاومتها للإنفصال. ويستخدم هذا النوع من الإضافات أيضاً فى إنتاج الخرسانة عالية السيولة أو الخرسانة ذاتية الدمك حيث تقوم هذه الإضافات بمقاومة الإنفصال الحبيبى وزيادة التماسك للخرسانه. وتتكون هذه الإضافات من بوليمرات أكريليكية أو مركبات سليولوزيه على هيئة بودره قابله للذوبان فى الماء وتضاف إلى الخلطة بنسبة تقريبية ١% من وزن الأسمنت.

ويمكن تلخيص تأثير هذا النوع من الإضافات فيما يلى:

١- تتحسن قدرة الخرسانه على مقاومة إنفصال مكوناتها.

٢- تتحسن مقاومة الخرسانه للنزيف بدرجة كبيرة.

٣- الخرسانه المحتويه على هذه الإضافات يكون لها القدرة على الإنسياب والتسويه الذاتية.

4- تؤدى هذه الإضافات إلى نقص مقاومة الضغط للخرسانه المصبوبة تحت الماء بنسبة قد تصل إلى ٢٠% إذا ما قورنت بمقاومة الضغط للخرسانه المماثلة و المصبوبه فى الهواء.

5-2 إضافات لتلوين الخرسانه Coloring Admixtures

وهى عبارة عن أكاسيد معدنيه Metallic Oxide وهى متوفره فى صورة مواد طبيعيه أو صناعيه ويشترط فيها أن تكون خاملة كيميائياً وأن لا تزيد نسبتها عن ١٠% من وزن الخرسانه. ومن أهم المواد المستخدمة فى ذلك:

أكسيد الحديد الأسود والكربون	←	اللون الرصاصي أو الأسود
ثاني أكسيد التيتانيوم	←	اللون الأبيض
أكسيد الكروم	←	اللون الأخضر
أكسيد الحديد الأحمر	←	اللون الأحمر
أكسيد الحديد الأصفر	←	لون سن الفيل
أكسيد الحديد البني	←	اللون البني

6-2 إضافات أخرى متنوعه Miscellaneous Admixtures

يوجد العديد من الإضافات الأخرى التى تستخدم مع الخرسانة منها:

١- إضافات حقن الخرسانه.

٢- إضافات للمساعدة فى ضخ الخرسانه.

3- إضافات لمنع تكون الفطريات والبكتريا على الأسطح الخرسانية للمنشآت المائيه.

4- إضافات لمنع التآكل والصدأ فى حديد التسليح.

5- إضافات لتقليل التفاعل القلوى بين الركام والأسمنت.

6- إضافات لتحسين التماسك بين حديد التسليح والخرسانه.