المحاضرة التاسعة **الإضافات الكيميائية للخلطات الإسمنتية**

9-1 أهمية الإضافات الكيميائية وأسباب استعمالها:

9-1-1 تعريف الإضافات الكيميائية:

يواجه العاملون في مجال البناء بعض الصعوبات والمشاكل في تعاملهم مع الخلطات الإسمنتية أثناء تحضيرها أو أثناء عملية التصلب أو بعد إتمام التصلب، لذلك جرت محاولات عديدة للتغلب على هذه الصعوبات باستعمال مواد كيميائية تضاف إلى الخلطة الخرسانية. تُعرف هذه المواد حسب ASTM – C – 125 بأنها "مواد كيميائية غير الحصويات والماء تضاف إلى الخلطات الخرسانية أو المونة الإسمنتية مباشرة قبل الخلط أو خلال عملية الخلط بهدف إعطاء خواص معينة للخلطة وتحسين أداء عملها وهي بشكلها العجيني، ولتحسين واكتساب صفات معينة للخرسانة بعد التصلب".

9-1-2 الغاية من استعمالها:

تستعمل الإضافات الكيميائية لتعديل خواص الخرسانة أو المونة الإسمنتية وهي بشكلها العجيني أثناء تحضيرها وخلطها ونقلها وصبها، ولتحسين مواصفات الخرسانة بعد التصلب ويشمل هذا مايلي:

- زيادة قابلية التشغيل دون زيادة نسبة الماء.
- تخفيض النسبة $\frac{W}{C}$ مع المحافظة على قابلية تشغيل مناسبة.
- إطالة زمن بداية الأخذ.
- تقصير زمن بداية الأخذ.
- تحسين قابلية ضخ العجينة.
- إنقاص أو تأخير انتشار الحرارة في بداية عملية التصلب.
- زيادة المقاومة المبكرة.
- زيادة المقاومة الكلية.
- إنقاص نفوذية الخرسانة للماء.
- تحسين ديمومة الخرسانة.
- زيادة قوة ارتباط الخرسانة بفولاذ التسليح.
- تثبيط التفاعلات المؤدية إلى تآكل فولاذ التسليح.

تكون أغلب الإضافات الكيميائية بالحالة السائلة ويمكن تمديدها بالماء قبل إضافتها إلى الخلطة الخرسانية لضمان توزعها بتجانس أفضل. بعض الإضافات الصلبة تكون قابلة للانحلال بالماء لذلك تُحل بالماء قبل الاستعمال ويجب اتباع توصيات الشركة المنتجة للحصول على النتائج المطلوبة.

9-2 الملدنات ومخفضات نسبة الماء:

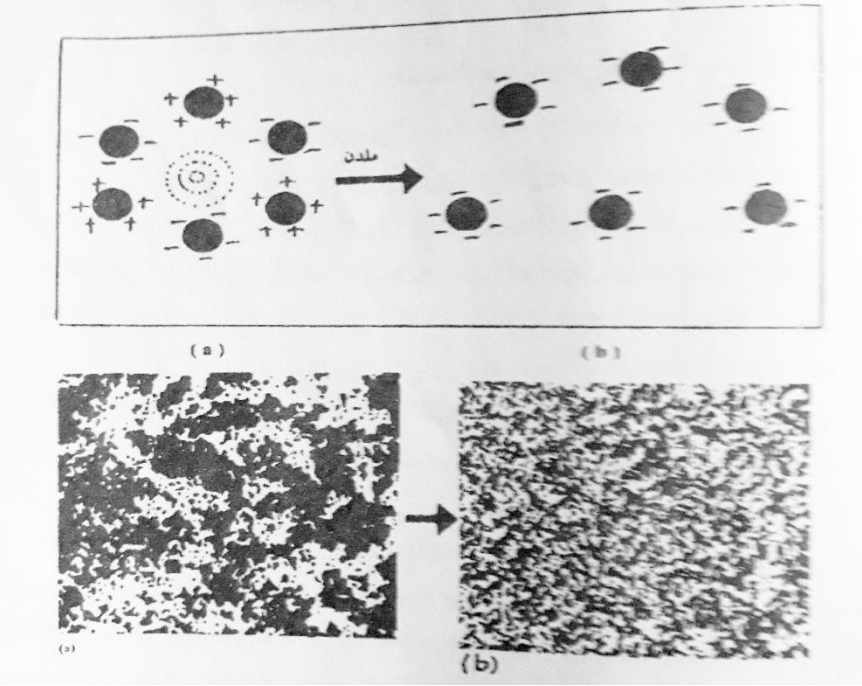
وجدنا سابقاً أن مقاومة الخرسانة تكون عظمى عندما تكون نسبة الماء إلى الإسمنت $\frac{W}{C} = 0.4$ لكن الخلطة تكون عند تحضيرها بتلك النسبة جافة ومتكتلة على بعضها لعدم وصولها إلى الحالة العجينية المناسبة لعملية الصب، لذلك يقال إن قابلية التشغيل لهذه الخلطة ضعيفة يجب تحسينها

بإضافة المزيد من الماء إلى الخلطة. يمكن زيادة ميوعة الخلطة دون زيادة النسبة $\frac{W}{C}$ وذلك بإضافة نسبة ضئيلة من مواد ملدنة تُضاف عادة مع ماء الخلطة، إذا استعملت هذه الأنواع من الإضافات بهدف زيادة قابلية التشغيل مع المحافظة على النسبة $\frac{W}{C}$ نفسها فإنها تدعى بالملدنات.

9-2-1 آلية تأثير الملدنات ومخفضات نسبة الماء:

تفسر آلية تأثير الملدنات على ميوعة الخلطة الإسمنتية وفق مايلي:

عندما يمزج الإسمنت مع الماء تتشكل طبقة هلامية غنية بالشوارد على سطح حبيبات الإسمنت، بعضها يكون مشحوناً بشحنات موجبة وبعضها بشحنات سالبة. تنشأ قوى تجاذب كهربائي ساكن بين الحبيبات ذات الشحن المتعاكسة فتتجمع هذه الحبيبات على بعضها محتجزة فيما بينها كمية من الماء. عند إضافة الملدن تتعدل بعض الشحنات، فتزول قوى التجاذب وتظهر قوى تنافر بين الحبيبات فتبتعد عن بعضها محررةً الماء المحتبس فيمابينها فتبدو العجينة أكثر ميوعة. الشكل (9-1) يوضح آلية عمل الملدنات.



الشكل (9-1): آلية تأثير الملدنات

9-3 المواد المؤخرة أو المبطئة للتصلب:

على الرغم من الوقت الطويل اللازم لإتمام التفاعلات بين الماء والإسمنت، توجد بعض الحالات التي تتطلب تأخير عملية التصلب وإبطاء التفاعل في المراحل الأولى من تفاعلات الإماهة بهدف التغلب على بعض الصعوبات في عملية الصب وتحسين مواصفات الخرسانة بعد التصلب. تُعرف المواد المؤخرة للتصلب بأنها مواد تُضاف إلى الخلطة الإسمنتية أثناء تحضيرها منحلة في ماء الخلطة بهدف إطالة فترة الخمول والإبقاء على الخلطة بشكلها العجيني لفترة زمنية أطول، ولتقليل سرعة تفاعل إماهة الإسمنت في المراحل الأولى.

9-3-1 دواعي استعمال مؤخرات التصلب:

1- عند الرغبة في إطالة فترة الخمول للتمكن من إنهاء عمليات الخلط والنقل والصب قبل بدء التصلب خاصة في الطقس الحار حيث يكون تفاعل الإماهة أسرع من المعتاد فيقصر طول فترة الخمول.

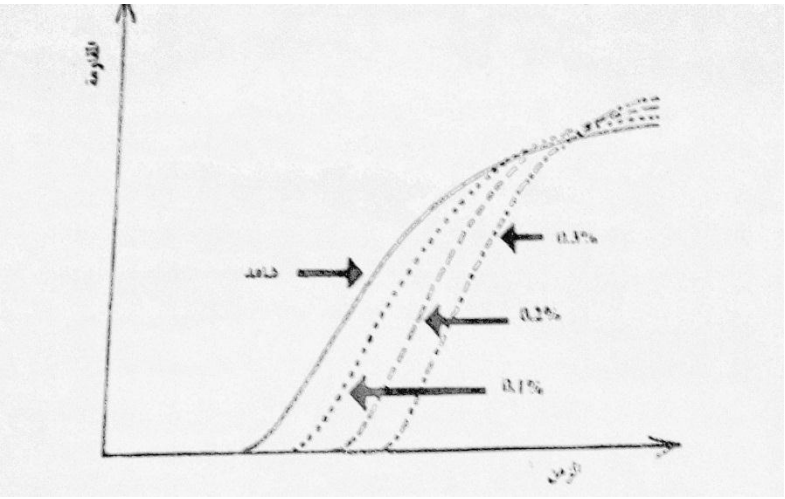
2- عند إجراء عملية صب كبيرة تحتاج إلى عدة صبات متتالية تستغرق عدة ساعات، إذ يمكن أن تبدأ الدفعة الأولى بالتصلب قبل الدفعات التالية ولذلك تكون مناطق الاتصال بين الدفعات مناطق ضعف لعدم تمكن أجزاء العجينة المضافة من التداخل بشكل جيد مع الدفعة الأولى التي بدأت بالتصلب. للتغلب على ضعف الخرسانة الناتج عن وجود مناطق الاتصال بين الدفعات المتلاحقة يجب أن تنتهي عملية الصب بكاملها قبل أن تبدأ العجينة بالتصلب وبذلك تصبح الخلطات كلها كأنها خلطة واحدة وتبدأ بالتصلب كقطعة واحدة. إن استعمال مؤخرات التصلب يمكننا من تحقيق هذا الأمر بسبب إطالة فترة الخمول.

3- لتجنب التشققات الحرارية الناتجة عن انتشار كمية كبيرة من الحرارة في المراحل الأولى من التفاعل، ويظهر ذلك خاصة في الكتل الخرسانية الضخمة كالسدود. إن إضافة مؤخرات التصلب يبطئ تفاعل الإماهة ولذلك تنتشر حرارة الإماهة خلال زمن طويل مما يسمح لقسم من هذه الحرارة بالانتقال إلى الوسط الخارجي فلا يحصل تراكم كبير للحرارة في جوف الكتلة الخرسانية.

4- لتوسيع دائرة عمل الجبالات المركزية التي تحضر خلطات خرسانية وتوزعها إلى ورشات العمل ضمن دائرة لا تتعدى عدة كيلو مترات حتى لا تتصلب العجينة الإسمنتية قبل إيصالها وصبها، يمكن بإضافة مؤخرات التصلب تأخير زمن بداية الأخذ وبالتالي توسيع دائرة العمل بأمان.

9-3-2 تأثير مؤخرات التصلب على مقاومة الخرسانة:

باعتبار أن لمؤخرات التصلب تأثير مبطئ على تفاعلات إماهة الإسمنت خاصة في المراحل الأولى من التفاعل فإن مقاومة الخرسانة الحاوية على مؤخر تصلب تكون في الأيام الأولى أصغر من مقاومة الخرسانة التي لا تحوي مؤخر وتدعى "الشاهد"، أما بعد عدة أسابيع تصبح مقاومة الخرسانة الحاوية مؤخر تصلب مساوية بل حتى أكبر قليلاً من مقاومة الشاهد لأن المقاومة النهائية تتعلق بكمية الإسمنت وهي نفسها في الحالتين، ويعود الارتفاع القليل في مقاومة العينة التي تحوي مؤخر تصلب إلى بقاء الخلطة بشكلها العجيني لفترة أطول مما يتيتح فرصة أفضل لتوزع حبيبات الإسمنت في الخلطة بشكل أكثر تجانساً. يبين الشكل (2-9) تأثير وجود مؤخر التصلب بنسب مختلفة على مقاومة الخرسانة.



الشكل (2-9): تأثير مؤخرات التصلب على مقاومة الخرسانة

9-4 مسرعات التصلب:

وهي نوع من الإضافات التي تسرع تفاعلات إماهة الإسمنت في المراحل الأولى من التفاعل ويؤدي وجودها إلى تقصير فترة الخمول وانتشار حرارة أكبر في المراحل الأولى من التفاعل وإلى ارتفاع المقاومة المبكرة للخرسانة.

9-4-1 دواعي استعمال مسرعات التصلب:

1- في الطقس البارد الذي يؤثر على سرعة تفاعل إماهة الإسمنت فيصبح التفاعل بطيئاً في درجات الحرارة المنخفضة وتكون المقاومة المبكرة ضعيفة، لذلك يمكن باستعمال المسرعات معاكسة تأثير انخفاض الحرارة وتسريع التفاعل وتحسن في المقاومة المبكرة وتقصير فترة الخمول.

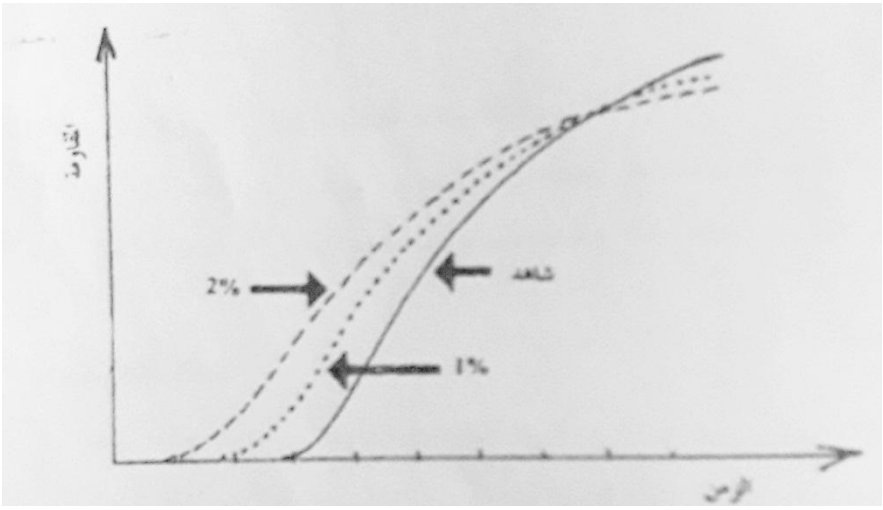
2- لتحضير القطع الخرسانية مسبقة الصنع والتي تُصب في قوالب ثم تُنزع من القوالب بعد أن تكتسب مقاومة كافية، وهذا يتطلب بعض الوقت، لذلك يمكن باستعمال المسرعات أن نحصل على المقاومة الكافية بوقت أقصر فيمكن فك القوالب وإعادة استعمالها بتواتر أكبر.

3- في حالات الإصلاح والترميم التي تتطلب الحصول على مقاومة عالية للإسمنت في وقت مبكر. يمكن الحصول على النوع المناسب من الإسمنت باستعمال اسمنت نعومته عالية جداً مضافاً إليه مسرع التصلب فتكون مقاومته بعد يوم واحد مساوية أو تزيد عن مقاومة الإسمنت العادي بعمر عدة أيام.

9-4-2 تأثير المسرعات على مقاومة الخرسانة:

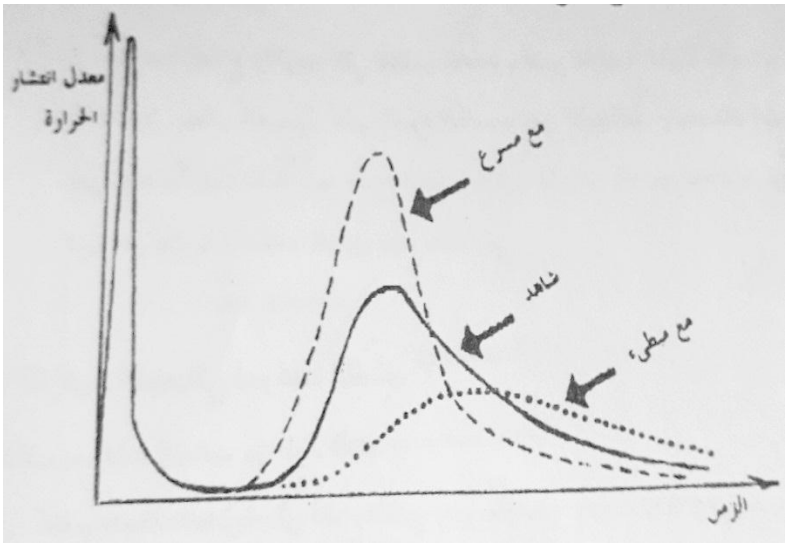
تكون المقاومة المبكرة للخرسانة الحاوية مسرع تصلب أكبر من مقاومة الخرسانة الشاهد بسبب سرعة التفاعل في المراحل الأولى والتي تنتج كمية أكبر من المادة الرابطة C – S – H، لكن هذا التزايد في المقاومة لا يظهر على المدى البعيد إذ تصبح المقاومة بعد بضعة أيام مساوية لمقاومة الشاهد وبعد عدة أسابيع يمكن أن تصبح أقل من مقاومة الشاهد. ولعل السبب في ذلك هو قصر

فترة الخمول وعدم توزع المادة الإسمنتية في الخلطة بشكل متجانس مما يؤثر سلباً على المقاومة كما يبين الشكل (3-9).



الشكل (3-9): تأثير مسرعات التصلب على مقاومة الخرسانة

يوضح الشكل (4-9) معدل انتشار الحرارة بدلالة الزمن لعينة اسمنت "شاهد" بدون أية إضافة ولعينة اسمنت مع مؤخر تصلب وعينة اسمنت مع مسرع تصلب.



الشكل (4-9): معدل انتشار الحرارة لإسمنت لوحده أو مع مبطئ أو مع مسرع

9-5 المواد المانعة لرشح المياه:

يُفترض في الخرسانة المحضرة بطريقة مثالية أن تكون كتيمة بذاتها دون الحاجة إلى إضافات أو طبقات طلائية أو مواد عازلة، لكن من الناحية العملية لا تحضر الخلطات بالشكل المثالي وتكون الخرسانة الناتجة ذات مسامية عالية. إذ تزداد المسامية مع زيادة النسبة $\frac{W}{C}$ بهدف زيادة قابلية التشغيل. للحصول على خرسانة كتيمة يجب أولاً أن تحضر بأقل قيمة ممكنة للنسبة $\frac{W}{C}$ ويساعد على ذلك استعمال الملدنات. ويمكن إغلاق بقية المسامات والأقنية الشعرية في الخرسانة بإضافة

بعض المواد التي تترسب في هذه الأقنية عند تفاعلها مع شوارد الكالسيوم بشكل أملاح ضعيفة الانحلال ودفوعة للماء أو كارهة له. تضاف هذه المواد إلى الخلطة الخرسانية بنسب ضئيلة عادة لا تتجاوز 2% إذ لا يمكن استعمال نسب عالية لأن ذلك يضعف المقاومة، فإذا كانت مسامية الخرسانة غير مرتفعة فإن إضافة مانعات الرشح بنسبة لا تتجاوز كثيراً 2% أمر مفيد جداً في زيادة الكتامة ومنع رشح المياه، أما إذا كانت الخلطة عالية المسامية، كأن تكون محضرة بنسبة $\frac{W}{C}$ مرتفعة جداً، أو أن العجينة لم تصب وترج وتدمك جيداً لملئ كل الفراغات، فإن الخرسانة الناتجة تكون غير كتيمة ولا يجدى معها إضافة مواد مانعة للرشح بنسبة نحو 2%.

9-5-1 تأثير مانعات الرشح على مقاومة الخرسانة:

تؤثر مانعات الرشح سلباً على مقاومة الخرسانة، هذا التأثير يكون صغيراً عندما تضاف هذه المواد إلى الخرسانة بنسب ضئيلة، مثلاً (1-2%)، أما إذا زادت النسبة فإن المواد العضوية المترسبة على سطح حبيبات الإسمنت والرمل الناعم تعيق عمل C – S – H في ربط مكونات الخرسانة مع بعضها، إذ لا تتشكل روابط بين المواد الإسمنتية اللاعضوية والمواد العضوية التي تتشكل منها مانعات رشح الماء. وهذا مايؤدي إلى تناقص مقاومة الخرسانة، وهنا يجب الموازنة بين الصفتين: المقاومة ونفوذية الماء أيهما أكثر أهمية للحالة المدروسة، فإذا كانت الكتامة أكثر أهمية من المقاومة عندها يمكن التنازل عن بعض المقاومة للحصول على خرسانة أكثر كتامة.

9-6 المواد المساعدة على الإنضاج:

هي المواد التي ترش على سطح الخرسانة بعد الصب مباشرة لتشكيل طبقة رقيقة من مادة شمعية أو عضوية على سطح الخرسانة تمنع الماء الموجود في العجينة من التبخر مما يسمح باستمرار تفاعل إماهة الإسمنت دون الحاجة إلى رش الخرسانة بالماء في الأيام التي تلي عملية الصب. إن كمية الماء الموجودة في العجينة الإسمنتية تكفي لاستمرار تفاعلات الإماهة إذا لم يتبخر منها شيء. لكن عملياً يتبخر معظم ماء العجينة بتأثير الشمس والرياح، لذلك يجب تعويض الماء المفقود برش الخرسانة بالماء يومياً وحتى يتفاعل معظم الإسمنت بعد نحو أسبوعين أو ثلاثة.

إذا كانت عملية الصب في منطقة فقيرة بالماء فيمكن رش سطح الخرسانة بمحلول من مادة عضوية مثل حمض الشمع في محل متطاير أو في الماء باستخدام جهاز رش يحول المحلول إلى رذاذ ناعم على سطح الخرسانة، فتتشكل قشرة من المادة العضوية أو الشمعية على سطح الخرسانة بعد تبخر المحل تمنع تبخر ماء العجينة فيستمر تفاعل الإماهة دون الحاجة إلى الرش بالماء. بعد عدة أسابيع يمكن إزالة الطبقة الشمعية بسهولة بكنسها لأنها لا تلتصق بقوة على سطح الخرسانة.