تصنيع خرسانة خالية من الركام الناعم ودراسة إمكانية استخدامها بدلا من الاعتيادية

رباح بشير محمد طاهر[1]

DOI: https://doi.org/10.54172/mjsc.v23i1.351

الملخص

هذا البحث تناول دراسة إمكانية تصنيع خرسانة خفيفة الوزن (Light weight concrete) بحذف الركام الناعم من خلطتها (خرسانة خالية من الركام الناعم No fines concrete) لاستخدامها كخرسانة خفيفة إنشائية في الأماكن التي تكون الاجهادات المسلطة قليلة ولزيادة العزل الحراري والصوتي حيث تم عمل خلطات خرسانية متنوعة استخدمت فيها ثلاث مقاسات مختلفة من الركام الخشن لوادي الحصين هي (10 ملم ، 15 ملم ، 20 ملم) ولكل مقاس من الركام تم استخدام (3) كميات مختلفة من الإسمنت و (5) نسب مختلفة للماء : الإسمنت ثم تم فحص مقاومة الخرسانة المنتجة للضغط بعمر 7 أيام وعمر 28 يوم وكثافتها ونسبة امتصاصها للماء. وقد أظهرت نتائج الفحص مايلي :-

1- يمكن إنتاج خرسانة خفيفة خالية من الركام الناعم ذات كثافة تتراوح بين (1573.3 – 1777.8) كجم/م^3 أي ذات كثافة تتراوح بين (65.6 – 74)% من كثافة الخرسانة الاعتيادية البالغة (2400) كجم/م^3 وذات مقاومة للضغط تراوحت بين (2.0 – 9.1) نيوتن \ ملم.^{2}

2- أعلى مقاومة للضغط تم الحصول عليها كانت(9.1mPa) باستخدام كمية إسمنت تساوي(250كجم) ومقاس ركام (10 ملم) ونسبة ماء:إسمنت مساوية لـ (0.45) .

3- زيادة محتوى الإسمنت في الخلطة الخرسانية من (150) كجم الى (250) كجم حققت زيادة في مقاومة الخرسانة للضغط تراوحت بين (72%-128%) وزيادة في كثافتها تراوحت بين (1.5%-6.7%) وإن نسبة الزيادة في المقاومة اعتمدت على مقاس الركام الخشن المستخدم.

4- هناك نسبة مثلى للماء:الإسمنت تعطي أعلى مقاومة للخرسانة الخالية من الركام الناعم وإن زيادة أو نقصان نسبة الماء: الإسمنت عن النسبة المثلى يؤدي الى انخفاض في مقاومتها للضغط.وقد كانت النسبة المثلى للماء:الإسمنت لجميع

[1] المعهد العالي للمهن الشاملة، درنة–ليبيا.

©. المؤلف (المؤلفون) هذا المقال المجاني يتم الوصول إليه من خلال رخصة المشاع الإبداعي (CC BY-NC 4.0)

مقاسات الركام ومحتويات الإسمنت تساوي (0.45) عدا الخلطة التي استخدم فيها ركام مقاس (10) ملم ومحتوى إسمنت مقداره (150) كجم حيث كانت نسبة الماء:الإسمنت المثلى مساوية لـ(0.40).

5- مقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم للضغط ترتبط بعلاقة طردية مع كثافة الخرسانة.

6- نسبة الامتصاص للخرسانة الخالية من الركام الناعم عالية وتراوحت بين (3.6%-6.7%) وهذا يساعدها في تصريف المياه السطحية الى التربة عند استخدامها في الساحات والطرق ولم يلاحظ وجود علاقة واضحة تربطها ببقية المتغيرات.

7- الخرسانة الخالية من الركام الناعم المنتجة أكثر عزلا حراريا وصوتيا من الخرسانة الاعتيادية بسبب نسبة فجواتها الكبيرة والتي أدت الى انخفاض كثافةالخرسانة.

8-الخرسانة الخالية من الركام الناعم المنتجة أكثر اقتصادية من الخرسانة الاعتيادية لأنها تطلبت أقل كمية من الإسمنت والركام كما إنها أسهل نقلا ومناولة نظرا لخفة وزنها مقارنة بالخرسانة الاعتيادية.

وبناءً على ما تقدم يمكن التوصية باستخدام الخرسانة الخالية من الركام الناعم كخرسانة خفيفة إنشائية في الأماكن التي لا تتعرض فيها الى اجهادات عالية وفي إكساء الطرق والساحات وضفاف الأنهاروفي الأماكن التي تتطلب عزلاً حرارياً وصوتياً حيث أن فجواتها الكبيرة تجعلها نفاذة للماء وأكثر عزلاً للحرارة والصوت إضافة لكونها أقل كلفة اقتصادية وأخف وزناً مقارنة بالخرسانة الاعتيادية .

المقدمة

لازالت الخرسانة تحتل موقع الصدارة في البناء من حيث انتشار استخدامها في البناء وهذا يعود إلى الميزات الكثيرة التي تتميز بها والتي تجعلها مفضلة لدى المعنيين بقطاع التشييد. ومن بين الخواص التي ساعدت كثيراً على انتشار استخدام الخرسانة هي إمكانية التحكم في خواصها الهندسية عن طريق التحكم في نوعية موادها الأولية ونسب خلطها المناسبة وخاصة نسبة الماء:الأسمنت ونسبة الأسمنت:الركام ، إضافة إلى التحكم في صناعتها وصبها والتي تشمل خلط المكونات ونقلها ووضعها في المكان المطلوب ورصها ومعالجتها إضافة إلى إمكانية استخدام المضافات وان لكثافة الخرسانة علاقة قوية بخواصها الهندسية حيث إن تغير

الكثافة صعوداً ونزولاً يؤدي إلى تحسين بعض خواصها بينما يؤثر سلباً على خواص أخرى .

قد تتطلب بعض المنشآت أو بعض أجزائها خواصاً معينة للخرسانة تختلف عن الخرسانة الاعتيادية فعلى سبيل المثال قد تكون هناك حاجة لزيادة قابلية العزل الصوتي والحراري للخرسانة أو تقليل وزنها الميت أو قد تكون هناك رغبة في جعل الخرسانة منفذة للماء للسماح بتسرب وتصريف المياه السطحية الى الأرض الطبيعية وفي هذه الحالة يمكن زيادة نسبة فجوات الخرسانة وتقليل كثافتها للإيفاء بهذه المتطلبات حيث أنه بالرغم من انخفاض مقاومة هذه الخرسانة إلا إنه يمكن استخدامها في الأماكن التي لا تتعرض فيها إلى إجهادات كبيرة (أي كخرسانة خفيفة إنشائية) .

وكما هو معروف فأنه يمكن الحصول على الخرسانة خفيفة الوزن Light weight concrete إما باستخدام الركام خفيف الوزن Light weight aggregateأوبإنتاج الخرسانة المهواة Aerated concrete أو بإلغاء الركام الناعم منها أي إنتاج خرسانة خالية من الركام الناعم No fines concrete.

هذه الدراسة تبحث في تصنيع خرسانة خفيفة خالية من الركام الناعم واختبارها ودراسة امكانية استخدامها كخرسانة خفيفة إنشائية بدلاً من الخرسانة الاعتيادية

تتميز الخرسانة الخالية من الركام الناعم بمميزات كثيرة (Midrand, 1994) منها مايلي:

1- خفة وزنها (كثافتها الواطئة) حيث تتراوح كثافتها عند استخدام ركام خشن اعتيادي بين (1600 – 2000) كجم \ م.^{3}

2- الكلفة الواطئة بسبب امكانية تقليل محتوى الإسمنت في الخلطة وحذف الركام الناعم منها.

3- انكماشها عند جفافها يساوي تقريباً نصف انكماش الخرسانة الاعتيادية.

4- لا يحدث انفصال (انعزال) segregation لمكوناتها بسبب عدم احتوائها على الرمل وبالتالي يمكن رميها من مسافات مرتفعة إلى موضع الصب.

5- تمتاز بانعدام الخاصية الشعرية لذلك فان استخدامها في الأرضيات سيحمي المباني من صعود المياه والرطوبة الأرضية اليها.

6- مقاومتها العالية للانجماد بشرط أن تكون فجواتها غير مشبعة بالماء.

7- الهيكل المسامي للخرسانة الخالية من الركام الناعم يسمح بامتصاص المياه السطحية وتصريفها بتسريبها إلى الأرض الطبيعية وذلك عند استخدام هذه الخرسانة في الطرق والساحات الخارجية.

8- تمتاز بعزل صوتي وحراري أفضل بكثير من الخرسانة الاعتيادية نظراً لفجواتها الكبيرة.

وإن للخرسانة الخالية من الركام الناعم عيوباً منها مقاومتها الواطئة للضغط مقارنة بالخرسانة الاعتيادية حيث تتراوح مقاومتها للضغط عادة بين (1.4 – 14) نيوتن\ملم^2 كما إن امتصاصها العالي للماء والذي ذكر ضمن مميزاتها (النقطة 7 من المميزات) يمكن أن يكون عيباً عند استخدامها في الجدران الخارجية وفي الأسس

الجدارية للأبنية لذلك يتطلب لياستها عند استخدامها لهذا الأغراض كما إن هذه الخرسانة لا تستخدم كخرسانة مسلحة لاحتمالية صدأ حديد التسليح بسبب فجواتها الكبيرة وامتصاصها العالي للماء(مؤيد وهناء، 1984).

لكن وبالرغم من مقاومتها المنخفضة للضغط فإن للخرسانة الخالية من الركام الناعم استخدامات عديدة منها إمكانية استخدامها في الجدران الحاملة للأثقال في الأبنية غير الهيكلية متعددة الطوابق حيث استخدمت في ألمانيا في الجدران الحاملة لمباني وصلت لحد (20) طابق. ويمكن أن تستخدم في الأسس الجدارية غير المسلحة ولكن مع لياستها لتقليل نفاذيتها للماء كما تستخدم في اكساء مواقف السيارات والساحات وطرق المركبات الاعتيادية وممرات سير المشاة على جانبي الطريق وفي أرضيات البيوت الزجاجية ففي هذه الحالات فإن الخرسانة تقاوم الأحمال المسلطة عليها وفي نفس الوقت فإنها تساعد على تصريف المياه السطحية ومياه الأمطار نظراً لنفاذيتها العالية حيث تتسرب هذه المياه إلى التربة الساندة لها (Ghafoori Nader and Dutta Shivija, 1995).

وقد أوضحت دراسة حديثة إمكانية استخدام الخرسانة الخالية من الركام الناعم في تكسية ضفاف الأنهار والجداول بدلا من استخدام الأحجار والطوب والخرسانة الاعتيادية والتي تسبب موت الأعشاب والنباتات الصغيرة التي تنمو على الضفاف حيث وجد أن الفجوات الكبيرة التي تحتويها الخرسانة الخالية من الركام الناعم يحافظ على حياة هذه الأعشاب وسيساهم ذلك في الحفاظ على الظروف البيئية للمنطقة (Yuewen Huang and Xiong Yu, 2007).

لقد أجريت بحوث عديدة لدراسة العوامل المؤثرة على مقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم حيث أوضحت جميعها أن العامل الرئيسي الذي يؤثر على مقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم هو نسبة الركام:الإسمنت (محتوى الإسمنت في الخلطة) فكلما زادت نسبة الركام:الإسمنت (كلما قل محتوى الإسمنت في الخلطة) انخفضت المقاومة. فقد أوضحت الدراسة التي قام بها Ghafoori Nader and Dutta (Ghafoori Shivija, 1996) والتي استخدم فيها نسب مختلفة من الركام:الإسمنت تراوحت بين (1:10) و(1:6) أن مقاومة مقاومة الخرسانة للضغط تراوحت بين (1.1 – 8.2) نيوتن \ملم^2 والرقم الأول هو لنسبة الركام:الإسمنت الأولى وقد أوضح أن سبب انخفاض المقاومة بزيادة نسبة الركام:الإسمنت هو بسبب زيادة نسبة الفجوات (مسامية) الخرسانة كما أوضح أن مقاومة الضغط لهذه الخرسانة والبالغة (8.2) نيوتن \ ملم^2 والتي تم الحصول عليها باستخدام نسبة ركام:إسمنت مقدارها (1:6) تسمح باستخدامها في الجدران الحاملة للأبنية غير الهيكلية. كما تمكن Ghafoori من الحصول على مقاومة ضغط مقدارها (20) نيوتن \ ملم^2 عندما استخدم نسبة ركام:إسمنت مقدارها (1:4).

أما بالنسبة إلى تأثير نسبة الماء:الإسمنت على مقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم للضغط فقد أثبتت هذه الدراسة أن نسبة الماء:الإسمنت ليست العامل الرئيسي المؤثر على مقاومة الخرسانة كما وجد أن لكل

نسبة ركام:إسمنت توجد نسبة مثلى optimum للماء:الإسمنت تعطي أفضل مقاومة وعندما تزيد أو تقل نسبة الماء:الإسمنت عنها تنخفض مقاومة الخرسانة.

وقد قام Neville بدراسة الخرسانة الخالية من الركام الناعم حيث قام بعمل خلطات مختلفة وأوضحت دراسته أن نسبة الركام:الإسمنت هي العامل الرئيسي المؤثر على مقاومة الخرسانة وأن لكل نسبة ركام:إسمنت توجد نسبة مثلى للماء:الإسمنت تعطي أفضل مقاومة للضغط والجدول رقم (1) يوضح نتائج دراسته التي أجراها على الخرسانة الخالية من الركام الناعم باستخدام ركام خشن اعتيادي تراوح مقاسه بين (10 – 20) ملم (Adam, 1996).

الجدول (1):نتائج الدراسة التي قام بهاNeville

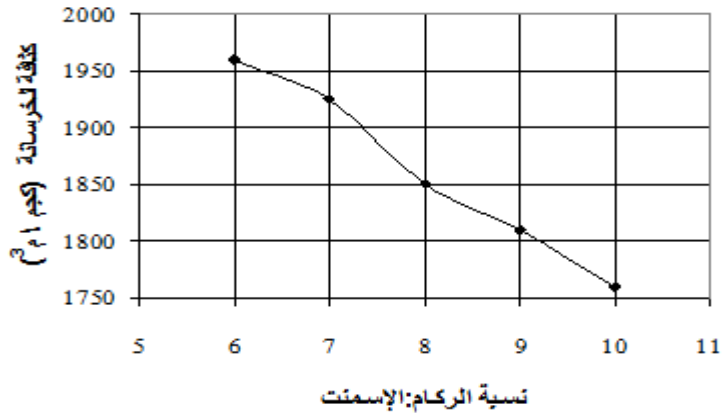
نسبة الركام:الإسمنت	النسبة المثلى للماء:الإسمنت	مقاومة الضغط N / mm^2 بعمر (28) يوم	كثافة الخرسانة Kg / m^3
6	0.38	14	2020
7	0.40	12	1970
8	0.41	10	1940
10	0.45	7	1870

ومن الجدول رقم (1) يتبين أنه كلما زادت نسبة الركام:الإسمنت انخفضت مقاومة الخرسانة للضغط وبنفس الوقت زادت النسبة المثلى للماء:الإسمنت أي وجب استخدام نسبة ماء:إسمنت أكبر لزيادة مقاومة الخرسانة

كما يتضح أيضا من الجدول العلاقة الطردية التي تربط مقاومة الخرسانة و بين كثافتها التي تراوحت بين (1870-2020) كجم \م^3 والتي تشكل نسبة (78 – 84)% من كثافة الخرسانة الاعتيادية البالغة (2400) كجم \ م^3.

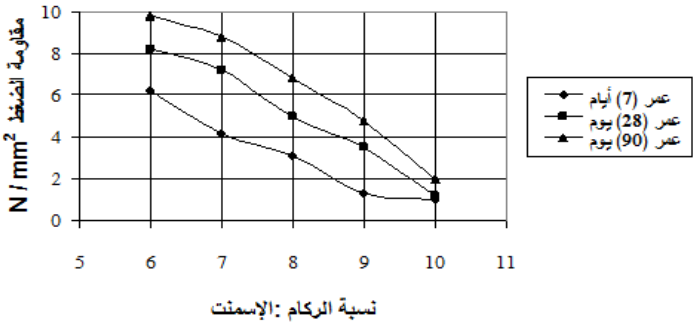
كما قام كل من T.Abadjieva و P.Sephiri باجراء دراسة مماثلة على الخرسانة الخالية من الركام الناعم استخدما فيها نسباً مختلفة من الركام:الإسمنت تراوحت بين (1:6) و(1:10) والأشكال من (1) إلى (4) توضح نتائج هذه الدراسة (Abadjieva and P. Sephiri, 2006).

الشكل (1) : تأثير نسبة الركام:الإسمنت على كثافة الخرسانة الخالية من الركام الناعم



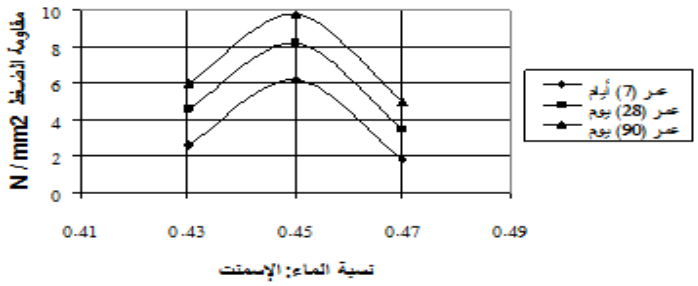
ومن الشكل (1) يتبين ان هناك علاقة عكسية بين نسبة الركام:الإسمنت وكثافة الخرسانة الخالية من الركام الناعم وإن كثافة الخرسانة تراوحت بين (1760-1960) كجم \ م^3

الشكل (2) : تأثير نسبة الركام:الإسمنت على مقاومة الضغط للخرسانة الخالية من الركام الناعم باستخدام نسبة ماء:إسمنت (0.45)

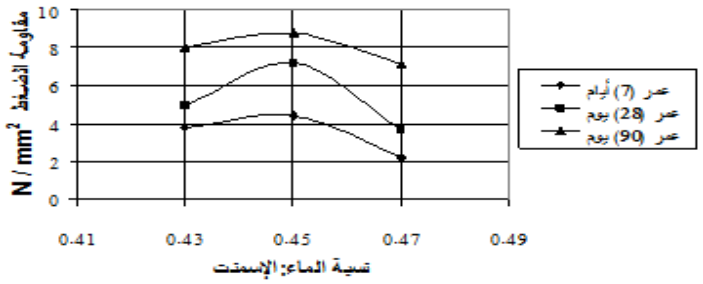


ومن الشكل (2) أيضا تتضح العلاقة العكسية التي تربط نسبة الركام:الإسمنت ومقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم.

الشكل (3):تأثير نسبة الماء:الإسمنت على مقاومة الضغط للخرسانة الخالية من الركام الناعم باستخدام نسبة ركام:إسمنت (1:6)



الشكل (4):تأثير نسبة الماء:الإسمنت على مقاومة الضغط للخرسانة الخالية من الركام الناعم باستخدام نسبة ركام:إسمنت (1:7)



ومن الشكلين (3) و(4) يتضح أن النسبة المثلى للماء:الإسمنت التي تعطي أعلى مقاومة للخرسانة تساوي (0.45) حيث يلاحظ هبوط المقاومة عند زيادة أونقصان نسبة الماء: الإسمنت المستخدمة عن النسبة المثلى ولو قارنا الشكل (3) بالشكل (4) نلاحظ أنه عند استخدام النسبة المثلى من الماء:الإسمنت وهي (0.45) فإن مقاومة الخرسانة للضغط تزيد بنقصان نسبة الركام:الإسمنت أي بزيادة محتوى الإسمنت في الخلطة.

وبالرغم من تشابه العلاقات التي تربط بين نسبة الركام:الإسمنت ونسبة الماء:الإسمنت مع مقاومة الخرسانة للضغط وكثافتها والتي توصلت اليها الدراسات التي أجريت على الخرسانة الخالية من الركام الناعم إلا إن قيم هذه المتغيرات تفاوتت باختلاف الركام الخشن المستخدم حيث إن نسجة سطح حبيبات الركام وتدرجه ومقاس حبيباته تؤثر على قيم المقاومة والكثافة وعليه ولأجل انتاج خرسانة خالية من الركام الناعم باستخدام ركام خشن من مصدر معين يجب إجراء خلطات تجريبية واختبارها لتحديد العلاقات التي تربط نسب مكوناتها (نسبة الركام:الإسمنت ونسب الماء:الإسمنت) مع خواصها (مقاومتها للضغط وكثافتها وامتصاصها للماء).

هذا البحث يتضمن عمل خلطات مختلفة من الخرسانة الخالية من الركام الناعم باستخدام ثلاثة مقاسات من الركام الخشن لمنطقة وادي الحصين الواقعة شرق مدينة درنة من أجل التعرف على خواصها ودراسة إمكانية استخدامها كخرسانة إنشائية خفيفة بدلاً من الخرسانة الاعتيادية.

المواد الأولية المستخدمة :

إن المواد الأولية التي أستخدمت في إنتاج الخرسانة الخالية من الركام الناعم هي الأسمنت البورتلندي الأعتيادي المنتج في مصنع الأسمنت الفتائح والركام الخشن لمنطقة وادي الحصين الواقع في الجزء الشرقي من مدينة درنة والماء الصالح للشرب لمنطقة الساحل الشرقي لمدينة درنة .

ومن المعروف إن الأسمنت المنتج في مصنع الفتائح يخضع لفحوصات السيطرة النوعية كما إن الماء الصالح للشرب يعتبر صالحاً لإنتاج ومعالجة الخرسانة لذلك لم تجرى إختبارات للتحقق من جودتهما.أما الركام الخشن فقد تم إجراء بعض الفحوصات عليه للتأكد من مطابقته للمواصفة القياسية الليبية رقم (49) لسنة (1982) ((ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية)).

إختبارات الركام الخشن :

أجريت مجموعة من الأختبارات على ركام الحصين الخشن وشملت إختبار التحليل المنخلي (تحديد التدرج) وتحديد نسبة الأمتصاص ونسبة الكبريتات والكلوريد، كما أجري إختبار تحديد الكثافة الظاهرية لهذا الركام .وقد أجريت هذه التجارب على ثلاثة مقاسات من هذا الركام هي مقاس (20 ملم، 15 ملم، 10 ملم) ولكل مقاس ثم فحص ثلاثة عينات وثم أخذ معدل نتائجها ، والجدول رقم (1) يوضح نتائج فحوص ركام الحصين ومقارنتها بأشتراطات المواصفة القياسية الليبية رقم (49) لسنة 1982.

الجدول (1) : نتائج الفحوص المختبرية لركام وادي الحصين الخشن

مقاس الركام (ملم)	فحص التدرج	نسبة الامتصاص %		نسبة الكبريتات %		نسبة الكلوريد %		الكثافة الظاهرية(كجم\م^3)
		ركام الحصين	حدود المواصفة	ركام الحصين	حدود المواصفة	ركام الحصين	حدود المواصفة	
20	مطابق لنطاق التدرج (2) للمواصفة القياسية الليبية رقم (49)	2.77	3.0	0.035	1 للخرسانة العادية - 0.5للخرسانة المسلحة	0.105	0.3 للخرسانة العادية - 0.1 للخرسانة المسلحة	1513.8
15	مطابق لنطاق التدرج (1) للمواصفة	2.80	3.0	0.035	1	0.105		1565.7
10	مطابق لنطاق التدرج	2.81	3.0	0.035	1	0.105		1569.3

(4) للمواصفة

ومن الجدول رقم (1) يتبين أن ركام الحصين الخشن بمقاساته الثلاثة يطابق اشتراطات المواصفة القياسية الليبية رقم (49) لسنة 1982.

خلطات الخرسانة الخالية من الركام الناعم واختباراتها :

التجارب الرئيسية في هذا البحث تضمنت عمل (54) خلطة خرسانية باستخدام ثلاثة مقاسات من الركام الخشن هي (10، 15، 20) ملم وبلغ عدد الخلطات لكل مقاس (18) خلطة استخدمت فيها كميات مختلفة من الإسمنت بلغت (250، 200 و150) كجم لكل متر مكعب من الركام الخشن كما استخدمت نسب مختلفة من الماء:الإسمنت. ولكل خلطة من هذه الخلطات تم عمل (8) مكعبات، حيث تم فحص مقاومة الضغط لثلاثة مكعبات بعمر(7) أيام وثلاثة بعمر (28) يوم كذلك أجري عليها فحص تحديد نسبة الامتصاص والكثافة بعمر (28) يوم. وبذلك كان عدد المكعبات التي تم فحصها لكل الخلطات (432) مكعباً. والجداول (2 ، 3 ، 4) توضح أنواع الخلطات التي تم أجراؤها ونتائج الفحوص للمكعبات.

إن كثافة الإسمنت تساوي تقريباً (1500) كجم \م^3 وعند استخدام (250) كجم من الإسمنت مع (1) م^3 من الركام الخشن لانتاج (1) م^3 من الخرسانة الخالية من الركام الناعم يكون حجم الإسمنت مساوياً (250 \ 1500 = 0.1666 م^3) وهذا يعني إن نسبة الركام:الإسمنت حجماً في هذه الخلطة تساوي (1:6 = 0.1666:1).والخلطات الحاوية على كمية إسمنت مقدارها (200 كجم) تكون نسبة الركام:الإسمنت فيها (1:7.5) أما الخلطات الحاوية على كمية إسمنت مقدارها (150) كجم فإن نسبة الركام:الإسمنت فيها هي (1:10).

الجدول (2) نتائج الخلطات الخرسانية التي تم إجراؤها باستخدام الركام الخشن مقاس 20ملم

رقم التجربة	كميات المواد الأولية لإنتاج 1م^3 للخرسانة		نسبة الماء/الأسمنت%	متوسط مقاومة الضغط لثلاثة مكعبات(نيوتن/ملم^2)		متوسط الكثافة لمكعبين (كغم/م^3)	متوسط نسبة الامتصاص لمكعبين %
	إسمنت (كغم)	ركام خشن(كغم)		عمر7 أيام	عمر28يوم		
1	250	*1513.8	55	5.4	6.7	1671.5	5.5
2	250	1513.8	50	5.9	7.1	1688.7	5.3
3	250	1513.8	45	6.5	7.9	1694.4	4.9
4	250	1513.8	40	6.1	7.4	1693.6	5.6
5	250	1513.8	35	6.8	7.3	1693.9	5.7
6	250	1513.8	30	4.7	6.8	1677.5	4.9

5.4	1653.2	6.3	5.4	55	1513.8	200	7
5.1	1672.4	6.8	6.1	50	1513.8	200	8
4.9	1679.2	7.1	6.6	45	1513.8	200	9
5.6	1656.6	6.4	4.7	40	1513.8	200	10
5	1638.2	4.9	3.4	35	1513.8	200	11
4.7	1639.9	5	4	30	1513.8	200	12
6.0	1598.1	4.0	3.2	55	1513.8	150	13
5.6	1629.7	4.5	3.6	50	1513.8	150	14
5.5	1668.6	4.6	3.9	45	1513.8	150	15
4.5	1624.8	4.5	3.7	40	1513.8	150	16
4.7	1580.5	3.2	2.2	35	1513.8	150	17
5.1	1573.3	2.6	1	30	1513.8	150	18

*كل (1)م^3 من الركام مقاس (20) ملم وزنه (1513.8) كجم .

الجدول (3) نتائج الخلطات الخرسانية التي تم إجراؤها باستخدام الركام الخشن مقاس 15ملم

رقم التجربة	كميات المواد الأولية لإنتاج 1م^3 للخرسانة		نسبة الماء/الأسمنت %	متوسط مقاومة الضغط لثلاثة مكعبات (نيوتن/ملم^2)		متوسط الكثافة لمكعبين (كغم/م^3)	متوسط نسبة الامتصاص لمكعبين %
	إسمنت (كغم)	ركام خشن (كغم)		عمر7 أيام	عمر 28 يوم		
1	250	*1565.7	55	5.6	6.7	1701.9	5.9
2	250	1565.7	50	6.0	7.3	1733.6	5.6
3	250	1565.7	45	6.7	8.9	1777.8	5.6
4	250	1565.7	40	5.9	7.3	1724.9	5.8
5	250	1565.7	35	5.3	6.1	1704.6	5.9
6	250	1565.7	30	4.7	5.6	1692.1	5.9
7	200	1565.7	55	5.0	6.0	1660.0	6.1
8	200	1565.7	50	5.4	6.5	1683.2	6.0
9	200	1565.7	45	5.4	6.7	1692.7	5.9
10	200	1565.7	40	5	6.2	1680.7	6.1
11	200	1565.7	35	3.2	4.1	1680.1	5.1
12	200	1565.7	30	2.8	3.7	1674.2	5.4

13	150	1565.7	55	2.8	3.4	1649.7	5.5
14	150	1565.7	50	3.2	3.7	1660.2	5.1
15	150	1565.7	45	3.2	3.9	1665.7	3.6
16	150	1565.7	40	2.3	2.8	1668.3	4.8
17	150	1565.7	35	2.3	2.7	1641.7	4.2
18	150	1565.7	30	1.7	2	1622.3	3.7

* كل (1) م^3 من الركام وزنه (1565.7) كجم .

الجدول (4) نتائج الخلطات الخرسانية التي تم إجراؤها باستخدام الركام الخشن مقاس 10ملم

رقم التجربة	كميات المواد الأولية لإنتاج 1م^3 للخرسانة		نسبة الماء/الأسمنت%	متوسط مقاومة الضغط لثلاث مكعبات (نيوتن/ملم^2)		متوسط الكثافة لمكعبين (كغم/م^3)	متوسط نسبة الامتصاص لمكعبين %
	إسمنت (كغم)	ركام خشن (كغم)		بعمر7 أيام	بعمر28 يوم		
1	250	*1569.3	55	6.3	7.3	1731.2	5.1
2	250	1569.3	50	7.5	8.7	1736.3	4.9
3	250	1569.3	45	7.5	9.1	1747.3	5
4	250	1569.3	40	6.1	7.5	1733.8	3.7
5	250	1569.3	35	5.9	6.7	1712.9	3.6
6	250	1569.3	30	4.7	5.5	1695.1	3.9
7	200	1569.3	55	4.9	5.4	1670.1	6.3
8	200	1569.3	50	5.3	6.0	1690.2	6.2
9	200	1569.3	45	5.7	6.1	1690.4	6.2
10	200	1569.3	40	4.8	5.9	1687.1	6.7
11	200	1569.3	35	4.8	5.8	1687.2	5.4
12	200	1569.3	30	5.2	5.7	1678.2	5.1
13	150	1569.3	55	3.1	3.8	1647.1	5.8
14	150	1569.3	50	3.3	4.0	1650.8	5.7
15	150	1569.3	45	3.3	4.1	1654	5.9
16	150	1569.3	40	3.5	4.7	1661.1	5.3

17	150	1569.3	35	3.4	4.4	1643.9	4.9
18	150	1569.3	30	3.4	4.3	1643.7	4.6

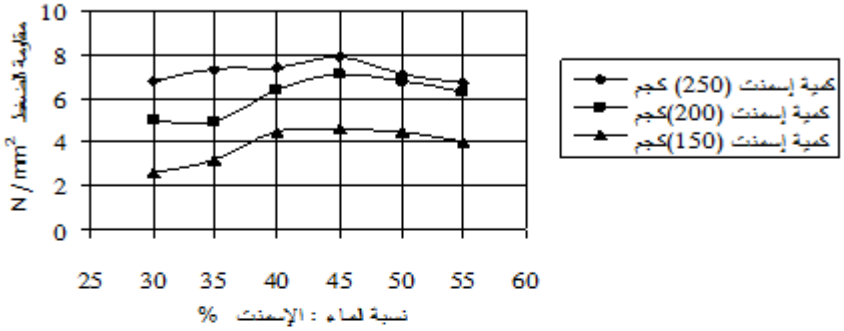
*كل (1) م^3 من الركام وزنه (1569.3) كجم.

(7) أيام وهذا يشير الى عدم حدوث تفاعلات عكسية فيها.

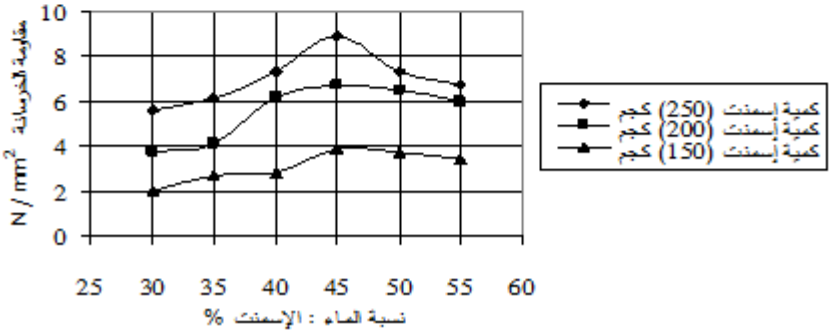
ومن النتائج الموضحة في الجداول (2,3,4) تم رسم العلاقة بين مقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم ونسبة الماء:الإسمنت للمقاسات الثلاثة للركام والأشكال رقم (5) و(6) و(7) توضح هذه العلاقة.

إن النتائج الموضحة بالجداول (3,2و4) تبين أن مقاومة الخرسانة بعمر (28) يوم كانت أكبر من مقاومتها بعمر

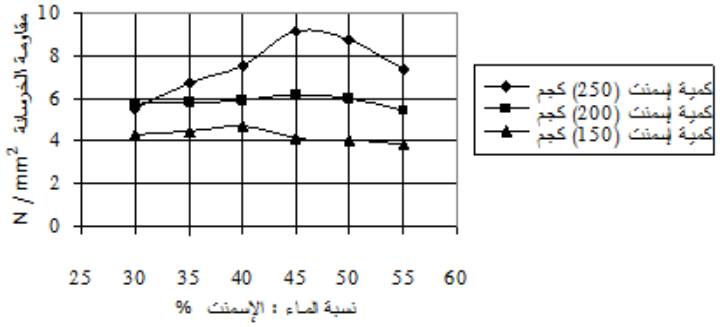
الشكل(5) : العلاقة بين مقاومة الخرسانة للضغط ونسبة الماء:الإسمنت لركام مقاس (20) ملم



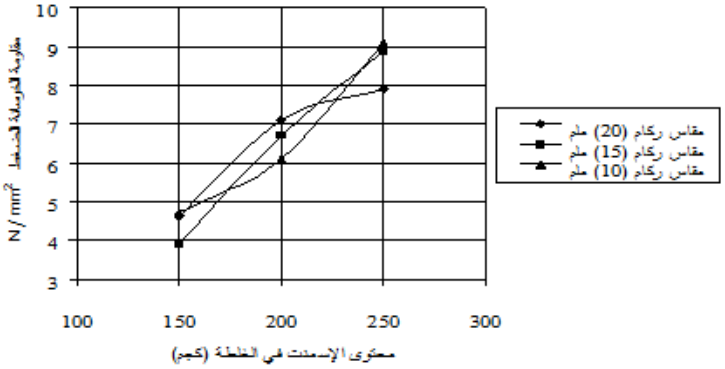
الشكل(6) : العلاقة بين مقاومة الخرسانة للضغط ونسبة الماء:الإسمنت لركام مقاس (15) ملم



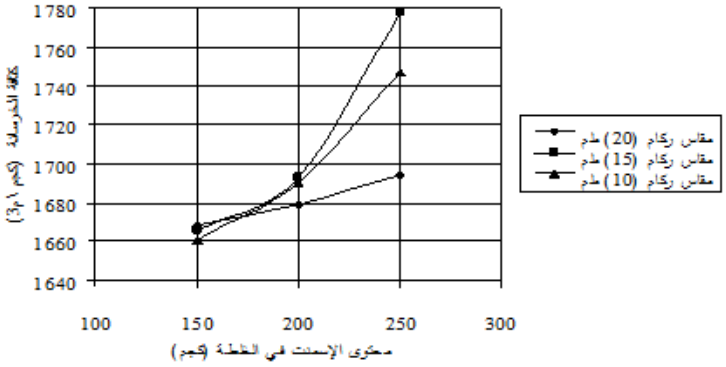
لشكل(7) : لعلاقة بين مقاومة لخرسانة للضغط ونسبة لماء : الإسمنت لركام مقاس (10) ملم



الشكل (8) : العلاقة بين محتوى الإسمنت ومقاومة الخرسانة للضغط



الشكل (9) : العلاقة بين محتوى الإسمنت وكثافة الخرسانة

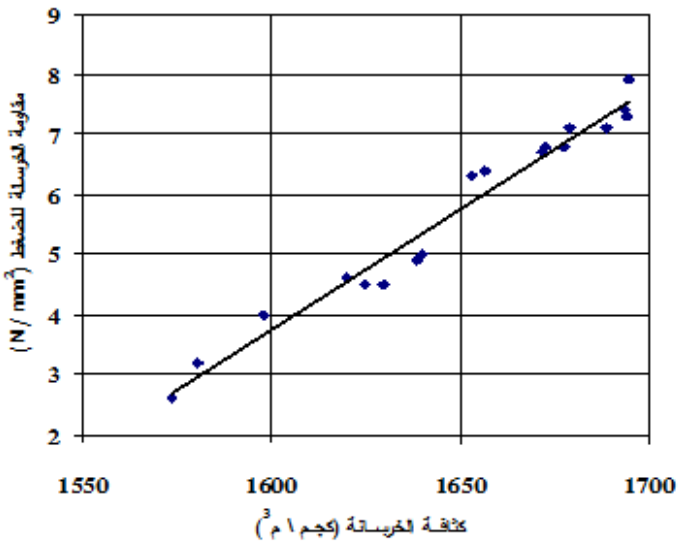


ومن الشكل (8) يتضح أن هناك علاقة طردية بين كمية الإسمنت المستخدمة في الخلطة وبين مقاومة الخرسانة للضغط وأن استخدام (250) كجم من الإسمنت في الخلطة بدلاً من (150) كجم حقق زيادة في مقاومة الخرسانة للضغط بلغت (72%) عند استخدام ركام مقاس (20) ملم و(128%) لركام مقاس (15) ملم و(94%) لركام مقاس (10) ملم.

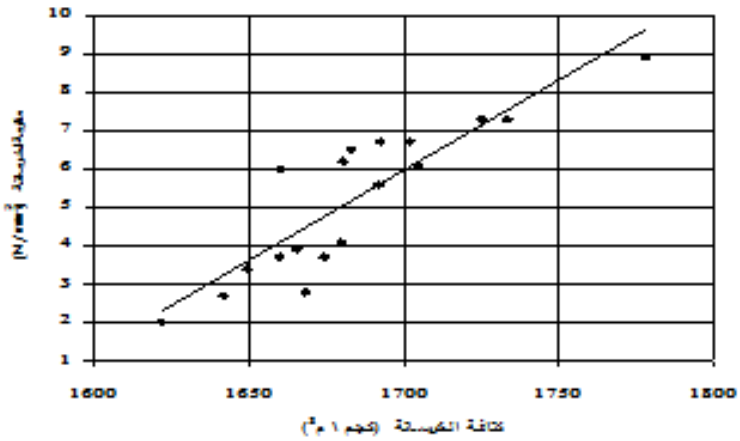
أما الشكل (9) فيشير الى العلاقة الطردية التي تربط محتوى الإسمنت في الخلطة الخرسانية وبين كثافة الخرسانة وأن استخدام (250) كجم من الإسمنت في الخلطة بدلاً من (150) كجم حقق زيادة في كثافة الخرسانة بلغت (1.5%) عند استخدام ركام مقاس (20) ملم و(6.7%) لركام مقاس (15) ملم و(5.2%) لركام مقاس (10) ملم.

كما رسمت العلاقة بين مقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم للضغط وكثافتها للمقاسات الثلاثة من الركام والأشكال (10) و (11) و (12) توضح هذه العلاقة.

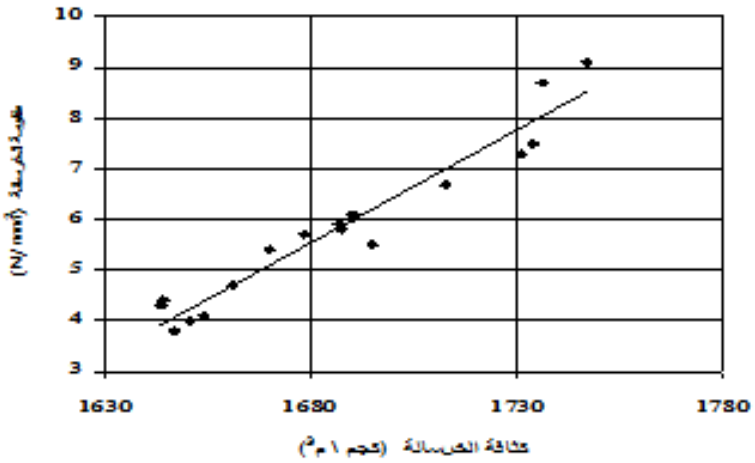
الشكل (10) : العلاقة بين كثافة الخرسانة ومقاومتها للضغط باستخدام ركام مقاس (20) ملم



الشكل (11) : العلاقة بين كثافة الخرسانة ومقاومتها للضغط باستخدام ركام مقاس(15) ملم



الشكل (12) : العلاقة بين كثافة الخرسانة ومقاومتها للضغط باستخدام ركام مقاس(10) ملم



إن الأشكال (10) و(11) و (12) تشير بوضوح الى العلاقة الطردية التي تربط مقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم بكثافتها .

الاستنتاجات والتوصيات

على ضوء ماجاء في هذا البحث تم التوصل الى الاستنتاجات التالية:-

1- يمكن إنتاج خرسانة خفيفة خالية من الركام الناعم ذات كثافة تتراوح بين (1573.3 – 1777.8) كجم/م^3 أي ذات كثافة تتراوح بين (65.6 – 74)% من كثافة الخرسانة الاعتيادية البالغة (2400) كجم/م^3 وذات مقاومة للضغط تراوحت بين (2.0 – 9.1) نيوتن \ ملم.^{2}

2- أعلى مقاومة للضغط تم الحصول عليها كانت(9.1) نيوتن\ملم^2 باستخدام كمية إسمنت تساوي(250كجم) ومقاس ركام (10 ملم) ونسبة ماء:إسمنت مساوية لـ (0.45) .

3- زيادة محتوى الإسمنت في الخلطة الخرسانية من (150) كجم الى (250) كجم حققت زيادة في مقاومة الخرسانة للضغط تراوحت بين (72%-128%) وزيادة في كثافتها تراوحت بين (1.5%-6.7%) وإن نسبة الزيادة في المقاومة والكثافة اعتمدت على مقاس الركام الخشن المستخدم.

4- هناك نسبة مثلى للماء:الإسمنت تعطي أعلى مقاومة للخرسانة الخالية من الركام الناعم وإن زيادة أو نقصان نسبة الماء:الإسمنت عن النسبة المثلى يؤدي الى انخفاض في مقاومتها للضغط.وقد كانت النسبة المثلى للماء:الإسمنت لجميع مقاسات الركام ومحتويات الإسمنت تساوي (0.45) عدا الخلطة التي استخدم فيها ركام مقاس (10) ملم ومحتوى إسمنت مقداره (150) كجم حيث كانت نسبة الماء:الإسمنت المثلى مساوية لـ(0.40).

5- مقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم للضغط ترتبط بعلاقة طردية مع كثافة الخرسانة.

6- نسبة الامتصاص للخرسانة الخالية من الركام الناعم عالية وتراوحت بين (3.6%-6.7%) وهذا يساعدها في تصريف المياه السطحية الى التربة عند استخدامها في الساحات والطرق ولم يلاحظ وجود علاقة واضحة تربط نسبة الامتصاص ببقية المتغيرات.

7- الخرسانة الخالية من الركام الناعم المنتجة أكثر عزلا حراريا وصوتيا من الخرسانة الاعتيادية بسبب نسبة فجواتها الكبيرة والتي أدت الى انخفاض كثافتها.

8- الخرسانة الخالية من الركام الناعم المنتجة أكثر اقتصادية من الخرسانة الاعتيادية لأنها تطلبت أقل كمية من الإسمنت والركام كما إنها أسهل نقلا ومناولة نظرا لخفة وزنها مقارنة بالخرسانة الاعتيادية.

وبناءً على ما تقدم يمكن التوصية باستخدام الخرسانة الخالية من الركام الناعم كخرسانة خفيفة إنشائية في الأماكن التي لا تتعرض فيها الى اجهادات عالية وفي إكساء الطرق والساحات وضفاف الأنهاروفي الأماكن التي تتطلب عزلاً حرارياً وصوتياً حيث أن فجواتها الكبيرة تجعلها نفاذة للماء وأكثر عزلاً للحرارة والصوت إضافة لكونها أقل كلفة اقتصادية وأخف وزناً مقارنة بالخرسانة الاعتيادية .

Studying the ability of using no-fines concrete in lightweight structures

Rabah Basheer Mohammed Taher[1]

Abstract

This paper studies the properties of a lightweight concrete made by canceling the fine aggregate (i.e. no-fines concrete) to use it as a lightweight structural concrete where it is exposed to low compressive stresses and as pervious concrete pavement.

Three groups of concrete mixes were made (18 mixes for each group) using three sizes of coarse aggregate (10 mm , 15 mm and 20 mm) taken from Hussein valley which is located to the east of Derna. In each group it was used (3) different weights of cement and (5) different water: cement ratios. The density, percentage of absorption and the compressive strength of the no-fines concrete was determined.

The results of tests lead the following conclusions:

1- The no-fines concrete made as a low density varies between (1573.3-1777.8) kg/m^3.
2- The maximum compressive strength obtained was (9.1) N/mm^2 by using (10) mm size of aggregate, (250) kg of cement and water: cement ratio of (0.45).
3- Increasing the amount of cement in the concrete mixes from (150) kg to (250) kg leads an increase in compressive strength of concrete by (72-128)% and an increase of density by (1.5-6.7)% depending on the aggregate size.
4- There is an optimum water:cement ratio which gives a maximum compressive strength. Any increase or decrease in this ratio lowers the compressive strength.
5- The compressive strength of the no-fines concrete has a direct relationship with the density.
6- The no-fines concrete possesses large voids and more void ratio therefore; it possesses more thermal and sound isolation than the ordinary concrete and allows water to seep through it.
7- The no- fine concrete is more economical than the ordinary concrete as it consumes fewer quantities of cement and aggregate.

According to these conclusions, it was reached to a recommendation to use the no- fines concrete instead of the ordinary concrete in lightweight structures and as a pervious concrete pavement in low speed roadways, parking lots, sidewalks, greenhouse floors.

المراجع

[1] Higher Institute of Comprehensive Careers, Darnah, Libya

د . مؤيد نوري الخلف، أ . هناء عبد يوسف، ((تكنولوجيا الخرسانة))، الجامعة التكنولوجية، مركز التعريب والنشر، بغداد، 1984 .

Adam M. Neville ((Properties of concrete)), London, July, 1996.

Fulton's concrete technology, Portland cement institution, Midrand, SA, pp.291-295, 1994.

Ghafoori Nader, Dutta Shivija ((Building and non-pavement applications of no-fines concrete)), journal of materials in civil engineering, vol. 7, November, 1996.

Ghafoori Nader, Dutta Shivija ((Development of no-fines concrete pavement applications)), journal of transportation engineering, vol.121, May, 1995.

T.Abadjieva and P. Sephiri ((Investigations on some properties of no-fines concrete)) department of civil engineering, university of Botswana, 2006.

Yuewen Huang and Xiong Yu ((No-fines concrete as ecologic stream bank erosion control)), American society of civil engineers, May, 2007.