تأثير طرق الإنضاج على مقاومة الانضغاط للخرسانة

ناظم خليفة مطلب[1] نداء نعمان مجيد[2] وعد عبد اللطيف سعيد[3]

تاريخ الاستلام : ٢٠١١/١/٩ ، قبول النشر :٢٠١١/٣/٢٨

الخلاصة (Abstract):

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير طرق الإنضاج على المقاومة الانضغاطية للخرسانة من خلال استخدام خمس طرق إنضاج و هي: الطريقة البريطانية و التي تشمل غمر النموذج بالماء بعد صبه باربع و عشرون ساعة ثم وضعه بأكياس البولي اثيلين المحكمة الغلق لحين الفحص ، طريقة التغطية بالخيش مع الرش بالماء مرتين يوميا، طريقة الغمر بالماء، طريقة الرش بالماء مرتين يوميا، وطريقة الطلاء بمادة الفلنكوت. أظهرت نتائج فحص المقاومة الانضغاطية لنماذج المكعبات بعمر٧،٢١ و ٢٨ يوم أن طريقة الإنضاج بأتباع المواصفة البريطانية سجلت أكبر قيم للمقاومة الانضغاطية حيث كانت النتائج (٣١,٢٦,٣٦،٢٥,٨٣، ٣٦,٦٦ ميكا باسكال) ولم تكن نتائج الفحص بطريقة الغمر بالماء مختلفة كثيرا عنها و خصوصا بعمر ٢٨ يوم . و قد لوحظ ايضا بأن نتائج المقاومة الانضغاطية لطريقة الطلاء بمادة الفلنكوت هي الاقل و لكافة الأعمار (١٨,٢٤، ١٩,١٨، ١٩,٦٥ ميكا باسكال).

الكلمات الرئيسية: الإنضاج، المقاومة الانضغاطية، الاماهة، بولي اثيلين، فلنكوت.

Effect of Curing methods on the Compressive Strength of concrete

Nadom Khalifa Mutlib **Nida' Nu'man Majeed** **Waad Abdullatieef Saeed**

Abstract

This paper is dedicated for studying the effect of curing methods on the compressive strength of concrete by using five methods of curing which are: the British method which is carried out by immersing the specimens in water starting after 24 hours of casting, then putting them in polyethylene bags- which are closed tightly- till the date of testing .The second method is carried out by covering specimens with burlap and sprinkling the specimens twice a day. The third method is carried out by immersing the specimens with water. The fourth method is carried out by sprinkling the specimens twice a day. And the last method is to paint the specimens with flint coating to prohibit the water from escaping by evaporation. The results showed that the British method is the best one for compressive strength values (36.66,31.26,25.83 MPa), also the

[1]- مدرس مساعد في قسم التقنيات المدنية في المعهد التقني الانبار .
[2]- مدرس في قسم التقنيات المدنية في المعهد التقني الانبار .
[3]- مدرس مساعد في قسم التقنيات المدنية في المعهد التقني الانبار.

method of immersion in water has a close values to this method especially after 28 days. It has been noticed that the results of the fifth method have the smallest values and for all ages of curing (19.65,19.18,18.24 MPa).

١- المقدمة (Introduction):

إن إنضاج الخرسانة أمر حيوي للحصول على مقاومة مناسبة ، لان كمية ومعدل ونتيجة الاماهة تعتمد على درجة الحرارة والرطوبة المحيطة ، وبوجه عام كلما زاد الوقت الذي نحتفظ فيه بالخرسانة رطبة كلما زادت مقاومتها ، والخرسانة المصنوعة من اسمنت بورتلاندي عادي وتم إنضاجها لمدة أسبوعين بالماء تصل إلى ٧٥% من مقاومتها النهائية بعد ٢٨ يوم ، أي إن مقاومة الخرسانة بعد سنة ستكون مرة وربع مقاومتها المميزة (Characteristic Strength) أما الخرسانة المتروكة في الهواء بدون بلل فلا تصل إلا إلى ٥٠-٥٥ %من مقاومتها النهائية ، ولابد أن يكون البلل دائماً خلال الفترة المحددة ليصبح الإنضاج فعال [١].

إن تأثير الإنضاج مرتبط بعوامل أخرى تؤثر على المقاومة الانضغاطية للخرسانة وأهمها :-

١. درجة حرارة الإنضاج.
٢. فترة الإنضاج.
٣. الرطوبة.
٤. طريقة الإنضاج.

إن الطرق و المواد الموظفة لإنضاج الخرسانة تتنوع طبقا لنوع الخرسانة، نوع المنشأ، و الظروف البيئية المحيطة بالمنشأ أثناء فترة الإنضاج. يتم السيطرة على ماء الخلط باستعمال مواد عازلة ،إما صفائح صلبة مثل مادة البولي اثيلين أو السوائل التي تكون طبقة رقيقة عند استعمالها، أو عن طريق توفير بيئة رطبة مثل طريقة الغمر بالماء أو بواسطة الأغطية المنقّعة.

إن العمل على المشاريع ذات المنشات المستوية مثل اعمال الرصف و الارضيات يتطلب دقة اعلى للسيطرة على فقدان الماء من تلك الأعمال ذات الخرسانة الكتلية. و من جانب اخر يجب الانتباه الى الميول الحرارية الكبيرة المتولدة من الخرسانة الكتلية نتيجة حرارة الاماهة التي تسبب مشكلة في هذا النوع من الخرسانة بالإضافة إلى خرسانة البلاطات المعرضة إلى أشعة الشمس بصورة مباشرة [٢]

اذا تم اعادة اشباع الخرسانة بالماء بعد فترة من الجفاف فإن عملية الاماهة سوف تستأنف و تبدأ المقاومة بالزيادة مرة اخرى. على اية حال، فإن من الأفضل أن يتم معالجة الخرسانة بإبقائها رطبة و بصورة مستمرة من لحظة الصب و لحين اكتسابها الجودة المطلوبة، فعندما تجف الخرسانة يصبح من الصعب أن يتم إعادة إشباعها مرة أخرى [٣].

. إن فترة الإنضاج لا يمكن تحديدها بسهولة لاعتمادها على عوامل عديدة كدرجة الحرارة ، الرطوبة النسبية ونوع الاسمنت المستعمل [٤].

جرت بحوث كثيرة ومتنوعة في هذا المجال وذلك للوصول الى أفضل الطرق من حيث تأثيرها على المقاومة الخرسانية، مقاومة الانضغاط والشد والانحناء ومتانة الخرسانة المتصلبة وأي الطرائق افضل اقتصادياً حيث هناك منشات لا يمكن إنضاجها إلا بطرائق خاصة قد تكون مكلفة فيسعى الباحثين ببحوثهم على إيجاد أفضل الحلول . فقد قام الباحث (Aluko) [٥] بالمقارنة بين خمس من طرائق الإنضاج في المختبر وهذه الطرائق تتضمن :-

طريقة الغمر بالماء .
طريقة تغطية الخرسانة بغشاء البولي اثلين.
طريقة رش الماء على الخرسانة بشكل مستمر.
طريقة تغطية الخرسانة بطبقة من الرمل الرطب.
طريقة تغطية الخرسانة بنسيج الخيش الرطب.

فقد تبين من هذه المقارنة إن أفضل الطرائق التي اجري عليها الفحص هي طريقة الرش المستمر حيث حصل النموذج على أعظم قوة انضغاطية بمرور الوقت وكان الفحص على الأعمار المبكرة (٧، ٢١، ٢٨) يوم .

ومن هذا توصل إلى إن طريقة الرش المستمر بالماء هي الطريقة المثالية لاستمرار عملية اماهة الاسمنت في الخرسانة وبدون أي ماء فائض الذي سيزيد مجدداً نسبة الماء / الاسمنت ويؤدي إلى نقصان في القوة [٥] .

أما الباحث (حسان) [٦] فقد أجرى الفحوصات على الخرسانة الخالية من الركام الناعم وأجرى مقارنة بين طرائق الإنضاج واستخدم الطرائق التالية:-

الطريقة الأولى: هي طريقة المواصفة البريطانية فبعد صب النماذج بـ (٢٤) ساعة غمرت النماذج في الماء لفترة قصيرة لحين اختفاء الفقاعات الهوائية ثم وضعت في أكياس البولي اثيلين لمدة (٦-٥) أيام، تركت بعدها في جو المختبر بدرجة حرارة (20±5C0) ونسبة رطوبة (60%-70%)إلى يوم الفحص.

الطريقة الثانية: الحفظ داخل أكياس البولي اثيلين مع الترطيب كل أسبوع.
الطريقة الثالثة: الرش المنتظم بالماء مع التغطية بشرائح البولي اثيلين.
الطريقة الرابعة: الغمر بالماء.
وقد فحصت نماذج لكل طريقة من هذه الطرائق بأعمار (٧،٢٨،٩٠) يوم.

توصل الباحث إلى إن الرش المنتظم بالماء مع التغطية بشرائح البولي اثيلين بحيث تم المحافظة على النماذج رطبة بدرجة كافية طيلة فترة الإنضاج قد أعطى أفضل النتائج ولكافة الأعمار ، أما بالنسبة لطريقة الإنضاج حسب المواصفات البريطانية وطريقة الغمر بالماء فان طريقة المواصفات البريطانية قد أعطت نتائج أفضل من طريقة الغمر بالماء للأعمار المبكرة (٧،٢٨) يوم ، وأعطت طريقة الغمر بالماء نتائج أفضل من طريقة المواصفات البريطانية للعمر المتأخر (٩٠) يوم ، أما طريقة الحفظ المستمر للنموذج داخل أكياس البولي اثيلين مع الترطيب مرة كل أسبوع فإنها أعطت اقل النتائج ولكافة الأعمار [٦].

و قد استخدم الباحث (Md. Safiuddin) [٧] ثلاث طرق انضاج شملت طريقة الغمر بالماء، طريقة اللف بمادة الرقائق البلاستيكية و طريقة التعرض للهواء. استخدم الباحث مادة السيليكا بنسبة ١٠% من وزن الاسمنت و نسبة ماء الى المادة الرابطة تساوي(٠,٣٥). استنتج الباحث ان النماذج التي عولجت بطريقة الغمر بالماء اظهرت اعلى مقاومة انضغاطية تليها طريقة اللف بالبلاستك ثم طريقة التعرض للهواء. و بالنسبة للامتصاص السطحي فقد اظهرت النائج ان النماذج المعالجة بطريقة التعرض للهواء هي الاكثر امتصاصا ثم نماذج طريقة اللف بالبلاستك ثم نماذج طريقة الغمر بالماء.

٢ - الهدف من البحث

يهدف البحث إلى دراسة تأثير بعض طرق الإنضاج المعروفة على خاصية المقاومة الانضغاطية للخرسانة الاعتيادية لما لهذه الخاصية من أهمية كبيرة في تصميم الخرسانة.

٣-المواد :

٣-١:الاسمنت

تم استخدام الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي (Ordinary Portland cement) أردني المنشأ و كانت مواصفاته كما يلي:

جدول رقم (١) : مواصفات الاسمنت .

النوع	البورتلاندي الاعتيادي
التماسك الاولي	٥٩ دقيقة
التماسك النهائي	٢ ساعة و ٤٥ دقيقة
المقاومة الانضاطية (٢٨ يوم)	٢٦.٧ ميكا باسكال
النعومة	٢٨٢٤ غم/سم٢

٣-٢ : الركام الناعم(الرمل)

استعمل الركام الناعم حيث تم أجراء الفحوصات في مختبرات المعهد التقني الانبار / قسم التقنيات المدنية حيث كان مطابق للمواصفات القياسية البريطانية (B.S. 882-92)[٨] ، الجدول رقم (٢) يبين تدرج الركام الناعم.

جدول رقم (٢) : تدرج الركام الناعم.

قياس فتحة المنخل (ملم)	متوسط (M)	النسبة المارة %
٢.٣٦	١٠٠-٦٥	٧٥.٩
١.١٨	١٠٠-٤٥	٦٧.٨
٠.٦	٨٠-٢٥	٥٦
٠.٣	٤٨-٥	٣٥.٨
Pan	-	٠

٣-٣ : الركام الخشن (الحصى)

استعمل في هذا البحث الركام الخشن وتم فحص الركام الخشن في مختبرات المعهد التقني الانبار / قسم التقنيات المدنية حيث كان مطابق للمواصفات القياسية البريطانية (B.S. 882-92)[٧] (مقاس اسمي ٥-٢٠ ملم) ، والجدول رقم (٣) يبين تدرج الركام الخشن.

جدول رقم (٣) : تدرج الركام الخشن.

قياس فتحة المنخل (ملم)	مقاس اسمي ٥-٢٠ ملم	النسبة المارة %
٣٧.٥	١٠٠	١٠٠
٢٠	١٠٠-٩٠	٨٩.٤
١٠	٦٠-٣٠	٣٠
٥	١٠-٠	٠.٢
٢.٣٦	-	٠
Pan	-	٠

٣-٤ : الماء

تم استخدام الماء الصالح للشرب في الخلط والإنضاج.

٤- تصميم الخلطة الخرسانية

تم استخدام الخلطة الخرسانية بالاعتماد على الطريقة الحجمية وبنسبة خلط (١:٢:٤) وبنسبة ماء / سمنت تساوي (٠.٥)

٥- طريقة العمل:

تم استخدام خمس طرائق إنضاج مختلفة ، وهذه الطرائق تضمنت:-

الطريقة الأولى: هي طريقة المواصفة البريطانية (B.S 1881:part 113:1983)[٩] فبعد صب النماذج بـ (٢٤) ساعة غمرت النماذج في الماء لفترة قصيرة لحين اختفاء الفقاعات الهوائية ثم وضعت في أكياس البولي اثيلين لمدة (٦-٥) أيام، تركت بعدها في جو المختبر بدرجة حرارة (200 C) ونسبة رطوبة -(60% 70%)إلى يوم الفحص.

الطريقة الثانية: التغطية بنسيج الخيش مع الرش بالماء مرتين يومياً.

الطريقة الثالثة: الغمر بالماء.

الطريقة الرابعة: الرش بالماء مرتين يومياً.

الطريقة الخامسة: الصبغ بمادة خاتمة للمسام (الفلنكوت).

٦- الأجهزة والأدوات المستعملة :

١. خباطة كهربائية: تم استخدام خباطة تعمل بالطاقة الكهربائية لخلط المواد الأولية الداخلة في إنتاج الخرسانة.
٢. هزاز منضدي : لرص الخرسانة سعة (٢) قالب بتردد (2880 cycles/min) نوع (ELE).
٣. قوالب معدنية غير ماصة للماء : تم استخدام قوالب مكعب الشكل(150*150*150 mm) نوع (ELE).
٤. أوعية بلاستيكية.
٥. جهاز فحص المقاومة الانضغاطية الرقمي (Digital) : نوع (ELE) سعة (2000kN)

٧- إعداد النماذج:

بعد اكتمال عملية الخلط تم وضع الخرسانة في القوالب بطبقتين متساويتين وتم رص كل طبقة باستخدام الهزاز الكهربائي لوقت مناسب لحين تجانس الخرسانة داخل القالب مع التأكد من جوانب القوالب بعد كل عملية رص. بعد ملئ القوالب ورصها جيداً ثم تعديل سطح النماذج باستخدام المالج. وبعد مرور ٢٤ ساعة من عملية الصب تم فتح القوالب وتم إنضاج النماذج حسب الطرائق المتبعة.

٨- الفحص:

تم فحص النماذج بأعمار (٧ ، ٢١ ، ٢٨) يوم حيث تم الفحص بجهاز ضغط رقمي نوع ELE سعة 2000kN وبمعدل سرعة تسليط للحمل (3kN/Sec).

٩- النتائج:

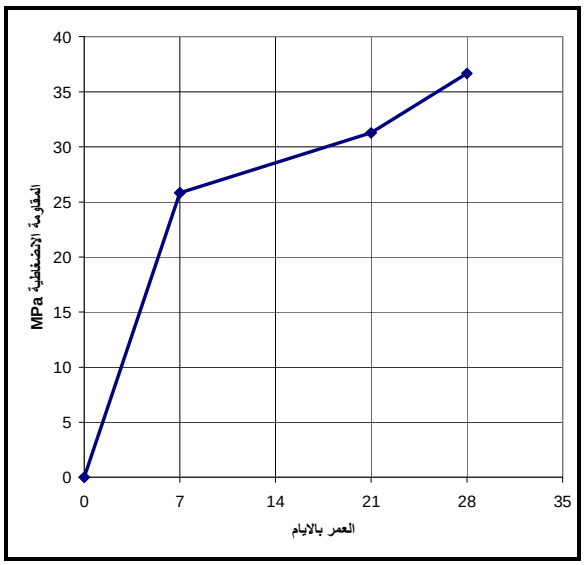
يبين الجدول رقم (٤) نتائج فحص المقاومة الانضغاطية للخرسانة المتصلبة للطرائق المختلفة.

جدول رقم (٤) : نتائج المقاومة الانضغاطية للطرق الخمسة .

طريقة الإنضاج	معدل المقاومة الانضغاط (MPa)		
	٧ أيام	٢١ يوم	٢٨ يوم
الإنضاج حسب المواصفة البريطانية.	٢٥.٨٣	٣١.٢٦	٣٦.٦٦
الرش المنتظم بالماء مرتين باليوم .	١٨.٨٩	٢٦.٥٣	٣٠.٣٥
الغمر بالماء.	٢٥.٦٣	٢٦.٠٤	٣٦.٢٣
التغطية بنسيج الخيش مع الرش المستمر.	٢٠.٠٢	٢٥.٦٠	٢٦.٦٤
صبغ النماذج بمادة الفلنكوت .	١٨.٢٤	١٩.١٨	١٩.٦٥

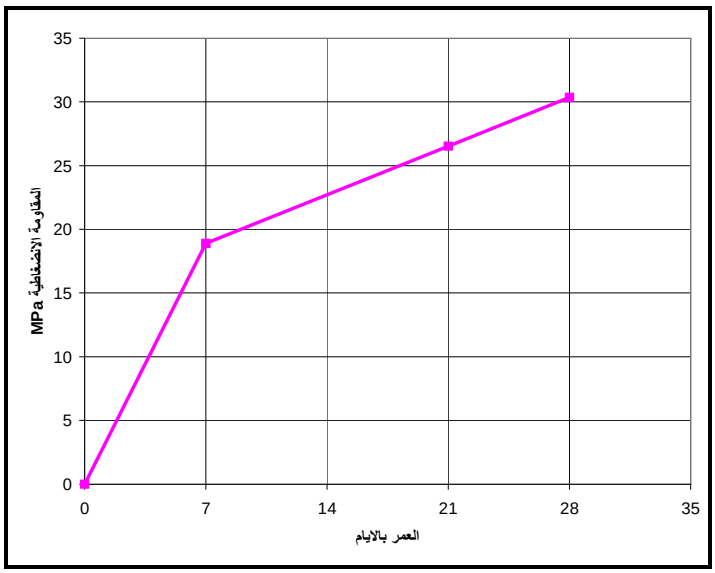
١٠-المناقشة:

١. طريقة المواصفات البريطانية: أعطت هذه الطريقة أعلى النتائج في هذا البحث وللأعمار (٧ ، ٢١ ، ٢٨) يوم ، بحيث تبقى الخرسانة رطبة باستمرار وبدرجة كافية خاصة في الأيام الأولى من عمر الخرسانة ،ويمكن تفسير هذه النتائج الى ان اكياس البولي اثيلين ادت الى منع تسرب الماء الموجود اصلا في الخرسانة مما ادى الى تفاعله مع السمنت بشكل تام. ويبين الشكل (١) المقاومة الانضغاطية حسب المواصفات البريطانية.



شكل (١) : المقاومة الانضغاطية حسب المواصفات البريطانية حيث اعطت هذه الطريقة اعلى النتائج خلال الاعمار المذكورة ويعزى ذلك الى اكياس البولي اثيلين المستخدمة في هذه الطريقة.

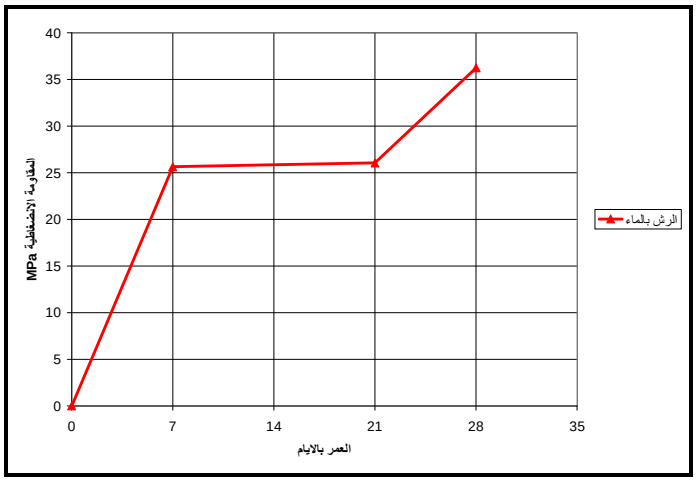
٢. طريقة الرش المنتظم بالماء مرتين يومياً: أعطت هذه الطريقة نتائج اقل من طريقة المواصفات البريطانية وطريقة الغمر بالماء حيث إن الخرسانة تجف بين رشة وأخرى وهذا يسبب توقف عملية الاماهة بين الحين و الاخر وعند عودة الماء مرة اخرى لا تستأنف عملية الاماهة بالشكل الذي كانت عليه قبل انقطاع الماء. الشكل (٢) يبين المقاومة الانضغاطية وباستخدام طريقة الإنضاج بالرش.



شكل(٢) : المقاومة الانضغاطية لطريقة الرش بالماء حيث حلت هذه الطريقة بالمرتبة الثالثة من حيث النتائج بسبب الانقطاع في تزويد الماء للنماذج بين رشة و اخرى مما يقلل من تفاعل الاماهة.

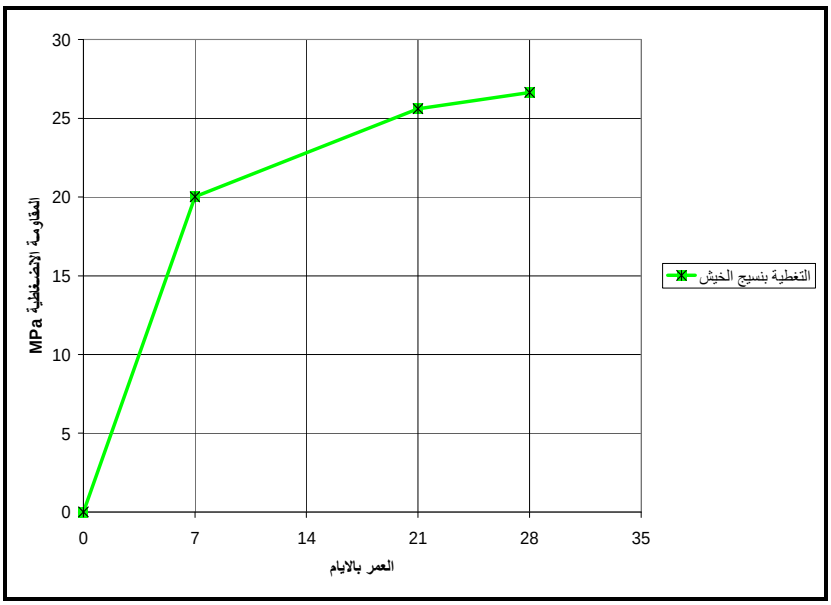
٣. طريقة الغمر بالماء: تم غمر النماذج في الماء بعد (٢٤) ساعة من صبها وحتى يوم الفحص ، حيث تبقى درجة الحرارة ثابتة تقريباً وكل الظروف مهيأة لعملية التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء وبالتالي اكتساب مقاومة انضغاطية عالية نسبيا كما مبين في الجدول رقم (٣) حيث ان قيم هذه الطريقة سجلت المرتبة الثانية بعد قيم طريقة

المواصفات البريطانية.ان استمرار غمر النماذج في الماء يؤدي الى تغلغل الماء الى داخل الخرسانة الى حد معين عن طريق المسامات الموجود على سطحها فتتم عملية الاماهة. ويمكن تفسير الانخفاض البسيط بين نتائج هذه الطريقة و نتائج الطريقة البريطانية الى ان درجة حرارة الخرسانة في الطريقة البريطانية هي الاعلى مما يزيد من عملية الاماهة. والشكل (٣) يبين اكتساب المقاومة الانضغاطية لطريقة الإنضاج الغمر بالماء.



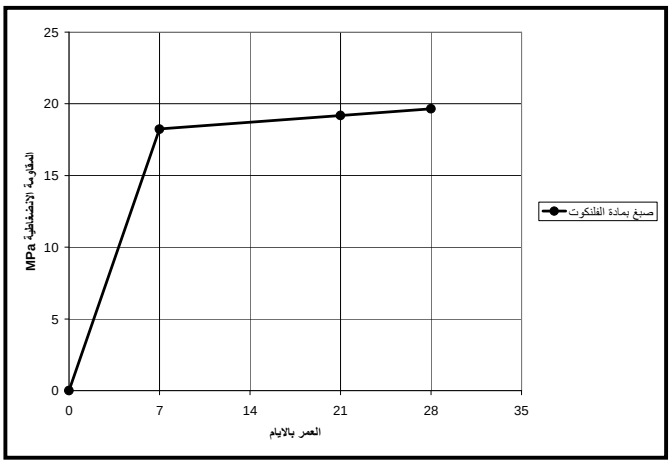
شكل(٣) : المقاومة الانضغاطية لطريقة الغمر بالماء وقد حلت هذه الطريقة بالمرتبة الثانية من حيث النتائج و يعزى ذلك إلى وجود الماء بصورة مستمرة مما يؤدي ذلك إلى تغلغل الماء إلى عمق مناسب للخرسانة و يزيد من مساحة مناطق تفاعل الاماهة.

٤. التغطية بنسيج الخيش مع الرش بالماء مرتين يومياً: بعد الصب بـ (٢٤) ساعة وبعد فتح القالب تم إنضاج النماذج بتغطيتها بنسيج الخيش مع الرش مرتين. تتعرض النماذج للجفاف بين أوقات الرش وخصوصاً في أيام الصيف حيث تتغير درجة الحرارة من فترة إلى فترة وهذا التغير يؤثر سلباً على المقاومة الانضغاطية حيث ان ذلك يؤدي الى جفاف الماء على النسيج مما يؤدي الى توقف عملية الاماهة الى ان يتم الرش مرة اخرى. الشكل (٤) يوضح العلاقة بين المقاومة الانضغاطية وعمر الخرسانة لنماذج تم انضاجها بتغطيتها بنسيج الخيش.

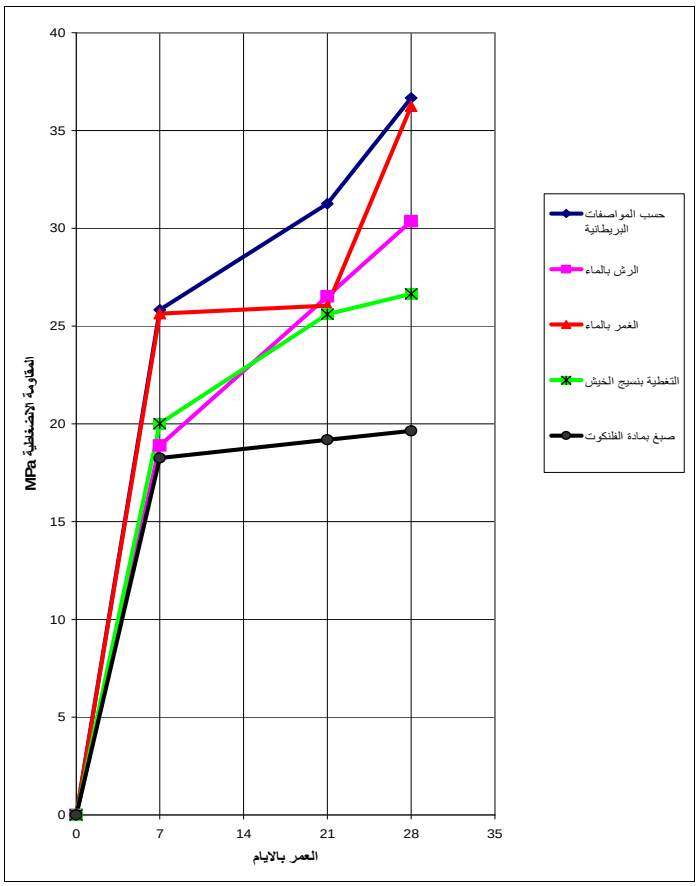


شكل(٤) : المقاومة الانضغاطية لطريقة التغطية بنسيج الخيش،حيث يظهر الشكل نتائج لا بأس بها الا ان من سلبياتها ان هذه الطريقة تحتاج الى رش النسيج بالماء بصورة اكثر كلما ارتفعت درجات الحرارة نظرا لتبخره من على سطح النسيج مما يعطي نتائج سلبية.

٥. طلاء النماذج بمادة خاتمة للمسام (الفلنكوت): في هذه الطريقة تم استخدام مادة خاتمة للمسام لتحافظ على ماء الخلط داخل النموذج حيث يكون الإنضاج ذاتي وفي هذا البحث لم تعطي هذه الطريقة نتائج مقبولة وقد يكون السبب ان الطلاء بالفلنكوت لا يمنع تسرب الماء بشكل فعال مما يؤدي الى نقص مستمر في ماء الخلط و بالتالي الى اعاقة عملية الاماهة. والشكل (٥) يبين الإنضاج بمادة الفلنكوت.



شكل(٥) : المقاومة الانضغاطية لطريقة الصبغ بمادة الفلنكوت وهذه الطريقة اعطت النتائج الاقل و ربما يكون السبب هو عدم تغلغل الفلانكوت بصورة فعالة مم يتيح للماء الداخلي بالتسرب و بالتالي انخفاض تفاعل الاماهة.



شكل(٦) : المقاومة الانضغاطية لكافة الطرق، يبين الشكل تسلسل نتائج المقاومة الانضغاطية حيث تظهر نتائج الطريقة البريطانية في اعلى الشكل باللون الازرق الداكن بينما تظهر نتائج طريقة الطلاء بالفلانكوت في سفل الشكل باللون الاسود حيث اعطت اقل النتائج .

١١- الاستنتاجات:

١- إن أفضل طرائق الإنضاج المستخدمة في هذا البحث هي طريقة المواصفات البريطانية كما مبين في شكل رقم (٦) بحيث تبقى الخرسانة رطبة باستمرار وبدرجة كافية خاصة في الأيام الأولى من عمر الخرسانة.

٢- إن الإنضاج الغمر بالماء قد أعطى نتائج مقاربة لطريقة المواصفات البريطانية في عمر (٢٨) يوم.

٣- إن طريقة الصبغ بمادة الفلنكوت أعطت اقل النتائج فهي بذلك تكون الطريقة الأقل كفاءة.

المصادر:

١- أ.د.أبو المجد، شريف، أ.د. سلامة،عمرو، أ.م.د. كمال،منير و أ.م.د. الايباري ،شادية نجا " تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها" دار النشر للجامعة المصرية – مكتبة الوفاء،مصر، ١٩٩٣.

2- Joseph F. Lamond and James H. Pielert "Significance of test and properties of Concrete and Concrete-Making Materials", ASTM Stock No.: STP169D, USA, 2006.

3- Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, and William C. Panarese," Design and Control of Concrete Mixtures", Portland Cement Association, 2003.

٤- د. الخلف،مؤيد نوري وعبد يوسف، هناء " تكنولوجيا الخرسانة" الجامعة التكنولوجية مركز التعريب والنشر، بغداد ١٩٨٤.

5- Aluko، O.S " Comparative Assessment of Concrete Curing Methods" Diploma Thesis، Federal University of Technology، Akure، Nigeria, 2005.

٦-الخطيب ، حسان عصام محمود " دراسة مقارنة لبعض خصائص الخرسانة خفيفة الوزن" رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الموصل، العراق ،٢٠٠٤.

7- Md. Safiuddin، S.N. Raman and M.F.M. Zain ،" Effect of Different Curing Methods on the Properties of Microsilica Concrete" Australian Journal of Basic and Applied Sciences، Vol.1، No.2، pp.87-95، 2007.

8- British Standard Institute، B.S. 882-1992 "Specification for aggregates from natural sources for concrete"

9- British Standard Institute، B.S 1881: Part 113: 1983 "Method of Making and Curing No-Fines Test Cubes"