Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 38, No. 2, pp. 343 -353, March, 2010.

EFEECT OF FINE AGGREGA TYPE ON MECHANICAL PROPERTIES OF ADMEXTURED/NON-AMIXTURED CONCRETE

Hassan S. Abdul-Moghni
Civil Engineering Dept., Faculty of Engineering, Sana'a University, Sana'a, Yemen

(Received November 24, 2009 Accepted December 18, 2009).

This paper reports the results of a study conducted to evaluate the effects of three types of fine aggregates on the compressive and tensile strength of concrete. The three fine aggregates used here are Saddah, Thelaa, and Mareb sands which were named after their sources and they represent the common types being used in broad regions in Yemen. A number of concrete mixes were prepared and tested at the curing ages of 1, 7, 14 and 28 days. Two types of superplasticizers were used with some mixes, named F and G.
The results showed that concrete containing Saddah sand had the highest strength capacities in both compression and tension while concrete made with Mareb sand had the lowest strength. On the other hand, it was observed that concrete mixes made with superplasticizers showed higher strengths compared to those made without admixtures.

تأثير نوع الركام الناعم على خواص الخرسانة الحاوية وغير الحاوية على المضافات

د. حسان سعد محمد عبد المغني
أستاذ مشارك الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة – جامعة صنعاء – اليمن
E-mail ***has_mogni@maktoob.com***

الملخص:

في هذه الدراسة تم استخدام ثلاثة أنواع مختلفة من الركام الناعم الشائعة محلياً تعرف برمل صعدة ، ثلاء ومأرب وهدفت الدراسة إلى تقييم تأثير الرمال السابقة على بعض خواص الخرسانة مثل مقاومة الانضغاط والشد ، وتم استخدام نوعين من مضافات الملدنات المتفوقة وكانت جميع العينات تعالج حتى موعد الفحص عند الأعمار 1، 7 ،14 و 28 يوماً.
اوضحت النتائج إن الخرسانة المكونة من رمل صعدة قد أظهرت اعلى مقاومة انضغاط وشد، بينما الخرسانة المكونة من رمل مأرب أبدت أقل مقاومة. من ناحية أخرى أظهرت النتائج إن إضافة الملدنات المتفوقة للخلطات الخرسانية أدى إلى زيادة مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد مقارنة بالخرسانة المرجعية الغير حاوية على المضافات.
الكلمات الدالة: الركام الناعم، مقاومة الانضغاط، مقاومة الشد، الملدنات المتفوقة

مقدمة:

إن التطور الحاصل في استعمالات الخرسانة والحاجة المستمرة لإنتاج كميات كبيرة منها مطلوبة للمشاريع الإنشائية بالمجالات المختلفة بالبلاد أدى إلى زيادة الطلب على مواردها الأولية ومن ضمنها الركام الداخل في صناعة الخرسانة. والركام هو مجموعة الحبيبات الصخرية المتدرجة بالحجم فمنها حبيبات صغيرة تسمى ركام ناعم أو رمل وتعرف محلياً باسم النيس، وأخرى حبيبات كبيرة تسمى ركام خشن أو حصى وتعرف محلياً باسم الكري، ومجموعة الحبيبات تلك في جسم الخرسانة تتماسك مع بعضها بواسطة مواد لاصقة مثل عجينة الأسمنت،

وتتمثل أهمية الركام في الخرسانة في أنه يعمل على تقليل التغيرات الحجمية كما أن الركام يعطي كتلة الخرسانة استقراريتها ومقاومتها للقوى الخارجية. ولما كان الركام يشكل حوالي 75% من حجم الخرسانة فلا عجب إذا قلنا أن نوعية الركام الداخل في صناعة الخرسانة على جانب كبير من الأهمية كون خواص الخرسانة تتأثر تأثيراً كبيراً بخواص الركام المستخدم (1 ، 2). وقد أشار الباحث Donza وجماعته (3) إلى أن لشكل وملمس حبيبات الرمل الناتج من الكسارات تأثيراً كبيراً على قوة تلاصق عجينة الأسمنت مع حبيبات الركام، وبالتالي على مقاومة الخرسانة، وقد وجد الباحث أن المونة المكونة من الرمل الناتج من الكسارات تكون مقاومتها أعلى من المونة المكونة من الرمل الطبيعي، وأرجع الباحث ذلك إلى إن خشونة سطح الرمل الناتج من الكسارات تعطي ترابط قوى مع عجينة الأسمنت، وأضاف الباحثون إن هذا التأثير يظهر فقط في حالة الخرسانة عالية المقاومة ولا يظهر على الخرسانة ذات المقاومة الاعتيادية حيث أن الملمس السطحي للركام الناعم ليس له تأثير كبير على مقاومة الخرسانة عادية المقاومة ، أما الباحث Guineaa وجماعته(4) فقد أشاروا إلى أن مقاومة الانضغاط والشد ومعاير المرونة الاستاتيكي تتأثر تأثيراً كبيراً بنوعية وخواص المنطقة البينية بين الركام وعجينة الأسمنت، وأشار الباحثون أن المنطقة البينية الضعيفة قد تسبب انخفاض بمقاومة الانضغاط بمقدار 70% ومعامل المرونة الأستاتيكي بمقدار 50%. وفي دراسة أخرى تم استخدم ثلاثة أنواع مختلفة من الركام الناعم وثلاث نسب خلط مختلفة وتوصلت الدراسة إلى أن الخلطات التي لها محتوى ركام/ أسمنت منخفض تكون مقاومتها للضغط والشد أعلى من الخلطات ذات المحتوى العالي من الركام/ الأسمنت(5). ومن خلال مراجعة الدراسات السابقة تم ملاحظة وجود اختلاف في نتائج البعض منها حول تأثير المواد الناعمة المتواجدة بالركام على خواص الخرسانة فقد يكون التأثير ضاراً على المقاومة وقد يكون التأثير عكس ذلك أي زيادة بالمقاومة نتيجة إن المواد الناعمة تعمل على ملئ الفراغات الداخلية بالخرسانة، وبصورة عامة يمكن القول إن تأثير المواد الناعمة على خواص الخرسانة يعتمد على نسبة وجودها و على محتوى الأطيان فيها(6).

ولرفع كفاءة الخرسانة المنتجة يجب الاهتمام بالمنطقة البينية بين الركام وعجينة الاسمنت وذلك من خلال استخدام خلطات خرسانية ذات محتوى مائي منخفض، ويمكن الوصول إلى ذلك باستخدام مضافات خرسانية مثل الملدنات المتفوقة التي بدأ استعمالها كإضافات خرسانية في اليابان وألمانيا في بداية الستينات من القرن الماضي, ثم انتشر استخدامها بشكل كبير بعد ذلك في معظم دول العالم. وتستعمل الملدنات المتفوقة أما للحصول على قابلية تشغيل عالية بدون زيادة ماء الخلط أو تقليل نسبة ماء الخلط وبالتالي زيادة المقاومة أو قد تستخدم لأغراض اقتصادية مثل تقليل كمية الأسمنت بالخليط الخرساني (7). وهناك الكثير من الأبحاث والدراسات التي تناولت التأثيرات المختلفة لإضافة الملدنات المتفوقة للخلطات الخرسانية ففي دراسة قام بها الباحثان Mangat & Khatib (8) أشارا إلى أن إضافة الملدنات المتفوقة إلى عجينة الأسمنت يعمل على تقليل حجم المسامات أو غلقها نتيجة سماحة بتقليل كمية $\frac{W}{C}$ وبالتالي تكون الخرسانة المنتجة أكثر كثافة وأعلى مقاومة . كما يشير الباحثان Sarvahi & Singh (9) أن سبب الزيادة في مقاومة الخرسانة الحاوية على الملدن المتفوق هو قلة المسامات الشعرية الكبيرة الموجودة في عجينة الأسمنت، إضافة إلى الانتشار الجيد لحبيبات الأسمنت الذي يزيد من معدل الإماهة وبالتالي زيادة المقاومة، وفي دراسة قام بها Aigness & Kern (10) أشارا إلى إمكانية تقليل المحتوى المائي لأكثر من 30% عند إضافة الملدنات المتفوقة وبالتالي الحصول على خرسانة ذات مقاومة عالية وخصوصاً في الأعمار المبكرة. وقد تم استخدام الملدنات المتفوقة في أحد الأبحاث لأغراض اقتصادية حيث تم التوصل إلى تقليل محتوى الأسمنت في الخلطة الخرسانية بمقدار 33% عند استخدام الملدن المتفوق بجرعة 4% كنسبة من وزن الأسمنت مع المحافظة على نفس قابلية التشغيل والمقاومة (11).

أهمية البحث:

نظراً لعدم توفر مواصفات قياسية للركام المحلي تحدد استخداماته ونتيجة لما تتميز به اليمن من تنوع جغرافي من جبال وسهول وصحاري وما يتبع ذلك من اختلاف جيولوجي يؤدي إلى تفاوت خواص الركام الناعم المستخدم في إنتاج الخلطات الخرسانية كل ذلك يؤدي إلى ضرورة دراسة هذه الأنواع المختلفة والخروج بمؤشرات تفيد في تحديد استخدام الرمل الأكثر كفاءة لاستخدامه في إنتاج الخلطات الخرسانية الحاوية على المضافات والغير حاوية على المضافات ولذلك فقد تم عمل هذه الدراسة وهي تمثل جزء من دراسات متعددة تهدف للوصول إلى دراسة متكاملة حول الركام المحلي بنوعية الناعم والخشن الملائم لإنتاج خلطات خرسانية تكون أكثر كفاءة وأكثر اقتصادية.

الأعمال المختبريـــة

الأسمنـــت:

استخدم الأسمنت البورتلاندي الاعتيادي من إنتاج مصنع أسمنت عمران المطابق لحدود المواصفات ASTM C150.

الركام الناعم:

تم استعمال ثلاثة أنواع مختلفة من الرمال والجدول (1) يوضح التدرج الحبيبي للأنواع الثلاثة كما يوضح الجدول(2) نتائج بعض الفحوصات الأخرى والرمال المستخدمة في هذه الدراسة هي:

أ- رمل ثلاء: وهو عبارة عن رمل ناتج من تكسر الأحجار الرملية الموجودة بمنطقة ثلاء. ويلاحظ على هذا النوع من الرمال هو أن حبيباته عند تبليلها بالماء فإنها تتحول إلى حبيبات ناعمة جداً.

ب- رمل مأرب : منسوب لمنطقة مأرب وهو رمل طبيعي ناتج من رواسب الوديان ومجاري السيول، ويعتبر أكثر ثباتاً من النوع السابق، حيث تحافظ حبيباته على تراكيبها دون التفتت، والملاحظ على هذا النوع هو احتوائه على نسبة كبيرة من المواد الناعمة، حيث تصل النسبة إلى 9%.

جـ- رمل صعدة : مصدر هذا الرمل هو وادي علف بمنطقة صعدة، ويلاحظ على هذا النوع أن حبيباته تحافظ على تركيبها وتحدث صوت عند فركها بأصابع اليد.

الركام الخشن:

استخدام الركام المكسر من الصخور البازلتية كركام خشن بمقاس اقصى 12.5 ملم.

الملدنـــات المتفوقة:

تم استعمال نوعين من مضافات الملدنات المتفوقة وهي كالتالي:

أ) نوع F وهو الملدن المتفوق الاعتيادي موافق لمتطلبات المواصفات ASTM C494 Type F.

ب) نوع G وهو ملدن متفوق مع مبطئ تجمد وموافق لمتطلبات المواصفاتASTM C494 Type G .

وقد استخدمت المضافات السابقة بجرعة 2% كنسبة من وزن الأسمنت.واستخدمت نسبة خلط 1 : 1.6 : 3.2 اسمنت : ركام ناعم : ركام خشن على التوالي، ومحتوى اسمنت 400 كجم/م3 وتم تحديد نسبة الماء/الاسمنت لجميع الخلطات المستخدمة لتعطي هطولاً متساوياً مقداره (100±20)ملم

تم فحص مقاومة الإنضغاط لنماذج مكعبة(100×100×100) ملم حيث سلطت عليها قوة عمودية متزايدة بواسطة ماكينة فحص ذات سعة 2000 كيلونيوتن وبسرعة تحميل 1.5 ميجاباسكال/الثانية بموجب المواصفات البريطانية (B.S 1881: Part 4:1970) . بينما لفحص مقاومة الشد تم استخدام نماذج اسطوانية 300x 150مم.

جدول (1) التدرج الحبيبي لأنواع الرمل الثلاثة

مقاس المنخل ملم	المارة%		
	رمل ثلاء	رمل مأرب	رمل صعدة
10	96.3	97	79
5	94	92	92
2.5	92	88	81
1.25	89	83	60
0.63	74	63	26
0.31	21	18	8
0.123	3	9	2

جدول (2) بعض خواص الرمال المستخدمة

نوع الرمل	رمل ثلاء	رمل مأرب	رمل صعدة
معاير النعومة	2.33	2.37	2.60
التدرج	ناعم	ناعم- متوسط النعومة	خشن
المقاس الاعتباري	5	10	10
الشكل	كروي– غير منتظم	كروي – مكعبي	كروي –مكعبي
الملمس السطحي	خشن	ناعم	ناعم
المسامية	عالي المسامية	قليل المسامية	قليل المسامية
المساحة السطحية	97سم2/جرام	71سم2/جرام	42سم2/جرام
الوزن النوعي جم/سم3	2.22	2.5	2.55
الوزن الحجمي جم/سم3	1.55	1.53	1.62
نسبة الفراغات	%29.13	%29.8	%29.8

النتائج ومناقشتها

مقاومة الانضغاط:

تعتبر مقاومة الانضغاط من أهم خواص الخرسانة، لأنها تعطي صورة واضحة وشاملة لمعظم الخواص الأخرى مثل مقاومة الشد ومعامل المرونة الاستاتيكي ومتانة الخرسانة وذلك لأنها ترتبط ارتباطاً وثيقاً ببنية وهيكل العجينة الأسمنتية وكذا المنطقة البينية بين حبيبات الركام وعجينة الأسمنت.

ومن خلال النتائج الموضحة بالجدول(3) والأشكال (1-6) يتضح أن الخلطة الخرسانية الحاوية على الرمل الصعدي قد اكتسبت أعلى مقاومة انضغاط ولجميع الأعمار مقارنة بالنوعين الآخرين. ويلاحظ أن الخلطات الحاوية على الرمل الصعدي ورمل ثلاء قد أبدت مقاومة متقاربة لجميع الخلطات وبمختلف الأعمار, ولكن تلك المقاومات كانت الزيادة فيها واضحة بالمقارنة مع مقاومة الخلطة الخرسانية الحاوية على الرمل الماربي. وبملاحظة المقاومة بعمر 28 يوماً للخلطة المرجعية (الغير حاوية على المضافات) نجد أن نسبة الزيادة في مقاومة الانضغاط للخرسانة الحاوية على رمل صعدة وثلاء هي 36.2 ، 26.1% على التوالي مقارنة بالخرسانة الحاوية على الرمل الماربي. ونفس السلوك للخلطات الحاوية على مضافات الملدنات المتفوقة حيث يلاحظ أن مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوماً للخرسانة الحاوية على نوعي الرمل الصعدي وثلاء قد زادت بنسب 29.2، 24.4% و 33.5 ، 23% عند استخدام ملدن متفوق نوع F ونوع G على التوالي مقارنة مع الخرسانة الحاوية على الرمل الماربي.

وتظهر النتائج أن جميع الخلطات الحاوية على رمل مأرب تبدي مقاومة انضغاط منخفضة منذ اليوم الأول وتزداد تدريجياً مع مرور الزمن ولكنها تظل محتفظة بأقل مقاومة عند جميع الأعمار مقارنة مع الخلطات الخرسانية الحاوية على الرمال الأخرى. وقد يعزي سبب ذلك إلى سوء التدرج الحبيبي للخرسانة الحاوية لرمل مأرب أو لكثرة احتوائه على المواد الناعمة، حيث أن لتلك المواد الناعمة تأثير ضار فبوجودها تزداد المساحة السطحية للرمل مما يعني زيادة كمية ماء الخلط مما يؤدي إلى وجود الفجوات والمسامات التي تؤدي إلى تقليل المقاومة. كما أن المواد الناعمة قد تعمل على تكوين غلاف خارجي حول حبيبات الركام مما يضعف الترابط بين حبيبات الركام وعجينة الأسمنت [6, 12].

ومن خلال دراسة النتائج الموضحة في الأشكال [4-6] يلاحظ أن الخرسانة الحاوية على مضافات الملدن المتفوق تبدي زيادة واضحة في مقاومة الانضغاط بالمقارنة مع الخرسانة المرجعية [غير الحاوية على المضافات] ولجميع أنواع الرمل الثلاثة، فمثلاً الخرسانة الحاوية على رمل ثلاء يلاحظ أن نسبة الزيادة في مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوماً هي 40.2 و 24.8% للخلطات الحاوية على الملدن المتفوق نوع F و نوع G على التوالي مقارنة مع الخرسانة المرجعية. بينما الخرسانة الحاوية على الرمل الصعدي يلاحظ أن نسب الزيادة في مقاومة الانضغاط عند نفس العمر السابق هي 34.8 و 25.3% عند استخدام مضافات الملدن المتفوق نوع F ونوع G على التوالي

مقارنة مع الخرسانة المرجعية ونفس السلوك والتصرف يظهر في نتائج الخرسانة الحاوية على رمل مأرب ويعود سبب زيادة مقاومة الانضغاط للخلطات الحاوية على مضافات الملدن المتفوق مقارنة بالخلطات المرجعية إلى إن إضافة الملدنات المتفوقة إلى الخلطة الخرسانية يؤدي إلى تنافر حبيبات الأسمنت عن بعضها البعض وبالتالي إطلاق الماء المحتجز بين تكتلات الأسمنت مما يؤدي إلى زيادة انسيابية الخلطة وهذا بدوره يسمح بتقليل نسبة الماء/ الأسمنت مما يؤدي إلى زيادة المقاومة. كما تشير النتائج أن نسب الزيادة بمقاومة الانضغاط تكون أعلى في الأعمار المبكرة ويقل معدل الزيادة مع زيادة العمر، وقد يعود سبب ذلك إلى أن الانتشار الجيد لحبيبات الأسمنت في الخليط عند إضافة الملدن المتفوق تؤدي إلى زيادة معدل الإماهة نتيجة زيادة المساحة السطحية المعرضة للإماهة لحبيبات الأسمنت، وبالتالي يحصل زيادة في المقاومة المبكرة نتيجة زيادة نواتج الإماهة التي تعمل على زيادة كثافة الخرسانة و تصغير المسامات الشعرية أو غلقها وبالتالي تقل النفاذية مما يؤخر وصول الماء إلى أجزاء الأسمنت التي تتمياء وهذا يفسرانخفاض معدل الزيادة في المقاومة في الأعمار المتأخرة مقارنة مع الأعمار المبكرة [14,13].

جدول (3) نتائج مقاومة الخرسانة للانضغاط

نوع الخلطة	نوع الركام الناعم	$\frac{W}{C}$	مقاومة الانضغاط (MPa) للعمر (يوم)			
			1	7	14	28
مرجعية (بدون مضافات)	ثلاء	0.60	9.43	20.60	26.20	35.17
	صعدة	0.55	10.77	21.70	29.37	38.00
	مأرب	0.60	6.03	17.83	23.20	27.90
حاوية على الملدن المتفوق نوع F	ثلاء	0.46	16.12	33.43	40.40	49.31
	صعدة	0.43	18.50	38.43	43.71	51.23
	مأرب	0.47	4.32	29.42	33.41	39.64
حاوية على الملدن المتفوق نوع G	ثلاء	0.46	6.88	31.69	38.19	43.88
	صعدة	0.44	9.03	33.77	40.68	47.60
	مأرب	0.47	5.16	28.62	30.14	35.67

مقاومة الشد:

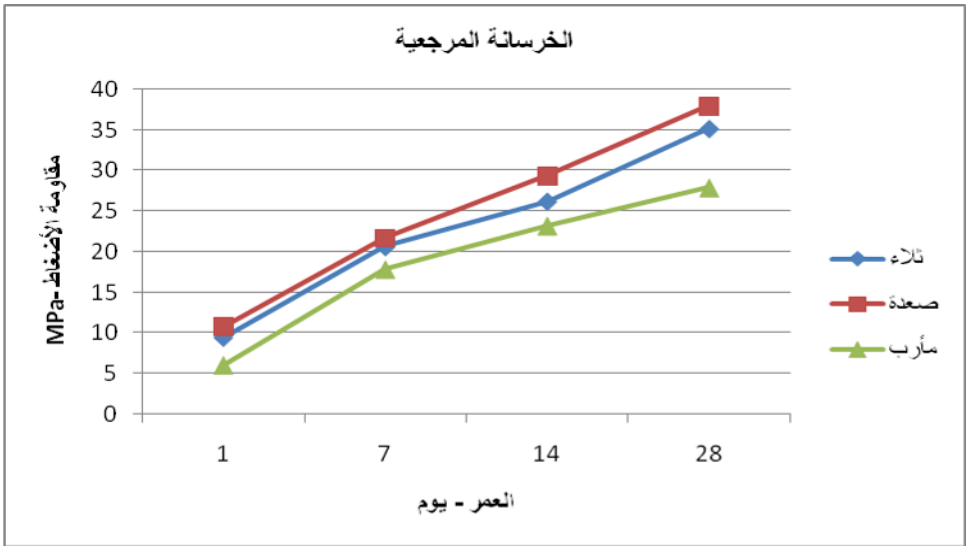
يوضح الجدول (4) والأشكال (9-12) تأثير الأنواع الثلاثة من الركام الناعم على مقاومة الشد وكذلك تأثير الملدنات المتفوقة على الخلطات الخرسانية. وتشير النتائج أن مقاومة الشد لجميع الخلطات الخرسانية الحاوية على الرمال الثلاثة ثلاء وصعدة ومأرب قد سلكت نفس السلوك لمقاومة الانضغاط فيلاحظ أن الخرسانة الحاوية على رمل صعدة قد أبدت زيادة في مقاومة الشد بعمر 28 يوماً بمقدار 2.7 ، 69% مقارنة بالخرسانة الحاوية على رمل ثلاء ومأرب على التوالي. كما تشير النتائج أن مقاومة الشد عند عمر 28 يوماً للخرسانة الحاوية على رمل ثلاء قد زادت بمقدار 65% عن مقاومة الشد للخرسانة الحاوية على رمل مأرب.

كما توضح النتائج زيادة مقاومة الشد للخلطات الخرسانية الحاوية على الملدنات المتفوقة مقارنة بالخرسانة المرجعية الغير حاوية على المضافات، حيث بلغت نسب الزيادة للخلطة المكونة من رمل ثلاء عند عمر 28 يوماً 53 ، 45% عند استخدام الملدن المتفوق نوع F ونوع G على التوالي مقارنة مع الخرسانة المرجعية بينما نجد الخلطة المكونة من رمل صعدة ومأرب وعند نفس العمر السابق قد زادت بمقدار 57، 84% و 48، 61% عند استخدام الملدن المتفوق نوع F و نوع G على التوالي مقارنة بالخرسانة المرجعية. ويعزى سبب الزيادة كون

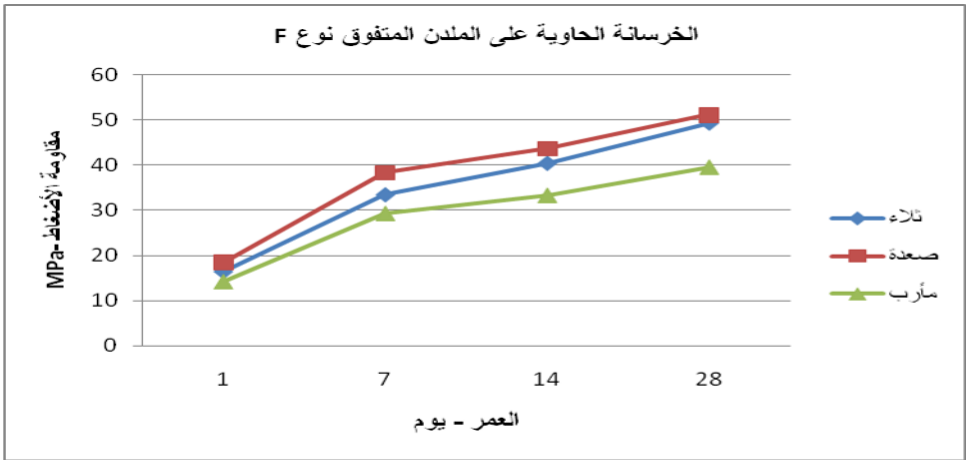
الملدنات المتفوقة تعمل على تقليل نسب الماء/ الأسمنت ($\frac{W}{C}$) مما يؤدي إلى تلاشي الفجوات التي يسببها وجود الماء الزائد الذي لا يشترك في عملية الإماهة مما يزيد من مساحة الترابط بين الركام وعجينة الأسمنت وبالتالي تزداد مقاومة الخرسانة للشد (15).

جدول (4) نتائج مقاومة الخرسانة للشد

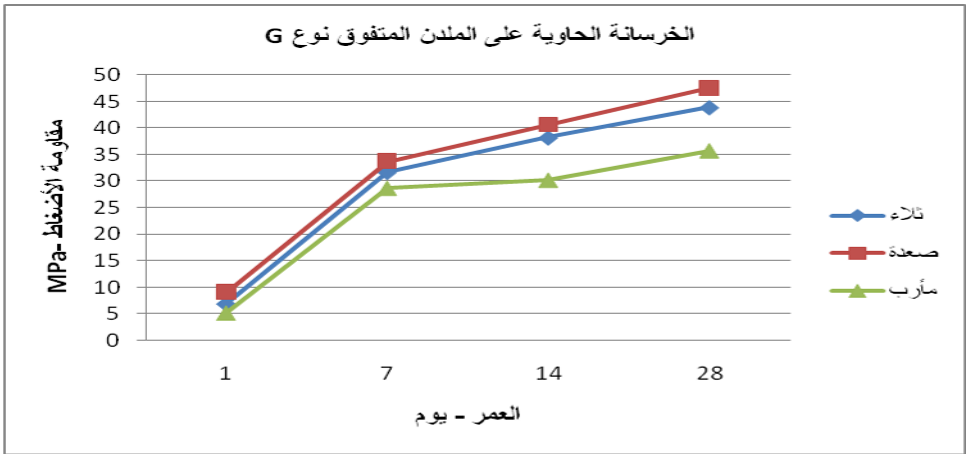
نوع الخلطة	نوع الركام الناعم	$\frac{W}{C}$	مقاومة الشد (MPa) للعمر(يوم)			
			1	7	14	28
مرجعية (بدون مضافات)	ثلاء	0.60	0.60	1.89	2.50	2.60
	صعدة	0.55	0.64	2.00	2.59	2.67
	مأرب	0.60	0.50	1.07	1.26	1.58
حاوية على الملدن المتفوق نوع F	ثلاء	0.46	0.90	2.68	3.76	3.97
	صعدة	0.43	0.85	2.87	3.85	4.20
	مأرب	0.47	0.73	1.78	2.10	2.90
حاوية على الملدن المتفوق نوع G	ثلاء	0.46	0.65	2.46	3.60	3.76
	صعدة	0.44	0.76	2.68	3.80	3.96
	مأرب	0.47	0.60	1.60	1.87	2.54



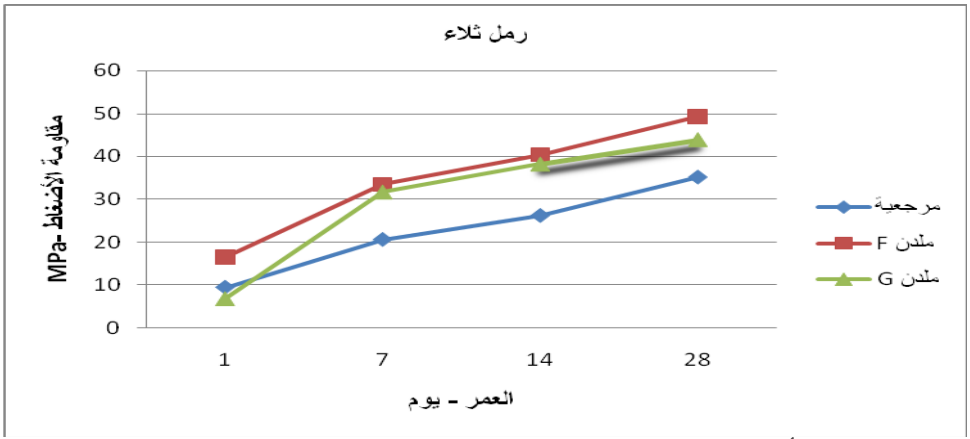
شكل (1) تأثير الأنواع المختلفة للرمل على مقاومة انضغاط الخرسانة المرجعية



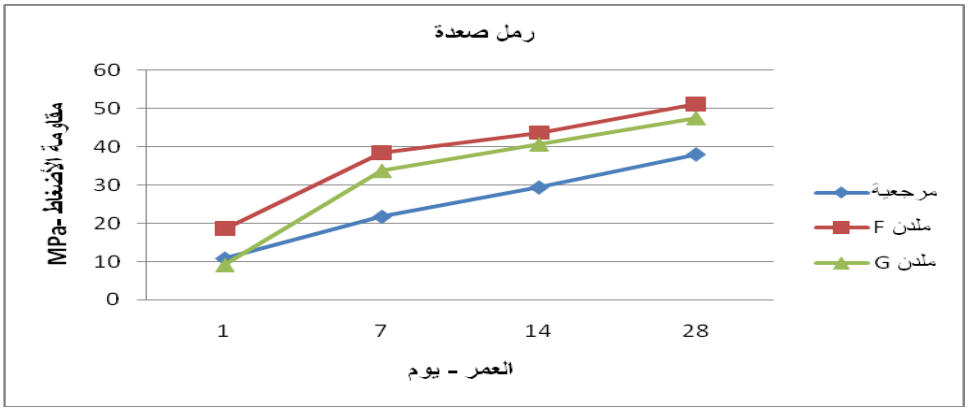
شكل (2) تأثير الأنواع المختلفة للرمل على مقاومة انضغاط الخرسانة الحاوية على الملدن المتفوق نوع F



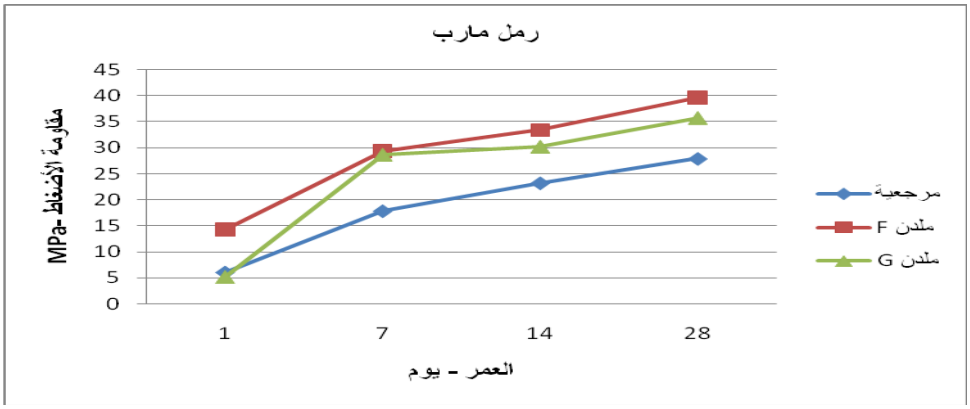
شكل (3) تأثير الأنواع المختلفة للرمل على مقاومة انضغاط الخرسانة الحاوية على الملدن المتفوق نوع G



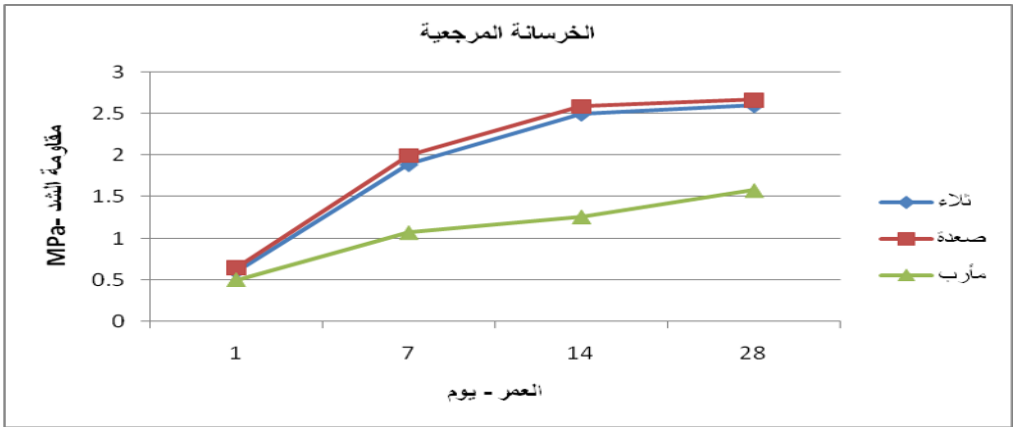
شكل (4) تأثير اضافة الملدن المتفوق على مقاومة انضغاط الخرسانة المكونة من رمل ثلاء



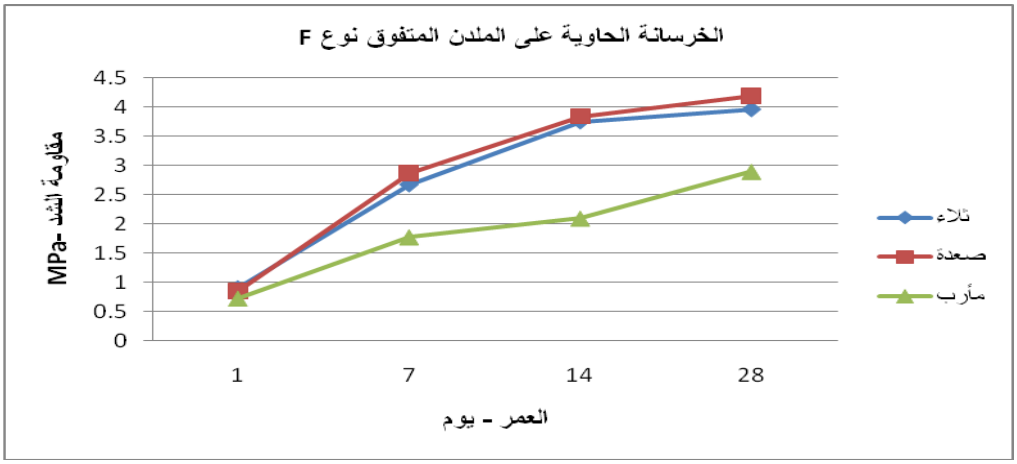
شكل (5) تأثير اضافة الملدن المتفوق على مقاومة انضغاط الخرسانة المكونة من رمل صعدة



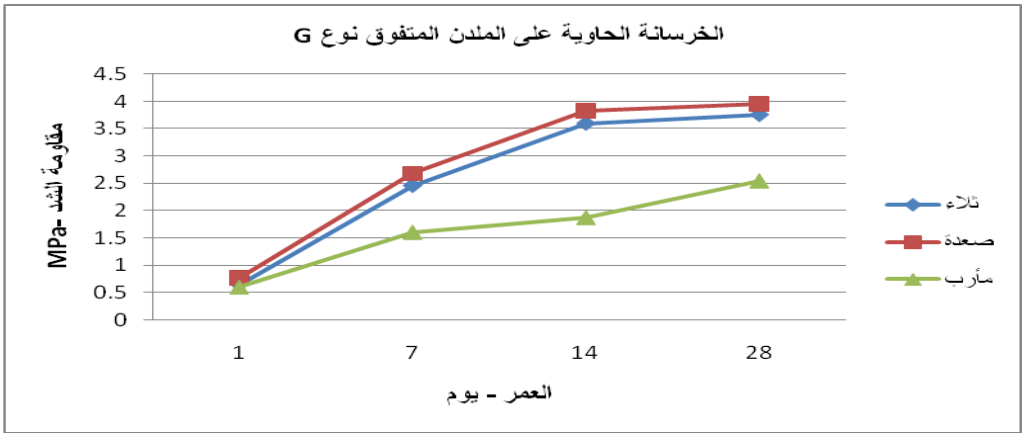
شكل (6) تأثير اضافة الملدن المتفوق على مقاومة انضغاط الخرسانة المكونة من رمل مأرب



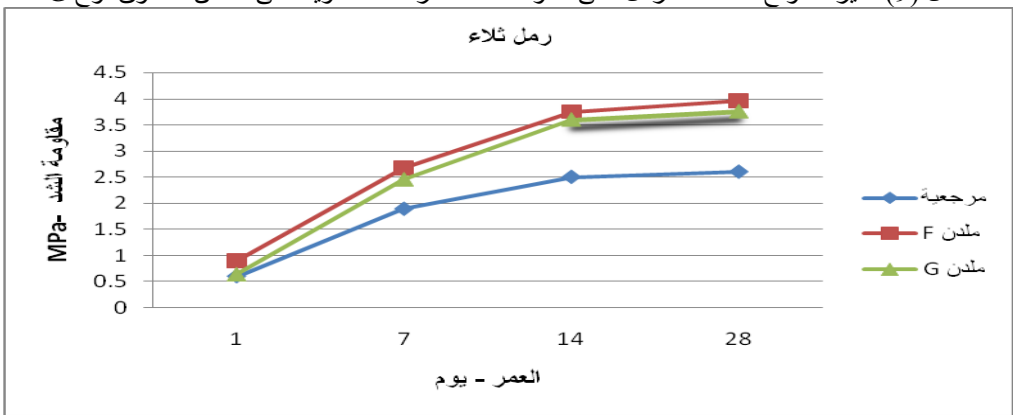
شكل (7) تأثير الأنواع المختلفة للرمل على مقاومة الشد للخرسانة المرجعية



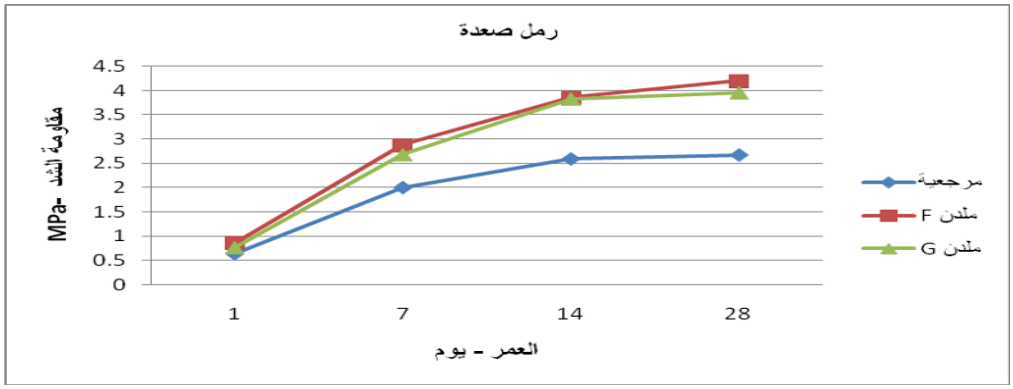
شكل (8) تأثير الأنواع المختلفة للرمل على مقاومة الشد للخرسانة الحاوية على الملدن المتفوق نوع F



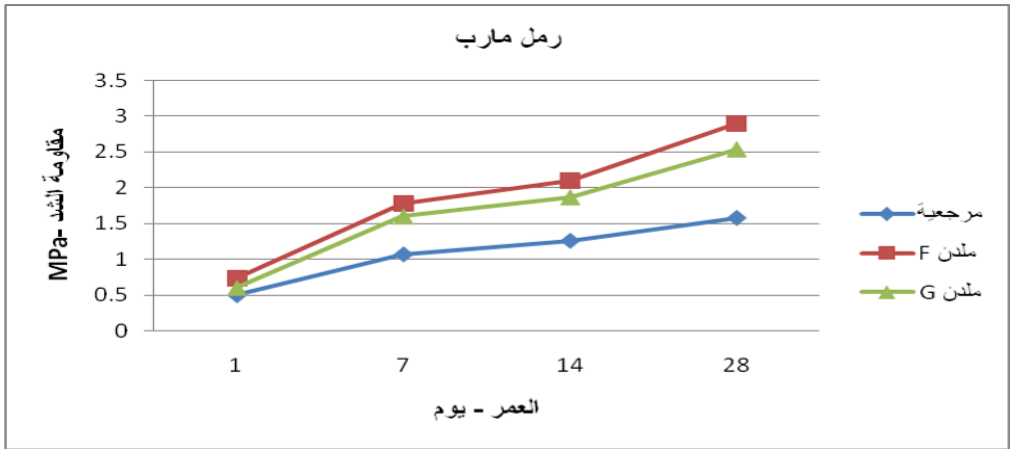
شكل (9) تأثير الأنواع المختلفة للرمل على مقاومة الشد للخرسانة الحاوية على الملدن المتفوق نوع G



شكل (10) تأثير اضافة الملدن المتفوق على مقاومة الشد للخرسانة المكونة من رمل ثلاء



شكل (11) تأثير اضافة الملدن المتفوق على مقاومة الشد للخرسانة المكونة من رمل صعدة



شكل (12) تأثير اضافة الملدن المتفوق على مقاومة الشد للخرسانة المكونة من رمل مأرب

النتائج والتوصيات:

من خلال هذه الدراسة التي احتوت على ثلاثة أنواع مختلفة من الركام الناعم المستخدمة بالخلطات الخرسانية يمكن استنتاج التالي:-

1- اعتبار الثلاثة الأنواع من الركام الناعم المستخدمة في هذه الدراسة صالحة للاستخدام بالخلطات الخرسانية.
2- الخرسانة المكونة من رمل صعدة أبدت أعلى زيادة في مقاومة الانضغاط والشد مقارنة بالنوعين الآخرين.
3- الخرسانة المكونة من رمل ثلاء أظهرت مقاومة قريبة من مقاومة الخرسانة المكونة من رمل صعدة.
4- الخرسانة المكونة من رمل مأرب أظهرت انخفاض ملحوظ بمقاومة الانضغاط والشد.
5- الخرسانة الحاوية على الملدنات المتفوقة نوع F ونوع G أظهرت زيادة ملحوظة بمقاومة الانضغاط والشد مقارنة بالخرسانة المرجعية الغير حاوية على المضافات.

المصادر:

1. Neville, A.M., and Brooks, J.J.,"Concrete technology", 1st Edition, John Wiley, New York, 1987.
2. Bing Chen, and Juanyu Liu" Effect of Aggregate on the Fracture Behavior of High Strength Concrete" Construction and Building Materials 18, 2004, pp.585–590

3. Donza, H., Cabrera, O., and Irassar, E.F., "High-Strength Concrete with Different Fine Aggregate", Cement and Concrete Research 32, 2002, pp.1755-1761
4. Guineaa , G.V., El-Sayedb, K., Roccoc, C.G., Elicesa, M., and Planasa , J., "the Effect of the Bond between the Matrix and the Aggregates on the Cracking Mechanism and Fracture Parameters of Concrete," Cement and Concrete Research 32, 2002, pp. 1961–1970
5. Zingoni A., "A Comparative Study of Normal Concrete with Concretes Containing Granite and Laterite Fine Aggregates", Structural Engineering, Mechanics and Computation, Vol. 2, 2001.
6. Al-kass M.R, & Al-Zaiwary, M. A.,"The influence of Clays Inclusion in the Fine Materials of Sand on Workability and Compressive Strength of Concrete" Journal of Building Research, Building Research Centre, Baghdad, Vol. 5, No., 2, November 1986.
7. Papayianni , I., Tsohos, G., Oikonomou, N., Mavria, P., "Influence of Superplasticizer Type and Mix Design Parameters on the Performance of them in Concrete Mixtures" Cement & Concrete Composites 27, 2005, pp. 217–222
8. Khatib , J.M., and Mangat, P.S.," Influence of Superplasticizer and Curing on Porosity and Pore Structure of Cement Paste ", Cement & Concrete Composites 21, 1999, pp. 431-437
9. Singh, N.B., and Sarvahi, R., "Effect of Superplasticizers on Hydration of Cement", Cement and Concrete Research , vol. 22, No. 5, 1992, pp.725-735.
10. Aigness, B., and Kern, A., "Use of Melament-Based Superplasticizers Water Reducer", ACI, Sp(68-4), 1981, pp. 67-77.
11. Hassan S. A., "Using of Superplasticizers to Reduce Cement Content in Coneret Mixes – A Feasibility Study", Journal of Engeneering Scince , Assiut Universty, Vol.2, pp. 901-913, April 2004.
12. Rocco, C.G., Elices, M.,"Effect of Aggregate Shape on the Mechanical Properties of A Simple Concrete ", Engineering Fracture Mechanics 76, 2009, pp. 286–298.
13. Alhalf, M.N., and Yousif, H. A., "Concrete Admixtures", University of Technology, Baghdad, 1982.
14. Ghosh, R. S., and Malhotra, V. M., "Use of Superplasticizers as Water Reducers", Cement and Aggregate, Vol.1, No. 2, 1979, pp. 56-63.
15. Saricimen, H., Maslehuddin, M., Al-Tayyib, A., and AL-Mana, A., "Permeability and Durability of Plain and Blended Cement Concrete Cured in Field and Laboratory Condation", ACI Material Journal, Vol.92, No. 2, March – April 1995, pp. 111-116.