جامعة الموصل

كلية الهندسة

استخدام مفهوم الإنضاج للتنبؤ بمقاومة الخرسانة المبكرة و المتأخرة

زهراء محمد شاكر إبراهيم خليل

رسالة ماجستير علوم

في الهندسة المدنية / إنشاءات

بإشراف

الأستاذ الدكتور

خالد عبد العزيز زكريا

1433هـ 2012م

الخلاصة

استحدثت طريقة الإنضاج (العلاقة بين حرارة الخرسانة و العمر) لتقدير مقاومة الخرسانة في المشاريع الهندسية مثل بلاطات الطرق السريعة ، و الأساسات ، و الجسور و منشآت الطرق السريعة الأخرى . كذلك استخدمت في الأجواء الباردة لمعرفة وقت رفع القوالب ، فضلا عن تحديد قيمة مقاومة الخرسانة ، كذلك استحدثت هذه الطريقة لاقتصاديتها في تقليل عدد النماذج و أنها طريقة غير إتلافية و تقلل فترة إنشاء المشروع .

يهدف البحث الحالي إلى دراسة استخدام خاصية إنضاج الخرسانة لغرض التنبؤ بمقاومة الانضغاط المبكرة و المتأخرة بالاعتماد على الفحوصات المختبرية لعدد من النماذج و من ثم إيجاد علاقات بين الإنضاج و مقاومة الانضغاط ممثلة بمعادلة رياضية و استعمالها لغرض استنتاج مقاومة الانضغاط من خلال متغيرات رئيسية ، هي:

1. نوعان من الخلطات الخرسانية باستخدام الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي ، الأول خرسانة اعتيادية (M1) و الثاني (M2) خرسانة تحوي غبار السليكا بنسبة (% 15) كتعويض عن وزن الاسمنت.
2. ثلاثة أنواع من نسب الخلط الوزنية لكل خلطة (M1) و (M2) و هي (1:1:2 , 1:1.5:3 , 1:2:4) بمحتويات الاسمنت ($325,400,515\ Kg/m^3$) على التوالي و بهطول ثابت لجميع الخلطات (75 – 100 mm).
3. طريقتان للمعالجة الأولى قياسية عن طريق الغمر بالماء و الأخرى تعريض للهواء.
4. إجراء فحص مقاومة الانضغاط بأعمار (1 , 2 , 3 , 7 , 14 , & 28) يوما .

أما الحرارة الداخلية للنماذج المخصصة لفحص الإنضاج ، فقد تم قياسها على مدى (28) يوما ، في أول يومين من المعالجة قيست الحرارة كل نصف ساعة ، ثم كل ثلاث ساعات لليوم الثالث و الرابع ، ثم كل ست ساعات إلى (28) يوما .

أظهرت نتائج الفحوصات أن مقاومة الانضغاط في الأيام الأولى تنمو بشكل أسرع حيث تصل المقاومة في اليوم الثالث إلى حوالي أكثر من نصف ما تصل إليه في اليوم (28).أما حرارة التميؤ لليوم الأول فإنها أكثر من الحرارة الناتجة في اليوم الثاني، و هي متذبذبة خلال الساعات الثماني و الأربعين الأولى ، ثم بعد ذلك يقل التذبذب تدريجيا و تستقر الحرارة في الأعمار المتقدمة بشكل واضح ، ففي خلطة (1:1:2M1 معالجة ماء) كانت درجة الحرارة (28.2,24.4°C) لليومين (1,2) على التوالي ثم باقي الأعمار تتراوح بين (23.0°C–

21.1). النماذج الخرسانية المعالجة بالهواء مقاومة انضغاطها أقل من تلك المعالجة بالماء لنفس الخلطة حيث تتراوح نسبة النقصان بين (6.2-50.5%) لجميع الخلطات و الأعمار لان معالجة الماء أدت إلى حركة رطوبة كافية و تحت السيطرة لإكمال تميؤ الاسمنت بعكس المعالجة عند العرض للهواء. و كانت حرارة التميؤ لكافة الخلطات و الأعمار (عدا اليوم الأول) ترتفع في النماذج الخرسانية المعالجة في الهواء أكثر من تلك المعالجة قياسياً بغمرها بالماء و بنفس الشروط ، ففي خلطة (1:1.5:3M1 معالجة ماء) تكون الحرارة الداخلية للخرسانة (27.4,23.0°C) لليومين (1,2) على التوالي ثم باقي الأعمار تتراوح بين (21.0–22.0°C) ، في حين أن حرارة نفس الخلطة المعالجة في الهواء (26.2,24.6°C) لليومين (1,2) على التوالي ثم تستقر بين (22.5–23.7 °C). و بزيادة كمية محتوى الاسمنت تزداد مقاومة الانضغاط و حرارة التميؤ بالنسبة لخلطات (M1) . أما إضافة السليكا فقد أدت إلى زيادة المقاومة في الخلطات المعالجة بالهواء خاصة للخلطات ذات محتوى الاسمنت العالي إلى المتوسط في الأعمار المتقدمة مقارنة مع الخرسانة الاعتيادية خلافا لتلك المعالجة بالماء، كذلك قللت إضافة السليكا درجة الحرارة الداخلية عن خلطات (M1) للخلطات الغنية و المتوسطة محتوى الاسمنت خلافا للخلطات ذات محتوى الاسمنت القليل . إن اختلاف خواص الخلطة الخرسانية المنفذة موقعياً عن خواص الخرسانة المفحوصة مختبرياً موضحة بنسبة ثقة لعلاقة (الإنضاج – مقاومة الانضغاط) ، و هذه العلاقة ممكن أن تتنبأ أيضا بمقاومة الخرسانة كنسبة مئوية من المقاومة التصميمية في الأعمار كافة لغرض إعادة المساند ، و معالجة المناخ البارد، و تقدير الوقت الصحيح للتحميل، و فتح المفاصل و فتحات الخدمات ، و بالنهاية قبول الخرسانة و مطابقتها للمواصفات. تم الاعتماد على بعض العلاقات الرياضية لإيجاد مقدار مقاومة الانضغاط ، وقد وجد أن هناك توافقاً جيداً بين القيم النظرية و العملية .

Abstract

The maturity concept (a function of concrete temperature and age) is utilized for estimating the compressive strength of structures such as highway pavements , foundations , bridges and other highway structures , also this concept may be used to schedule construction activities such as removal of forms time in cold weather in addition to estimating the value of concrete strength , also this method may be established for economical in less the number of specimens , and it is nondestructive method and reduces project building time.

The current research aims at studying the maturity concept in order to predict the early and ultimate concrete compressive strength by laboratory testing a number of concrete samples then finding a relationship between maturity and compressive strength of concrete through mathematical models that conclude the compressive strength through the following main variable parameters :

1. Two concrete mixes, with and without 15% micro silica as a cement weight replacement designated (M2) and (M1) respectively.
2. Three concrete mixes by weight namely, (1:2:4 , 1:1.5:3 , and 1:1:2) of cement contents (325,400, and 515 Kg/m^3) respectively at uniform consistency that is a constant slump of (75-100 mm) for both(M1) and (M2).
3. Two curing methods, moist and air cured.
4. Testing the concrete compressive strength at (1,2,3,7,14, & 28) days .

The concrete internal temperature for the maturity specimens was measured for (28) days : at the 1st two days at intervals of half an hour then at intervals of (3 hrs) for the 3rd and 4th day, while at intervals of (6 hrs) until (28) days.

The results indicated that strength development was faster at early ages reaching at the 3rd day more than 50% of that at (28) days. Regarding the heat of hydration, it was higher at the 1st day than that at the 2nd day, fluctuating during the 1st (48 hrs) . The fluctuation reduce gradually to a steady rate at later ages, where the temperature in mix (1:1:2M1 moist cured) was (28.2 , 24.4) at days (1 , 2) respectively then being (21.1-23.0) at the other remaining ages. the compressive strength for the air cured specimen was less than that moist cured for same mix and the reduction ranging from (6.2-50.5 %) for all mixes and at all ages. While the heat of hydration for all mixes and at all ages

(except the 1st day) was higher for air cured specimens than that moist cured for same condition , as in (1:1.5:3M1 moist cured) mix The internal concrete temperature was (27.4 , 23.0 %) for (1,2 days) respectively then (21.0-22.0 %) at all other ages. When the same mix was air cured the internal temperature was (26.2-24.6 %) for (1,2 days) respectively to be followed by (22.5-23.7) for all other ages. As the cement content increased from (325 to 515 Kg/m^3) the compressive strength and heat of hydration (for mixes M1) increased accordingly. The addition of silica caused an increase in strength in air cured mixes especially in rich to moderate mixes and at later ages in opposite of moist cure . Also the addition of silica lowered the internal concrete temperature for M1 mixes (at high and moderate cement contents) in opposite of few cement contents. The difference between the properties (strength) of the in place concrete to laboratory tested concrete may be illustrated (defined) by a degree of confidence for a maturity-strength relationship. This relationship may be utilized also for predicting concrete strength as a percentage of designed (ultimate) strength at any age for the purposes of reshoring, cold weather protection, determination of proper time for loading, cutting, or opening for service, and finally acceptance of the concrete . Finally a fair agreement between theoretical and experimental was obtained through mathematical models of the compressive strength of concrete .

University of Mosul

College of Engineering

Utilization of Maturity Concept for the early and delayed prediction of concrete strength

Zahraa Mohammed Shaker
Ibrahim Khalil

M.Sc. Thesis in

Civil Engineering / Structures

Supervised by

Prof. Dr. Khalid Abdulaziz Zakaria

2012 A.D. **1433A.H.**