

تأثير استخدام مادة الميتاكاؤولين على خواص الخرسانة

عباس احمد حسين

المعهد التقني / بابل

الخلاصة :

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير استخدام مادة الميتاكاؤولين على خواص الخرسانة المتصلبه . تم عمل سبعة خلطات خرسانية بنسبة خلط (3 : 1.5 : 1) وبنسبة ماء الى السمنت (0.50) واطرافه واحلال مادة الميتاكاؤولين بنسب (10, 25, 50) % من وزن السمنت . تم فحص مقاومة الانضغاط للخرسانة المرجعية والخرسانة التي تم اضافة واحلال مادة الميتاكاؤولين وكانت قيم معدل المقاومة لسنته نماذج هي (27, 25, 30, 23, 22, 20, 15) , (38, 43, 48, 32, 33, 29, 23) و (42, 54, 57, 40, 38, 32, 18) N / mm² for ages (7, 28, 90) days respectively . Increasing of compressive strength of concrete adding metacaolin with (10, 25) % by weight of cement , and decreasing of compressive strength of concrete adding metacaolin with (50%) by weight of cement , while replacement metacaolin concrete mixture of (10, 25, 50) % by weight of cement occurs decreasing of compressive strength of concrete at all ages of (7, 28, 90) days .

ان اضافة الميتاكاؤولين بالنسب (10, 25) % من وزن السمنت والمذكورة اعلاه ادى الى تحسن بالغ الاهمية في مقاومة الانضغاط للخرسانة مقارنة بالخرسانة المرجعية ولكافة الاعمار على عكس عملية الاحلال النسبي حيث كان لها تأثير سلبي على مقاومة الخرسانة حيث تراجعت المقاومة ولكافة الاعمار وكذلك الحال بالنسبة الى مقاومة شد الانشطار ولكافة الاعمار ايضا .

Abstract :

This research aims to study the effect of using *metacaolin* on properties of hardening concrete. This work involves seven concrete mixtures of (1 : 1.5 : 3) and water cement ratio is (0.50) by adding and replacement metacaolin material of (10, 25, 50) % by weight of cement . Compressive strength is tested of referenced concrete mixture . Adding and replacement metacaolin for concrete mixture , where Compressive strength for six samples are (27, 25, 30, 23, 22, 20, 15) , (38, 43, 48, 32, 33, 29, 23) and (42, 54, 57, 40, 38, 32, 18) N / mm² for ages (7, 28, 90) days respectively . Increasing of compressive strength of concrete adding metacaolin with (10, 25) % by weight of cement , and decreasing of compressive strength of concrete adding metacaolin with (50%) by weight of cement , while replacement metacaolin concrete mixture of (10, 25, 50) % by weight of cement occurs decreasing of compressive strength of concrete at all ages of (7, 28, 90) days .

Also , average splitting tensile strength are tested for three samples (5.3, 5.6, 5.9 , 4.2, 5.0, 4.7, 3.68) , (5.8, 6.1 , 6.5, 4.6, 5.4, 5.1, 4.1) and (6.4, 6.7, 7.2, 4.9, 5.8, 5.4, 4.3) N / mm² for ages of (28, 56, 90) days respectively .

Adding metacaolin for concrete mixture of (10, 25) % by weight of cement improves the compressive strength of concrete comparing with referenced concrete mixture opposite of replacement metacaolin for concrete mixture where has negative effecting of compressive strength of concrete for all their ages . Also average splitting tensile strength are has the same condition .

Introduction

المقدمة

ان استخدام المضافات المعدنية في الخرسانة مثل غبار السليكا والحبيبات الناعمة لخبث الافران والميتاكاؤولين تحسن البنية المسامية للخرسانة ومن ثم تحسن من ديمومتها ، سواء عند تغيير نسب خلط المواد المكونة للخرسانة او طريقة الانضاج او درجة التعرض للظروف الجوية . Bilodeau, Malhotra *et al* (19943) .

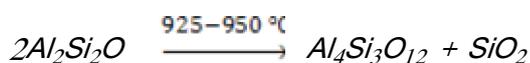
لقد اجريت العديد من البحوث لدراسة تأثير استخدام المضافات المعدنية على الخرسانة وقد بينت نتائج هذه البحوث الفائدة الايجابية من استخدام هذه المضافات. ان تأثير هذه المضافات يختلف من مضافة الى اخر ، فكل مضاف يؤثر في البنية المجهرية لعجينة السمنت ويؤثر في انكماش الخرسانة . ان المواد البوزولانية تزيد بشكل عام من انكماش الخرسانة وذلك لكونها تؤدي الى زيادة حجم عجينة السمنت عن طريق امتلاكها لوزن

نوعي اقل من الوزن النوعي للسمنت الاعتيادي و كذلك كون المواد البوزولانية ذات تفاعلات بطيئة فأنها تضاف عادة بنسبة اكبر من (1:1) لتأمين الحصول على المقاومة المطلوبة بعمر 28 يوم (المشهدي ، ٢٠٠٩) .
ان الاختلاف في البنية المجهرية بين عجينة السمنت المتمى من المنطقة الانتقالية وتلك البعيدة عنها يلعب الدور الاساسي في تحديد مقاومة الخرسانة .

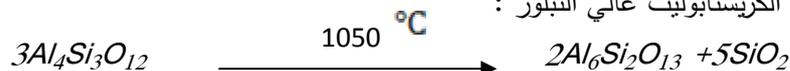
ويعد الميتاكوولين عالي الفعالية من المضافات المعدنية ذات الفعالية الاسمنتية ، وهي مواد بوزولانية تتكون من مواد سيليكية ومواد الومينية تنتج من حرق الكوولين النقي (Caolinite) $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$ عند درجات حرارة تتراوح بين (700-900) م ، وقد وجد ان تحولات بنيوية نتيجة التعرض للمعالجة الحرارية في الهواء وعند الضغط الجوية الاعتيادي حيث تبدأ نزع الهيدروكسيد من المركب عند درجات حرارة ما بين ٥٥٠ - ٦٠٠ °C ليتحول الى مادة الميتاكوولين $Al_2Si_2O_7$ وقد وجدت الدراسات ان فقدان مستمر لمجموعة الهيدروكسيد عند درجات حرارة تتجاوز الـ ٩٠٠ °C . وقد اوعز ذلك الى حدوث عملية Oxidation تدريجية للميتاكوولين .
ان الميتاكوولين ليس عبارة عن مزيج بسيط من السليكا SiO_2 عديمة التبلور والالومينا Al_2O_3 ، لكنه بنية معقدة عديمة الشكل تحافظ على ترتيب ليس بلوريا بل مكذسة من طبقات سداسية الوجوه (2008 Schroeder ,



يؤدي التسخين الى درجات حرارة ما بين ٩٢٥-٩٥٠ م الى تحول مادة الميتاكوولين الى مادة مشوهة من الـ Spinel من سيليكيا . المنيوم مشوه $Si_3Al_4O_{12}$ والذي يطلق عليه غاما . المنيوم .



اما زيادة التسخين الى حوالي اكثر من ١٠٥٠ م فيؤدي الى تكثف الـ Spinel على بعضها وتتحول الى الومينيت والى الكريستابوليت عالي التبلور :



وقد وجد ان استخدام مسحوق الميتاكوولين عالي الفعالية يحسن الخواص الهندسية للخرسانة بشكل افضل من غبار السليكا (Caldarone et al 1994) .

تستخدم المضافات البوزولانية او ما تسمى بالسمنتية الاضافية في كثير من الاحيان لتحل محل جزء من وزن السمنت حيث تتراوح نسبة الاحلال هذه في الخرسانة عالية المقاومة بين (١٠-٤٠) % من وزن السمنت وفي الحالات التي يزداد فيها الحجم الكلي للمواد السمنتية نتيجة اضافة المواد البوزولانية حيث يمكن تقليل حجم الرمل في الخلط (Wolsiefer) .

تكون المضافات المعدنية ذات خواص سمنتية او بوزولانية او قد تكون ذات خواص اخرى ، ومعظم المواد المستخدمة هي بهيئة مسحوق يفوق السمنت البوزولاني نعومة ، وبذلك تؤثر في الخواص الفيزيائية لعجينة السمنت الطرية باسلوب مماثل للسمنت وتستخدم هذه المضافات في اي نوع من انواع الخرسانة .

المواد البوزولانية هي مواد سيليكونية او سيليكونية والومينية لا تملك لوحدها خواص سمنتية او قد تكون ذات خواص سمنتية قليلة ولكن عندما تكون بدرجة عالية من النعومة وبوجود الرطوبة تتفاعل كيميائيا مع هيدروكسيد الكالسيوم بدرجات الحرارة الاعتيادية لتكوين مركبات ذات خواص سمنتية (ACI ١٩٧٨) .

المضافات المعدنية ذات الخواص السمنية او البوزولانية تؤثر في متطلبات الماء للخرسانة وتؤثر في محتوى الاسمنت ، ولكن بسبب خواصها تعتبر جزءا من المواد السمنتية وتستهلك بحدود (١٥-٤٠ %) من وزن المواد الاسمنتية الكلية في الخرسانة ويعتمد ذلك على الغرض من استخدام الخرسانة ومواصفات العمل المطلوب (١) . ان استخدام المضافات المعدنية في الخرسانة تحسن البنية المسامية ومن ثم تحسن ديمومتها ، وقد بينت نتائج العديد من البحوث الفائدة الايجابية لاستخدام هذه المضافات سواء عند تغيير نسب خلط المواد المكونة للخرسانة او طريقة الانضاج او درجة التعرض للظروف الجوية . (Bilodeau et al 1994) .

الجزء العملي Experimental Works

ضمن الجزء العملي على ما يلي :

أولا : المواد المستخدمة في البحث :

تم استخدام المواد التالية في البحث والمدرجة فحوصاتها المختبرية :-

الاسمنت : تم استخدام الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي والمنتج من معمل سميت الكوفة والمطابق

للمواصفة العراقية رقم 5 لسنة 1984 (الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية) ، و الجداول رقم (1)

و (2) تبين نتائج الفحوصات الفيزيائية والكيميائية للاسمنت المستخدم .

جدول رقم (١) : نتائج الفحوصات الكيميائية للاسمنت

نوع الفحص	النتائج	حدود المواصفة العراقية رقم ٥ لسنة ١٩٨٤
ثاني اوكسيد السيليكون (SiO_2) %	٢٢.٧	
اوكسيد الكالسيوم (CaO) %	٦٢.٠٢	
اوكسيد الالومنيوم (Al_2O_3) %	٤.٥٦	
اوكسيد الحديدك (Fe_2O_3) %	٣.٩	
اوكسيد المغنيسيوم (MgO) %	١.٧٦	لا يزيد عن (5 %)
ثالث اوكسيد الكبريت (SO_3) %	٢.٧٤	لا يزيد عن (2.5 %) اذا كان (C3A) اقل من (5 %) لا يزيد عن (2.8 %) اذا كان (C3A) اكثر من (5 %)
الفقدان عند الحرق %	١.٣	لا يزيد عن (4 %)
عامل الاشباع الجيري	٠.٩١	(1.02-0.66)
المواد غير قابلة للذوبان %	٠.٨٢	لا يزيد عن (1.5 %)

جدول رقم (٢) : نتائج الفحوصات الفيزيائية للسمنت

نوع الفحص	النتائج	حدود المواصفة العراقية رقم 5 لسنة 1984
وقت التماسك الابتدائي (دقيقة)	80	لا يقل عن 45 دقيقة
وقت التماسك النهائي (ساعة)	6:20	لا يزيد على 10 ساعات
مقاومة الانضغاط بعمر (٣يوم)	15.7	لا تقل عن 15 نت / ملم ²
مقاومة الانضغاط بعمر (٧يوم)	24.5	لا تقل عن 23 نت / ملم ²

١. الركام الناعم : تم استعمال الرمل المنتج من مقالع كربلاء (معمل المعادن) والمطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم ٤٥ لسنة ١٩٨٤ (الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية) ضمن منطقة التدرج الثانية ونسبة الكبريتات فيه (0.32%)، معايير النعومة (2.674)، والوزن النوعي (2.63)، والجدول رقم (3) يبين التحليل المنخلي للركام الناعم المستخدم .

جدول رقم (3) التحليل المنخلي للركام الناعم المستخدم .

حجم المنخل (mm)	النسبة المئوية المارة	حدود المواصفة العراقية (45) // 1984 منطقة التدرج الثانية
10	100	100
5	100	100-90
2.36	91	100-75
1.18	64.7	90-55
0.6	50.4	59-35
0.3	21.8	30-8
0.15	4.7	10-0

٢. الركام الخشن : تم استعمال الحصى المكسر المنتج من مقالع النباعي والمطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم ٤٥ لسنة ١٩٨٤ (الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية) ونسبة الكبريتات فيه (0.086%)، والوزن النوعي (2.67)، ومقاس الركام (5-20 mm)، والجدول رقم (4) يبين التحليل المنخلي للركام الخشن المستخدم .

جدول رقم (4) التحليل المنخلي للركام الخشن.

حجم المنخل (mm)	النسبة الوزنية المارة %	حدود المواصفة العراقية رقم (45) / 1984
3.75	100	100
20	97.3	100-95
10	48.2	60-30
5	4.7	10-0

٣. مادة الميتاكاؤولين : تم استعمال مادة الميتاكاؤولين عالي الفعالية وهي من الإضافات المعدنية ذات الفعالية الاسمنتية وهي مواد بوزولانية والجدول رقم (5) يبين التحليل الكيميائي لمادة الميتاكاؤولين .

جدول رقم (5) : نتائج التحليل الكيماوي للميتاكاؤولين

النتيجة %	الاوكسيد
38.5	SiO ₂
17.8	CaO
3.8	MgO
9.5	Al ₂ O ₃
4	Fe ₂ O ₃
2.8	SO ₃
17.9	Loss of Ignition L.O.I

٤. ماء الخلط والمعالجة : تم استعمال الماء الصالح للشرب (ماء الاسالة) كماء للخلط والمعالجة ولجميع النماذج .

ثانياً " : تحضير الخلطات :

تم تحضير خلطة مرجعية بدون اي اضافات بنسبة خلط (١ : ١.٥ : ٣) ونسبة ماء / سمنت (٠.٥٠) ، كما تم تحضير ثلاث خلطات باضافة ثلاث كميات من مادة الميتاكاؤولين (٤٠ ، ١٠٠ ، ٢٠٠) كغم / م^٣ وثلاث خلطات باحلال (٤٠ ، ١٠٠ ، ٢٠٠) كغم / م^٣ من مادة الميتاكاؤولين محل السمنت وينفس بنسبة الخلط (١ : ١.٥ : ٣) ونسبة ماء / سمنت (٠.٥) باستخدام طريقة التصميم الامريكية.

الجدول رقم (6) مكونات الخلطات الخرسانية

نوع الخلطة	كمية السمنت كغم/ م ^٣	كمية الرمل كغم/ م ^٣	كمية الحصى كغم/ م ^٣	كمية الميتاكاؤولين كغم/ م ^٣	نسبة الماء إلى السمنت %
مرجعية	٤٠٠	٦٠٠	١٢٠٠	٠	٠.٥
اضافة الميتاكاؤولين	٤٠٠	٦٠٠	١٢٠٠	(٢٠٠،١٠٠،٤٠)	٠.٥
احلال الميتاكاؤولين	(٢٠٠،٣٠٠،٣٦٠)	٦٠٠	١٢٠٠	(٢٠٠،١٠٠،٤٠)	٠.٥

ثالثاً : عمل النماذج :

تم استعمال القوالب الحديدية بأبعاد (١٥٠ × ١٥٠ × ١٥٠) ملم وبموجب المواصفة القياسية البريطانية (B.S.1881-1989) لصب النماذج الخاصة بفحص مقاومة الانضغاط وبمعدل ستة نماذج لكل خلطة وللاعمار (٧ و ٢٨ و ٩٠) يوم حيث تم ملأ المكعبات بالخرسانة على شكل ثلاث طبقات وتم رصها ميكانيكياً باستخدام الهزاز لمدة تتراوح بين (١٠ - ١٥) ثانية للحصول على خرسانة متجانسة ، كما تم استخدام نماذج اسطوانية بأبعاد (٣٠٠ × ١٥٠) ملم وبموجب المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM C496 , C192) (2004 لصب النماذج الخاصة بفحص الانفلاق وبمعدل ثلاثة نماذج لكل خلطة وللاعمار (28 ، 56 ، 90) يوم وبموجب الطريقة المستعملة لنماذج فحص مقاومة الانضغاط .

رابعاً : المعالجة والانضاج :

تم استخدام احواض خاصة للانضاج مملوءة بالماء بدرجة حرارة تقريبا (٢٥ درجة مئوية) وضعت فيها النماذج الخرسانية لحين وقت الفحص .

خامساً : الفحوصات المختبرية :

تم فحص قابلية التشغيل باستخدام جهاز فحص الهطول وحسب المواصفة القياسية البريطانية B.S. (1970 : 1881 Part 2) ، كما تم فحص مقاومة الانضغاط بجهاز فحص الانضغاط (٢٠٠) طن وبسرعة موصوفة (١٥ ميكانيوتن / م^٢ / دقيقة) وبموجب المواصفة القياسية البريطانية (B.S. 1881) (1971) ولحين تصدع النماذج ، وكذلك تم فحص مقاومة الانفلاق حسب المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM C496 -04) والتي تعتبر من اهم الفحوصات المستخدمة في تقييم مقاومة الشد غير المباشر للخرسانة .

النتائج والمناقشة Results and Discussion

يبين الجدول رقم (٧) تأثير اضافة واحلال مادة الميكاكولين الى الخلطات الخرسانية حيث ازداد الهطول من (٥٧ ملم) الى (٦٠ ، ٦٣) ملم عند اضافة مادة الميكاكولين بنسبة (١٠ ، ٢٥) % من وزن السمنت ونقصان الهطول الى (٥٠ ملم) عند استخدام هذه المادة بنسبة (٥٠ %) من وزن السمنت . اما عند احلال مادة الميكاكولين محل جزء من وزن السمنت المستخدم فقد زاد الهطول الى (٦٥ ، ٦٧) ملم ، وهذا يتفق مع ما ذهب اليه (Bache) ، في ان الالية المؤدية الى تحسين قابلية التشغيل للخرسانة الطرية باستخدام المضافات المعدنية الدقيقة تكمن في تحسين قابلية تزليق عجينة السمنت في الخرسانة وفي زيادة تماسك الخليط حيث تكون نعومة حبيبات المضاف وشكلها ذات اهمية كبيرة حيث تقوم هذه المواد بعزل جزيئات الماء عن المنطقة المجاورة لحبيبات الاسمنت ، وان تحرر جزيئات الماء من حبيبات السمنت سيزيد من الماء الحر الذي يحسن من مائعية هذه الخلطة (Bache ، 1981) .

اما سبب نقصان الهطول عند استخدام مادة الميكاكولين بنسبة (٥٠ %) بسبب حاجة الخرسانة للماء عدا في حالة استخدام هذه المواد مع المضافات المقللة للماء .

كما يبين الجدول رقم (٨) والشكل رقم (١) تأثير اضافة حيث ازدادت مقاومة الانضغاط بمقدار (٠.٢٨ ، ٠.١٣ ، ٠.٠٨) و (٠.٢ ، ٠.٢٦ ، ٠.٣٥) عن مقاومة الانضغاط المرجعية عند اضافة مادة الميكاكولين بنسب (١٠ ، ٢٥) % من وزن السمنت وللاعمار (٧ ، ٢٨ ، ٩٠) يوم على التوالي ، بينما

انخفضت مقاومة الانضغاط بمقدار (٠.٠٠٤، ٠.٠١٥، ٠.٠٠٨) عن مقاومة انضغاط الخلطة المرجعية عند استخدام مادة ميتاكوولين بنسبة (٥٠%) من وزن السمنت وللاعمار (٧ ، ٢٨ ، ٩٠) يوم على التوالي . ويبين الشكل (٢) احلال جزء من وزن السمنت بمادة الميتاكوولين فقد انخفضت مقاومة الانضغاط بمقدار (٠.١٢ ، ٠.١٣ ، ٠.٠٩) و (٠.٢ ، ٠.٢٣ ، ٠.٢٣) و (٠.٤ ، ٠.٣٩ ، ٠.٣٣) عن مقاومة الانضغاط المرجعية بنسب احلال (١٠ ، ٢٥ ، ٥٠) % وللاعمار (٧ ، ٢٨ ، ٩٠) يوم على التوالي . كما يبين الجدول رقم (٩) والشكل رقم (٣) تأثير اضافة مادة الميتاكوولين على مقاومة انفلاق الخرسانة والشكل رقم (٤) تأثير احلال مادة الميتاكوولين على مقاومة انفلاق الخرسانة حيث يلاحظ وزيادة في مقاومة الانفلاق بمقدار (٠.٢ ، ٠.٢ ، ٠.٢٣) عن مقاومة انفلاق الخرسانة المرجعية عند اضافة هذه المادة بنسب (٥٠) % من وزن السمنت ويلاحظ زيادة مقاومة انفلاق بمقدار (٠.٠٥ ، ٠.٠٦ ، ٠.٠٩) و (٠.١١ ، ٠.١٢ ، ٠.١٥) و (٠.٢٨ ، ٠.٢٩ ، ٠.٣٢) عن مقاومة انفلاق الخرسانة المرجعية عند احلال هذه المادة بنسب (١٠ ، ٢٥ ، ٥٠) % من وزن الاسمنت وللاعمار (٧ ، ٢٨ ، ٩٠) يوم على التوالي ، وهذا يتفق مع ما ذهب اليه (Geiker et al , Torii and Kawamura) في ان استخدام المواد البوزولانية ذات الفعالية العالية كرماد قشور الرز وابخرة السيليكا المكثفة والميتاكوولين بنسب تقل عن (٣٠%) يؤدي في الغالب الى استهلاك هيدروكسيد الكالسيوم الموجودة في عجينة الاسمنت المتميئة وتحسين البيئة المسامية للخرسانة .

ان المصدر الرئيسي لتأثير مادة الميتاكوولين في الخرسانة المتصلبة هو التفاعل الكيميائي بين المركبات السيليكونية للمواد البوزولانية وهيدروكسيد الكالسيوم المتحرر من امهات السمنت البورتلاندي مؤدية الى تكوين مواد سمنتية مستقرة فيزيائيا وكيميائيا (Malguori) ، (وسامر) .

جدول رقم (7) نوع الخلطة ومقدار الهطول

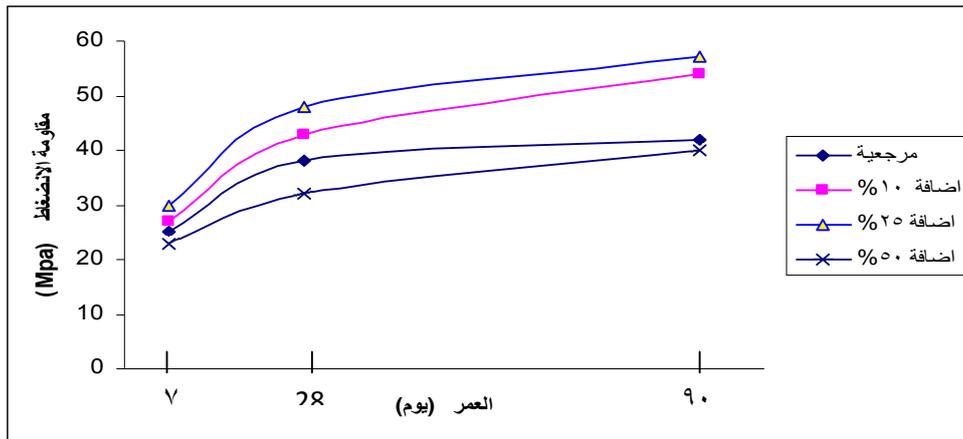
الهطول (ملم)	نوع الخلطة
٥٧	مرجعية
٦٠	١٠% اضافة
٦٣	٢٥% اضافة
٥٠	٥٠% اضافة
٥٩	١٠% احلال
٦٥	٢٥% احلال
٦٧	٥٠% احلال

مقاومة الانضغاط لمعدل (٦) نماذج (Mpa.)			نوع الخلطة
العمر (يوم)			
٩٠	٢٨	٧	
٤٢	٣٨	٢٥	مرجعية
٥٤	٤٣	٢٧	١٠% اضافة
57	48	30	٢٥% اضافة
٤٠	٣٢	٢٣	٥٠% اضافة
٣٨	٣٣	٢٢	١٠% احلال
٣٢	٢٩	٢٠	٢٥% احلال
٢٨	٢٣	١٥	٥٠% احلال

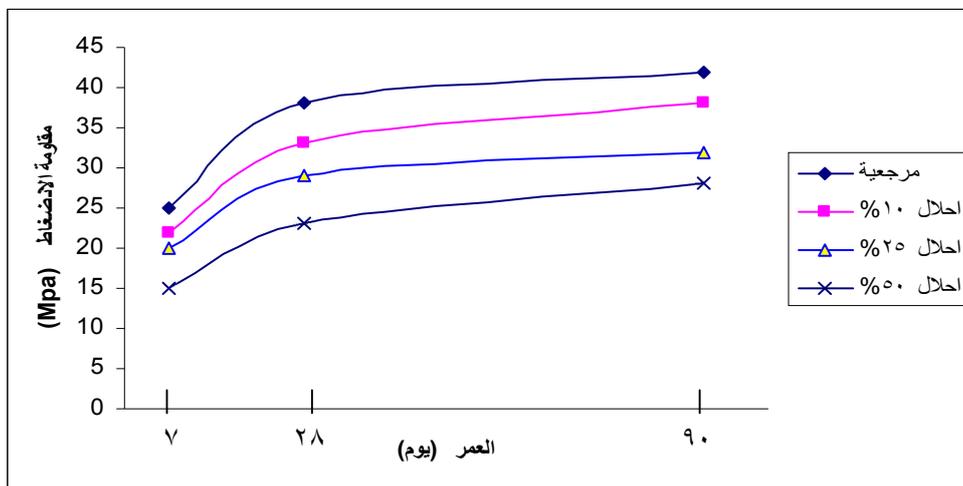
الجدول رقم (٩) : نتائج مقاومة الانفلاق للمكعبات الخرسانية Mpa

مقاومة الانفلاق لمعدل (٦) نماذج (Mpa.)			نوع الخلطة
العمر (يوم)			
٩٠	٥٦	٢٨	
٦.٤	٥.٨	٥.٣	خلطة مرجعية
٦.٧	٦.١	٥.٦	١٠% اضافة
٧.٢	6.5	٥.٩	٢٥% اضافة
٤.٩	٤.٦	٤.٢	٥٠% اضافة
٥.٨	٥.٤	٥	١٠% احلال
٥.٤	٥.١	٤.٧	٢٥% احلال
٤.٣	٤.١	٣.٨	٥٠% احلال

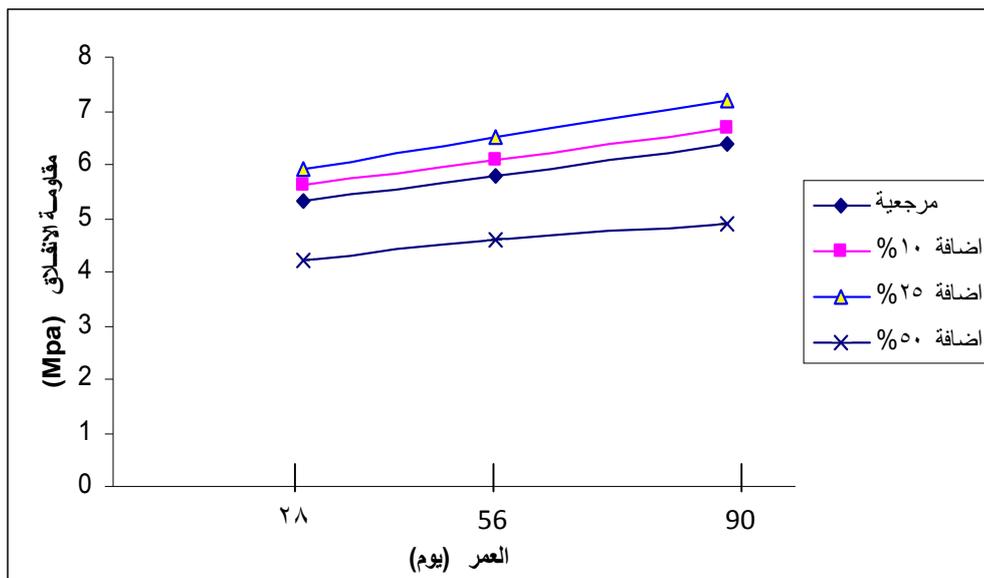
الشكل رقم (١) تأثير اضافة مادة الميتاكوولين على مقاومة الانضغاط للخرسانة



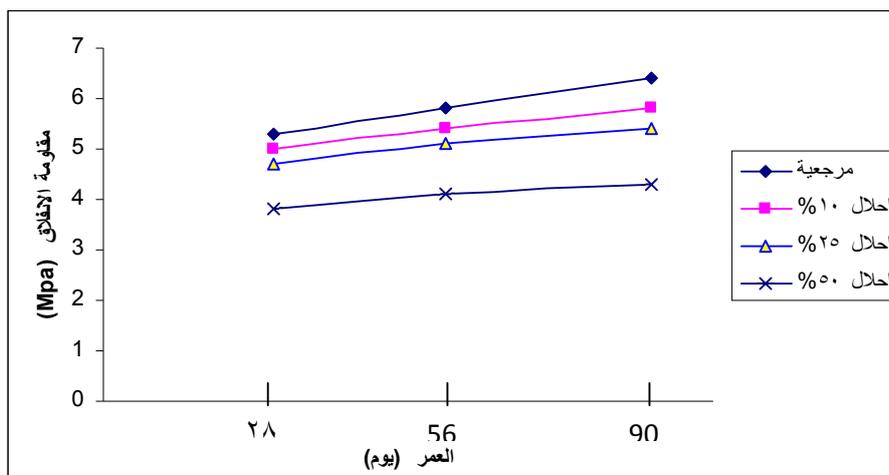
الشكل رقم (٢) تأثير احلال مادة الميتاكوولين على مقاومة الانضغاط للخرسانة



الشكل رقم (٣) تأثير اضافة مادة الميتاكوولين على مقاومة الانفلاق للخرسانة



الشكل رقم (٤) تأثير احلال مادة الميٲاكؤولين على مقاومة الانفلاق للخرسانة



الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations

١. امكانية اضافة او احلال مادة الميٲاكؤولين كسمنت في الخلطة لتحسينها خواص الخرسانة الطرية والمتصلبة .
٢. يمكن اضافة مادة الميٲاكؤولين بنسبة (١٠ ، ١٥) % من وزن السمنت والتي ادت الى زيادة في مقاومة الانضغاط والانفلاق ، كذلك ان اضافة مادة الميٲاكؤولين بنسبة (٥٠) % من وزن السمنت تم الحصول على خرسانة ذات مقاومة جيدة .
٣. اضافة او احلال مادة الميٲاكؤولين قد حسن من قابلية التشغيل الخرسانة وذلك بزيادة مقدار الهطول للخلطات الخرسانية .
٤. نوصي باستخدام مادة الميٲاكؤولين لما لها من فعالية سمنتية وبوزولانية في الخلطات الخرسانية .

المصادر

- الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، " المواصفة القياسية العراقية رقم (٥) لعام (١٩٨٤) : الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي " بغداد ، العراق (١٩٨٤).
- الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، " المواصفة القياسية العراقية رقم (٤٥) لعام (١٩٨٤) : الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي " بغداد ، العراق (١٩٨٤).
- سامر عبد الامير المشهدي " الخرسانة عالية المقاومة " استاذ مساعد ، جامعة بابل ، كلية الهندسة (٢٠٠٩).
- ASTM C494 , 2004, " Standard and Specification for Chemical Admixture for Concrete ", Annual Book of ASTM Standard, Vol., 02, 04, PP 271-279. (2004).
- American Concrete Institute, ACI Committee 116,"Cement and Concrete Terminology", SP-19(78). Detroit PP(50), (1978).
- Bache H. H., "Densified cement /ultra Fine Particle Based Material", Second International Conference on Super Plasticizer in Concrete. Ottawa, June, PP 1-35, (1981).
- Bilodeau A., Sivasundaram V., Paiter K. E. and Malhotra V. M., " Durability of Concrete incorporation High Volume of Fly Ash from Sources in the U.S., ACI Materials Journal , Jan.-Feb., vol.91, No. 1 ,PP3-12, (1994).

- Geiker M., Thaulow N., and Aderson P.J. , "Assessment of Rapid Chloride permeability Test of Concrete with and without Mineral Admixture " Durability of Building Materials and Component Proceedings of the Fifth International Conference Held, Nov., 7-9 , Brighton M. Malhotra; ACI, Detroit, MI PP 1099-1113 (ACI SP-145), (1990).
- M., Gualtieri, A., Artioli, G., and , Bellotto the kaolinite –mullite Clark, S.M. " Kinetic Study." Dehydroxylation Reaction Sequence. Part I : kaolinite. 214-207 :22 Phys. Chem. Minerals. (1995).
- Schroeder, Paul " New Caolin", Retrived on Georgia Encyclopedia., (12-12-2003- 01-08-2008).
- Wolsiefer, John, "Ultra High – Strength Field Place able Concrete with Silica Fume Admixture", Concrete International Design and Construction, V.6, No.4, Apr.PP.25-31.