

دراسة خواص الخرسانة الحاوية على المنتج الحيوي الطبيعي EM1

د. وليد محمد شيت العبدريه	عدي علي عزيز	بختيار عزيز محي الدين
أستاذ مساعد	مدرس مساعد	مدرس مساعد
قسم هندسة البيئة-جامعة تكريت		كلية الهندسة-جامعة كركوك

الخلاصة

تهدف الدراسة الحالية إلى معرفة سلوك الخرسانة الطرية والمتصلبة عند إضافة المادة EM1 إليها. ولتحقيق هذا الهدف أجريت دراسة عملية على عدة خلطات خرسانية تم فيها إضافة نسب وزنية متغيرة من مادة EM1 (0%، 3%، 6.5%، 10%) من وزن الاسمنت وصب مكعبات واسطوانات من هذه الخلطات، وبعد فحص النماذج وبأعمار مختلفة (7، 14، 28) يوم، تمت المقارنة بين نتائجها من حيث تقليل نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري ومعامل المرونة والكثافة المتصلبة الرطبة. ولوحظ فيها إن إضافة المادة EM1 إلى مكونات الخرسانة يزيد من قابلية تشغيل الخرسانة الطرية مقارنة بالخلطات المرجعية التي لا تحتوي على EM1 أي أن هذه المادة من الممكن أن تستخدم كمادة ملدنة في الخرسانة. كما تعمل هذه المادة على زيادة مقاومة الانضغاط والشد الانشطاري والكثافة ومعامل المرونة بنسب تعتمد بشكل رئيسي على نسبة EM1 المضافة وعلى عمر الخرسانة.

الكلمات الدالة: المادة (EM1) في الخرسانة، خصائص الخرسانة المتصلبة، مضافات الخرسانة.

Studying the Properties of Concrete Containing Natural Bio Productive EM1

Abstract

This study focused on the behavior of concrete when EM1 was added, to achieve the objective of this study a practical work was done on many concrete mixes. EM1 was added as weight percentage from cement weight (0%, 3%, 6.5%, 10%). The mixes was casted as cubic and cylinders samples and tested after 7, 14 and 28 days. Water cement ratio, compression strength, tensile strength, plastic index and wet density of hardened concrete were computed. The results shows that EM1 increases the workability of concrete compare with reference mixes so EM1 can used to increase the plastic of concrete and increase the compression and tensile and concrete density.

Key words: EM1 in concrete, Properties of Concrete, Concrete Admixture

المختصرات

W/C = water cement ratio.

EM1 = Effective Microorganisms

R= Control Sample

Ec= Modulus of Elasticity

المقدمة

شهدت المنشآت الخرسانية تقدماً ملحوظاً باستخدام خرسانة ذات مواصفات عالية، أغلبها منتجة باستخدام مضافات خاصة تضاف أثناء مزج الخرسانة، فقد شاع استخدام الخرسانة الحاوية على المضافات على الخرسانة التقليدية لما لها من المزايا المتعددة، كالقوة والديمومة العالية التي أتاحت للمصمم تقليل أبعاد العناصر الإنشائية في المنشآت الخرسانية لا سيما في الأبنية ذات الارتفاعات العالية والفضاءات الواسعة (Mullick, 2006) [1]، وظهرت مشكلة جديدة هي كيفية رص الخرسانة وخاصة في المقاطع الخرسانية الضيقة والمقاطع الخرسانية كثيفة التسليح أو صب الخرسانة تحت الماء الذي يتم من دون رص (من دون استخدام الهزاز)، ومن الجدير بالذكر أن الخرسانة ترص بعد وضعها في مكانها النهائي وذلك لطرد الهواء المحصور والحصول على أقصى كثافة ومقاومة وزيادة قوة الربط بين الخرسانة وحديد التسليح إن وجد، كما يعمل الرص الجيد على زيادة متانة الخرسانة وتقليل نفاذيتها للسوائل وتعتمد درجة الرص للخرسانة الطرية بصورة رئيسية على قابلية تشغيلها. بالإمكان الحصول على خرسانة بقابلية تشغيل جيدة بزيادة نسبة الماء المضاف إلى الاسمنت (W/C) والحصول على رص جيد ولكن ذلك يؤثر سلباً في خصائص الخرسانة الطرية إذ يسبب انعزال لمكونات الخلطة وحدوث ظاهرة النزف وعند تبخر الماء الزائد تتكون فراغات داخل الخرسانة المتصلبة مما يقلل من مقاومتها ومتانتها (الخلف، 1984) [2]. لذا فقد دعت الحاجة إلى إنتاج نوع من الخرسانة تجمع بين المقاومة العالية وقابلية تشغيل جيدة والقدرة على الجريان والانسباب خلال المقاطع الضيقة والكثيفة التسليح من دون زيادة نسبة الماء إلى الاسمنت (w/c) وبإمكانها رص نفسها ذاتياً دون الحاجة إلى

استخدام الهزاز ولا يمكن تحقيق هذه الخصائص في الخرسانة إلا بوجود الملدنات المتفوقة (Super plasticizer) في مكونات الخرسانة أثناء تحضير الخلطة. وفي الآونة الأخيرة ظهر نوع من الخرسانة يسمى بالخرسانة ذاتية الرص (Self Compact Concrete (SCC) التي يمكن تعريفها بأنها نوع من أنواع الخرسانة تمتاز بأنها ذات قابلية تشغيل عالية ولا تحتاج إلى رص أو استخدام هزازات أثناء عملية الصب، و تنتشر هذه الخرسانة ضمن المساحة المراد تغطيتها، وتملئ القوالب والمقاطع الضيقة و تنساب عبر شبكات التسليح الكثيفة بصورة سهلة تحت تأثير وزنها فقط دون تدخل خارجي، إذ تتمتع بقابلية تشغيل عالية وتنتج بإضافة الملدنات المتفوقة إلى مكونات الخرسانة. (Leemann , and Winnefeld , 2003.) [3]، (الخلف، 1991) [4].

سبق وان أجريت بعض البحوث عن إمكانية استخدام المادة (Effective Microorganisms EM1) في مجال تكنولوجيا الخرسانة، منها ما قام به الباحث (Amirah, 2007) [5] في جزء من دراسته والتي تركز على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعجينة الاسمنت الحاوية على نسب مختلفة من مادة (EM1) حيث اضافت نسب مختلفة من (EM1) تتراوح من (5%-100%) من وزن الاسمنت وقام بصب مكعبات بأبعاد (50×50×50) ملم من هذه الخلطات وفحصها لمقاومة الانضغاط بأعمار (3، 7) أيام ومقارنة نتائجها مع الخلطة المرجعية غير الحاوية على (EM1) ولاحظ الباحث إن إضافة (EM1) تزيد من مقاومة الانضغاط وعندما تكون نسبة إضافة (EM1) اقل من 30% تعطي زيادة اعلى في المقاومة كما لا يوجد أي تأثير سلبي لإضافة

الجانب العملي

أجريت الفحوصات اللازمة للمواد الداخلة في تركيب الخلطات الخرسانية، ووجد إنها مطابقة للمواصفات القياسية المطلوبة وكما هو مبين في الفقرات الآتية:

الاسمنت: الاسمنت المستخدم هو سميت عراقي محلي الصنع بموجب المواصفة العراقية [7]، ومطابق للاسمنت البورتلندي (ordinary Portland cement) ، ومنتج في معمل سميت كركوك.

الماء: استخدم ماء الشرب الاعتيادي لمدينة كركوك في الخلطة الخرسانية، إذ إن جميع المواصفات تشير إلى أن ماء الخلط يجب أن يكون صالحاً للشرب وخالياً من الشوائب.

الركام الناعم (الرمل): الرمل المستخدم هو رمل نهري من منطقة داقوق في مدينة كركوك، أجري له التحليل المنخلي ولوحظ بأنه مطابق للمواصفة البريطانية (B.S. 882:1983) [8]، ومن نوع متوسط النعومة (Medium sand)، وبمعامل نعومة قيمته (2.63) ونسبة المواد الطينية (1%)، وهي ضمن الحدود المسموح بها في المواصفة البريطانية التي يجب أن لا تتجاوز (3%).

الركام الخشن (الحصى): الحصى المستخدم هو حصى نهري ما يسمى محلياً (البحص) ذو شكل مكور، اجري له التحليل المنخلي ولوحظ بان المقاس الأقصى له (Max. agg size) (10mm)، ومطابق للمواصفة البريطانية Single- aggregate size (B.S.882:1983) [8].

المادة المضافة (الكائنات الحية المجهرية الفعّالة (EM1)) المركب EM1 المبين في الشكل (1) مادة سائلة، بني اللون، يستخدم في الزراعة كمادة سماد ويحتوي على أملاح مينييرالية متعددة اللون، نسبة الماء فيه تعادل (96.5%) أما الباقي فيمثل (3.5%) من وزن المادة عبارة عن معادن بشكل

(EM1) على الخصائص الكيميائية لعجينة الاسمنت. كما أجرت كلية الهندسة المدنية (جامعة دمشق، 2008) [6] دراسة لمونة الاسمنت الحاوية على مادة (EM1) وخلص البحث بان إضافة المادة (EM1) يزيد من مقاومة الانضغاط كما يسمح أيضاً بتخفيض كمية الاسمنت للحصول على المقاومة المطلوبة أو الإبقاء على كمية الاسمنت لرفع المقاومة، كما تمكن هذه المادة أيضاً زيادة كمية الرمل وبدون حدوث انفصال مكونات الخلطة (الانعزال).

ولدراسة مدى تأثير المركب (EM1) (الذي سيتم ذكره لاحقاً) في الخرسانة تم في هذا البحث إضافة نسب وزنية مختلفة من مادة (EM1) (كنسبة من وزن الاسمنت الجاف) إلى مكونات الخرسانة وأجريت دراسة على بعض خواصها، منها:-

1- تأثير إضافة نسب مختلفة من (EM1) على نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) المضافة إلى الخرسانة على شرط الحصول على نفس قابلية التشغيل (الهطول) في جميع الخلطات.

2- دراسة بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة المتصلبة ومنها:-

أ- دراسة مقاومة الانضغاط للخرسانة المتصلبة الحاوية على مادة (EM1) وينسب مختلفة ومقارنتها مع الخلطات المرجعية (خلطات غير الحاوية على (EM1)).

ب- دراسة مقاومة الشد الانتشاري للخرسانة المتصلبة الحاوية على مادة (EM1) وينسب مختلفة ومقارنتها مع الخلطات المرجعية (خلطات خالية من المركب (EM1)).

ج- دراسة تأثير إضافة مادة (EM1) على كثافة الخرسانة المتصلبة الرطبة.

د- معرفة تأثير إضافة مادة (EM1) على معامل المرونة للخرسانة المتصلبة.

الخرسانة الطرية والتي لها تأثير مباشر بخواص الخرسانة المتصلبة لذلك تم تثبيت مقدار الهطول في جميع الخلطات بـ (80±5) ملم. أجري فحص الهطول في جميع الخلطات استنادا بما مذكور في المواصفات الأمريكية ASTM C143M-03 ولوحظ من خلال فحص الهطول تأثير إضافة EM1 على (W/C) وقابلية التشغيل للخرسانة الطرية.

دراسة بعض الخصائص الميكانيكية للخرسانة المتصلبة وتشمل الآتي:-

مقاومة الانضغاط:- لمعرفة مقاومة الانضغاط اعتمد على صب مكعبات خرسانية بأبعاد (100×100×100)mm، وحسب المواصفة البريطانية (1983 : part 116 : B.S 1881) تم فحص هذه النماذج بعد إكمال فترة المعالجة (7،14،28) يوم وتحت تأثير التحميل الانضغاط باتجاه واحد باستخدام جهاز فحص الانضغاط وبمعدل سرعة تحميل (3KN/sec) وكما مبين في الشكل (2)، وتحسب مقاومة الانضغاط من المعادلة أدناه:-

$$\text{Compressive strength (fcu)} = \frac{P}{A} \quad \dots\dots (1)$$

P:- القوة المسببة للفشل (من الجهاز)

A:- مساحة وجه النموذج المعرض للتحميل

مقاومة الشد الانشطاري:- عادة تستعمل فحوصات غير مباشرة لقياس مقاومة الشد للخرسانة كفحص الشد الانشطاري (Splitting tensile strength) والذي اعتمد عليه في هذه الدراسة وأجري على نماذج خرسانية اسطوانية بأبعاد (150) ملم (القطر)×(300)ملم (ارتفاع) وبموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C-496-71). تم الفحص بتسليط قوة انضغاطية على الاسطوانة وباتجاهين متعاكسين وبمعدل سرعة تحميل (3 KN/sec) ولضمان توزيع

اكاسيد أملاح بالإضافة إلى مركبات عضوية كالكحول الايتيلي والبرونابول وحمض الخل وحمض البرونابول وحمض الزبدة والألجينات بالإضافة إلى بكتريا التمثيل الضوئي وبكتريا حمض اللاكتيك وبعض الخمائر. (جامعة دمشق، 2008) [6].

نسب الخلطة الخرسانية: تم تثبيت مقاومة الانضغاط للخرسانة المستعملة في هذه الدراسة بمقدار (35MPa) عند عمر (28) يوم، وللحصول على الخرسانة بالمقاومة المذكورة تم تصميم خلطة خرسانية بالطريقة البريطانية (Neville, 2000) [9] وبهطول يتراوح بين (80±5) ملم ، وبناءً على نتائج طريقة التصميم المذكورة لوحظ أن النسب الوزنية من (الاسمنت:الرمل:الحصى:الماء) التي تعطي المقاومة المطلوبة مساوية إلى (1 : 1.9 : 3.5 : 0.42) .

العمل المختبري

للحصول على النتائج التي يمكن من خلالها تحقيق أهداف البحث تم إضافة ثلاث نسب مختلفة من المادة المضافة (EM1) إلى الخرسانة (3.5 ، 6 ، 10) % من وزن الاسمنت الجاف ومقارنة نتائجها مع الخلطات المرجعية (R) والتي لا تحتوي على EM1. ولكل نسبة إضافة من EM1 أجريت الفحوصات الآتية:-

دراسة قابلية التشغيل للخلطات الخرسانية الطرية

لا توجد هناك طريقة مباشرة لقياس قابلية التشغيل للخلطة الخرسانية بل هناك عدة طرق غير مباشرة يعتمد عليها ومن هذه الطرق فحص الهطول (Slump test). تم إجراء فحص الهطول لتعيين قابلية التشغيل لجميع الخلطات الخرسانية المرجعية والحاوية على مادة (EM1) في هذه البحث. ومن المعلوم إن قابلية التشغيل للخلطة الخرسانية الطرية (مقدار الهطول) لها علاقة مباشرة بدرجة الرص ونسبة الفقاعات الهوائية المتبقية المحصورة داخل

القوالب بالخرسانة وترص باستخدام هزاز منضدي ولفترة زمنية ثابتة لكل النماذج (20 ثانية)، ثم تترك النماذج في جو المختبر لمدة (24) ساعة بعدها يتم فتح القالب وتستخرج النماذج وتوضع في أحواض ماء للمعالجة لإكمال فترة المعالجة (الأوسي، 1984)^[10]. ولتسهيل التعرف على نماذج الفحص تم ترميزها كما هو في الشكل (5).

مناقشة النتائج

دراسة قابلية التشغيل للخلطات الخرسانية الطرية

(Work ability)

تم تعيين قابلية التشغيل لجميع الخلطات عن طريق فحص الهطول الذي اجري حسب المواصفات الأمريكية ASTM C143M-03، ومن الجدير بالذكر إن مقدار الهطول تم تثبيته في الخلطة المرجعية (EM1) عند قيمة 5 ± 80 ملم وعند إضافة مادة EM1 إلى بقية الخلطات لوحظ إنها تزيد من سيولة الخلطة بدرجة تزداد مع زيادة نسبة المضافة من EM1 وبالتالي للحصول على الهطول المثبت 5 ± 80 ملم عند الخلطة المرجعية تم تقليل نسبة الماء/الاسمنت (W/C) المضافة في الخلطات الحاوية على (EM1) بنسب 9.5%، 14.4%، 23.8% عند إضافة 3.5%، 6%، 10% من (EM1) على التوالي وصاحب ذلك زيادة مقاومة الخرسانة المتصلبة، والجدول (1) والشكل (6) يبينان نسب تقليل نسبة W/C في الخلطات الحاوية على EM1 مقارنة بالخلطة المرجعية (EM1) 0%.

دراسة بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة

المتصلبة

مقاومة الانضغاط

يمكن اعتبار مقاومة الانضغاط للخرسانة من أهم خواصها إلا في بعض الحالات التي تكون فيها متانة الخرسانة وعدم نفاذيتها للسوائل أكثر أهمية من

القوة المسلطة على طول قطر الاسطوانة وضع النموذج قبل الفحص داخل هيكل حديدي مخصص لهذا الفحص حسب المواصفة المذكورة والمبينة في الشكل (3). وتحسب مقاومة الشد الانشطاري من المعادلة أدناه:-

$$\text{Splitting tensile strength (fsp)} = \frac{2P}{\text{J D L}} \dots\dots\dots(2)$$

P:- القوة المسببة للفشل (من الجهاز).

J:- نسبة ثابتة = 3.14

D:- قطر الاسطوانة = 150 ملم

L:- طول الاسطوانة = 300 ملم

دراسة تأثير إضافة مادة (EM1) على كثافة

الخرسانة المتصلبة الرطبة

لإيجاد كثافة الخرسانة المتصلبة أخذ وزن النموذج بعد إكمال فترة المعالجة وقبل الفحص مباشرة في جميع الخلطات باستخدام ميزان حساس، ولإيجاد كثافة الخرسانة المتصلبة تم احتساب نسبة الوزن إلى الحجم.

معرفة تأثير إضافة مادة (EM1) على معامل

المرونة للخرسانة المتصلبة (Ec)

تم قياس معامل المرونة لجميع النماذج المكعبة قبل الفحص الإتلافي مباشرة باستخدام جهاز باعث للموجات فوق الصوتية (Ultra sonic).

طريقة صب النماذج الخرسانية ومعالجتها

تبدأ عملية تحضير الخلطة الخرسانية بحساب كميات المواد المطلوبة للخليط التي تشمل الاسمنت، الحصى، الرمل والماء وذلك اعتماداً على نسبة الخلط المعتمدة، حيث تم تحضير جميع الخلطات الخرسانية بالطريقة اليدوية إذ يوضع الحصى والرمل في وعاء كبير (pan) ثم تخلط وهي في حالتها الجافة لفترة معينة لتشكل بعدها على هيئة مخروط ذو فجوة في المنتصف ثم يسكب ماء الخلط في الفجوة مع الاستمرار بالخلط لحين الحصول على خليط متجانس من حيث اللون والقوام. وبعدها تملأ

خلال الأعمار المبكرة (لحين 7 أيام) خصوصا عند الأجواء الباردة وبعدها تزداد مقاومتها مع الزمن بصورة طبيعية، بينما قد تكون قلة نسبة W/C في الخلطات الحاوية على EMI والتي فحصت عند بعمر 7 أيام تغلبت على هذه الظاهرة في الاسمنت.

مقاومة الشد الانشطاري

بصورة عامة لا يتوقع من الخرسانة أن تكون مقاومتها لقوة الشد عالية، ولكن معرفة مقاومة الشد للخرسانة تكون ذات أهمية لتقدير النقل الذي يحصل عنده التشققات في الخرسانة حيث أن عدم وجود التشققات له أهمية كبيرة في إدامة المنشأ الخرساني والحفاظ عليه وكذلك منع الصدأ لحديد التسليح في الخرسانة المسلحة. إن مقاومة الشد تكون بحدود (7-11)% من مقاومة الانضغاط للخرسانة، إذ أن نقصان مقاومة الانضغاط يؤدي إلى زيادة هذه النسبة وكذلك العلاقة ما بين مقاومة الشد ونسبة W/C هي مشابهة لما عليه في مقاومة الانضغاط(الخلف،1991) [4]. كما ذكر سابقا: استخدمت نماذج خرسانية اسطوانية ذات أبعاد (150) ملم (القطر) × (300) ملم (ارتفاع) لفحص مقاومة الشد الانشطاري، وفحصت النماذج بعد إكمال فترة المعالجة (7،14،28) أيام وثبتت نتائج الفحص في الجدول (3) والشكل (9).

تبين نتائج الفحص لمقاومة الشد في الجدول (3) والشكل (9) بأن إضافة المادة EMI في الخلطات الخرسانية لم تنحصر تأثيرها في مقاومة الانضغاط فحسب بل تعدى ذلك وأسهم أيضا وبشكل فعال في زيادة مقاومة الشد الانشطاري وذلك من خلال زيادة لدونة الخرسانة وبالتالي تمكن من تقليل ماء الخلط (W/C) ونتج عن ذلك زيادة في مقاومة الخرسانة المتصلبة.

ويتضح لنا من رؤية النتائج في الشكل (10) بأن نسب الزيادة في مقاومة الشد متغيرة وتتراوح بين

المقاومة. تتأثر مقاومة الانضغاط بالعديد من العوامل مثل نسبة (الماء/الاسمنت) ونسبة (الركام/الاسمنت) ونوعية الاسمنت والمقاس الأقصى للركام وظروف المعالجة وعمر النموذج عند الفحص (Troxelet al. 1968)^[11].

لإيجاد مقاومة الانضغاط في هذا البحث فحصت مكعبات خرسانية بأبعاد mm(100×100×100) بعد إكمال فترة المعالجة (7،14،28) أيام وتحت تأثير التحميل الانضغاط باتجاه واحد، حيث تزداد القوة المسلطة بشكل تدريجي لحين الفشل، والجدول (2) والشكل (7) يبيان نتائج الفحص والتي من خلالها يلاحظ بأن الخلطات الحاوية على المادة EMI أعطت مقاومة انضغاط أعلى من الخلطات المرجعية ولجميع الأعمار، أي أن المادة EMI تعمل وبشكل كفؤ على زيادة مقاومة الانضغاط وهذا من خلال مساهمتها كمادة ملدنة عند إضافتها إلى الخرسانة مما كان السبب في تقليل نسبة الماء/الاسمنت في الخلطات الحاوية لها وبالتالي ازدادت مقاومتها. يلاحظ من الشكل (8) الذي يبين نسب الزيادة في مقاومة الانضغاط مع نسب EMI المضافة بأن نسب الزيادة في مقاومة الانضغاط متفاوتة تتراوح بين (78-125)% عند عمر 7 أيام و(18-24)% عند عمر 14 يوم و(6-20)% عند عمر 28 يوم مقارنة بالخلطة المرجعية (0% EMI) التي فحصت عند نفس العمر. ومن هذه النسب يستنتج بأن نسب الزيادة في مقاومة الانضغاط تكون أكبر عند العمر (7) أيام مقارنة ببقية أعمار الفحص ولكل النسب المضافة من EMI وذلك نتيجة لضعف مقاومة الانضغاط للخلطة المرجعية (0% EMI) التي فحصت عند 7 أيام وقد يعود السبب في ذلك إلى نوعية الاسمنت حيث إن هناك بعض أنواع من الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي تكتسب مقاومة ببطء

من خلال شكل العلاقة في الشكل (11) يستنتج بان إضافة EM1 إلى الخرسانة تزيد من كثافتها المتصلبة وبشكل يتناسب طرديا مع زيادة نسبة EM1 المضافة إلى الخرسانة. كما تزداد الكثافة أيضا عند نفس النسبة من EM1 بزيادة عمر الخرسانة وذلك نتيجة لاستمرار عملية الاماهة للاسمنت بمرور الزمن وملئها الفراغات المتبقية نتيجة لعدم الرص الجيد أو المسامات الشعرية المتكونة في الخرسانة بسبب تبخر الماء الزائد عن حاجة الاسمنت بنواتج عملية الاماهة (الجل). (الخلف 1994)^[3]

معرفة تأثير إضافة مادة (EM1) على معامل

المرونة للخرسانة المتصلبة (Ec)

توصف المادة بكونها مرنة بصورة تامة إذا ظهر انفعال فيها عند تسليط الإجهاد وزال بعد رفع الإجهاد عنها (الخلف، 1991)^[4].

بالرغم من أن مادة الخرسانة غير مرنة تماما إلا أن معامل مرونة الخرسانة يكون مهما في تصميم الأعضاء الخرسانية لمقاومة التشوهات، ويتراوح معامل المرونة بين (7000-50000)Mpa واعتمادا على مقاومة الانضغاط للخرسانة حيث يزداد معامل المرونة للخرسانة بزيادة مقاومتها للانضغاط، كما ويتأثر معامل المرونة بنسب الركام، وعمر الخرسانة، وظروف الفحص ونسب المزج ونوع الاسمنت. (الخلف 1984)^[2].

تشير النتائج في الجدول (5) أن معامل المرونة للخرسانة عند نفس العمر يزداد عند إضافة المادة EM1 إليها ولكن بنسب طفيفة وان مقدار هذه الزيادة في الخرسانة تعتمد على نسبة EM1 المضافة حيث وجد أن قيم معامل المرونة تزداد بشكل ملحوظ عند النسب الكبيرة من EM1 بسبب انخفاض نسبة (W/C) في هذه الخلطات والنسبة القليلة من الفراغات المتكونة وهذا يعمل أيضا على

(5-88)% مقارنة بالخلطات المرجعية، ويلاحظ من خلال النتائج عند جميع أعمار الفحص تحسن مقاومة الشد بزيادة نسبة EM1 المضافة إلى الخرسانة ويعلل ذلك بان النسب الكبيرة من EM1 تسبب التقليل من نسبة الماء \ الاسمنت المضاف بنسبة كبيرة، أي أن نسب زيادة مقاومة الشد عند نفس العمر تعتمد بدرجة أساسية على نسبة EM1 المضافة إلى الخلطة، كما وجد أيضا من خلال الشكل عند نسبة معينة من EM1 المضافة تزداد نسب زيادة المقاومة بتقدم العمر وهذا الأمر طبيعي ومتوقع في الخرسانة في حال عدم وجود أي مشكلة في الاسمنت الجاف.

دراسة تأثير إضافة مادة (EM1) على كثافة

الخرسانة المتصلبة

كما ذكر في البرنامج العملي إن قابلية التشغيل تعتبر مقياس لدمجية الخرسانة والتي يقصد بها سهولة رص الخرسانة وطرده الفقاعات الهوائية منها وبالتالي تعطيها كثافة أعلى. من هذا المبدأ فأن لكثافة الخرسانة المتصلبة علاقة مباشرة بقابلية التشغيل للخرسانة الطرية. إذ أن الخرسانة عندما تكون قابلة للتشغيل تكون قابلة للرص أيضا (يمكن طرد الفقاعات الهوائية) وبذلك تقل نسبة الفقاعات الهوائية المحصورة فيها مما يزيد من كثافتها المتصلبة، ومن الجدير بالذكر إن قلة نسبة الفراغات في الخرسانة (زيادة الكثافة) تزيد من تجانسها وتماسك مكوناتها مع بعضها وبذلك تزداد مقاومة الخرسانة للقوى الخارجية كما تزداد متانتها ونقل نفاذيتها أيضا. (الخلف، 1984)^[2]

الجدول (4) يبين قيم الكثافة المتصلبة الرطبة للنماذج. أما الشكل (11) يوضح العلاقة بين كثافة الخرسانة المتصلبة الرطبة ونسب EM1 في الخرسانة.

قابلية تشغيل جيدة وإمكانية طرد لأكبر نسبة من الفقاعات الهوائية أثناء الرص.

5- يزداد معامل المرونة للخرسانة وسرعة مرور الموجة خلال الخرسانة عند إضافة مادة EM1، وإن مقدار هذه الزيادة يزداد عند القيم الكبيرة من EM1 المضافة إلى الخرسانة. بالإضافة إلى ذلك يستنتج بان معامل المرونة يزداد بشكل ملحوظ أكثر عند الأعمار (14، 28) يوم.

المصادر

1. Mullick, A. K., "High Performance Concrete for Bridges and Highway Pavements" Bridge Engineering March, Advances in pp. 24-31, 2006
2. الخلف، مؤيد نوري ويوسف، هناك عبد، "تكنولوجيا الخرسانة"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، مطبعة جامعة الموصل 558، 1984.
3. Leemann, A., and Winnefeld F., "The Effect of Viscosity Modifying Agents on Mortar and Concrete" Cement and Concrete Composite Vol.29, pp.341-349, January, 2007
4. الخلف، مؤيد نوري ويوسف، هناك عبد، "مضافات الخرسانة"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، مطبعة جامعة الموصل، ص 368، 1991
5. Amirah .F.M " Effects of Effective Microorganisms (EM1) on the Properties of Cement Paste" M.SC thesis , Civil Engineering Dept. University Technology , Malaysia, 2007. pp.124.
6. جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية " التقرير الفني خاص بصلاحية المادة (EM1) وأثرها التلديني في الخلطات الأسمنتية" مقدمة لصالح شركة الأنام، طرطوس، شارع الميناء. 2008.
7. المواصفات القياسية العراقية (رقم 5) "خصائص الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي" الجهاز المركزي للتحقيق والسيطرة النوعية، العراق 1984.

زيادة سرعة مرور الموجة خلال الخرسانة إذ أن وجود الفراغات الهوائية المحصورة داخل الخرسانة تعيق من استمرارية الموجة وبالتالي يزداد زمن مروها خلال الخرسانة وتقل السرعة عند حسابها من المعادلة (3).

كما وإن لعمر الخرسانة تأثيراً على معامل مرونتها، فعند معالجة الخرسانة بصورة جيدة تزداد فيها المقاومة ومعامل المرونة مع مرور الزمن وهذا ما يلاحظ في الشكل (12) الذي يبين العلاقة بين معامل المرونة ونسب إضافة EM1 في الخلطات مع عمر الخرسانة، بالإضافة إلى ذلك يلاحظ من هذه الشكل أيضاً إن معامل المرونة لنفس النسبة من EM1 المضافة يزداد بصورة أكبر عند الأعمار (14، 28) أيام مقارنة بالعمر (7) أيام كما هو الحال في مقاومة الانضغاط أيضاً.

الاستنتاجات

- 1- إن إضافة مادة EM1 إلى مكونات الخرسانة يزيد من قابلية تشغيلها من خلال زيادة سيولة الخلطات الحاوية على مادة EM1 مقارنة بالخلطات المرجعية أي أن هذه المادة ممكن أن تستخدم كمادة ملدنة في الخرسانة.
- 2- بزيادة نسبة EM1 المضافة تزداد قابلية التشغيل مما أتاح الفرصة بتقليل نسبة الماء / الاسمنت (W/C) المضافة إلى الخرسانة.
- 3- الخلطات الحاوية على المادة EM1 ازدادت فيها مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري مقارنة بالخلطات المرجعية ولجميع الأعمار بسبب نسبة الماء / الاسمنت المنخفضة فيها. وكلما تزداد نسبة EM1 المضافة تزداد مقاومة الانضغاط والشد الانشطاري أيضاً.
- 4- تعمل المادة EM1 في الخرسانة على زيادة كثافتها المتصلبة ولجميع الأعمار من خلال إعطائها

11. Troxell, G. L., Davis, H. E., and Kelly, J. W., "Composition and Properties of Concrete", 2nd Edition, McGraw Hill Book Company, 1968, pp 526.



الشكل (3): فحص مقاومة الشد
الانشطاري للاسطوانات الخرسانية.

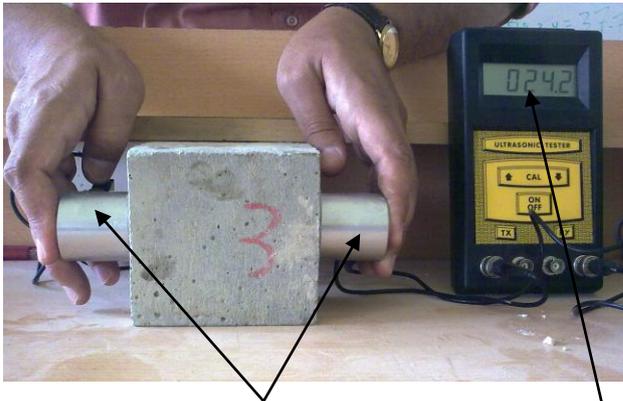
8. British Standards Institute, B.S 882 : "Aggregate from Natural Sources for Concrete"1983.

9. Neville, A. M., "Properties of Concrete", 4th Edition, British Library, England, 2000.

10. الأوسي، محمد علي وفياض، " تأثير طريقة التبريد على مقاومة الانضغاط للخرسانة المعرضة إلى درجات حرارة عالية" مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد الثالث، العدد الأول، ص 57-70، 1985.



الشكل (1): عبوة من المركب (EM1).



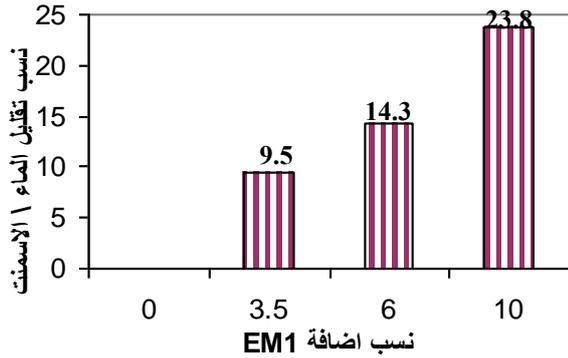
أقطاب الجهاز

سرعة مرور الموجة خلال
الخرسانة

الشكل (4): قياس سرعة الموجة خلال الخرسانة
باستخدام جهاز Ultra sonic

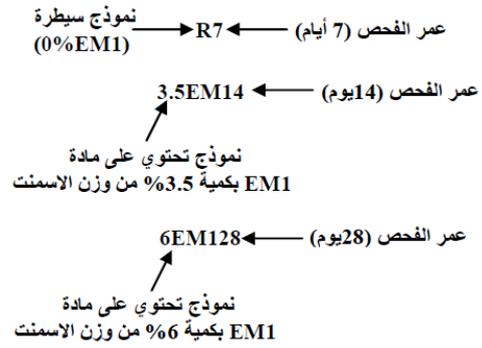


الشكل (2): فحص مقاومة الانضغاط
للمكعبات الخرسانية.

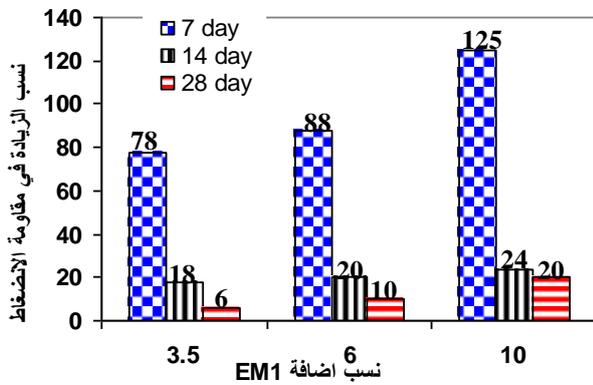


الشكل (6): نسب تقليل نسبة الماء \ الاسمنت

بعد إضافة المادة EM1

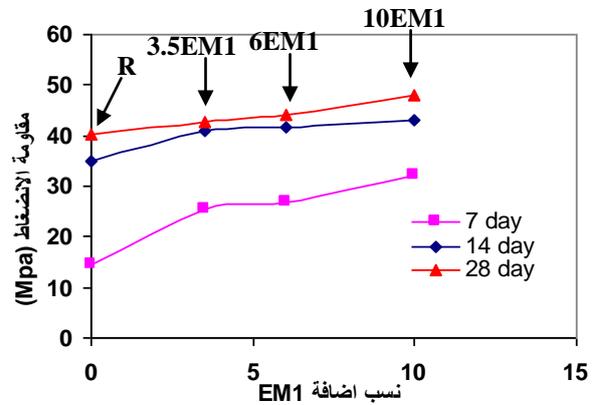


الشكل (5): تسمية نماذج الفحص.



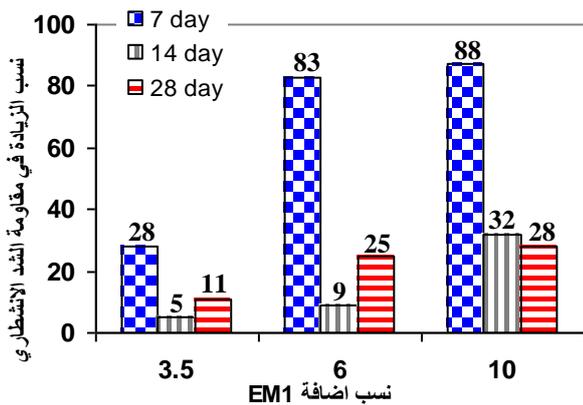
الشكل (8): نسب الزيادة في مقاومة الانضغاط مقارنة

بالخلطات المرجعية R مع نسب EM1 المضافة الى الخلطة.



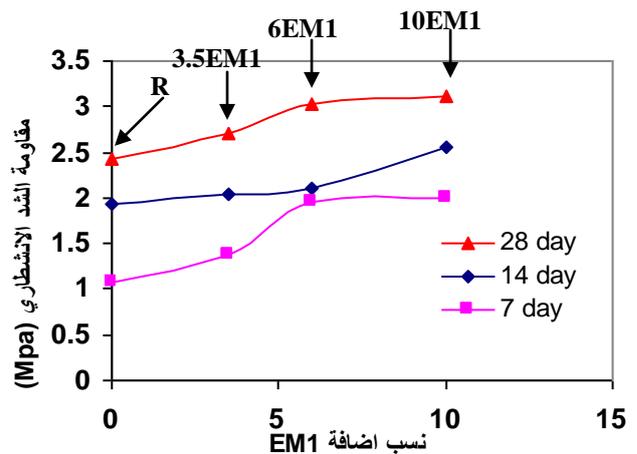
الشكل (7): العلاقة بين مقاومة الانضغاط

للخرسانة ونسب EM1 المضافة الى الخلطة.



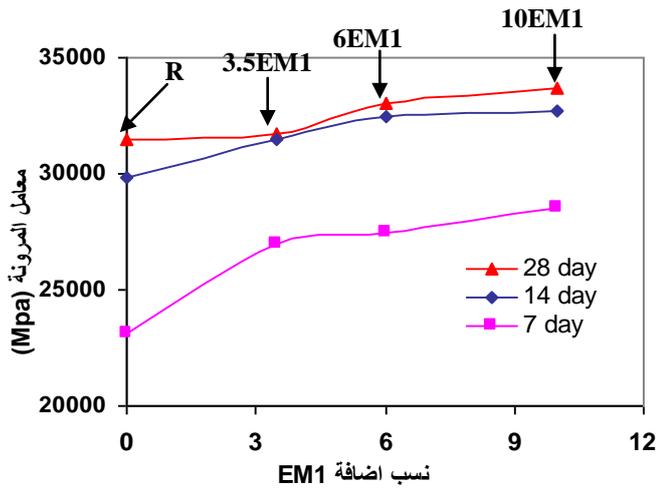
الشكل (10): نسب الزيادة في مقاومة الشد الانشطاري مقارنة

بالخلطات R مع نسب EM1 المضافة الى الخلطة

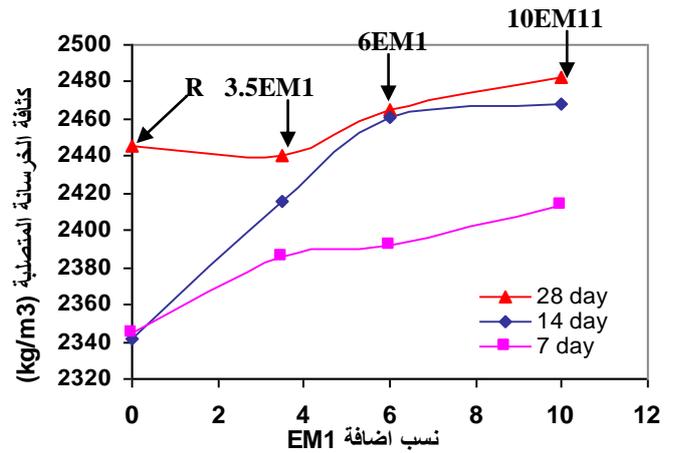


الشكل (9): العلاقة بين مقاومة الشد الانشطاري

للخرسانة ونسب EM1 المضافة الى الخلطة



الشكل(12): العلاقة بين معامل المرونة ونسب EM1 المضافة الى الخلطات.



الشكل (11) توضح العلاقة بين كثافة الخرسانة المتصلبة ونسب EM1 المضافة الى الخلطة.

الجدول (1): تقليل نسبة الماء الاسمنت في الخلطات الحاوية على EM1

الرمز	نسب الخلط	EM1%	نسبة الماء \ الاسمنت	تقليل نسبة الماء \ الاسمنت (%)
R	1 : 1.9 : 3.5 : 0.42	0	0.42	\
3.5EM	1 : 1.9 : 3.5 : 0.38	3.5	0.38	9.5
6EM	1 : 1.9 : 3.5 : 0.36	6	0.36	14.3
10EM	1 : 1.9 : 3.5 : 0.32	10	0.32	23.8

الجدول (2): نتائج فحص مقاومة الانضغاط بأعمار مختلفة ولجميع الخلطات.

معدل مقاومة الانضغاط (Mpa)	مقاومة الانضغاط (Mpa)	عمر الفحص	EM1%	نسب الخلط	رمز النموذج
14.3	13.85	7	0	1 : 1.9 : 3.5 : 0.42	R7
	14.9				
25.5	25.8	7	3.5	1 : 1.9 : 3.5 : 0.38	3.5EM7
	25.2				
26.9	27.3	7	6	1 : 1.9 : 3.5 : 0.36	6EM7
	26.5				
32.1	31	7	10	1 : 1.9 : 3.5 : 0.32	10EM7
	33.2				
34.8	35.31	14	0	1 : 1.9 : 3.5 : 0.42	R14
	34.42				
41	41.0	14	3.5	1 : 1.9 : 3.5 : 0.38	3.5EM14
	40.9				
41.8	42.6	14	6	1 : 1.9 : 3.5 : 0.36	6EM14
	40.6				
43.1	43.9	14	10	1 : 1.9 : 3.5 : 0.32	10EM14
	42.3				
40.1	40.91	28	0	1 : 1.9 : 3.5 : 0.42	R28
	39.3				
42.6	42.02	28	3.5	1 : 1.9 : 3.5 : 0.38	3.5EM28
	43.18				
44.1	43.6	28	6	1 : 1.9 : 3.5 : 0.36	6EM28
	44.5				
48	48.7	28	10	1 : 1.9 : 3.5 : 0.32	10EM28
	47.3				

الجدول (3): نتائج فحص الشد الانشطاري بأعمار مختلفة ولجميع الخلطات.

رمز النموذج	نسب الخلط	EM1%	عمر الفحص	مقاومة الشد الانشطاري (Mpa)	معدل مقاومة الشد الانشطاري (Mpa)
R7	1 : 1.9 : 3.5 : 0.42	0	7	1.1	1.07
				1.04	
3.5EM7	1 : 1.9 : 3.5 : 0.38	3.5	7	1.32	1.37
				1.42	
6EM7	1 : 1.9 : 3.5 : 0.36	6	7	1.92	1.96
				2.01	
10EM7	1 : 1.9 : 3.5 : 0.32	10	7	2.09	2
				1.91	
R14	1 : 1.9 : 3.5 : 0.42	0	14	1.95	1.93
				1.90	
3.5EM14	1 : 1.9 : 3.5 : 0.38	3.5	14	2.15	2.03
				1.92	
6EM14	1 : 1.9 : 3.5 : 0.36	6	14	2.04	2.1
				2.16	
10EM14	1 : 1.9 : 3.5 : 0.32	10	14	2.48	2.55
				2.62	
R28	1 : 1.9 : 3.5 : 0.42	0	28	2.38	2.43
				2.49	
3.5EM28	1 : 1.9 : 3.5 : 0.38	3.5	28	2.63	2.7
				2.78	
6EM28	1 : 1.9 : 3.5 : 0.36	6	28	2.98	3.03
				3.08	
10EM28	1 : 1.9 : 3.5 : 0.32	10	28	3.2	3.12
				3.04	

الجدول (4): قيم الكثافة المتصلبة للنماذج الخرسانية.

الرمز النموذج	كثافة المتصلبة *(kg/m ³)	الرمز النموذج	كثافة المتصلبة *(kg/m ³)	الرمز النموذج	كثافة المتصلبة *(kg/m ³)
R7	2345	R14	2342	R28	2445
3.5EM7	2386	3.5EM14	2416	3.5EM28	2440
6EM7	2392	6EM14	2461	6EM28	2465
10EM7	2414	10EM14	2468	10EM28	2483

الجدول(5): قيم معامل المرونة وسرعة مرور الموجة خلال الخرسانية.

الرمز النموذج	معامل المرونة (Mpa)	سرعة الموجة (Km/s)	الرمز النموذج	معامل المرونة (Mpa)	سرعة الموجة (Km/s)	الرمز النموذج	معامل المرونة (Mpa)	سرعة الموجة (Km/s)
R7	23100	4.28	R14	29800	4.48	R28	31500	4.55
3.5EM7	27000	4.40	3.5EM14	31500	4.55	3.5EM28	31700	4.56
6EM7	27500	4.43	6EM14	32500	4.57	6EM28	33000	4.59
10EM7	28500	4.47	10EM14	32700	4.58	10EM28	33700	4.61