تقييم إستخدام الحصى المكسر لمقالع كربلاء في انتاج الخلطات الخرسانية ذاتية الرص

محمد كريم عبد / مدرس
المعهد التقني بابل

زهير ظاهر حبيب / مدرس مساعد
المعهد التقني بابل

ضياء نعمة جبار/ مدرس
المعهد التقني بابل

الخلاصة:

يهدف هذا البحث إلى تقييم استخدام الحصى المكسر لمقالع كربلاء في إنتاج خرسانة ذاتية الرص وقد تم اعتماد الطريقة الأمريكية وطريقة (Common mix design method for SCC) في تصميم الخلطات الخرسانية وبنسبة خلط (2:1.8:1)، ونسبة الماء إلى السمنت (0.5)، وتم عمل أربع خلطات خرسانية، الأولى كانت بدون إضافة والخلطات الثانية والثالثة والرابعة تم إضافة مادة الغبرة (مادة ناعمة) وبكمية (100 كغم/ م^3)، واستخدام الملدن المتفوق المقلل للماء (KUT Plast RNA) بنسب (2، 4، 6) % من وزن السمنت على التوالي.

تم فحص قابلية التشغيل للخلطات الخرسانية باستخدام فحص الهطول وفحص الانسياب وفحص L-Box وفحصV-funnel وكان مقدار الهطول والانسياب هو (80، 230، 420، 760) ملم، ومقدارنسبة الانسداد للصندوق بشكل حرف L (H_2/H_1) كانت (0.83)، والزمن اللازم لاجتياز فوهة الصندوق بشكل حرف V هو (11) ثانية على التوالي، كما تم فحص مقاومة الانضغاط للخرسانة المتصلبة باستخدام مكعبات بابعاد (100*100*100) ملم، وكانت قيم معدل المقاومة لتسعة نماذج وبالأعمار (7، 28، 90) يوم هي (19.4، 23، 26.5، 30.2) و(27.6، 38.2، 41، 56.7) و(32.3، 45، 57.6، 68) نيوتن/ ملم ^{2} على التوالي، كما تم فحص مقاومة شد الانشطار باستخدام اسطوانات بابعاد (150*300) ملم، وكانت قيم معدلات المقاومة لستة نماذج وبالأعمار (28، 56، 90) يوم هي (4، 4.5، 5.9، 7.4) و(4.5، 5.2، 6.4، 8.3) و(4.7، 5.5، 6.7، 8.4) نيوتن/ ملم^2 على التوالي.

وقد تم الحصول على خرسانة ذاتية الرص من الخلطة الخرسانية الرابعة والتي استخدم فيها الملدن المتفوق بنسبة (6%) من وزن السمنت.

الكلمات الدالة : الخرسانة ذاتية الرص ، الحصى المكسر ، الملدن المتفوق .

EVALUATION OF USING THE CRUSHED GRAVEL OF KERBALA QUARRIES FOR PRODUCTION OF SELF-COMPACTING CONCRETE MIXES

Mohammed Karem Abd Zuhair Dhaher Habeeb Dhiaa Neama Jabbar
Technical Institute-Babylon

Abstract:

This research aims to evaluate of using the crushed gravel of Kerbala quarries in product self compacting concrete (SCC) , American method (ACI) and (Common mix design method for SCC) are used to design the concrete mixes, the mix proportion of these mixes is (1:1.8:2), and water cement ratio is (0.5) the work involves four mixes, the first without any admixture ,and in the another mixes use limestone powder of (100Kg /m^3) and superplasticizer (KUT Plast RNA) by (2, 4 , 6) % of cement content respectively.

Slump test, Slump flow test, L-Box test and V-funnel test are using to determine the workability of all mixes , the values of slump and slump flow are (80, 230, 420, 760) mm, the blocking ratio (H_2/H_1) value is (0.83) and the flow time through the V-funnel is (11) seconds respectively, the mechanical properties studied in this work are compressive strength by using cubes of (100*100*100) mm, with average value of nine spacements are (19.4, 23, 26.5, 30.2), (27.6, 38.2, 41, 56.7) and (32.3, 45, 57.6, 68) N/mm^2 of (7, 28, 90) day ages respectively , and splitting tensile strength by using cylinders of (150*300) mm, with average values of six spacements are (4, 4.5, 5.9, 7.4), (4.5, 5.2, 6.4, 8.3) and (4.7, 5.5, 6.7, 8.4) N/mm^2 of (28, 56, 90) days ages respectively .

The results indicate that the fourth concrete mix with using (6%) of superplasticizer gives a self compacting concrete .

Keywords: Self Compacting Concrete , crushed gravel, superplasticizer.

المقدمة (Introduction) .

يمكن تعريف الخرسانة ذاتية الرص بأنها الخرسانة التي تملك انسياب عالي مع المحافظة على استقرارية الخلطة وبدون حصول أي انفصال ومليء القالب بدون أي عملية رص [1]. وتنتج هذه الخرسانة بنفس مكونات الخرسانة الاعتيادية (سمنت، ركام خشن، ركام ناعم، ماء) مع استخدام الملدنات الفائقة والمواد الناعمة.

إن الخرسانة ذاتية الرص تصنع من الحصى الطبيعي والصخور المكسرة كركام خشن، المقاس الأقصى للركام المستخدم عادة يكون (20) ملم ويمكن استخدام مقاس اصغر من ذلك ولحد (10) ملم وبنفس تدرج الركام المستخدم في الخرسانة الاعتيادية [2]. إن كمية الركام الخشن في الخرسانة ذاتية الرص يعتبر العامل الأساسي في تحديد خواص الانسياب الجيد والخواص الميكانيكية لها [1]. إن استخدام نسبة عالية من الركام الخشن يؤدي إلى زيادة قابلية الانعزال ويؤدي إلى منع أو تقليل قابلية الانسياب للخرسانة.

إن التماس بين حبيبات الركام الخشن يزداد كلما قلت المسافة البينية بين هذه الحبيبات والذي يؤدي إلى زيادة الإجهاد الداخلي وان تقليل كمية الركام الخشن يؤدي إلى نقصان الإجهاد الداخلي وبالتالي زيادة انسياب الخرسانة [3]. ولهذه الأسباب اقترح (Okamura and Ozawa) بان يكون حجم الركام الخشن المستخدم في الخرسانة ذاتية الرص يعادل حوالي (50%) من حجم الخلطة الخرسانية [4]، كما اقترح (Yurugi) وجماعته إمكانية إنتاج خرسانة ذاتية الرص باستخدام ركام خشن بحدود (33%) من حجم الخلطة الخرسانية مع استخدام ركام ناعم بحدود (75%) من حجم المونة وان نسبة الركام الخشن المستخدم تعتمد إلى حد ما على مقاس الركام الخشن الأقصى المستخدم حيث تزداد نسبته بشكل طفيف جدا بنقصان الحجم الأقصى له [5].

إن لنوعية الركام وخواصه تأثير كبير على خواص الخرسانة لكونه يشغل نسبة عالية من الحجم الكلي للكتلة الخرسانية والذي يعطيها استقرارها ومقاومتها للقوى الخارجية والعوامل الجوية المختلفة كالحرارة والرطوبة والانجماد وانه يقلل من التغيرات ألحجميه الناتجة عن تجمد وتصلب عجينة السمنت أو عن تعرض الخرسانة للرطوبة والجفاف. إن خواص الركام تؤثر بدرجة كبيرة على متانة وسلوك هيكل الخرسانة، وللحصول على هيكل خرساني كثيف يجب أن يكون تدرج ركام الخرسانة مناسبا وذلك بتحديد نسبة الركام الناعم والركام الخشن في الخليط. بالإضافة إلى ذلك يكون تدرج حبيبات الركام عاملا مهما في السيطرة على قابلية تشغيل الخرسانة الطرية [6].

إن غالبية الصخور العراقية هي صخور رسوبية وان التركيب الصخري للركام يعتمد على نوعية الصخور الموجودة في التكوين وطريقة ونوعية النقل ومقاومة الصخور للتعرية الجوية، إن التركيب المعدني والصخري والبنية والشكل الداخلي للجزيئة تسيطر على الخواص الكيمياوية والفيزياوية للركام، وعند اختيار الركام لغرض الاستعمال في الخرسانة هنالك ثلاث متطلبات رئيسية هي اقتصادية الخليط والمقاومة الكامنة للكتلة المتصلبة والمتانة المحتملة لهيكل الخرسانة، ومن الخواص المهمة الأخرى لركام الخرسانة هو تدرج حبيباته الذي يكون عاملا مهما في السيطرة على قابلية تشغيل الخرسانة الطرية ومقاومة الخرسانة [6][7].

وقد شهدت صناعة الخرسانة في السنوات الأخيرة تطورا كبيرا تمثل في إنتاج أنواع جديدة منها وتمثل الخرسانة ذاتية الرص واحدا من هذه ألأنواع التي تتميز بسهولة التنفيذ والصب (تقليص فترة الإنشاء وتقليل الاعتماد على مهارة العمالة)، وتمتاز بالانسيابية العالية واللزوجة التي تجعل الخرسانة قادرة على الحفاظ على حبيبات الركام معلقة بحيث لايحدث فيها أي انفصال حبيبي. تنعكس هذه المميزات في أدائية الخرسانة ذاتية الرص حيث تجعلها قادرة على التشكل والمرور خلال القوالب الإنشائية الضيقة أو المقاطع الإنشائية ذات نسب التسليح المرتفعة مع تحقيق نسبة رص عالية بدون الحاجة إلى رص خارجي وكذلك بدون حدوث انفصال حبيبي أو نضوح في الخرسانة [8]، وذلك باستخدام نسب أعلى مما هو متعارف عليه من الملدنات الفائقة، وتزداد كمية الماء الممكن تقليلها بسبب هذه المضافات ،تستخدم الملدنات المتفوقة دون تغيير نسب خلط الخرسانة وذلك لتحسين قابلية تشغيل الخرسانة ولتقليل كمية السمنت أو كمية المواد السمنتية ولتقليل نسبة الماء إلى المواد السمنتية وزيادة الهطول [9].

الجزء العملي (Experimental Work) .

يتضمن الجزء العملي على ما يلي :

أولاً– المواد المستعملة في البحث .

تم في هذا البحث استعمال المواد التالية :

1- السمنت : تم استعمال السمنت البورتلاندي الاعتيادي نوع (كوفة) والمطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم 5 لسنة 1984 [10]، ونتائج الفحوصات الفيزياوية و الكيمياوية للسمنت موضحة في الجدول رقم (1) و(2) أدناه.

2- الركام الناعم: تم استعمال الرمل المستخرج من مقالع كربلاء (الأخيضر) والمطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984 [11] ضمن منطقة التدرج الثانية ونسبة الكبريتات فيه (0.32%)، معاير النعومة (2.75)، والوزن النوعي (2.65)، تدرج هذا الركام كما مبين في الجدول رقم (3).

3- الركام الخشن: تم استعمال الحصى الأبيض المكسر المستخرج من مقالع كربلاء والمطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984 [11] ، نسبة الكبريتات فيه (0.086%) ، والوزن النوعي (2.66)، نسبة الامتصاص (2.3) %، نسبة السحج (25.7) %، ومقاس الركام (20 - 5) ملم، تدرج هذا الركام مبين في الجدول رقم (4).

4- الملدن المتفوق: تم استعمال مضاف مقلل للماء بدرجة متفوقة ومبطئ للتصلب والمطابق للمواصفة الأمريكية ASTM C494[12] والمعروف تجاريا (KUT Plast RNA) ، والجدول رقم (5) يبين الخصائص التقنية للملدن المتفوق [13] والذي يستخدم لتحسين قابلية التشغيل (Workability) وبدون زيادة لكمية الماء المطلوب للخلط كما يعطي زيادة في المقاومة المبكرة والنهائية للخرسانة وبدون زيادة محتوى السمنت عن الحد المطلوب ويعطي إمكانية تقليل نسبة الماء إلى السمنت وإمكانية إنتاج خرسانة سهلة التشكيل والرص وتقليل الانفصال بين حبيبات المزيج كما يقلل من النضح.

5- الغبرة: تم استعمال مسحوق الحجارة الرخامية الناعم من مقالع كوشلير (شمال العراق) والمنتج تجاريا من كسارات المنطقة الشمالية، وان استخدام المواد الناعمة يؤدي في أكثر الحالات إلى تقليل متطلبات ماء الخلطة وان باستطاعتها (الغبرة) التفاعل بوجود الماء مع هيدروكسيد الكالسيوم بدرجة حرارة الغرفة لتكوين سيليكات الكالسيوم المائية المشابهة لتلك المتكونة من اماهة السمنت البورتلاندي [9]. والجدول رقم(6) يبين التحليل الكيمياوي للغبرة.

6- الماء: تم استعمال الماء الصالح للشرب (ماء الإسالة) كماء خلط ومعالجة لجميع النماذج .

ثانياً- تحضير الخلطات .

تم تحضير خلطة خرسانية اعتيادية وبدون إضافات ، كما تم تحضير ثلاث خلطات باستخدام طريقة التصميم الأمريكية [6]، وطريقة (Common mix design method for SCC) [2]، و طريقة معهد أبحاث السمنت والخرسانة بالسويد [14] لتصميم الخلطات الخرسانية وذلك بإضافة ثلاث نسب مختلفة من الملدن المتفوق (KUT Plast RNA) وهي (2، 4، 6) % من وزن السمنت في إيجاد كميات المواد الداخلة في الخلطة الخرسانية، والجدول رقم (7) يبين مكونات الخلطات أعلاه. وقد تم خلط المكونات بأسلوب مشابه لما قام بـه (Grunewald & Walrvan) [15] حيث يخلط السمنت والرمل والغبرة وهي

جافة لمدة (10) ثواني ثم يضاف ماء الخلط والملدن المتفوق ويستمر الخلط لمدة (110) ثانية وبعد ذلك يضاف الحصى ويستمر الخلط لمدة (60) ثانية.

ثالثاً- عمل النماذج .

تم استعمال قوالب حديدية بابعاد(100*100*100) ملم وبموجب المواصفة البريطانية (B.S:881 Part 116:2004) [16] لصب النماذج الخاصة بفحص مقاومة الانضغاط بعد تنظيفها ودهن أوجهها من الداخل قبل عملية الصب وبمعدل تسعة نماذج لكل خلطة وبالأعمار (7، 28، 90) يوم، حيث تم مليء القوالب بالخرسانة بثلاث طبقات حيث تم رصها باستخدام الهزازة لمدة (10- 15) ثانية للحصول على خرسانة متجانسة وعلى عدة طبقات سمك الطبقة (50) ملم، باستثناء الخرسانة الذاتية الرص (الخلطة الرابعة) فقد تم مليء القالب بطبقة واحدة وبدون استخدام أي هزاز.

كما تم استعمال نماذج اسطوانية بأبعاد (150*300) ملم وبموجب المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM C496-04) [16] لصب النماذج الخاصة بفحص مقاومة شد الانشطار وبمعدل ستة نماذج لكل خلطة وبالأعمار (28، 56، 90) يوم وبنفس الطريقة المستعملة لنماذج مقاومة الانضغاط.

رابعا- معالجة وإنضاج النماذج .

تم استخدام طريقة الغمر بالماء في أحواض الإنضاج في عملية معالجة الخرسانة ولحين وقت الفحص.

خامسا- الفحوصات المختبرية .

١ -فحوصات الخرسانة الطرية : تم فحص قابلية التشغيل بثلاث طرق وهي:

ا:- فحص الهطول والانسياب : اجري هذان الفحصان وحسب المواصفة القياسية البريطانية (B.S 1881 Part 2:1970) [17]، والمواصفة القياسية (Guidelines Task 9) [17][18]، وذلك بعمل دائرة قطرها (50) سم ووضع مخروط الهطول في وسط الدائرة وبعد مليء المخروط بالخرسانة وبدون أي رص يتم رفع المخروط للأعلى حيث تنساب الخرسانة ويؤخذ معدل انسياب وانتشار الخرسانة، كذلك يتم قياس زمن وصول الخرسانة إلى حافة الدائرة عند انسيابها ويسمى زمن (t_{50cm}).

ب:- فحص (L-Box) : يستخدم هذا الفحص لتحديد عدة خواص مثل حركية الخرسانة(mobility)، الانسياب (Flow)، قابلية الاجتياز(passing ability)، ويقاس مقدار الفرق بين ارتفاع الخرسانة في بداية الجزء العمودي (H_1) وارتفاع الخرسانة في نهاية الجزء الافقي (H_2) لتحديد قابلية الاستواء (Leveling ability) ، وتكون هذه النسبة للخرسانة ذاتية الرص (0.8 - 1) .

ج:- فحص (V-funnel) : يستخدم هذا الفحص لتحديد قابلية المليء (Filling ability) للخرسانة ويكون وقت الانسياب القياسي من فوهة الجهاز (6 - 12) ثانية.

2- فحوصات الخرسانة المتصلبة :

تم فحص مقاومة الانضغاط بتعريض النماذج للتحميل بماكنة فحص قياسية (200) طن وبسرعة موصوفة مقدارها (15) ميكانيوتن / م^2 / دقيقة وبموجب المواصفة القياسية البريطانية المرقمة (BS 1881 لسنة 1971) [6] لحين تصدع النماذج، كما تم فحص مقاومة شد الانشطار حسب المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM C496-04) [19]، والتي تعتبر من أكثر الفحوصات المستخدمة في تقييم مقاومة الشد غير المباشر للخرسانة.

النتائج والمناقشة (Results and Discussion) .

1- يبين الجدول رقم (8) قيم الهطول وقيم الانسياب ومقدار (H_2/H_1) في جهاز (L-Box) وزمن انسياب الخرسانة من فوهة جهاز (V-funnel)، كما يبين الشكل رقم (1) تأثير استخدام الركام المكسر على قيم الهطول ففي الخلطة الخرسانية الأولى تكون قابلية تشغيل هذه الخلطة قليلة حيث أن لشكل حبيبات الركام ونسيج سطحها تأثير كبير في متطلبات ماء الخلطة [6][9]، أما عند استخدام مادة الغبرة كمادة ناعمة وملدن متفوق بنسبة (2%،4%) في الخلطات الخرسانية الثانية والثالثة يظهر دور هذه المواد في السيطرة على قابلية تشغيل الخرسانة الطرية، حيث تعمل الملدنات المتفوقة على فصل حبيبات السمنت المتكتلة عن بعضها ومن ثم الحصول على توزيع متجانس للماء واتصال مثالي بين الماء وحبيبات السمنت [6][7]، وعند زيادة النسبة إلى (6%) في الخلطة الرابعة ساعدت هذه الملدنات مع مادة الغبرة في تسييل الخرسانة وتشتيت حبيبات السمنت المتكتلة وإحداث تنافر كهروستاتيكي بين جزيئات الخرسانة والعمل على تشحيم الطبقة بين حبيبات السمنت وتغيير البنية التركيبية لنواتج الاماهة بسبب تأثيرها الكيميائي وإنتاج خرسانة تعرف بالخرسانة ذاتية الرص والتي تمتاز بالسيولة والانسيابية العالية والتماسك بين جزيئات الخرسانة بدون حصول الانعزال أو النضح، وهذا يتفق مع ما ذهب إليه (Bach) حيث يبين التأثير الايجابي لإضافة مواد ناعمة جدا الى الخلطات الخرسانية هو قيامها بعزل جزيئات الماء عن المنطقة المجاورة لحبيبات السمنت حيث إن تحرر جزيئات الماء من حبيبات السمنت سيزيد من الماء الحر الذي يحسن من مائعية هذه الخلطة [20].

2- تبين الجداول رقم (9) و (10) معدلات نتائج فحص مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية ومعدلات نتائج فحص مقاومة شد الانشطار للاسطوانات الخرسانية على التوالي ، كما تبين الأشكال رقم (2) و(3) تأثير شكل الركام واستخدام مادة الغبرة كمادة ناعمة والملدن المتفوق على مقاومة الانضغاط ومقاومة شد الانشطار للخرسانة حيث أدى استخدام هذه المواد إلى زيادة مقاومة الانضغاط للأعمار(7، 28، 90) يوم لنسبة إضافة (2%) من الملدن المتفوق بنسبة (18.5، 38.4، 39) %، ولنسبة إضافة (4%) من الملدن المتفوق بنسبة (36.5 , 78, 48.5) % ، ولنسبة إضافة (6%) من الملدن المتفوق بنسبة (55.6، 105، 110.5) % على التوالي ، وزيادة مقاومة شد الانشطار للأعمار (90، 56، 28) يوم لنسبة إضافة (2%) من الملدن المتفوق بنسبة (12.5 ، 15.5 ، 17) % ، ولنسبة إضافة (4%) من الملدن المتفوق بنسبة (47.5، 42، 42.5) % ، ولنسبة إضافة (6%) من الملدن المتفوق بنسبة (85، 84، 78.7) % على

التوالي من حالة استخدام الحصى المكسر بدون إضافة ولنفس الخلطات ، وبسبب اعتماد مقاومة التلاصق على مقاومة عجينة السمنت إضافة إلى اعتمادها على خواص سطح الركام فان مقاومة التلاصق تزداد حيث تتصرف كمادة متجانسة وقلة الشقوق الشعرية المايكروية في عجينة السمنت في المنطقة البينية (Transition Zone) [9].

الاستنتاجات والتوصيات (Conclusions and Recommendations) .

١ -يتبين من نتائج فحوصات قابلية التشغيل للخرسانة الطرية ومقاومة الانضغاط وشد الانشطار للخرسانة المتصلبة إن تأثير الركام المكسر من مقالع كربلاء يشابه تأثير الركام المكسر من المصادر الأخرى كما مبين في عدة بحوث مختلفة تم إجراءها على نفس الموضوع للخرسانة الاعتيادية.

٢ -من خلال نتائج البحث يمكن إنتاج خرسانة ذاتية الرص باستخدام ركام مكسر من مقالع كربلاء وباستخدام ملدنات من النوع المتفوق.

٣ -نوصي باستخدام هذا الركام في خلطات الخرسانة الاعتيادية وذاتية الرص لما لها من تأثير ايجابي على خواص الخرسانة الطرية والمتصلبة.

الجدول رقم (1) : نتائج الفحوصات الفيزياوية للسمنت

الفحص	النتيجة	حدود المواصفة القياسية العراقية (5) / 1984
وقت التماسك الابتدائي (دقيقة)	140	لا يقل عن 45 دقيقة
وقت التماسك النهائي (ساعة)	8.3	لا يزيد على 10 ساعات
مقاومة الانضغاط بعمر (3) أيام	20.6	لا تقل عن 15 نيوتن/ ملم^2
مقاومة الانضغاط بعمر (7) أيام	31	لا تقل عن 23 نيوتن/ ملم^2

الجدول رقم (2) : نتائج الفحوصات الكيمياوية للسمنت

الفحص	النتيجة	حدود المواصفة القياسية العراقية (5) / 1984
ثاني اوكسيد السليكون (SiO_2) %	22.7	
اوكسيد الكالسيوم (CaO) %	62.02	
اوكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) %	4.56	
اوكسيد ألحديديك (Fe_2O_3) %	3.9	
اوكسيد المغنيسيوم (MgO) %	1.76	لايزيد عن (5 %)
ثالث اوكسيد الكبريت (SO_3) %	2.74	لايزيدعن(2.5%)إذا كان(C_3A) أقل من (5%) لايزيدعن(2.8%)إذا كان(C_3A) أكثر من(5%)
الفقدان عند الحرق %	1.3	لايزيد عن(4%)
عامل الإشباع الجيري	0.91	(1.02 - 0.66)
المواد غير القابلة للذوبان %	0.82	لايزيد عن (1.5%)
سيليكات ثلاثي الكالسيوم(C_3S)%	35.88	
سيليكات ثنائي الكالسيوم(C_2S)%	38.1	
الومينات ثلاثي الكالسيوم(C_3A)%	5.5	
الومينات حديد رباعي الكالسيوم(C_4AF)%	13.26	

الجدول رقم (3) : تدرج الركام الناعم

حجم المنخل (mm)	النسبة المارة % وزنا	حدود المواصفة القياسية 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

الجدول رقم (4) : تدرج الركام الخشن

حجم المنخل (mm)	النسبة المارة % وزنا	حدود المواصفة القياسية العراقية 1984 / (45)
37.5	100	100
20	97.3	100 – 95
10	48.2	60 – 30
5	6.4	10 – 0

الجدول رقم (5) : الخصائص التقنية للملدن المتفوق (KUT Plast RNA)

الخاصية	التأثير
كمية كلوريد الكالسيوم	معدوم
الوزن النوعي	1.17 at 20 °C
الهواء المقصود	أقل من 1%
وقت التجمد	1 – 4 ساعة
مقاومة الانضغاط	زيادة مقاومة الانضغاط المبكرة بمقدار 50%

الجدول رقم (6) : التحليل الكيمياوي للغبرة

الاوكسيد	النتيجة (%)
ثاني اوكسيد السليكون(SiO_2)	2.51
اوكسيد الكالسيوم (CaO)	52.68
اوكسيد الألمنيوم (Al_2O_3)	0.85
اوكسيد ألحديديك (Fe_2O_3)	0.26
اوكسيد المغنيسيوم (MgO)	0.73
ثالث اوكسيد الكبريت (SO_3)	3.12
الفقدان عند الحرق	39.7

الجدول رقم (7) : مكونات الخلطات الخرسانية

رقم الخلطة	نسبة الخلط	كمية السمنت كغم/ م^3	كمية الرمل كغم/ م^3	كمية الحصى كغم/ م^3	كمية الغبرة كغم/ م^3	نسبة الملدن من وزن السمنت %	نسبة الماء إلى السمنت
1	2:1.8:1	400	720	800	0	0	0.5
2	2:1.8:1	400	720	800	100	2	0.5
3	2:1.8:1	400	720	800	100	4	0.5
4	2:1.8:1	400	720	800	100	6	0.5

الجدول رقم (8) : قيم الهطول والانسياب للخرسانة الطرية للخلطات الأربعة

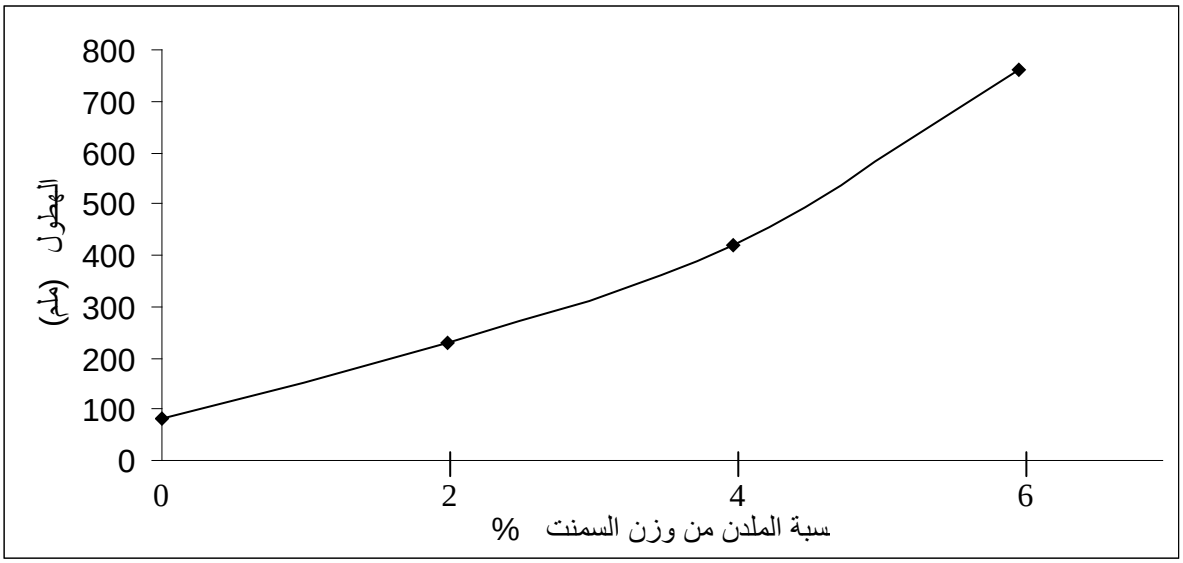
نسبة الملدن من وزن الاسمنت %	الهطول (Slump) (ملم)	الانسياب (Slump Flow) (ملم)	زمن الانسياب t_{50cm} (ثانية)	L-Box (H_2/H_1)	V-funnel (ثانية)
0	80				
2	230				
4	420				
6		760	5	0.83	11

الجدول رقم (9)معدلات نتائج فحص مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية (100) ملم

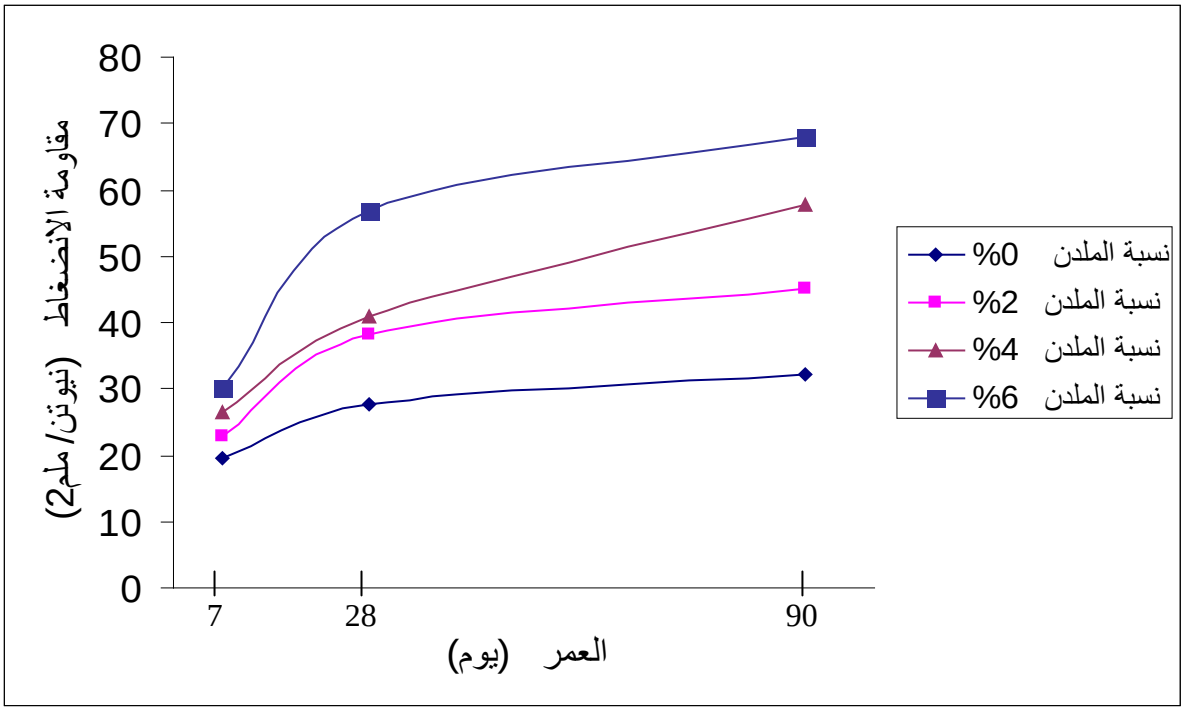
نسبة الملدن من وزن السمنت %	معدل مقاومة الانضغاط لتسعة نماذج (نيوتن/ملم^2)		
	عمر (7) يوم	عمر (28) يوم	عمر (90) يوم
0	19.4	27.6	32.3
2	23	38.2	45
4	26.5	41	57.6
6	30.2	56.7	68

الجدول رقم (10) : معدلات نتائج فحص مقاومة شد الانشطار للاسطوانات الخرسانية (150*300) ملم

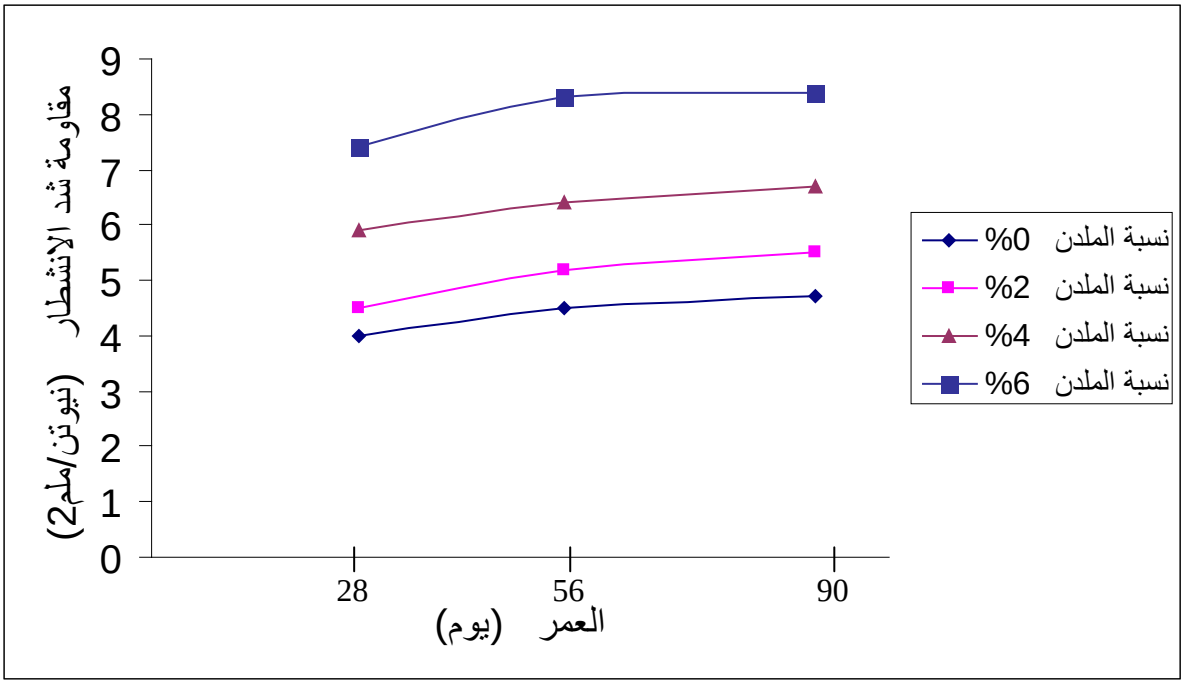
نسبة الملدن من وزن السمنت %	معدل مقاومة شد الانشطار لستة نماذج (نيوتن/ملم^2)		
	عمر (28) يوم	عمر (56) يوم	عمر (90) يوم
0	3,2	4	4.5
2	3.6	4.5	5.2
4	4.3	5.9	6.4
6	5.1	7.4	8.3



الشكل رقم (1) : العلاقة بين الهطول والانسياب ونسبة الملدن للخرسانة الطرية



الشكل رقم (2) : العلاقة بين العمر ومقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية (100) ملم



الشكل رقم (3) : العلاقة بين العمر ومقاومة شد الانشطار للاسطوانات الخرسانية (150*300) ملم

المصادر (References) .

ASTM C496 -04 “Standard Test Method For Splitting Tensile Strength Of Cylindrical ”, ASTM Standards ,Vol. 02,04 pp.283-287 , 2004.

ASTM C494 -04 “Standard and Specification For Chemical Admixtures For Concrete ”, Annual Book of ASTM Standards ,Vol. 02,04 pp.271-279 , 2004.

ASPEC “ KUT Plast RNA ,ADM-05-0104 , Technical Data ” , Kuwait , 2009.

BS 1881 , Part 116 “ Method For Determination Of Compressive Strength Of Concrete Cubes ”, British Standards Institution ,1881 pp.3 , 1989.

Bach H.H. “ Densified Cement / Ultra Fine Particle Based Material ”, Second International Conference on Superplasticizer In Concrete , Ottawa June , pp.1-35 , 1981.

Domone P.I. and Chai H.W. “ Design and Testing of self-compacting concrete production methods and workability of concrete ”, RILEM International conference , Eds P.J.M. Bartos , D.L. Marrs and D.J. Cleland , pp(199-208) , June 1996.

Domone P.L. and Chai H. “ The Slump Flow Test For High Workability Concrete ”, Cement and Concrete Research 28 , 117-182 , 1998.

Grunewald S. and Walrvan S. " Rheological Study On The Workability Of Fiber Reinforced Mortar ", Second International Symposium On SCC , Edited By Ozawa and Ouchi , University Of Tokyo , Coms , Engineering Publication , pp.127-136 , 2001.

Kayat K.H. " Workability , Testing and Performance of self-consolidating concrete ", ACI Materials Journal , pp(346-353) , 1996.

Lars M. and Goran Tuiksta " Guidelines ", Task 9 , End product, No.10 , Swedish Cement and Concrete Research , p.1-28 , 2000.

Neville A.M. " Properties Of Concrete ", 5th and final edition , Pitman , Wiley , New York and Longman , London , 2000.

Nakahara Y. " Will Self Compacting High-Performance Concrete Be Used More Widely In Japan ? ", Journal of Materials in Civil Engineering 10-65 , 1998.

Okamura H. , Ouchi M. , Hibino M. and Ozawa K. " Arational Mix Design method for mortar in self-compacting concrete ", The 6th East Asia , Pasific conference on structural engineering and construction , Vol.2 , pp(1307-1312) , 1998.

Okamura H. , Ozawa K. " Self-Compacting high performance concrete in Japan SP-169 ", American Concrete Institute, Detroit , pp(31-44) , 1994.

Swedish Cement and Concrete Institute " Self Compacting Concrete For Civil Engineering Structures – The Swedish Experience ", CBI Report 2:99 , Stockholm , August 1999.

Yurugi M. , Sakata N. , Lwai M. and Sakai G. " Mix Proportion for highly workable concrete ", Proceeding of the International Conference of concrete, Dundee UK , 2000.

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية " المواصفة القياسية العراقية رقم(5) /1984 :السمنت البورتلاندي الاعتيادي " ، بغداد ، العراق ، 1984.

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية " المواصفة القياسية العراقية رقم(45) /1984 :ركام المصادر الطبيعية المستخدم في الخرسانة والبناء " ، بغداد ، العراق ، 1984.

سامر عبد الأمير ألمشهدي " الخرسانة عالية المقاومة" ، جامعة بابل – كلية الهندسة ، 2009.

مؤيد نوري الخلف ، هناء عبد يوسف " تكنولوجيا الخرسانة " ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – الجامعة التكنولوجية ، بغداد ، 1982.