مجلة العلوم البحتة والتطبيقية
Journal of Pure & Applied Sciences
www.Suj.sebhau.edu.ly ISSN 2521-9200
Received 22/06/2019 Revised 02/09/2019 Published online 17/11/2019

تأثير مادة السيكامنت (163) المضافة على مقاومة الضغط للخرسانة

*محمد الكيلاني يحيى[1] و حمزه حمودة احمد[2] و محمد بشير محمد[2]
[1]قسم الهندسة المدنية– كلية الهندسة– جامعة سبها، ليبيا
[2]قسم الهندسة المدنية– كلية العلوم التقنية سبها، ليبيا
*للمراسلة: moh.yahya@sebhau.edu.ly

الملخص تخضع الخرسانة الحديثة إلى العديد من الإضافات منها الطبيعية ومنها الكيميائية وأصبحت الخرسانة التي لا تحتوي على الإضافات خرسانة تقليدية ولا تفي بالأغراض المطلوبة منها في أغلب الأحيان، مثل المتانة والديمومة وبعض الخواص الميكانيكية الأخرى عندما تكون في حالتها المتصلدة، وطالما تم استخدام العديد من الإضافات في الخلطات الخرسانية فمن الضروري أن تخضع أيضا للتجارب والاختبارات المتعارف عليها علميا وعمليا لمعرفة مدى فعالية تلك الإضافات وتأثيرها على الخلطات الخرسانية. لذلك أحتوى هذا البحث على دراسة لمدى تأثير مقاومة الضغط للخرسانة المضاف إليها مادة السيكامنت (163) بنسبة تحقق الخواص الميكانيكية المطلوبة في حالتيها المتصلدة وفقا لطريق تصميم خلطة خرسانية بطريقة مركز أبحاث الطرق البريطانية (D.O.E) ، حيث تم عمل خلطة مرجعية أي خلطة خرسانية بدون إضافة مادة السيكامنت(163) وذلك للمقارنة مع الخلطة التي تحتوي على مضاف السيكامنت (163) لمعرفة مدى تأثير مقاومة الضغط، واستخدمت في هذه الدراسة ثلاث نسب من مادة السيكامنت (163) وهي (0.5 ـــ 1 ـــ 3)% ، في ظروف درجة الحرارة العادية لفترات زمنية (7 – 14 – 21 – 28) يوم، لمعرفة مدى فاعليتها و تعيين أفضل نسبة لمادة السيكامنت (163) في هذا البحث. ومن خلال النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة أتضح أن نسبة (0.5) %هي الأفضل لما سجلنه من قيم لمقاومة الضغط .

الكلمات المفتاحية: الخرسانة، السيكامنت، اضافات الخرسانة، مقاومة الضغط، الخواص الميكانيكية.

The Effects of Sikament-163 Additive on Compressive Strength Of Concrete

*Mohmed A Yahya[a], Hamza H Ahmed[b] , Mohamed B Mohamed[b]
[a] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering /Sebha University, Libya
[b] Department of Civil Engineering, College of Technical Science Sebha/Libya
*Corresponding author: moh.yahya@sebhau.edu.ly

Abstract This paper presents the results of laboratory work carried out on the Sikament - 163 modified concrete, in order to evaluate the compressive strength at seven, fourteen, twenty-one and twenty-eight days . A series of concrete (mixes containing 0.5%, 1% and 3% sikament-163 by weight of cement were prepared, cured and tested. Test results show that at 7 days, the compressive strength of the concrete with 0.5% and 1% sikament provides the same value of compressive strength while with 3% the compressive strength decreased. At 14 days, 0.5% of sikament was the best enhanced , while with 1% and 3% sikament it slightly increased. The compressive strength of the concrete at 21 days shows that the 0.5% sikament addition provided good increase while 1% and 3% by 16% were slightly increase. The compressive strength at 28 days indicate that the 0.5% sikament additive was increased while with 1%, 3% were decreased.
Keywords: concrete, sikament, additive concrete, compressive strength, mechanical characteristics.

المقدمة

تقاس نهضة الأمم بتطور مواد الإنشاء والتعمير فيها، كما تقاس بقدر وفاء هذه المواد بحاجة شعوبها الحضارية من ضرورية وترفيهية، والخرسانة عماد مواد الإنشاء والتعمير وتطورها صورة تعكس تطور التفكير الهندسي في خدمة الحياة ورفاهية الإنسان.

ولكي تصل الخرسانة إلى شكلها الحالي الذي يجعلها في المرتبة الأولى كمادة إنشائية ومعمارية مرت بعدة مراحل سواء في طرق الصناعة أو في طرق التشكيل، حقيقة أنها مادة حديثة من حيث الصناعة والإنشاء إلا أن لها أصولا عميقة عبر التاريخ.

الخرسانة هي خليط غير متجانس يتكون من مجموعة من المواد الممزوجة معا بنسب معينة وتكون حال خلطها طرية (الخرسانة الطازجة –fresh concrete) وتبدأ بالتصلب حتى تصبح صلبة وقوية (خرسانة متصلدة – hardened concrete) وبشكل عام فان الخلطة الخرسانية هي مادة بسيطة بمكونات رئيسية هي: الماء، الاسمنت، الرمل والشرشور (الركام) وهذه العناصر تقرر الصفات الأساسية المميزة للخلطة الخرسانية.

والخرسانة في حالتها المتصلدة تبدو مادة صخرية ذات مقاومة عالية للضغط أما في حالتها الطازجة فلها خاصية اللدونة التي

تسمح بتشكلها في أي قالب معماري مطلوب، وتعتبر الخرسانة أكثر المواد الإنشائية شيوعاً وإستعمالاً في عصرنا الحديث وذلك لسهولة تواجدها والرخص النسبي للمواد المكونة لها، وأيضا لسهولة ورخص تصنيعها .

ويمكن استعمال الخرسانة بالاشتراك مع مواد أخرى لتكوين قطاعات مركبة حالة استخدام قطاعات الصلب مع الخرسانة أو لتكوين مواد مركبة كما في حالة إضافة أنواع معينة من الألياف إلى الخرسانة أثناء خلطها لتحسين بعض الخصائص المرغوبة وتعتبر الخرسانة مع حديد التسليح مادتين متكاملتين من حيث الخواص .

إن كثرة شيوع واستخدام الخرسانة العادية والمسلحة وسابقة الإجهاد في كافة الإنشاءات وفي كل الأماكن البرية والبحرية ولجميع الأغراض جعل الخرسانة المادة الأساسية للإنشاءات في القرن العشرين ، ويتوقف مستقبل تطور الخرسانة على توافر وتطوير المواد الخام المكونة لها وكذلك الإضافات ثم تحسين طرق صناعة الخرسانة والتي تشمل تصميم الخلطة والخلط والنقل والصب والدمك والتسوية والمعالجة ، كذلك يتوقف مستقبلها على تقدم معلوماتنا الفنية في مجال الخرسانة ، وعلى تكوين فئات مدربة ماهرة من العمال تنفذ كل التعليمات التي تعطى لهم .

ولا يمكن أن تتقدم أي صناعة دون التقدم البحثي فيها، وتحمل معامل الأبحاث العبء الأكبر لتقدم البحث العلمي في الخرسانة، وتعمل من جانبها باستمرار على تحسين أنواع وخواص الخرسانة لتلائم كافة الأغراض الإنشائية المختلفة كما أن الخبرة العملية حصيلة تنفيذ المشروعات الهندسية الكبرى تضيف إلى تصميم وتنفيذ الخرسانة معلومات قيمة ذات أثر كبير في تطوير الخرسانة التي تتناسب والظروف المحلية للمشروعات المستقبلية.

تتلخص اهمية الدراسة في تأثير طرق المعالجة على مقاومة الضغط للخرسانة العادية بثلاث طرق من المعالجة وذلك بإضافة المادة السيكامنت بنسبة (0.5 و 1 و3 %) للخلطة الخرسانية كنسبة من وزن الأسمنت ، وتعتمد هذه الدراسة في الجانب النظري على جمع أكبر ما يمكن من المعلومات عن هذا الموضوع ، ومن الجانب العملي بعمل خلطة خرسانية قياسية بدون مضاف السيكامنت وخلطة أخرى تحتوي على مضاف السيكامنت بقدر النسبة المذكورة ، ومعالجة هذه الخلطات بطريقة الغمر بالمياه ، وتصل مدة المعالجة إلى 28يوم.

البرنامج العملي

خواص المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية

الإسمنت المستخدم هو الاسمنت البورتلاندي العادي المخصص للإستخدام العام وغالبا ما يتم إستخدامه في أغلب الحالات ويعتبر متوسط السرعة في التفاعل ويولد حرارة معتدلة أثناء الإماهة، نعومته متوسطة حيث مساحته السطحية النسبية بين gm/cm^2 (2250 – 3250). هو اسمنت منتج من قبل مصنع برج زليتن. الجداول(1,2) توضح نسب المركبات والخواص الفيزيائية للاسمنت المستخدم.

جدول 1: يوضح نسب المركبات في الإسمنت البورتلاندي العادي

المركب	الصيغة الكيميائية	نسبة المركب %
سليكات الكالسيوم الثلاثي	3Ca o. Si o2	50 – 40
سليكات الكالسيوم الثنائي	2Ca o. Si o2	30 - 20
ألومينات الكالسيوم الثلاثي	3Ca o. AL2 o3	11 - 9
الومينات الكالسيوم الرباعي	4Ca o. AL2 O3 .Fe2 o3	11 – 9

جدول 2 يوضح الخواص الفيزيائية للأسمنت

الاختبارات	النتائج	الحدود القياسية للمواصفات الليبية
زمن الشك الابتدائي	2 ساعة و15 دقيقة	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن الشك النهائي	5 ساعات و20 دقيقة	لا يزيد عن 10 ساعات
النعومة	0.6 %	لا تزيد عن 10 %

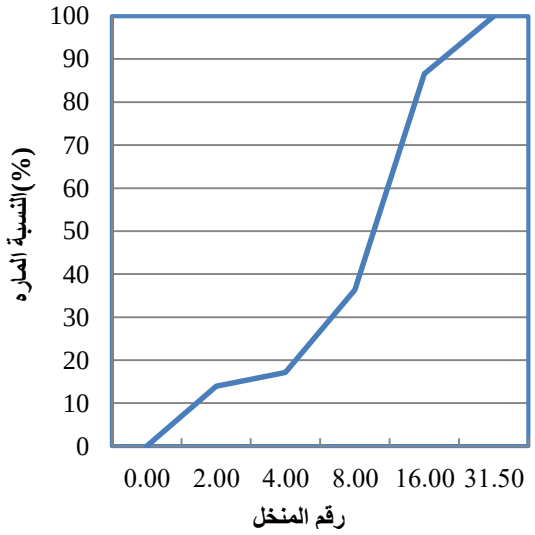
الركام المستعمل في الدراسة هو ركام الجفرة وهو من مصدر (محجر الجفرة البركاني _ صخور البازلت) ويعد ذو تدرج في الحجم بطريقة انسيابية وجيدة. الجدول 3 يبين الخواص الفيزيائية للركام الكبير المستخدم في الدراسة.

جدول 3: الخواص الفيزيائية للركام الخشن

الاختبارات	النتائج	الحدود القياسية للمواصفات الليبية
الوزن الحجمي (مدموك) (t/m^3)	1.6	1.8 – 1.4
الوزن الحجمي (غير مدموك) (t/m^3)	1.49	1.8 – 1.4
الوزن النوعي	2.63	2.7 – 2.6
الامتصاصية	% 1.969	لا تزيد عن 3 %

جدول 4 : التحليل المنخلي للركام الخشن

المنخل (mm)	الوزن الجزئي المحجوز على كل منخل (g)	الوزن الكلي المحجوز على كل منخل (g)	النسبة المئوية المحجوزة (%)	النسبة المئوية المارة (%)
31.5	0	0	0	100
16	1840.4	1840.4	13.45	86.55
8	159.9	2000.3	63.65	36.35
4	0	2000.3	82.89	17.11
2	0	2000.3	86.065	13.94
الوعاء	0	2000.3	86.065	13.94



شكل 1: التحليل المنخلي للركام الكبير

بالنسبة للركام الناعم، أستخدم رمل مورد من منطقة زلاف طريق سبها – براك

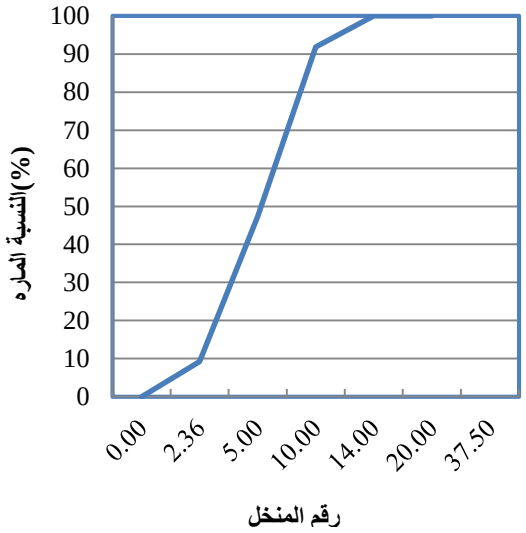
والجداول 5، 6 والشكل 2 تبين الخواص الفيزيائية والتحليل المنخلي للرمل المستخدم في الدراسة.

جدول 5 : الخواص الفيزيائية للرمل

الاختبارات	النتائج	الحدود القياسية للمواصفات الليبية
الوزن الحجمي (مدموك) (t / m^3)	1.5	1.8 – 1.4
الوزن الحجمي (غير مدموك) (t/m^3)	1.65	1.8 – 1.4
الوزن النوعي	2.69	2.7 –2.6
معامل النعومة	1.82	3.5 – 2

جدول6: التحليل المنخلي للرمل

المنخل (mm)	الوزن الجزئي المحجوز على كل منخل (g)	الوزن الكلي المحجوز على كل منخل (g)	النسبة المئوية المحجوزة (%)	النسبة المئوية المارة (%)
37.5	0	0	0	100
20	0	0	0	100
14	4.4	4.4	0.146	99.85
10	239.6	244	8.133	91.85
5	1339.8	1583.8	52.79	47.21
2.36	1139.1	2722.9	90.763	9.237
الوعاء	197.1	2920	97.33	2.67



شكل2 : التحليل المنخلي للرمل

الماء المستعمل لخلط الخرسانة هو الماء المستعمل للشرب ومصدره من مدينة سبها – منطقة حجارة. والجدول 7 يبين نتائج اختبارات الماء المستخدم في الخلط.

جدول 7 : نتائج اختبارات الماء المستخدم في الخلط

الاختبارات	النتائج	الحدود القياسية للمواصفات الليبية
الأملاح الذائبة الكلية (TDS)	163.2 مغ/لتر	لا يزيد عن 2000 مغ/لتر
الأس الهيدروجيني (PH)	7.4	8 – 6
الكلوريدات CL^-	275 مغ/لتر	لا يزيد عن 500 مغ/لتر
مجموع الكربونات CO_3 والبيكربونات HCO_3	98 مغ/لتر	لا يزيد عن 1000 مغ/لتر
الكبريتات SO^{-2}_4	20 مغ/لتر	لا يزيد عن 1000 مغ/لتر

استخدام السيكامنت (Sikament) وبالتحديد نوع السيكامنت_163 (Sikament_163).

مصدر المادة : شركة سيكا مصر (للأعمال الخرسانية) الوكيل المعتمد لدى الشركة.

_ السيكامنت _ 163_ (Sikament-163) :-

هي عبارة عن إضافة تضاف للخرسانة لتحسين خواصها الميكانيكية وخاصة مقاومة الضغط حيث تعطي خرسانة عالية الكفاءة وتعتبر مخفضة لمحتوى الماء كما تزيد قابلية التشغيل بدرجة فائقة.

كما يمكن وصف المادة علي أنها سائل ملدن قوى له تأثير مزدوج لإنتاج نوعية خرسانة ذات سيولة وإنسيابية عالية وأيضاً عامل عالي الكفاءة لخفض محتوى الماء لتحسين سرعة التصلد وزيادة الإجهادات المبكرة والنهائية، مطابقة للمواصفات الأمريكية والبريطانية.

الشكل 3: السيكامنت_163 (Sikament_163)

والبيانات الفنية لهذه المادة تندرج في :

النوع: بوليمر من النوع المشتت (PTD)

(Polymer type dispersion)

اللون:- بنى داكن.

الكثافة النوعية عند درجة حرارة ($20C^0$):- 1.20 كجم /لتر.

قيمة الأس الهيدروجيني (PH):- 7 ±0.1.

التعبئة:- عبوة 5 كجم أو 20 كجم.

تصميم الخلطة الخرسانية

تم استخدام طريقة مركز أبحاث الطرق البريطانية (D.O.E) في تصميم الخلطة الخرسانية وتم تصميم الخلطة الخرسانية بناء على نوعية المواد المستعملة ومواصفاتها.

الاختبارات

اختبار الهبوط (Slump Test)

معملياً تم قياس الهبوط لجميع الخلطات كان الهبوط للخلطة القياسية3.2 cmوهذا الهبوط مطابقا لما تم اعتماده في تصميم الخلط الخرسانية حيث كان الهبوط التصميمي من (3 – 6) cm وكان الهبوط انسيابي في للخلطات المضافة بحيث تعدى الهبوط 20 cm

اختبار مقاومة الضغط

تم تعبئة 12 مكعب (15*15*15)cm لإجراء مقاومة الضغط بواقع 3 مكعبات لاختبارها بعد (7، 14، 28) يوم. تمت المعالجة بالغمر حيث تغطى جميع أسطح العينات وتبقى العينات مغمورة إلي حين إجراء اختبار الضغط عليها.

النتائج والمناقشة

من خلال الدراسة لوحظ أن الخلطة القياسية من تجربة اختبار الهبوط كانت الخلطة جيدة القوام وهبوط منخفض صحيح لم تتعدى حد المواصفات المطلوبة مقارنة بالخلطات المضافة ذات النسب المختلفة حيث كانت ذات هبوط انسيابي ومنخفض بسبب إضافة (السيكامنت 163) بإعتبارها مادة ملدنة .

عند خلط مكونات الخلطة الخرسانية في الخلاط الكهربائي وبالتحديد ذات النسب (0.5% و1.0% و3.0%) من دون القياسية حدث لها شك إبتدائي مع ملاحظة انخفاض تشغيليتها كلما زات مدت الخلط تجنبا لذلك او حدوث نتائج سلبية تم عملية صب المكعبات بشكل سريع مع دمكها في الهزاز الكهربائي ولوحظ أيضا أن المكعبات ذات النسبة المضافة (3.0%) من وزن الإسمنت لم يحدث لها شك نهائي إلا بعد مرور 72 ساعة معنى آخر لم تفك العينات إلا بعد التأكد من تماسك العينة وفكها من القوالب .

تم قياس الهبوط لكل الخلطات الخرسانية والجدول 8 يبين نتائج الهبوط للخرسانة المعدلة بنسب مختلفة من السيكامنت.

الجدول 8 يبين نتائج الهبوط

الخلطة	القياسية	S %0.5	S %1.0	S %3.0
الهبوط (mm)	32	248	222	235

من النتائج المعطاه في الجدول 9 يتضح انه العينة القياسية والعينات المضافة بنسبة (0.5،1،) % بعد مرور 7 ايام تعطي قراءة متقاربة بغض النظر عن المضافة بنسبة (3)% حيث نلاحظ ان قيمة مقاومة الضغط اقل من المطلوب.

نلاحظ من الجدول 10 ان اضافة (0.5)% من السيكامنت تحدث ارتفاع ملحوظ لمقاومة الضغط بعد مرر 14 يوم بينما العينات الاخرى لم يحدث لها الا ارتفاع ضعيف.

من ناحية اخرى يوضح الجدول 11 ان العينة القياسية والعينة المضافة بنسبة (0.5) % تعطي قرأءت جيدة االتدرج والعينات(1،3)%سجلت قراءت لارتفاع بسيط ودالك بعد مرور 21 يوم.

بعدما تم اختبار العينات بصفة عامة بعد مرور 28يوم سجلت القراءت كما هو موضح في الجدول 12 والشكل 3 ان العينة المضافة بنسبة (0.5)% سجلت اعلى قراءة مقارنة بالعينة القياسية بينما العينات الاخرى سجلت قيم متدنية لمقاومة الضغط

جدول 9: مقاومة الضغط عند 7 ايام

الخلطة	مقاومة الضغط fcu (MPa)				SD	(CoV) %
	Cube 1	Cube 2	Cube 3	Average		
القياسية	26.787	28.129	26.916	27.28	0.74	2.71
0.5% S	28.711	28.791	24.609	27.37	2.39	6.08
1,0% S	29.071	25.667	25.778	26.84	1.93	7.21
3,0% S	8.698	7.649	9.027	8.46	0.72	8.51

جدول 10: مقاومة الضغط عند 14 يوم

الخلطة	مقاومة الضغط fcu (MPa)				(SD)	(CoV) %
	Cube 1	Cube 2	Cube 3	Average		
القياسية	28.689	28.502	30.307	29.17	0.99	3.40
0,5% S	36.533	32.671	36.178	35.13	2.13	6.08
1,0% S	26.933	27.271	27.307	27.17	0.21	0.76
3,0% S	8.031	9.227	9.382	8.88	0.74	8.33

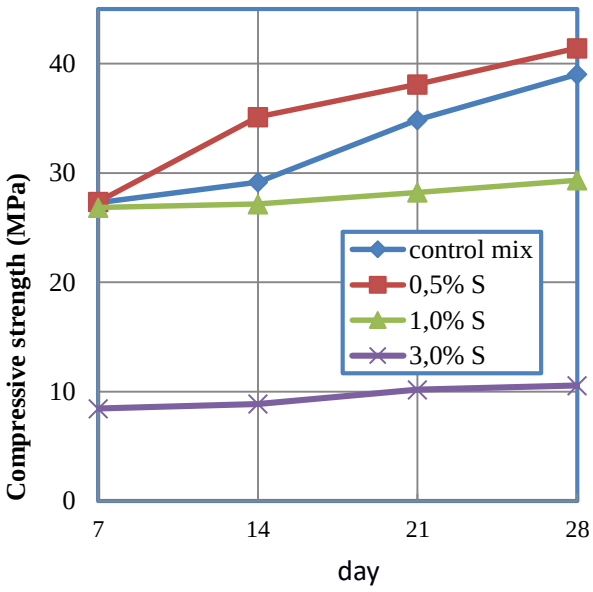
جدول 11: مقاومة الضغط عند 21 يوم

الخلطة	مقاومة الضغط fcu (MPa)				(SD)	(CoV) %
	Cube 1	Cube 2	Cube 3	Average		
القياسية	35.102	36.960	32.511	34.86	2.23	6.41
0.5% S	38.844	38.080	37.449	38.12	0.70	1.83
1,0% S	28.009	29.191	27.498	28.23	0.87	3.08
3,0% S	9.440	11.013	10.124	10.19	0.79	7.74

جدول 12 مقاومة الضغط عند 28 يوم

الخلطة	مقاومة الضغط fcu (MPa)				(SD)	(CoV) %
	Cube 1	Cube 2	Cube 3	Average		
القياسية	37.92	41.92	37.28	39.04	2.51	6.43
0.5% S	43.667	40.502	40.089	41.42	1.96	4.73
1,0% S	29.964	29.809	28.258	29.34	0.94	3.22
3,0% S	11.009	9.462	11.213	10.56	0.96	9.07

performance concrete," *Construction and Building Materials*, **23**, 878-888.
[11]- Houst Y., Bowen P., Perche F., Kauppi A., Borget P. and Galmiche L. (2008), "Design and function of novel superplasticizers for more durable high performance concrete (superplast project)," *Cement and Concrete Research,* **38**(10), 1197–1209.
[12]- Ince R. and Alyamac K.E. (2008), "Determination of fracture parametres based on water- cement ratio," *Indian Journal of Engineering and Materials Scineces,* **15**, 14-22.
[13]- Islam M., Rahman M. and Ahmed M. (2011), "Polymer-modified concrete: World experience and potential for Bangladesh," *The Indian Concrete Journal*, **22**, 55-63.
[14]- Mojumdar S.C. (2005), "Thermal properties, environmental deterioration and applications of macro-defect-free cements," *Research Journal of Chemistry and Environment,* **9**, 23-27.
[15]- Morin V., Moevus M. and Gartner E. (2011), "Effect of polymer mdification of the paste-aggregate interface on the mechanical properties of concrete," *Cement and Concrete Research*, **15**, 459-466.
[16]- Ohama Y. (2004), "Recent progress in research and development activities of polymer-modified mortar and concrete in Japan," *slovenski kolokvij o betonih – Gradnja z betoni visokih zmogljivosti, Ljubljana*, 11-16.
[17]- Peng J. (2011), *Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Encyclopedia of Chemical Processing*, Taylor & Francis.
[18]- Rossello C. and Elices M. (2004), "Fracture of model concrete: Types of fracture and crack path," *Cement and Concrete Research*, **32**, 1441–1450.
[19]- Rossignolo J.A. and Agnesini M.V. (2004), "Durability of polymer-modified lightweight aggregate concrete," *Cement and Concrete Composites,* **26**, 375-380.
[20]- Jiang R., Jia J.-Q. and Xu S.-L. (2007), "Seismic ductility of very-high-strength-concrete short columns subject to combined axial loading and cyclic lateral loading. *Journal of Chongqing University,* **6**(3), 205-212.
[21]- Silva D. and Monteiro P. (2005), "Hydration evolution of C3S–EVA composites analyzed by soft X-ray microscopy," *Cement and Concrete Research,* **35**(2), 351–357.
[22]- Torgal P. and Jalali S. (2009), "Sulphuric acid resistance of plain, polymer modified, and fly ash cement concretes," *Construction and Building Materials*, **23**, 3485–3491.
[23]- Wang R. and Wang P. (2010), "Function of styrene-acrylic ester copolymer latex in cement mortar," *Materials and Structures,* **43**, 443–451.
[24]- Wang W. and Wang P.-M. (2011), "Action of redispersible vinyl acetate and versatate copolymer powder in cement mortar," *Construction and Building Materials*, 4, 1-5.
[25]- Zain M.F., Islam M.N. and Basri H. (2005), "An expert system for mix design of high performance concrete" *Advances in Engineering Software*, **36**, 325–337.



شكل 4: مقاومة الضغط للخلطة الخرسانية المعدلة بنسب مختلفة من مادة السيكامنت

قائمة المراجع

[1]- Abu-Lebdeh T., Hamoush S., Heard W. and Zornig B. (2011), "Effect of matrix strength on pullout behavior of steel fiber reinforced very-high strength concrete composites," *Construction and Building Materials*, **25**, 39-46.
[2]- ACI Committe 2 (2009), *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (reapproved 2009),* USA: ACI.
[3]- Aitcin P. (2004) *High-Performance Concrete,* New York: E & FN SPON.
[4]- Almeida A. and Sichieri E. (2007), "Experimental study on polymer-modified mortars," *Building and Environment,* **42**, 2645-2650.
[5]- Bhutta M.A. and Ohama Y. (2010), "Recent status of research and development of concrete-polymer composites in Japan," *Concrete Research Letters,* **1**(4), 125-130.
[6]- British Standards Institution (2011), *EN 197-1 Cement. Composition, Specifications and Conformity Criteria for Common Cements*, BSI, London.
[7]- Chmielewska B. (2008), "Adhesion strength and other mechanical properties of SBR modified concrete," *International Journal of Concrete Structures and Materials,* **2**(1), 3-8.
[8]- Einsfeld R.A. and Velasco M.S. (2006), "Fracture parameters for high-performance concrete," *Cement and Concrete Research,* **36**, 576-583.
[9]- Galvao J., Portella K., Joukoski A. and Mendes R. (2011), "Use of waste polymers in concrete for repair of dam hydraulic surfaces," *Construction and Building Materials,* **25**, 1049-1055.
[10]- Hale W.M., Freyne S. and Russell B. (2009), "Examining the frost resistance of high

[27]- Zhang B., Bicanic N., Pearce C.J. and Phillips D.V. (2002), "Relationship between brittleness and moisture loss of concrete exposed to high temperatures," *Cement and Concrete Research,* **32**, 363-371.

[26]- Zhang B. (2011), "Effects of moisture evaporation (weight loss) on fractur eproperties of high performance concrete subjected to high temperatures," *Fire Safety Journal,* **46**, 453-549.