دور الإضافات الخاصة في تقوية الخرسانه المسلحة

[١٠]

أبجاد محمد البصيري
الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب دولة الكويتز

المستخلص

تهدف الدراسة إلى التعرف على دور الإضافات الخاصة في تقوية الخرسانة المسلحة في المنشآت، كما قام الباحث بعرض للأطر النظرية للتعريف بالخرسانة المسلحة ومكوناتها، وكذلك الإضافات الخاصة على الخرسانة، والتعريف بها وأنواعها، ومكوناتها.

ومن أجل ذلك قام باستخدام المنهج التجريبي القائم على التجربة للتوصل إلى دور الإضافة الخاصة على الخرسانة المسلحة في تقويتها، وقام الباحث بعمل تجربة باستخدام (CF/ACC) في شكلها السائل.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى الآتي:

اتضح من خلال التجربة بين خلطة التحكم (بدون إضافات) هبوط الخرسانة = ٧سم، والخلطة التجريبية (بالإضافات) هبوط الخرسانة = ١٧سم، تأثير الإضافات على مستوى هبوط الخرسانة في الخلطة التجريبية، حيث أثبتت الإضافات فاعليتها في ثبات الخرسانة عند تطبيقها بالخلطة التجريبية على خلطة التحكم (بدون إضافات) والتي هبطت بنسبة ١٧سم.

كما أوصت الدراسة بالآتي:

- ضرورة استخدام الاضافات للخرسانة لما لها من دور فاعل في تقوية الخرسانة المسلحة.
- يجب أن لا تخلط الإضافات في الخرسانة إلا بعد موافقة المهندس المسئول عن المشروع.
- تحديد المواد المناسبة للعمليات المطلوبة.
- ضرورة عمل اختبارات مصغرة للتأكد من فاعلية الخرسانة والاضافات قبل البدأ في صب الخرسانة بالموقع.

مقدمة

يعتبر الرومان هم أول من استعملوا الخرسانه العاديه Concrete في التاريخ من حوالي ٢٠٠٠ عام، وقد استعملت في معظم مبانيهم لسهولة تشكيلها وإمكان تنفيذها بعمالة مدربة، حيث أثبتت نجاح باهر في العديد من المواقع والمباني القديمة، مثل: مبنى البانثيون في روما،

وقناطر بونت دور جارد ... إلخ، والتي لا تزال قائمة حتى وقتنا هذا. (C. L. Page & M. M. Page, 2007, p.1)

والخرسانة مخلوط من مواد أولية مكون من الرمل والزلط (أو كسر الأحجار)، والأسمنت مع إضافة الماء إليهما، وعند خلطهما جيداً تتم عملية تماسك بينهما يسمى شكا (Setting) ، وقد تسمى الخرسانة (بيتون) (Beton) في بعض المناطق والدول العربية، وهي مشتقة من أسم الخرسانة باللغة الفرنسية.

وللخرسانة خصائص كثيرة تمتاز بها عن المواد الأخرى، فهي تأخذ شكل صلد متين مع الزمن تدريجياً، وتبدأ بالشك الابتدائي (Initial Setting) ثم الشك النهائي (Final Setting)، كذلك فهي جيدة المقاومة للضغط (Compression) ، وفي نفس الوقت ضعيفة جداً لمقاومتها للشد (Tension)، لذلك فالخرسانة العادية لا تستعمل في الأماكن التي يحدث فيها شد، أما الحديد فعموما مقاوم لقوى الشد والضغط، أما أسياخ الحديد الطويلة فيمكن أن تتحمل قوى الشد كلها، وفي نفس الوقت لا تستطيع الخرسانة أن تتحمل بنفس الدرجة قوى الضغط كلها نتيجة إنبعاجها (Buckling) الذي قد يحدث للخرسانة المسلحة إذا كانت قطاعاتها نحيفه (Selinderness) ، وعلى ذلك نجد أن مركب من مواد الخرسانة والحديد يعطي مادة مثالية لمقاومة الاجهادات المختلفة المؤثرة عليها، وهذا المركب هو ما يعرف باسم الخرسانة المسلحة (Reinforced Concrete). (فاروق عباس حيدر و عمر فاروق حيدر، ٢٠١٤ : ٢٣٨)

وتحتاج الخرسانة إلى بعض الإضافات لتعطي خصائص خاصة تساعد في تنفيذ المشروعات، والإضافات على الخرسانة أصبحت من الموضوعات الأساسية في مجال هندسة التشييد والبناء، وأيضاً في مجال الصناعات المعمارية، وتقاس حضارة الأمم وتطورها بمدى استخدامها لهذه الإضافات الحديثة حيث إن هذه المواد تزيد من العمر الافتراضي للمنشآت الخرسانية مما يؤثر تأثيراً إيجابياً على الاقتصاد القومي، وإذا نظرنا إلى دولة مثل الولايات المتحدة الأمريكية نجد أنها في عام ١٩٧١م استخدمت قرابة ٢٠٠،٠٠٠طن إضافات على الخرسانة، وفي عام ١٩٨١م استخدمت ٢٥٠،٠٠٠٠ طن، وفي عام ١٩٩١م استخدمت ٣٥٠،٠٠٠ طن، ومن هذه الإحصائية يتضح لنا أهمية استخدام الإضافات الخرسانية في

الإنشاءات الخرسانية، واستخدام هذه الإضافات يجب أن يكون مقنناً، وتكون الخلطة الخرسانية المستخدمة بها الإضافة مصممة، وأن يكون لها خلطة محسوبة ومعايرة طبقاً للمواصفات. (حسين محمد جمعه، ٢٠٠٧ : ٧)

والمواد المضافة هي عبارة عن مواد وتراكيب تضاف للخرسانة أثناء الخلط لتحسين خاصية أو أكثر من خواص الخلطة الخرسانية، وإكسابها ميزات جديدة تتناسب مع الأغراض والمتطلبات لها سواء كان تجهيزها بواسطة محطات الخلط المركزي أو بالموقع، والمواد المضافة للخرسانة هي التي تكون خلاف مكونات الخلطة الخرسانية المكونة من ماء وأسمنت وركام لإعطائها خواص مطلوبة في ظروف العمل.

وللإضافات الخرسانية استخدامات عديدة سواء كان استخدامها في عمليات الخلط بالموقع أو في محطات الخلط المركزية أو في مصانع الخرسانة الجاهزة أو الخرسانية سابقة الإجهاد، وتطور استخدام الإضافات أيضاً حيث دخلت في صناعة مواد البناء كمصانع الطوب الأسمنتي، والبلاط لتقليل الهالك أو للحصول على نوعيات ذات اجهادات عالية أو للوفاء بالطلبات السريعة حيث يتم استخدام الإضافات الخاصة بالحصول على اجهادات مبكرة لهذه العناصر.

تعريف الخرسانة (Concrete): الخرسانة هي بنيان Structure يتركب من عدة مواد Materials ، والجزء الأكبر في هذا البنيان هو الركام الذي يتماسك مع بعضه في صورة شبيهة بالكتلة الحجرية وذلك بفعل العجينة الأسمنتية المغلفة للركام، والتي تتصلد نتيجة التفاعل الكيميائي بين الأسمنت والماء. (محمود إمام، ٢٠٠٢ : ٢٥)

مكونات الخرسانة المسلحة: الخرسانة مادة إنشائية من صنع الإنسان، تتكون من مزيج متجانس تقريباً من جسيمات حبيبية صلدة متنوعة المقاسات، تعرف بالركام (Aggregate) تشغل نسبة كبيرة من حجم المادة، يتم تثبيتها بهيكل رابط ولاصق من معجون الأسمنت المتصلد بفعل الماء، والخرسانة في حالتها المتصلدة تبدو كمادة صخرية ذات مقاومة عالية للضغط ، أما في حالتها الطازجة فلها خاصية اللدونة، التي يسمح بتشكيلها إلى أي شكل معماري مطلوب. (إبراهيم محمد أمين الشيخ، ٢٠١٤ : ٢٤)

والخرسانة العادية مقاومتها ضعيفة نسبياً للشد (Tension) حيث يتراوح تحمل الخرسانة للشد بين (٧-١١%) من تحملها للضغط، وتوجد طرق دقيقة لقياس تحمل الشد المباشر (Direct tension) في الخرسانة، مثل طريقة شد الانفلاق (Tensile Splitting test) حيث يتم فحص اسطوانة خرسانية بقطر (١٥) سم وطول (٣٠) سم يتم كسرها في جهاز اختبار الضغط، بتأثير قوة ضغط عليها، عندما يكون محورها الطولي بوضع أفقي، وهذا الاختبار يعتبر غير مباشر للشد، وتكون النتائج المستحصلة حوالي (١٥%) أعلى من قيمة تحمل الشد المباشر (ASTMC 496) . (زهير ساكو، و أرتين ليفون، ١٩٨١ : ٦٦)

لذا يستخدم مع الخرسانة مواد أخرى، فيما يعرف بالمواد المركبة (Composite Materials) ، كما في حالة استخدام القطاعات المركبة من قطاعات الصلب والخرسانة، أو إضافة أنواع معينة من الألياف، لتحسين مقاومة الشد وتقوية الخرسانة، وبعض الخواص الميكانيكية الأخرى، والخرسانة الجيدة تحتاج إلى صيانة قليلة، كما أنها مقاومة جيدة للحريق، ولكن للخرسانة بعض الخواص غير المستحبة، مثل قابليتها للتشكل مع الزمن، وهو ما يعرف بالزحف، إلا أنه إذا أخذ في الاعتبار في مرحلة التصميم تأثير كل الظروف البيئية المحيطة والزحف والانكماش، وغيرها على التغيرات بعيدة المدى للمنشأ الخرساني وعناصره المختلفة، فإن ذلك سيؤدي إلى تفادي كثير من الصعوبات والمشكلات نتيجة تلك الخواص. (محمد سامح هلال، وأحمد محمد رجب، ٢٠٠٧ : ١٠٢)

وتتكون الخرسانة من:

أولاً: المواد الأساسية، وهي: الأسمنت، والركام، والماء.

ثانياً: الإضافات الخاصة، لتعديل خاصية أو أكثر من خواص الخرسانة.

المحور الأول: المواد الأساسية، وهي على النحو التالي:

[١] الأسمنت Cement:

كل أنواع الأسمنتات المستخدمة في الخرسانة تكون مطحونة إلى درجة نعومة عالية، ولكنها تختلف حسب نوع الأسمنت المنتج، ولها خاصية التفاعل مع الماء (الإماهة)، والتي ينتج عنها – بمرور الوقت – مادة لاحمة لحبيبات الركام، صلدة وقوية، تزيد قوتها ومقاومتها

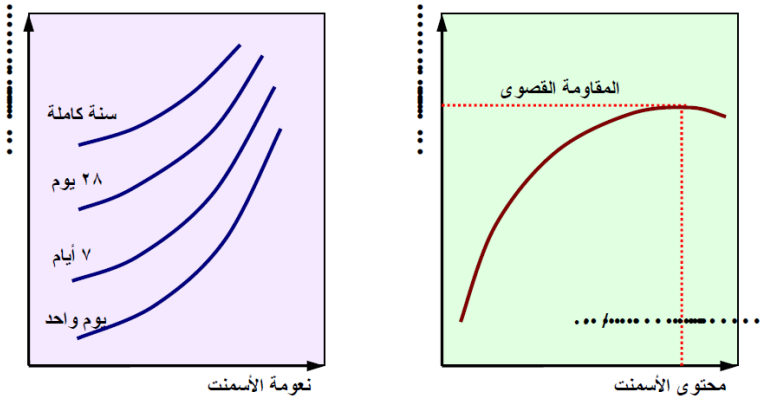
للأحمال مع الزمن، ويحتوي الأسمنت البورتلاندي العادي (الشائع الاستخدام عالمياً) في الخرسانة على أربعة مركبات أساسية، وهي سليكات ثلاث وثنائي الكالسيوم، وألومينات ثلاثي الكالسيوم، والومينات حديد رباعي الكالسيوم، كما سيوضح في الجدول التالي:
(H. F. W. Taylor, 1997 : 2-5)

اسم المركب	التركيب الكيميائي	الاختصار العلمي
سليكات ثلاثي الكالسيوم	$3CaO.sio_2$	C_3s
سليكات ثنائي الكالسيوم	$2CaO.sio_2$	C_2s
ألومينات ثنائي الكالسيوم	$3CaO.AL_2o_3$	C_3A
ألومينات حديد رباعي الكالسيوم	$4CaO.AL_2o_3.fe_2o_3$	C_4AF

ويتضح من الجدول السابق دقة الضبط والمعايرة أثناء عمليات توزيع المكونات بشكل علمي، فمثلاً يعد الجير من أهم مكونات الأسمنت التي تؤثر على تدهور الخرسانة، حيث تسبب زيادته عن الوزن المحدد في المواصفات عدم ثبات حجم الأسمنت، والسيليكا إذا لم يكن توزيعها جيداً بين المكونات، فتكون النتيجة أسمنت غير ثابت وضعيف، وذلك لعدم اكتمال الاتحاد بين الجير والسيليكا أثناء الحرق، وزيادة القلويات في الأسمنت تؤدي إلى خطر التشقق، بفعل تفاعل بعض أنواع الركام مع القلويات في الخرسانة، في حين أن الأسمنت ذات المحتوى الكبير من مركب سيليكات ثنائي الكالسيوم، لها مقاومة كبيرة للعوامل الكيميائية، والانكماش نتيجة الجفاف، لذلك فهذا المركب من أهم عوامل ثبات الأسمنت، أما ألومينات الكالسيوم فمقاومته ضعيفة للتأثيرات الكيمائية، وعلى الأخص الكبريتات الموجودة في المياه الجوفية، وينتج عن ذلك تشققات بخرسانة الأساسات، ولا ينصح باستعمال أسمنت به أكثر من (١٠%) من هذا المركب. (شريف أبوالمجد، ٢٠٠٧ : ٣٣)

والأسمنت هو المكون الرئيس الفعال الذي تتوقف عليه مقاومة الخرسانة، وأهم العوامل المؤثرة في الأسمنت هي كميته ونعومته وتركيبه الكيميائي، فنجد أن مقاومة الخرسانة تزيد بزيادة محتوى الأسمنت، وذلك حتى محتوى معين يقل عنده معدل الزيادة في المقاومة ثم تتوقف الزيادة في المقاومة بعد ذلك وربما تقل، وهذا المحتوى يختلف باختلاف نسب مكونات الخلطة، وكذلك يتوقف على وجود أو عدم وجود إضافات كيميائية أو معدنية، وعموما فقد وجد أن المحتوى الأقصى للأسمنت الذي يعطي أعلى مقاومة ضغط للخرسانة يقع بين ٤٥٠

و ٥٥٠ كج/م٣ ، أما بالنسبة لنعومة الأسمنت فهي تؤثر تأثيراً كبيراً على مقاومة الخرسانة وخاصة في الأعمار المبكرة حتى ٢٨ يوم، بعد ذلك يقل معدل الزيادة في المقاومة تدريجياً بتقدم عمر الخرسانة حتى يكاد ينعدم عند الأعمار المتأخرة جداً، وهذا ما يوضحه الشكل التالي: (محمود إمام، مرجع سابق : ١٢٩-١٣٠)



[٢] الركام Aggregate:

يتكون الركام من مجموعة من جسيمات ذات مقاسات متباينة، وتكون مادة صلدة (Strong) بدرجة كافية، وينبغي أن لا يحتوي الركام على مواد ضارة بنسبة أعلى من الحد المبين في المواصفات، وتشمل تلك المواد الأملاح وخاصة الكبريتات والكلوريدات، وغيرها من المواد الكيميائية، وكذلك المواد العضوية والمواد الناعمة جداً، ويشكل الركام أكثر من (٧٥%) من حجم الخرسانة، وهو أرخص من الأسمنت، ولهذا فإنه بزيادة كمية الركام نحصل على خرسانة أكثر اقتصاداً، واستعمال الركام يعمل على تحسين كل من الاتزان الحجمي، والتحمل مع الزمن للخرسانة الناتجة، والقول السائد بأن ركام الخرسانة هو الجزء المالئ الخامل غير دقيق التعبير، حيث إن خواصه الطبيعية، وأحياناً كثيرة الكيمائية في بعض الأحيان، تؤثر بدرجة متفاوتة على خواص الخرسانة في حالتيها الطازجة والمتصلدة. (Michael P. Edison, 2008 : 75-76)

ومن أهم خواص الركام المؤثرة على تدهور الخرسانة، هي المسامية أو الفراغات داخل الحبيبات، وهي خاصية مهمة، لأنها تؤثر على قوة ونفاذية الخرسانة، فوجود فراغات داخل

حبيبات الركام يضعفها، وفي نفس الوقت يزيد من قدرة الركام على امتصاص الماء والنفاذية للسوائل، مما يؤثر على النفاذية الكلية للخرسانة، وهذا يؤثر على تحمل الخرسانة مع الزمن.

ويؤثر الركام وحالة السطح على مقاومة الخرسانة للأحمال وتحملها مع الزمن، فحبيبات الركام الكبير المفلطحة (Flaky) والعصوية (Elongated)، تقلل من درجة تشغيل الخرسانة، فتحتاج إلى زيادة كمية الرمل والأسمنت والماء، لتعويض هذا النقص، فيتسبب في نقص مقاومة الخرسانة للضغط، ويؤثر شكل وحالة الركام الصغير على كمية الماء المطلوبة للخلطة، فكلما زادت نسبة الفراغات في عينة الرمل السائبة، كلما احتاجت الخلطة إلى كمية ماء أكبر مما يضعف الخرسانة المسلحة. (Sadoon Morad, 1998 : 4)

[٣] الماء Water :

ويستخدم الماء في الخلطات الخرسانية بنسب معيارية محددة ومدروسة، ويجب أن يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفاً وخالياً من المواد الضارة: كالزيوت، والأحماض، والقلويات، والأملاح الأخرى، التي قد تؤثر بصورة سلبية في خواص الخرسانة أو صلب التسليح، ولقد حدد الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة لعام (١٩٧٧)، الحد الأعلى المسموح به للأملاح في ماء الخلط ، كالآتي : (اتحاد المهندسين العرب، ١٩٧٧: ١٢)

- أملاح الكلوريدات لا تزيد عن 0.5 غم / لتر.
- أملاح الكبريتات لا تزيد على 0.3 غم / لتر.
- الأملاح الكلية لا تزيد على 2.0 غم / لتر .

واعتبر الماء الصالح للشرب مناسباً في جميع الأحوال لخلط الخرسانة، إلا أنه يمكن استعمال الماء غير الصالح للشرب إذا كان : (زهير ساكو ، و أرتين ليفون، مرجع سابق: ٦٨)

- زمن التماسك الابتدائي لعينات الأسمنت الممزوجة بهذا الماء لا يزيد بأكثر من (٣٠) دقيقة على زمن التماسك الابتدائي لعينات نفس الاسمنت الممزوجة بالماء الصالح للشرب، وعلى أن لا يقل هذا الزمن بأي حال عن (٤٥) دقيقة.
- لا يقل تحمل الضغط للنماذج القياسية التي يستعمل في مزجها هذا الماء عن (٩٠%) من تحمل الضغط لعينات ممزوجة بالماء الصالح للشرب.

ولا يجوز استعمال ماء البحر في إنتاج الخرسانة المسلحة، إلا أنه قد يستعمل عند الضرورة في خلطات الخرسانة العادية بدون تسليح، مع زيادة كمية الأسمنت المستعمل للوصول إلى الدرجة المطلوبة من قوة الخرسانة، ماء الخلط لا يعمل على إماهة الأسمنت فقط، وإنما يعمل كذلك على تسهيل الخلط والصب (كالشحم في الأجزاء المتحركة من الماكينات) والشوائب التي لها تأثير ضار على الخرسانة، تشمل الطفلة والطين والأحماض ومياه المجاري، ويجب أن لا تزيد نسب تركيز هذه الشوائب عن تلك المبينة في الجدول التالي: (Mindess, S. & Young, J. F., 1981: 142)

جدول يوضح المستويات المسموح بها للشوائب في ماء الخلط بالخرسانة المسلحة

الشوائب	الحد الأقصى للتركيز (جزء في المليون)	ملاحظات
مواد عالقة	٢٠٠٠	طفلة، طين، مواد عضوية
الكربونات	١٠٠٠	تقلل وقت التصلد
بيكربونات	٤٠٠–١٠٠٠	٤٠٠ لبيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم
كبريتات الصوديوم	١٠٠٠٠	قد ترفع المقاومة المبكرة ولكنها تخفض المقاومة النهائية
كبريتات الماغنسيوم	٤٠٠٠٠	
كلوريد الصوديوم	٢٠٠٠٠	تقلل وقت التصلد وترفع المقاومة المبكرة ولكنها تخفض المقاومة النهائية
كلوريد الكالسيوم	٥٠٠٠٠	
كلوريد الماغنسيوم	٤٠٠٠٠	
الفوسفات وأملاح الزنك والنحاس	٥٠٠	تؤخر الشك
الأحماض غير العضوية	١٠٠٠٠	الأس الهيدروجيني أقل من ٣
هيدروكسيد الصوديوم	٥٠٠	
كبريتيد الصوديوم	١٠٠	يجب اختيار الخرسانة
السكر	٥٠٠	يؤخر الشك

المحور الثاني: الإضافات الخاصة ، وهي على النحو التالي:

الإضافات (Admixtures) هي مواد تضاف للخلطة الخرسانية أثناء الخلط أو قبله مباشرة عند الرغبة في تعديل خاصية أو أكثر من خواص الخرسانة الطازجة أو المتصلدة، ويشمل تعديل الخواص واحداً أو أكثر مما يلي:
(Pedro Nel Quiroga & David W. Fowler, 2003 : 122)

- تحسين قابلية تشغيل الخرسانة الطازجة (Workability).
- إنقاص كمية الماء الممكن استعمالها في الخلطة.
- تحسين مقاومة الخرسانة لتأثير تجمد وذوبان الجليد والعوامل الجوية Freezing and thawing.
- تعجيل أو إبطاء التماسك و/ أو التصلد.
- إكساب الخرسانة مقاومة إضافية لنفاذية الماء أو الامتصاص.
- زيادة مقاومة سطح الخرسانة لتأثير التآكل بالاحتكاك (Wear Resistance).
- مقاومة انكماش الجفاف ، أو جعل الخرسانة تمددية.
- تلوين الخرسانة.
- إيقاف أو إنقاص تفاعلات كيميائية ضارة.
- تقليل نزف الماء في الخرسانة الطازجة.
- تقليل حرارة التفاعل (الإماهة) أو إبطاء انطلاقها.
- ربط الخرسانة المتصلدة بخرسانة حديثة الصب.

وتتعدد الإضافات الخاصة للخرسانة المسلحة، ومنها:

أنواع الإضافات الخاصة بالخرسانة المسلحة:

[١] إضافات لزيادة القابلية للتشغيل Workability: (Pedro Nel Quiroga & David W. Fowler, 2003 : 122)

والغرض من استخدام هذه الإضافة هو سهولة نقل الخرسانة، وسهولة صبها في الفرم دون حدوث انفصال لحبيباتها، وهذا يساعد بالتالي على عدم حدوث تعشيش بالخرسانة، وما ينتج عنه من ضعف الخرسانة وتآكلها، وحدوث صدأ للحديد نتيجة تسرب الكلوريدات خلال مسام التعشيش.

وتنقسم المواد والإضافات من هذا النوع إلى قسمين:

أ– المواد البودرة التي تضاف للخرسانة لزيادة قابلية التشغيل: وهي الطريقة القديمة حيث يتم طحن بعض المواد مثل الكاولين أو الجير المطفي أو الخبث المطحون، ويتم الطحن للحصول على نعومة عالية، ثم تضاف نسبة من ٥% إلى ١٠% من وزن الأسمنت مع ضرورة عمل الخلطة التصميمية اللازمة وتحويل كمية ماء الخلط اللازمة.

ب– الإضافات السائلة: وتضاف إلى ماء الخلط بنسبة تتراوح بين ٠،١% إلى ٠،٥% من الأسمنت وحسب الخلطة التصميمية.

درجات القابلية للتشغيل وعامل الدمك المقابل لها

درجة القابلية للتشغيل	الهبوط (مم)	عامل الدمك	استخدامات الخرسانة
منخفضة جداً Very Low	صفر – ٢٠	٠،٧٨– ٠،٨٥	خرسانة للطرق مدموكة بالاهتزام – الكمرات سابقة الصب – فلنكات السكك الحديدية.
منخفضة Low	٢٠–٥٠	٠،٨٥–٠،٩٢	خرسانة الطرق المدموكة بمكنات التسوية أو الأجهزة اليدوية – الخرسانة الكتلية للأساسات من غير اهتزازات للدمك – الخرسانة المسلحة ذات المقاطع البسيطة مدموكة بالاهتزازات.
متوسطة Medium	٥٠–٧٥	٠،٩٢–٠،٩٥	خرسانة مسلحة أو عادية مدموكة من غير الاهتزاز والمقاطع الخرسانية المسلحة الثقيلة والمدموكة بدون الاهتزاز.
عالية High	٧٥–١٠٠	أكثر من ٠،٩٥	خرسانة مسلحة ذات التسليح المتشابك – الأعمال الخرسانية حيث توجد صعوبة في الصب ولا تستخدم أبدا إذا كان دمك الخرسانة بالاهتزاز.

[٢] إضافات الهواء المحبوس Air Entraining: (Hudson, B., 1997: 58-63)

تعتبر إضافات الهواء المحبوس من أحدث الإضافات حيث إن الخرسانة المصممة بإنتاج الهواء المحبوس بداخلها تعطيها الخواص الآتية:

- مقاومة عالية للعوامل الجوية والجليد.
- زيادة قابلية التشغيل.
- زيادة التحمل مع مرور الوقت.
- تقليل الإنفصال الحبيبي.
- إنتاج خرسانة خفيفة.
- تقليل ماء الخلط.

ويستخدم هذا النوع من الإضافات في خرسانة الطرق في المناطق الباردة، وفي المنشآت الهامة، وتنقسم المواد التي تضاف إلى الخرسانة لهذا الغرض إلى قسمين:

[أ] مواد تضاف لإحداث رغاوي : وهي مواد تضاف أثناء الخلط فتحدث رغاوي مثل الراتنجات الطبيعية وصابون السلفونيك، ويجب أن تضاف بنسب محدودة، وحسب الخلطة التصميمية، وتكون بنسب تتراوح من ٠،١% إلى ٠،٥%.

[ب] مواد تضاف لإحداث غاز وفقاعات GAS : وهي مواد تحدث غاز مثل غاز الهيدروجين مثل مسحوق الزنك والألومنيوم.

[٣] إضافات سرعة الشك Accelerating:

(Sommer, H., Nixon, P.J. & Sims, I., 2005: 787-792)

وهي إضافات تقلل زمن الشك، وتزيد من تصلد الخرسانة، وبالتالي تسرع من الشك، وهذه الإضافات لها المميزات التالية:

- الحصول على مقاومة مبكرة للخرسانة.
- فك الفرم مبكراً.
- تقليل المعالجة للخرسانة.
- مقاومة الصقيع.

ومن أشهر المواد المستخدمة في ذلك هيدروكلوريد الكالسيوم، ولكن ينصح بعد استخدام الإضافات المحتوية على ذلك الكلوريد لما يسببه من أضرار كثيرة على حديد التسليح، ويوجد

مواد أخرى لهذا الغرض من المركبات العضوية أو السليكات، ويجب أن تكون النسب مدروسة جيداً، حسب زمن الشك المطلوب مع عمل الخلطات التصميمة اللازمة وأخذ الاحتياطات الكافية أثناء الصب مثل تغطية الخرسانة في الأجواء الحارة لتجنب التصلد قبل الوقت المناسب، وتضاف هذه المواد لماء الخلط بنسب تتراوح من ٠،١% إلى ٠،٥% حسب الخلطة التصميمية، ويجب التأكد من تاريخ الصلاحية والإنتاج والعناية بالتخزين الجيد بعيداً عن حرارة الشمس والرطوبة، مع مطابقة التوريدات للعينات المعتمدة. (Ibid., : 787-792)

[٤] إضافات تاخير الشك Retarders : (Pedeferri P, 1996 : 391-402)

تقوم المادة بتأخير شك الأسمنت، أي تزيد من زمن شك الأسمنت، وتصلد الخرسانة، وتقلل درجة حرارة الإماهة للأسمنت، فيقل معدل زيادة المقاومة Rate of gaining Strength ، وقد تسبب المؤخرات زيادة الإنكماش اللدن في الخرسانة، ولكن ليس لها تأثير يذكر على الخواص الطبيعية والميكانيكية للخرسانة المتصلدة.

وتستخدم الإضافة في عربات خلط الخرسانة وصب آبار البترول حيث تكون الأعماق الكبيرة، والأجواء الحارة حيث يحدث الشك الإبتدائي للأسمنت سريعاً جداً، وإذا كانت ظروف صب الخرسانة صعبة، ويلزم جعل المونة الأسمنتية لدنة أو سائلة لمدة طويلة، وإذا كانت هناك رسالة من الأسمنت ذات زمن شك صغير جداً، والحصول على خرسانة ذات ركام ظاهر بسطحها حيث يتم وضع كمية من الإضافات على السطح المطلوب وظهور هذا الزلط أو الركام كأنواع من الديكور، ويدخل في تركيبها المواد الكربوهيدراتية Carbohydrates، والسكر Sugar، وأملاح الزنك Zink، والفوسفات Phosphates.

[٥] إضافات لمنع نفاذ الماء بالخرسانة Permeability – reducing Admixtures :
(Brooks J J & Al-Quarra H, 1999 : 21-26)

تساعد المادة على عدم أو تقليل نفاذ الماء إلى الخرسانة، ولكنها لا تمنع نفاذ الماء تماماً، وللوصول إلى درجة عالية من مقاومة النفاذية ينبغي العناية بتصميم الخلطة الخرسانية ثم العناية بعمليتي الدمك والمعالجة.

ويمكن من خلالها تحسين منفذية الخرسانة من خلال الآتي:

- **إضافة صادة للماء (Water Proofing Agents):** وهي تعمل على منع الخرسانة من امتصاص ماء المطر والمياه السطحية الملامسة، ومن أمثلتها زيوت البترول والشمع Wax ، وتضاف بنسبة تتراوح من ٠،١% إلى ٠،٤% من وزن الأسمنت، وتستخدم المواد البوليمرية أيضاً لهذا الغرض، وذلك في صورة دهانات لأسطح الخرسانة لسد الفجوات الهوائية والشروخ الشعرية الموجودة بالسطح.
- **استعمال الملدنات الفائقة (Superplasticizers):** وهي تفيد هنا بطريقة غير مباشرة حيث إنها تعمل على تقليل ماء الخلط، وبالتالي الحصول على أقل نسبة فراغات ممكنة بالخلطة، ومن ثم تتحسن منفذية الخرسانة.
- **استعمال مواد بوزولانية مالئة للفراغات Pozzolanic Materials (Filling Effect):** والمواد البوزولانية هي المواد التي تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم الحر الناتج من تفاعل الأسمنت مع الماء مكونة مركبات غير قابلة للذوبان مثل سليكيات وألومنيات الكالسيوم المائيه Calcium silicate hydrate والتي تعمل على سد الفجوات الداخلية والمسام الشعرية ومن أمثلتها مادة غبار السيليكا Silica Fume وهي مادة تتكون من حبيبات دقيقة جداً مساحتها السطحية حوالي أربعة إلى خمسة أمثال المساحة السطحية للأسمنت (٢٠٠٠٠سم^{٢}/جم) وهي ناتج ثانوي Byproduct في صناعة سبائك السيليكون والفيروسليكون، وتتفاعل مادة غبار السيليكا مع هيدروكسيد الكالسيوم مكونة سيليكات الكالسيوم المماهة والتي لا تذوب فتؤدي إلى تقليل الفجوات الداخلية والمسام الشعرية. (Ibid, 21-26)

ويوضح الباحث في السطور التالية أمثلة لبعض المواد من حيث تركيبها الكيميائي وتفاعلاتها، على النحو التالي:

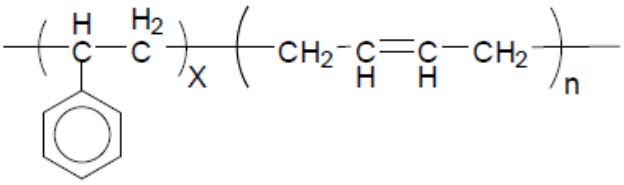
[١] مادة كيم فلو سوبر CF/ACC (Prakem, 2014 : 55)

تعتبر مادة كيم فلوسوبر من المواد الهامه للخرسانه، حيث تضاف للخرسانه لتقليل المياه، وتسرع الشك، وتساعد إضافتها على تقليل اختراق الكلوريدات السائلة للخرسانة، ولا تحتوي على القلويات لاسراع الشك، وتقليل نسبة المياه للأسمنت، مع رفع الاجهادات المبكرة للخرسانه، والمادة مطابقة للمواصفات الأمريكية ASTM Type C & E

ومن مواصفاتها الفنية أنها عديمة اللون، ودرجة الغليان 100م ، ونسبة الكلوريدات بها صفر، والأس الهيدروجيني بها (٥)، ويراعى عند استخدامها إضافة المادة لمياه الخلط أو أثناء خلط الخرسانه، وتتوافق مع جميع أنواع الإضافات مع الأخذ في الاعتبار أنه يجب إضافة كل مادة منفصلة، كما يمكن إضافة المادة لمياه الخلط أو الركام الناعم، ولا تضاف المادة للأسمنت أو المواد البوزولانية.

وتضاف المادة بنسبة ٠،٣٢–١،٩٥ لتر / ٥٠ كجم أسمنت، كما يجب عمل خلطات تجريبيه لتحديد الجرعة المناسبة، وتنتج المادة في عبوات من جراكن بلاستيكية ٢٥ كجم، وبراميل ٢٢٠كجم، وتنكات ١٠٠٠ كجم، ومدة صلاحيتها عام من تاريخ إنتاجها، ويراعى عند استخدامها الملابس الواقية مثل القفازات والنظارات الواقية، وضرورة التهوية المناسبة في الأماكن المغلقة، وتجنب وجود أي مواد تساعد على الاشتعال بجانبها، وعدم التخلص من بقايا المادة في المجاري والمصارف المائية أو التربة.

[٢] مادة (SBR) Styrene – butadiene rubber:



تعتبر مادة SBR (المستحلبة) من اللواصق المستخدمة في البناء لربط الأسمنت القديم بالحديث الإنشاء من خلال التصاق سطح المادتين بالمادة اللاصقة، وتعمل اللواصق بميكانيكتين:

- التجاذب الفيزيائي بين السطح واللواصق.

- التفاعل الكيميائي بين اللواصق والسطوح مكوناً اتحاد كيميائي بين المادتين.
(C.V. Cagle, 1968: 108)

وتختلف اللواصق من حيث قوتها في درجات الحرارة المختلفة، ومدى مقاومتها للمواد الكيميائية، وتشترك جميع اللواصق في ضرورة امتلاكها أوزان جزيئية متوسطة لتلتصق بصورة جيدة. (G. Michael & A. Lrene, 1978 : 92)

وتستخدم بعض هذه اللواصق (البوليمرية) لأغراض تحليلية وذلك لفصل وسحب بعض الأيونات الثقيلة من المياه لتقليل التلوث البيئي الناتج من تلك الأيونات.
(Zivicu, 1965: 121)

ويمكن تفسير سحب أيون الزئبق بواسطة SBR هو احتمالية حدوث تفاعل كيميائي بين الحلقة البنزينية في تركيبة الـSBR لأن من المعروف أن خلات الزئبق يمكن أن يتفاعل مع التلوين أو بعض المركبات الحلقية غير المتجانسة، وفي درجة حرارة الغرفة مما ينتج عنه حدوث عملية الزئبقة على المركبات الاروماتية. (طلال أحمد، (ب.ت) : ٦٩)

١-معادلة التفاعل التي توضح التفاعل الكيميائي الحاصل ليعطي ارتباطاً عشوائياً (أن نوع الكو بوليمر المحضر من قبل هذه الشركة هو عشوائي Random. إضافة إلى ارتباط ايون الزئبق مع الحلقة البنزينية في الوحدة المتكررة العائدة إلى SBR ذات ارتباط سهل ومستقر جداً مقاوم إلى درجات عالية من الدالة الحامضية.

٢-يتغلغل أيون الزئبق خلال الفراغات البينية في التركيبة الخرسانية.

٣-إحلال ايون الزئبق خلال عملية الاماهة محل الكالسيوم والمغنيسيوم وخروجها كأملاح كليه صلبة ذائبة Total dissolved salts (TDS) (B. Palmer, 1999 : 33)

التجربة: قام الباحث بعمل واحد من الاختبارات الأساسية التي تتم على الخرسانة، وتعطي معلومات وفيرة عن الخرسانة قبل الصب، وذلك لضبط جودة الخرسانة المسلحة في الموقع والتعرف على دور الإضافات في تقوية الخرسانة المسلحة باستخدام مادة كيم فلو سوبر (**CF/ACC**) في شكلها السائل، وقام الباحث باستخدام الأدوات التالية لإجراء التجربة:
الأدوات المستخدمة في التجربة :

- قالب معدني مخروط ناقص الشكل من الصاج المجلفن سمكه 1.5م وسطحه الداخلي ناعماً وخالياً من البروزات.
- حوض مسطح: لتجهيز العينة ، وهو عبارة عن مسطح 1.2م * 1.2م سمك وعمق ٥٠مم، وسمك 1.6.
- قضيب للدمك: يستخدم لدمك الخرسانة، وهو عبارة عن قضيب مستعرض مستدير بقطر ١٦مم وطول ٦٠سم، وبنهايتين كل منهما شبه كروية.
- شريط مدرج: لقياس مستوى هبوط الخرسانة.

إجراءات التجربة: الهدف الأساسي للدراسة التعرف على دور الإضافات في تقوية الخرسانة المسلحة، والتعرف على أداؤها ودرجة تأثيرها من خلال إجراء الاختبارات على الخرسانة الطازجة، ومقارنتها بنفس الخلطات الخرسانية بدون إضافات، ومن أجل هذا تحقيق الهدف تم إجراء الاختبار على خلطتين بنفس المواصفات إحداهما بدون إضافات، وتسمى خلطة التحكم أما الخلطة الخرسانية الثانية يضاف لها المواد المراد اختبارها، وتسمى الخلطة التجريبية.

أولاً : خلطة التحكم (بدون إضافات)على النحو التالي:

المكونات المستخدمة في التجربة:

أسمنت	رمل	زلط	ماء
٥كجم	٨كجم	١٢كجم	٢لتر
%١	%١،٦	%٢،٤	٠،٤

-
-
-
-

- قام الباحث بتنظيف السطح الداخلي للقالب بحيث لا توجد به أي مياه عالقة أو آثار خرسانية أو شوائب.
- تم تثبيت القالب على سطح أفقي أملس غير مُنفد للماء.
- تم ملئ القالب على ثلاثة طبقات ارتفاع كل منها يساوي ثلث ارتفاع القالب تقريبا وفي كل مرة تم الدمك بواسطة قضيب الدمك وصلت إلى ٢٥ مرة موزعة ونافذة إلى الطبقة السفلى، كما يتضح من الشكل.
- وبعد الانتهاء من دمك الطبقة العليا تم تسويتها مع حافة القالب.

- تم رفع القالب بعد ملئه مباشرة في اتجاه رأسي وببطء وعناية شديدة، ولوحظ هبوط الخرسانة بـ٧سم بعد رفع القالب.

ثانياً: الخلطة التجريبية (بالإضافات) على النحو التالي:

المكونات المستخدمة في التجربة

أسمنت	رمل	زلط	ماء	اضافات
٥كجم	٨كجم	١٢كجم	٢لتر	0.2
%١	%١،٦	%٢،٤	٠،٤	%٠،٢

- قام الباحث بتنظيف السطح الداخلي للقالب بحيث لا توجد به أي مياه عالقة أو آثار خرسانية أو شوائب.

- تم تثبيت القالب على سطح أفقي أملس غير مُنفد للماء.
- تم وضع نفس المكونات بالخلطة السابقة (خلطة التحكم) + اضافة مادة كيم فلو سوبر.
- تم ملئ القالب على ثلاثة طبقات ارتفاع كل منها يساوي ثلث ارتفاع القالب تقريبا وفي كل مرة تم الدمك بواسطة قضيب الدمك وصلت إلى ٢٥ مرة موزعة ونافذة إلى الطبقة السفلى.

- وبعد الانتهاء من دمك الطبقة العليا تم تسويتها مع حافة القالب.
- تم رفع القالب بعد ملئه مباشرة في اتجاه رأسي وببطء وعناية شديدة، ولوحظ هبوط الخرسانة بـ١٧ سم بعد رفع القالب.

نتائج الدراسة

وتوصلت الدراسة للنتائج التالية:

يتضح من خلال التجربة بين خلطة التحكم (بدون إضافات) هبوط الخرسانة = ٧سم، والخلطة التجريبية (بالإضافات) مادة كيم فلو سوبر هبوط الخرسانة = ١٧سم، تأثير الإضافات على مستوى هبوط الخرسانة في الخلطة التجريبية، حيث أثبتت الإضافات فاعليتها في ثبات الخرسانة عند تطبيقها على خلطة التحكم (بدون إضافات).

توصيات الدراسة

يوصي الباحث بالآتي:

- ضرورة استخدام الاضافات للخرسانة لما لها من دور فاعل في تقوية الخرسانة المسلحة.
- يجب أن لا تخلط الإضافات في الخرسانة إلا بعد موافقة المهندس المسئول عن المشروع.
- تحديد المواد المناسبة للعمليات المطلوبة.
- ضرورة عمل اختبارات مصغرة للتأكد من فاعلية الخرسانة والاضافات قبل البدأ في صب الخرسانة بالموقع.

المراجع

إبراهيم محمد أمين الشيخ (٢٠١٤): أسباب التصدعات والشروخ بالمنشآت الخرسانية وطرق معالجتها، دار النشر للجامعات، القاهرة، ص ٢٤.

اتحاد المهندسين العرب (١٩٧٧): الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة، دمشق، سوريا، ص ١٢.

حسين محمد جمعه (٢٠٠٧): إضافات وكيماويات الخرسانة، مكتب الدراسات والاستشارات الهندسية، القاهرة، ص ٧.

زهير ساكو ، و أرتين ليفون (١٩٨١): إنشاء المباني ، دار الكتب للنشر والتوزيع، كلية الهندسة، جامعة بغداد، العراق، ص ٦٦.

شريف أبوالمجد (٢٠٠٧): تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها، دار النشر للجامعات، القاهرة، ص ٣٣.

طلال أحمد (ب.ت): مبادئ في الكيمياء العضوية الفلزية، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة الموصل، العراق، ص ٤٤.

فاروق عباس حيدر و عمر فاروق حيدر (٢٠١٤): تشييد المباني، منشآة المعارف للطباعه والنشر، ص ٢٣٨.

محمد سامح هلال، وأحمد محمد رجب (٢٠٠٧): الخرسانة – أنواعها – طرق صيانتها، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة، مصر، ص ١٠٢.

محمود إمام (٢٠٠٢): الخرسانة – الخواص – الجودة – الاختبارات، دار الكتب المصرية، القاهرة، ص ٢٥٠.

Brooks J J and Al-Quarra H (1999): Assessment Of Creep and Shrinkage For The Flintshire Bridge, The Structural Engineer, 77, 5, pp. 21-26.

Page. C. L. & M. M. Page (2007): Durability of Concrete and Composites, Wood Head Publishing Limited, Cambridge England, PP. 1-220.

Cagle. C.V. (1968): "Adheisve Bonding" Technique and Application McGraw-Hill, Book Comp, New York, P. 108.

Michael. G. and A. Lrene (1978): AFormalary Of Paints and Other Coating, p. 79.

Taylor. H. F. W. (1997): Cement Chemistry, 2nd Edition, Thomas Telford Publishing, Ltd, London, PP. 2-5.

Hudson, B., (1997): Manufactured Sand: Destroying Some Myths," Quarry, October, PP. 58-63.

Michael P. Edison (2008) : Natural Cement, Library of Congress Cataloging In Publication Data, U.S.A., PP. 75-76.

Mindess, S. and Young, J. F.,(1981): Concrete , Printice-Hall. Inc Publish, P. 142.

Pedeferri P (1996): Cathodic Protection and Cathodic Prevention', Construction and Building Materials, 10 (5), pp. 391-402.

Pedro Nel Quiroga and David W. Fowler (2003): The Effects of Aggregates Characteristics on The Performance of Portland Cement Concrete, International Center For Aggregates Research, Aggregates Foundation for Technology, Research, and Education, U.S.A., PP. 98-122.

Prakem (2014): Speciality Chemicals, Product Data Sheet, Identification, No. Ca-5, https://www.ihs.com/products/specialty-chemicals-industry-scup.html (4/12/2015)

Sadoon Morad (1998): Carbonate Cementation In Sandstones, The International Association of Sedimentologists, Blackwell Science Ltd., U.S.A, PP. 4-35.

Shilstone, J. M, Sr. and Shilstone, J. M., Jr., (2002): Performance-Based Concrete Mixtures and Specifications For Today, Concrete International, U.S.A., PP. 204-215.

Sommer, H., Nixon, P.J. and Sims, I. (2005): Aar-5: Rapid Preliminary Screening Test For Carbonate Aggregates', Materials and Structures, 38 (282), pp. 787-792..

Zivicu. V. (1965): The Properties of Cement Paste With Admixture of Poly-Vinyl Acetate Emulsion, No. 28, PP. 121-140.

Palmer. W.B. (1999): "Status And Estimated Life of Tanks" J. Enging. Envir. Labor. No. (64), Vol. (15), p. 128.

THE ROLE OF SPECIAL ADDITIVES IN THE STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE [10]

El-Bosiery, A. M.
Education General Institute and Training in Kuwait

ABSTRACT

The study aims to identify the role of the special additives for strengthening reinforced concrete used in construction, as the researcher presented the theoretical frameworks for the definition of reinforced concrete and its components as well as the special additives used in concrete, identifying its types and components.

The experimental method based on the experience was used to reach the role of special additives to strengthen reinforced concrete and the researcher performed an experiment using the substance (CF/ACC) in its liquid form.

The study reached the following:

Control batch (without additives), produced fresh concrete slump equals 7cm, and the experimental batch with additives (CF/ACC) produced fresh slump equals 7cm, the effect of additives on the level of concrete slump in the experimental batch, where the additives proved its effectiveness in concrete stability.

The study also recommended the following:

- The need to use the additives to the concrete because of its active role in enhancing the properties the reinforced concrete.
- The additives should not be mixed to the concrete except after the approval of the engineer who responsible for the project.
- Determine the appropriate materials for the required operations.

- The need to make mini tests to make sure of the concrete and additives effectiveness before starting in casting the concrete in the site.

Key words: Special Additives+The Strengthening+Reinforced Concrete