

مقارنة تأثير بعض الإضافات على الخرسانة
المحور الهندسي والتخطيطي (التطبيقات الهندسية ودورها في برامج التنمية)

أ. نجلاء فرج البعجة

أستاذ مساعد بالمعهد العالي للتقنيات الهندسية الماجوري - بنغازي

أ. إيمان محمد الفرجاني

أستاذ مساعد بالمعهد العالي للتقنيات الهندسية الماجوري - بنغازي

الملخص:

تم تجميع معلومات ونتائج بعض الإضافات المختلفة من دراسات سابقة ومقارنتها مع بعضها البعض ودراسة تأثيرها على بعض خواص الخرسانة ومحاولة اختيار الأفضل بينها حسب مكان استخدامها في الخرسانة، والإضافات هي (الخبث ونشارة الخشب وسعف النخيل) ودرستها من ناحية تأثيرها على بعض خواص الخرسانة وذلك لتسهيل علينا اختيار الإضافة الأنسب من ناحية تأثيرها على مقاومة الخرسانة وخفة وزنها وكثافتها، وامكانية توافرها في المناطق القريبة لموقع العمل وتكلفتها المادية. حيث تم استنتاج بأن خبث أفران الحديد والصلب يتوفر ويكثر حيث تقدر كميات هذه المواد العادمة "النفايات أو خبث أفران" بحوالي 300 كجم لكل طن من خام الحديد، ونشارة الخشب من حيث المادة وتكلفة الحصول عليها ووفرتها تعتبر رخيصة مقارنة بالمواد الأخرى وكذلك متوفرة، أما سعف النخيل متوفر بكثرة في ليبيا ولكن تكلفته المادية تعتبر مكلفة لصعوبة وجود الآلة لطحنه حسب التدرج المطلوب (4).

و مع تزايد الكثافة السكانية وبناء المدن أصبح هناك صعوبة في إيجاد أماكن للتخلص من هذه النفايات إلى جانب تأثيرها السلبي على البيئة المحيطة بها فان استخدام الخبث كبديل عن الركام الخشن سيساعد على التخلص من أثاره السيئة على

البيئة خاصة كون استخدامه في مادة إنشائية، وتعتبر نشارة الخشب صديقة للبيئة لأنها مستخرجة من الخشب وكذلك لا تحتاج لكثير من الوقود أثناء الإنتاج أو التصنيع ، و يتم مزج نشارة الخشب مع الخرسانة حيث تصبح الخرسانة خفيفة الوزن مما يقلل من استهلاك وقود النقل، سعف النخيل صديق للبيئة لأنه من المواد الطبيعية وأيضاً مع الخلطة لا ينتج عنه أي مخالفات مضرّة للبيئة(2).

بالنسبة للخبث تم دراسته من حيث إضافته أو إحلاله مع أي من مكونات الخلطة الخرسانية كبديل عن (الركام الخشن بنسب مختلفة 35% و 65% و 100%) استنتج انه كلما زادت نسبة الخبث كلما زاد الهبوط، وايضاً بالنسبة لنشارة الخشب وسعف النخيل تم إحلالهم كبديل عن (الركام الناعم الرمل بنسب مختلفة 1% و 5% و 10%) استنتج انه إذا زاد نسبة إضافتهم أكثر من (1%) فان الهبوط سيقبل بنسبة كبيرة جدا ويصبح القوام (صلب/لدن) مع إضافة نشارة الخشب ويصبح القوام (جاف) مع إضافة سعف النخيل.

ومن حيث اضافة خصائص جديدة للخرسانة كلما زادت نسبة الخبث أو نشارة الخشب أو سعف النخيل كلما قلت المقاومة للضغط وكذلك قلت كثافة الخرسانة. كلمات دالة: إضافات الخرسانة، ركام الخرسانة (الخشن والناعم)، مخلفات خبث الأفران، نشارة الخشب، سعف النخيل، مقاومة الخرسانة للضغط.

Abstract:

Information and results of some different additions were collected from previous studies, then compared their affecting on some properties of concrete, such as density and compressive strength of concrete. The purpose of this paper is to choose the most appropriate additive in terms of its effect on concrete resistance, light weight and

density, and its availability in areas close to the work site and its material cost.

In this study, it was concluded that iron furnace slag is available in abundance, as the quantities of this waste material "waste or furnace slag" are estimated at about 300 kg per ton of iron ore, in addition, the cost of sawdust (wood dust) is cheap compared to other materials as well as its availability. Palm trees are widely available in Libya, but their material cost is considered expensive due to the difficulty of having a machine to grind them according to the required gradation.

This subject has a significant economic impact because of the reuse of materials that were to be neglected waste and use in a structural material. during increasing of population and the construction of cities, it became difficult to find places to dispose of this waste, in addition to its negative impact on the surrounding environment, so using slag as an alternative to coarse aggregate will help to reduce its effects on the environment, especially since it is used as a construction material. Sawdust is considered environmentally friendly because it is extracted from wood and also does not need a lot of fuel during production or manufacturing, sawdust is mixed with concrete so that the concrete becomes lightweight, which reduces transportation fuel consumption, also, palm fronds are environmentally friendly because it is a natural material and also with its mixture with concrete, it does not cause any environmentally harmful.

To study the effect of these different additives on properties of concrete, slag was used to replace concrete mixture as an alternative coarse aggregate in different proportions (35%, 65% and 100%), sawdust and Palm trees also replaced with the following percentages (1%, 5%, and 10 %) as an alternative fine aggregate. The results reveal that by adding more additives, the various properties like compressive strength gave less values as well as the density of concrete.

المقدمة:

نظراً للتطور العمراني الهائل في العالم اليوم، أصبح هناك تزايد كبير في بناء مصانع الأسمنت ومصانع الحديد والصلب وذلك لإنتاج الخرسانة المسلحة التي تعتبر من أهم عناصر البناء، وبالتالي أصبح هناك اجتياح كبير لمادة الركام والمتوقع استنفادها ولو بعد زمن؛ ومن الجانب الآخر لوحظ أن هناك مخلفات (مثلاً خبث الأفران) ينتج بكميات كبيرة عند تصنيع حديد الصلب الأمر الذي أصبح يهدد البيئة بشكل ملحوظ.

تعتبر الخرسانة من أكثر المواد الإنشائية التي شملتتها بعض البحوث بالاهتمام، وذلك لأنها تعتبر من أكبر الصناعات التي تستهلك كميات كبيرة من المواد الطبيعية، و يعتبر احد مكوناتها الاساسية الركام حيث يشكل حوالي(70% - 75%) من حجم الخرسانة؛ إضافة إلى تزايد ارتفاع اسعار الركام من المصادر الطبيعية أو توريده من مكان إلى آخر، ولذلك أصبح من الضروري إيجاد بدائل أخرى للركام لاستخدامه في الخرسانة ومن هنا ظهرت عدة مواد كأحد البدائل التي يتوجب دراستها من الناحية الفيزيائية والميكانيكية عند خلطه مع مكونات الخرسانة مثل خبث أفران الحديد والصلب (خبث الأفران) و نشارة الخشب والزرّب ((سعف النخيل))، و تمت دراسة هذه المواد عملياً كل واحدة على حدة في دراسات سابقة ومع كثرة هذه الإضافات قد تكون هناك صعوبة أمام المهندس في اختيار الإضافة المناسبة حيث يوجد أنواع كثيرة من الإضافات التي تختلف نتائجها و مدى تأثيرها على الخرسانة(3).

المواد المستخدمة في الدراسة:

المواد المستخدمة كإضافات للخرسانة واستبدالها بنسبة من وزن الركام الخشن أو الناعم:

➤ **خبث الأفران (خبث أفران الحديد والصلب):** وهو المادة التي تنتج بكميات كبيرة من خلال مراحل استخلاص صلب الحديد (الفولاذ) من خامات الحديد وخواصه الكيميائية والفيزيائية كما موضحه بالجدول 1، وتم استخدام العينة من مصنع الحديد والصلب في منطقة الكوفية وتم تكسيه للحصول على خبث تدرجه مماثل لتدرج الركام كما موضح في الشكل 1.



شكل 1. عينات الخبث المستخدمة.

جدول 1. بعض خواص الخبث (4).

التفاصيل لبعض الخواص			الخاصية
التركيب الكيميائي نصفه من أكسيد الكالسيوم والباقي الاكاسيد الأخرى (أكسيد الحديد من (12-20%)) من مجموع الاكاسيد الاخرى			الخواص الكيميائية
درجة الانصهار 1593 درجة مئوية	الكثافة (1050-1375) kg/m ³	اللزوجة تنخفض مع زيادة درجة الحرارة	الخواص الفيزيائية

➤ **نشارة الخشب:** تم الحصول على عدة عينات من ورش نشارة للخشب في مدينة بنغازي ويعتبر من أفضل مواد عزل الصوت وامتصاص موجاته، حيث أنها لا تمكن موجات الصوت من النفاذ من خلالها لأنها تقوم بتكسيورها ومن ثم امتصاصها، وتستعمل عادة على هيئة ألواح أو بشكلها السائب كما موضح بالشكل 2.



شكل 2. عينة نشارة الخشب بعد طحنها.

ولكن يمكن الاعتماد على أغلبها في بناء الجدران وليس الهيكل الحامل حيث تؤمن عزلاً جيداً بالإضافة إلى كونها مواد متجددة وصديقة للبيئة. لذلك بدأ التوجه إلى إعادة استخدامها بشكلها الموضح بالشكل 2 (السائب بعد طحنها) وإضافتها إلى الخرسانة بإضافة نسب مختلفة من وزن الركام الناعم (الرمل) إلى الخلطات الخرسانية وإجراء الاختبارات على كل عينة من الخلطات ومقارنة النتائج بالخلطة النموذجية ومن ثم دراسة بعض خواص الخرسانة المنتجة.

➤ **سعف النخيل (الزرب):** أهم ما يميز مدن الجنوب هو صناعة السعفيات والليف والجريد وكذلك بعض المشغولات التي يستخدم فيها سعف النخيل والجريد والليف وهي متنوعة الاستخدامات، فمثلاً من الليف تُصنع الحبال وغيرها وتوجد كلها في الواحات والسواحل حيث توجد أشجار النخيل.

وتم إحضار العينة من مدينة جالو واستخدامها بطحن أوراق سعف النخيل الجاف في كسارات خاصة للحصول على الزرب بحيث يكون تدرجه مماثل تقريبا لتدرج الركام الناعم (الرمل) كما موضح في الشكل 3.



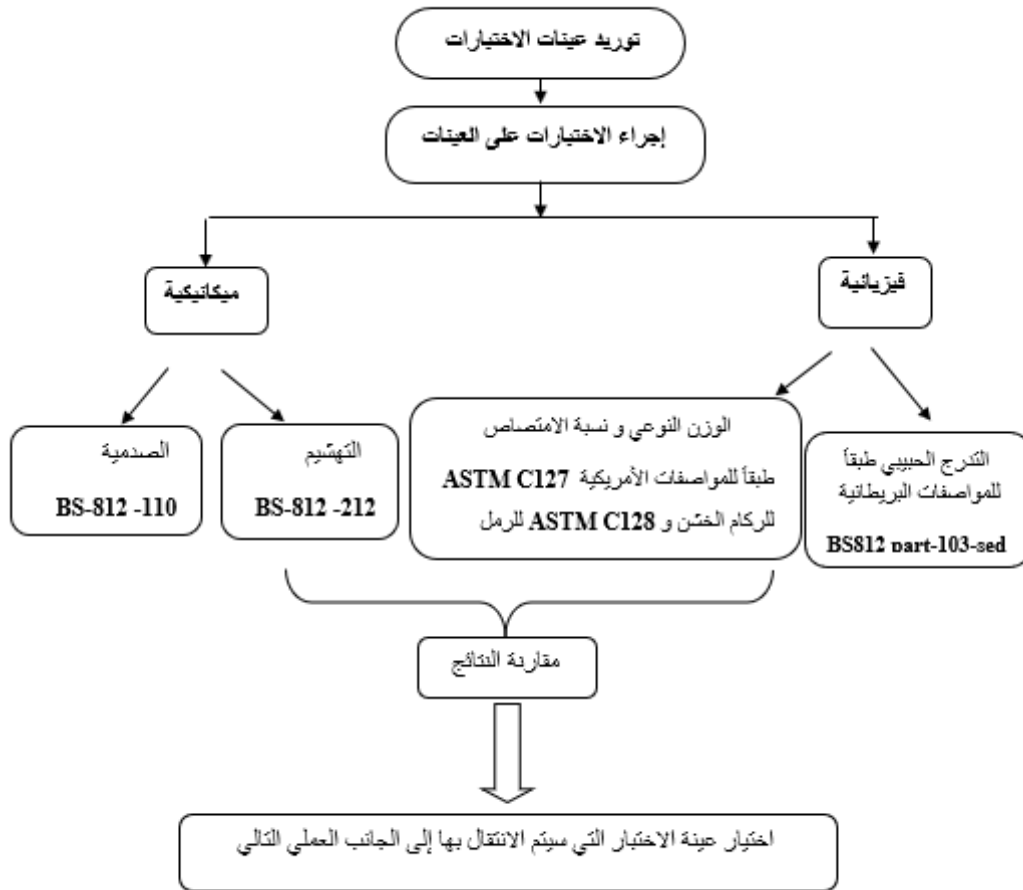
شكل 3. آلة طحن سعف النخيل وشكل (الزرب).

وهناك نقطة مهمة يجب التأكيد عليها، وهي ضرورة التركيز على الاستفادة من المواد الأولية القريبة من موقع العمل بدلاً من اختبار المواد الأولية ونقلها من مواقع بعيدة وذلك لإنتاج خرسانة اقتصادية. إن لهذا الموضوع أثر كبير من الناحية الاقتصادية بسبب إعادة استعمال مواد كانت لتكون فضلات مهمة واستعمالها في مادة إنشائية (4).

حيث تم اختيار نسب الإضافات وتقسيم الجانب العملي الى مرحلتين كما موضح بالشكل 4 والشكل 5.



شكل 4. النسب المختارة لعينة الإضافات.

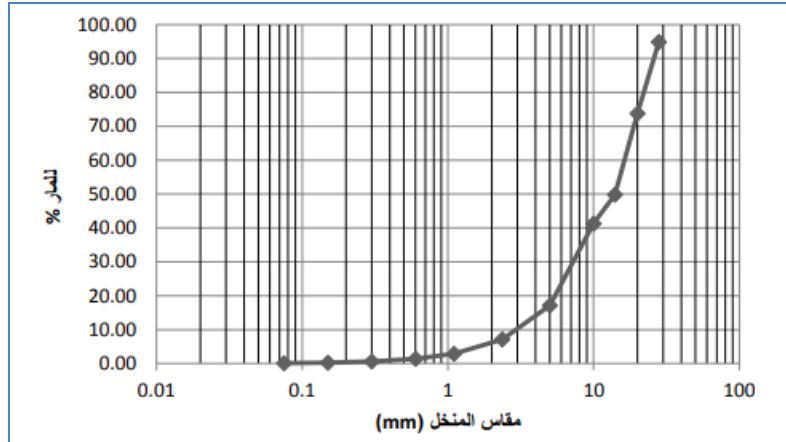


شكل 5. الاختبارات التي تم إجرائها على العينات.

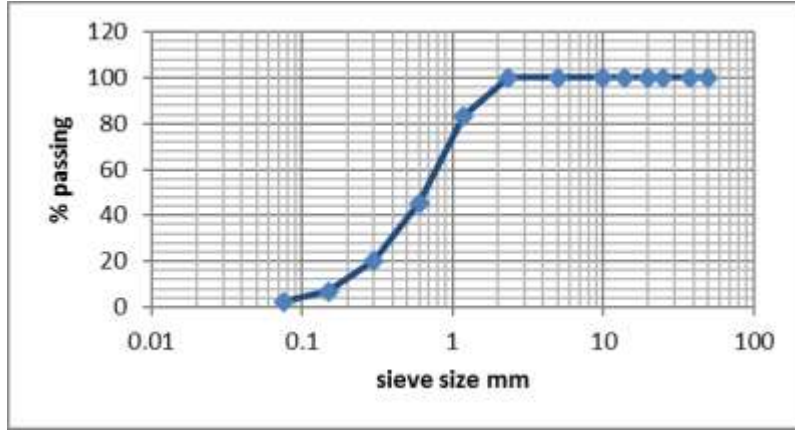
مناقشة النتائج:

من خلال الاختبارات المعملية والنتائج المتحصل عليها من الدراسات السابقة تم التوصل للآتي:

اختبار التحليل المنخلي (التدرج الحبيبي): من الرسم الموضح في الشكل 6 تم حساب معايير النعومة للخبث وكان (9.20) وحسب المواصفات البريطانية (882 لسنة 1965م) معايير النعومة يتراوح في الركام من (5-9) والرمل من (2-3.8) عليه تم اضافة الخبث في الخرسانة باستبداله بنسبة من وزن الركام الخشن، ومن الرسم الموضح بالشكل 7 وجد تقارب في النتائج بينها وبين الركام الناعم لذلك تم احلاله بنسبة من وزن الركام الناعم. اما بالنسبة لعينة سعف النخيل الموضح بالشكل 3 فإنه كان من الصعب إجراء اختبارات التحليل المنخلي والوزن النوعي ونسبة الامتصاص.

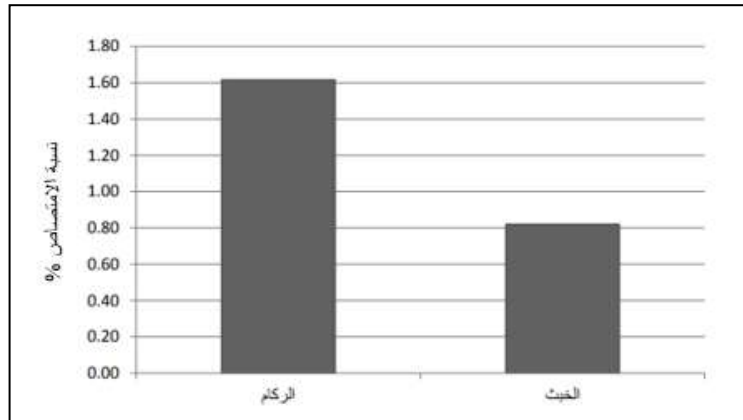


شكل 6. التدرج الحبيبي للخبث.

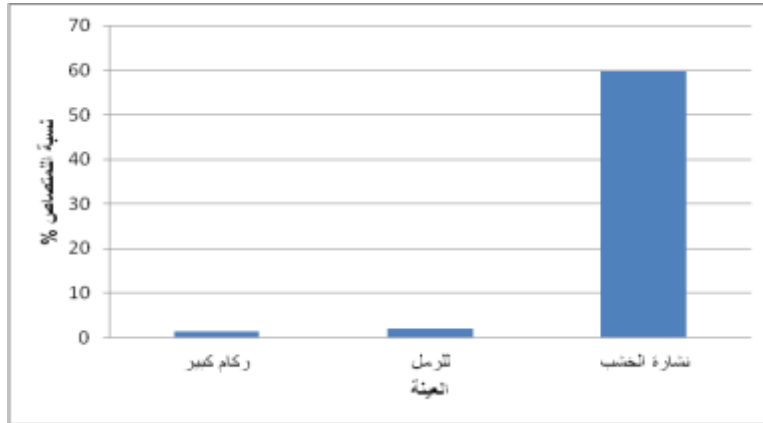


شكل 7. التدرج الحبيبي لنشارة الخشب.

اختبار نسبة الامتصاص والوزن النوعي: يتضح من الرسم في الشكل 8 و 9 ان نسبة الامتصاص للخبث أعلى من الركام الخشن ونشارة الخشب أعلى بكثير من الركام الكبير والصغير.

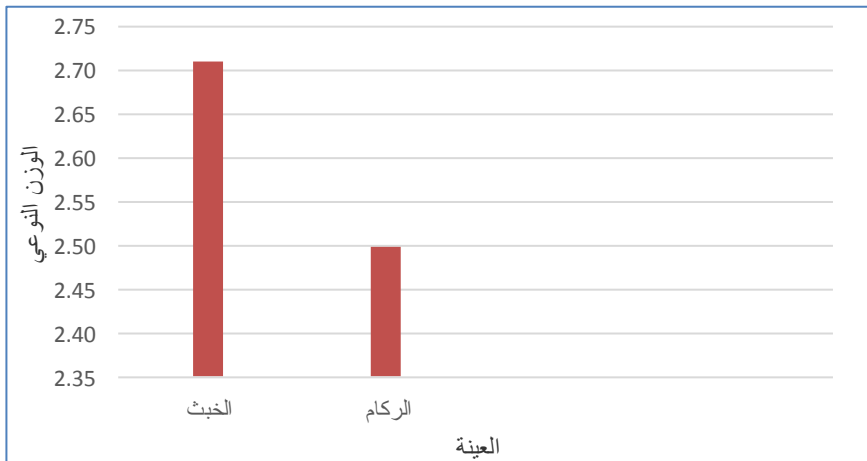


شكل 8. مقارنة بين نسبة الامتصاص للخبث والركام.

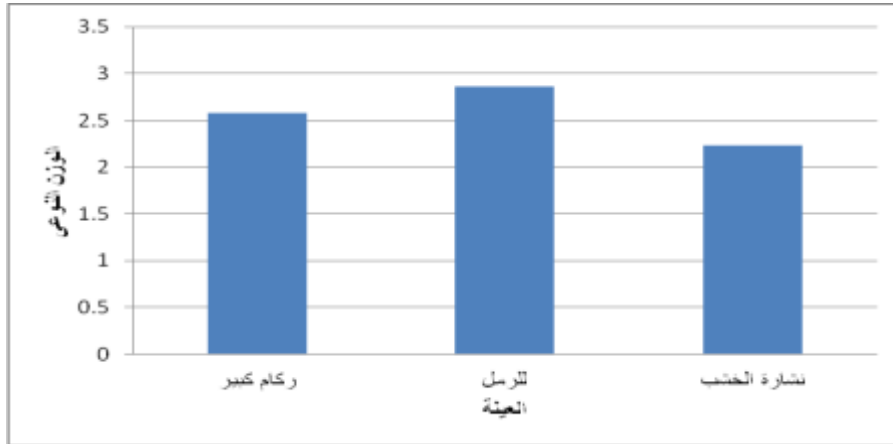


شكل 9. مقارنة بين النسبة المئوية لامتصاص الركام ونشارة الخشب.

يتضح من الشكل 10 و 11 أن الوزن النوعي لكلاً من الركام والخبث ونشارة الخشب كان ضمن الحدود للمواصفات البريطانية (882 لسنة 1965) وهي من (2.5-2.75).

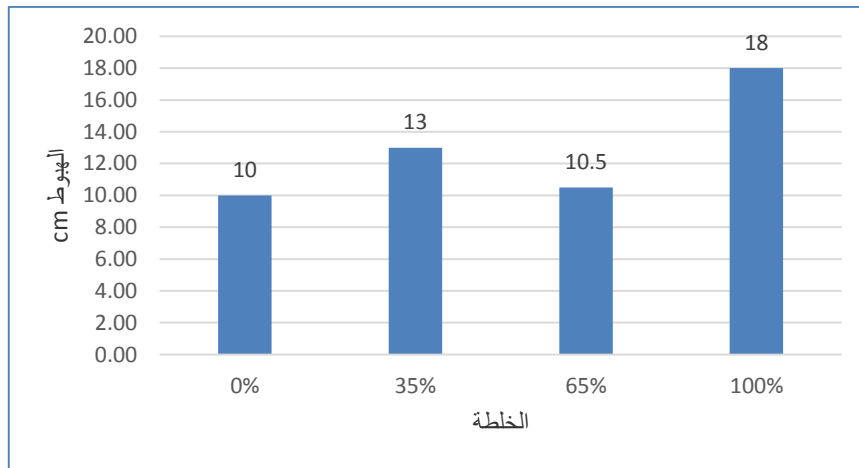


شكل 10. مقارنة بين الوزن النوعي للركام والخبث.



شكل 11. مقارنة بين الوزن النوعي للركام ونشارة الخشب.

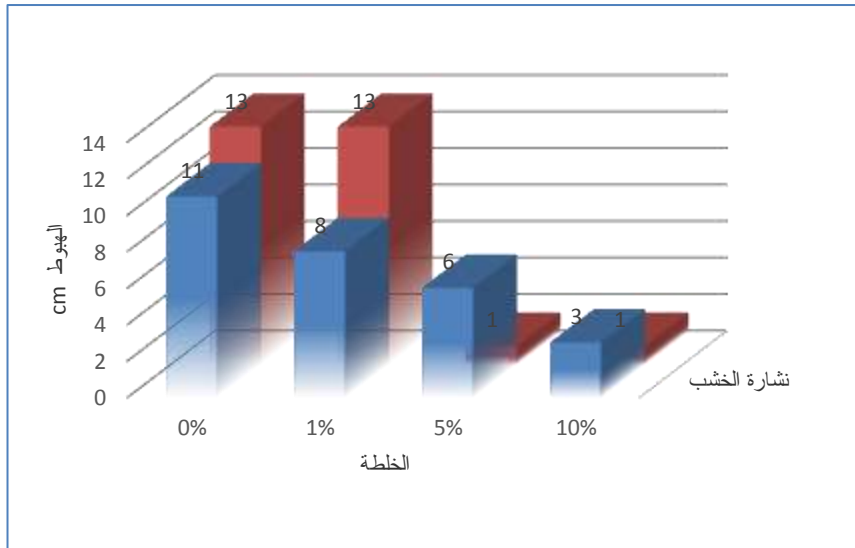
اختبار الهبوط للخلطات الخرسانية المستخدمة: من الشكل 12 يتضح بانخفاض قابلية تشغيل الخرسانة مع استبدال الركام الخشن بالخبث عن الخلطة المرجعية حيث كان قوام الخلطة (قوام مبتل).



شكل

شكل 12. قيم الهبوط للخلطات الخرسانية (الخبث)

ومن الشكل 13 يتضح بأنه كلما زادت نسبة الإضافة قل مقدار الهبوط مقارنة بالخلطة المرجعية، بالتالي كان قوام الخلطة (صلب/لدن) في نسبة (1%)، وكان مقدار الهبوط قليل في عينة نشارة الخشب وسعف النخيل للنسبة (5% و10%) أي قوام جاف.

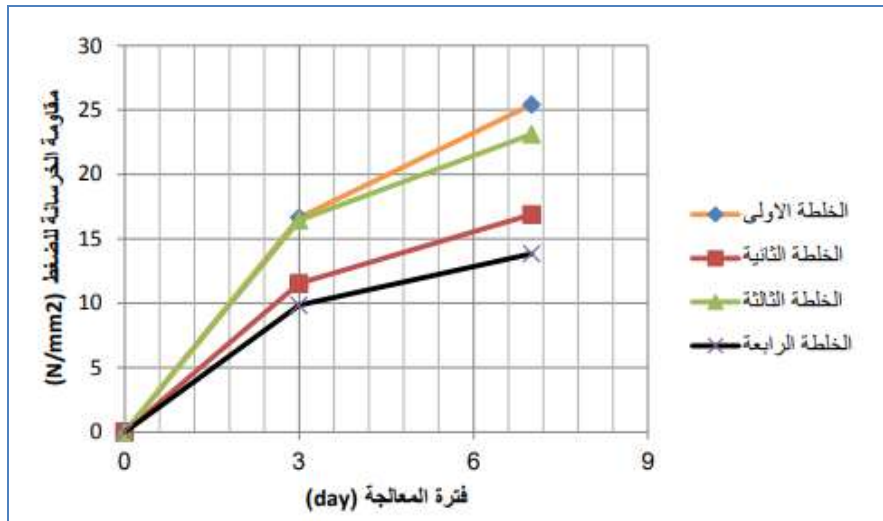


شكل 13. قيم الهبوط للخلطات الخرسانية (نشارة الخشب وسعف النخيل).

➤ اختبارات الضغط على الخرسانة:

جدول 7. مقاومة الضغط والكثافة لنسب الخلطة المختلفة (الخبث).

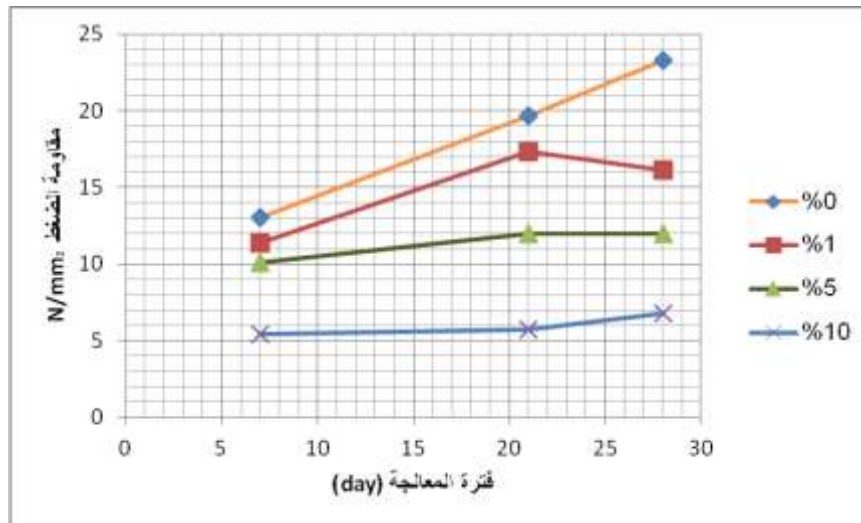
الكثافة (g/cm^3)		مقاومة الضغط (N/mm^2)		الخلطة
بعد 7 ايام	بعد 3 ايام	بعد 7 ايام	بعد 3 ايام	
2.38	2.40	25.41	16.63	الأولى (0%)
2.42	2.39	16.88	11.55	الثانية (100%)
2.39	2.40	23.12	16.43	الثالثة (35%)
2.28	2.25	13.84	9.85	الرابعة (65%)



الشكل 14. مقارنة مقاومة الضغط للخرسانة بالنسب المختلفة مع تغير فترة المعالجة (الخبث).

جدول 8 مقاومة الضغط والكثافة لنسب الخلطة المختلفة (نشارة الخشب).

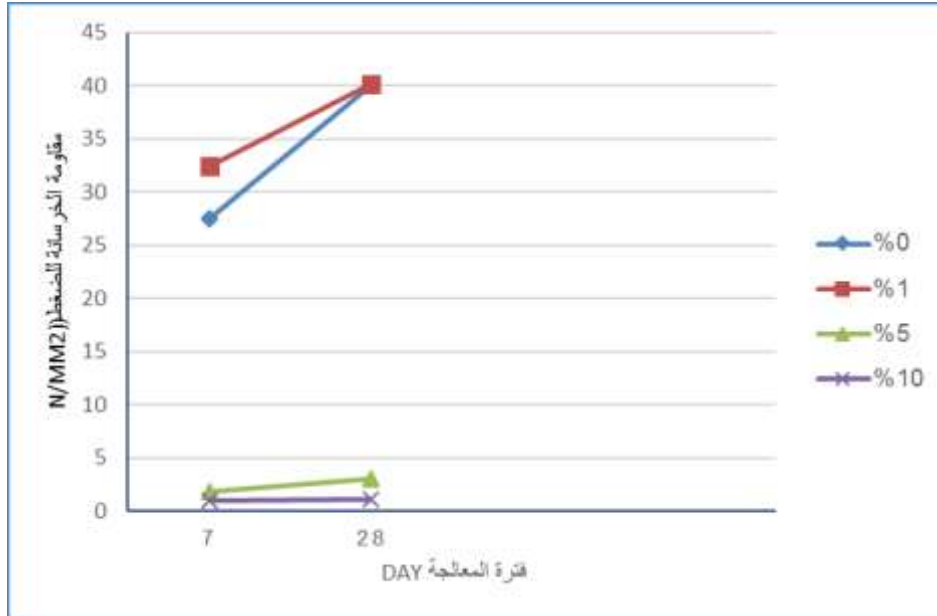
الكثافة (g/cm^3)			مقاومة الضغط (N/mm^2)			الخلطة
بعد 28 يوم	بعد 21 يوم	بعد 7 ايام	بعد 28 يوم	بعد 21 يوم	بعد 7 ايام	
2.38	2.33	2.33	23.3	19.7	13	الأولى (0%)
2.33	2.30	2.32	16.1	17.3	11.4	الثانية (1%)
2.19	2.19	2.21	12	12	10.1	الثالثة (5%)
2.07	2.10	2.08	6.8	5.7	5.4	الرابعة (10%)



الشكل 15. مقارنة بين مقاومة الخرسانة للضغط للخلطات الخرسانية وفترة المعالجة (نشارة الخشب).

جدول 9 مقاومة الضغط والكثافة لنسب الخلطة المختلفة (سعف النخيل).

الكثافة (g/cm^3)		مقاومة الضغط (N/mm^2)		الخلطة
بعد 28 يوم	بعد 7 ايام	بعد 28 يوم	بعد 7 ايام	
2.34	2.34	40.0	27.5	الأولى (0%)
2.32	2.31	40.2	32.4	الثانية (1%)
2.24	2.26	3.1	1.8	الثالثة (5%)
2.07	2.12	1.1	1.0	الرابعة (10%)



شكل 16. مقارنة بين مقاومة الخرسانة للضغط للخلطات الخرسانية وفترة المعالجة (سعف النخيل).

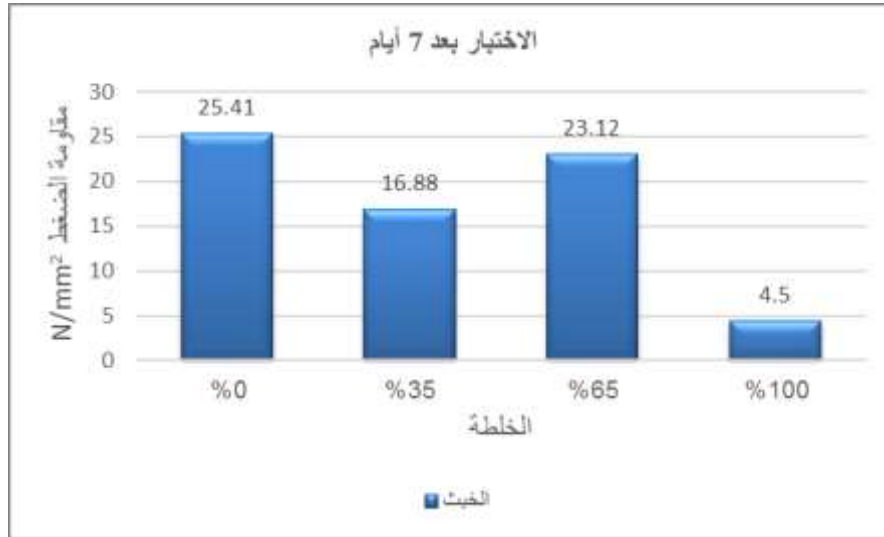
1. الخلاصة والاستنتاجات:

من خلال دراستنا هذه توصلنا الي أن عينة الخبث من حيث المادة وتكلفة الحصول عليها ووفرتها فأن خبث أفران الحديد والصلب يتوفر وبكثرة حيث تقدر كميات هذه المواد العادمة "النفايات أو الخبث" بحوالي 300 كجم لكل طن من خام الحديد، أما نشارة الخشب فهي رخيصة مقارنة بالمواد الأخرى المستخدمة وكذلك متوفرة، سعف النخل متوفر بكثرة في ليبيا ولكن تكلفته المادية تعتبر مكلفة لصعب وجود الآلة تطحن سعف النخل.

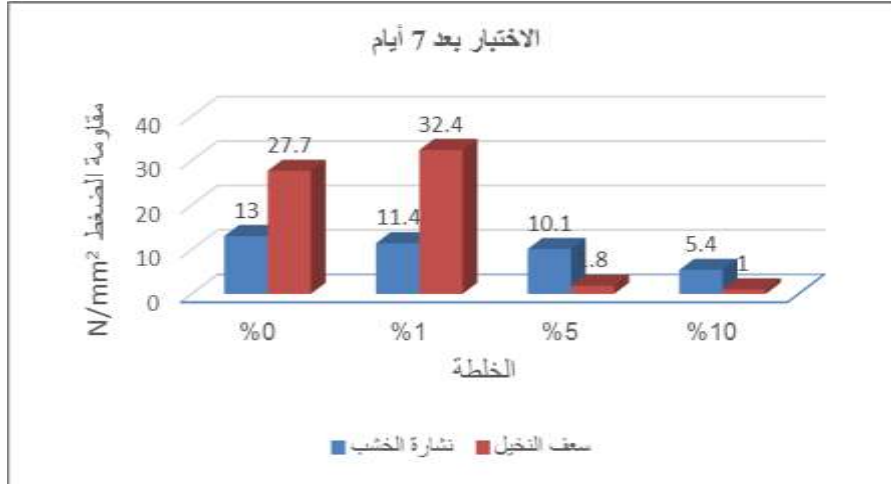
و من حيث الاثار البيئية (إنتاجه) أو اضافته إلى الخلطة كان الخبث من الصعب إيجاد أماكن للتخلص من هذه النفايات إلى جانب تأثيرها السلبي على البيئة المحيطة به فان استخدامه كبديل عن الركام الخشن سيساعد على التخلص من أثاره السيئة على البيئة خاصة كون استخدامه في مادة إنشائية، و تعتبر نشارة الخشب صديقة للبيئة لأنها مستخرجة من الخشب وكذلك لا تحتاج لكثير من الوقود أثناء الإنتاج أو التصنيع يتم مزج نشارة الخشب مع الخرسانة حيث تصبح الخرسانة خفيفة الوزن مما يقلل من استهلاك وقود النقل، و سعف النخل (الزرب) لا يشكل خطراً على البيئة حيث أنه صديق للبيئة لأنه من صنع الله عزوجل وكذلك مع الخلطة لا ينتج عنه أي مخالفات مضره للبيئة.

من حيث إضافتها أو إحلالها مع أي من مكونات الخلطة الخرسانية فالخبث تم إحلاله كبديل عن الركام (الخشن) بنسب 35% و 65% و 100% فكلما زادت نسبة الخبث كلما زاد الهبوط وكان (قوام مبتل)، أما نشارة الخشب و سعف النخل تم إحلالها كبديل عن الركام الناعم (الرمل) بنسبة 1% و 5% و 10% فكانت النتيجة بأنه كلما زادت نسبة الاضافة أكثر من 1% فان الهبوط يقل بنسبة كبيرة جداً ويصبح القوام جاف.

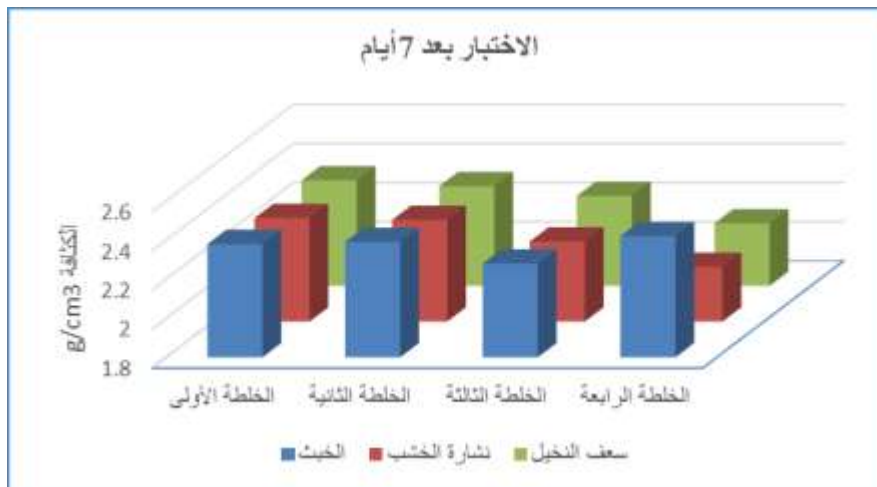
ومن حيث اضافة خصائص جديدة للخرسانة كانت إضافة الخبث كلما زادت نسبة الخبث كلما قلت المقاومة للضغط ولكن نسبة 65% كانت أفضلها وكذلك قلت الكثافة بنسبة بسيطة كما موضح بالشكل 17 و 19، ونشارة الخشب كلما زادت نسبة النشارة كلما قلت المقاومة للضغط وقلت الكثافة وهذا جيد من حيث الكثافة فقط، وكذلك سعف النخيل كلما زادت نسبة الإضافة أكثر من 1% فان المقاومة ستقل بنسبة كبيرة جدا وكذلك تقل الكثافة.



شكل 17. مقارنة مقاومة الضغط بعد 7 أيام (الخبث).



شكل 18. مقارنة مقاومة الضغط بعد 7 أيام (نشارة الخشب وسعف النخيل).



شكل 19. مقارنة الكثافة بعد 7 أيام.

جدول 10. ملخص الدراسة وتوصيات استخدام الإضافة (الخبث ونشارة الخشب وسعف

النخيل):

عناصر المقارنة العينة المستخدمة	التكلفة	الآثار البيئية	استبدالها او احلالها في الخلطة	خصائص الخرسانة	التوصيات
الخبث (خبث الافران)	متوفر وغير مكلف	لا ينتج عنه أي آثار	إحلاله كبديل عن الركام (الخشن) بنسب 35% و 65% و 100% فكما زادت نسبة الخبث كلما زاد الهبوط (قوام ميتل)	كلما زادت نسبة الخبث كلما قلت المقاومة للضغط ولكن نسبة 65% كانت أفضلها وقلت الكثافة بنسبة بسيطة	يوصى باستخدام الخبث كبديل عن الركام الخشن في الخرسانة المطلوب فيها نفاذية اقل ذلك لأن نسبة الامتصاص للخبث قليلة مقارنة بالركام أما بالنسبة للخرسانة المطلوب فيها خفة فانه عند وضع النسبة 65 % للخبث فان الكثافة خفت مما ينصح به ولا ينصح بالنسب الأخرى فان الكثافة زادت ولم تقل عن مستوى القياسي.
نشارة الخشب	متوفرة ورخيصة	مضرة أو سيئة للبيئة ويعتبر صديق للبيئة	إحلالها كبديل عن الركام الناعم (الرمل) بنسبة 1% و 5% و 10%	كلما زادت نسبة نشارة الخشب كلما قلت المقاومة للضغط وقلت الكثافة وهذا جيد من حيث الكثافة فقط،	جيدة في إنتاج خرسانة خفيفة الوزن وعالية المسامية وعليه قد تصلح للأعمال الخرسانية المطلوب فيها خرسانة خفيفة كعمل الميول للأسطح.
سعف النخيل (الزرب)	متوفر ومكلف في عملية طحنه		كلما زادت نسبة الإضافة أكثر من 1% فان الهبوط يقل بنسبة كبيرة جداً ويصبح القوام جاف.	كلما زادت نسبة الإضافة أكثر من 1% فان المقاومة ستقل بنسبة كبيرة جداً وكذلك تقل الكثافة.	لا يفضل استخدامه كمادة تضيف مقاومة للخرسانة او تزيد من المقاومة

المراجع:

- 1- أحمد محمد دياب "أساسيات تكنولوجيا الخرسانة" كلية الهندسة - جامعة الاسكندرية 1984.
- 2- محمود امام، محمد أمين "(الخرسانة) الخواص - الجودة - الاختبارات" الطبعة الرابعة رقم الايداع بدار الكتب المصرية 24888 - 2006.
- 3- محمد رشاد الدين مصطفى حسين "خواص مواد البناء واختباراتها"، منشورات دار الراتب للأبحاث الجامعية - بيروت 1983.
- 4- نور الدين الطويل، محمد كريم " دراسة الخواص الميكانيكية لركام خبث الافران العالية بمصنع الحديد والصلب بمصراتة وتأثيره على خواص الخرسانة عالية المقاومة" الجامعة الاسمية الاسلامية للمؤتمر الثاني لعلوم البيئة - زليتن 2015