

دراسة تأثير إضافة برادة الحديد كبديل جزئي عن الركام الناعم على بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة

سعاد ابوالقاسم سالم تليش¹ ، ذكرى ابراهيم المشمر² ، محمد ضو سرب²

¹أستاذ مساعد بقسم الهندسة المدنية - جامعة صبراتة كلية الهندسة رقدالين، ليبيا

²جامعة صبراتة ، كلية الهندسة رقدالين

sosoly2015@yahoo.com¹

الملخص

تم تطوير مفهوم الاستدامة في السنوات الماضية لتشمل صناعة البناء والتشييد لحل القضايا التي تتعلق بالاستهلاك المرتفع للمصادر الطبيعية والتلوث البيئي وإنتاج كميات كبيرة من النفايات الصلبة ومخلفات المصانع فهناك حاجة ملحة بأن يمر قطاع البناء والصناعات الأخرى بثورة خضراء بمعنى آخر، تحتاج الصناعات إلى اعتماد وإدخال مواد صديقة للبيئة، ومع ذلك وجدت صناعة الخرسانة بعض البدائل المستدامة. الخرسانة الخضراء هي شكل من أشكال الخرسانة الصديقة للبيئة التي يتم تصنيعها باستخدام النفايات أو المواد المتبقية من الصناعات المختلفة، وتتطلب كمية أقل من الطاقة للإنتاج مقارنة بالخرسانة التقليدية وتسهم في تخفيف العبء على الموارد الطبيعية وهذا يحقق الحصول على بيئة نظيفة خالية من التلوث وذلك يحقق أهداف التنمية المستدامة. تحاول هذه الدراسة تطبيق مفهوم التنمية المستدامة للحد من التلوث البيئي عن طريق إضافة مسحوق الحديد (البرادة) حيث تم أخذها من معمل الحدادة بمدينة الجميل، وتم استخدامها بنسب (5،10،15،20)% من وزن الرمل وكبديل جزئي عنه في جميع الخلطات، وذلك لمعرفة تأثير هذه النسب على بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة ومقارنتها بالخلطة المرجعية. اجريت الاختبارات للخرسانة في الحالة اللدنة (اختبار الهبوط) لتقييم أدائها، كما تم اختبارها في الحالة المتصلدة (اختبار مقاومة الضغط، الكثافة) على المكعبات الخرسانية عند أعمار مختلفة (7،14،28) يوم، وكذلك تم إجراء اختبار مقاومة الشد غير المباشر على اسطوانات قياسية عند عمر 28 يوم. اوضحت

نتائج الاختبارات ان إحلال البرادة كبديل جزئي للرمل أعطت نتائج جيدة للخرسانة في حالتها اللدنة ولكن قيمة الهبوط اقل مقارنة بالخلطة المرجعية، وكذلك إضافة مسحوق الحديد كان له اثر إيجابي في زيادة مقاومتي الضغط والشد مقارنة بالخلطة المرجعية فكانت اعلى قيمة لهما عند نسبة 20%، وايضاً زادت قيمة الكثافة بزيادة نسبة المسحوق. **الكلمات المفتاحية:** (الخرسانة عالية المقاومة، برادة الحديد، قابلية التشغيل، الخصائص الميكانيكية، الخرسانة الخضراء).

Study the effect of adding iron filings as a partial substitute for fine aggregate on some mechanical properties of high-strength concrete

Suad Abulgsem S.Tleish¹, Dhikra Ibrahim Almshamr²,
Muhammad Daw Sarb²

¹Assistant Professor, Department of Civil Engineering - Sabratha
University, Faculty of Engineering, Raqdalim\Libya

²Sabratha University, Faculty of Engineering, Raqdalim\Libya
sosoly2015@yahoo.com¹

Abstract

The concept of sustainability has been developed in recent years to include the construction industry to solve issues related to the high consumption of natural resources, environmental pollution, and the production of large quantities of solid waste and factory waste. There is an urgent need for the construction sector and other industries to go through a green revolution. In other words, industries need to adopt and introduce friendly materials. For the environment, however, the concrete industry has found some sustainable alternatives. Green concrete is a form of environmentally friendly concrete that is manufactured using waste or remaining materials from various industries. It requires a smaller amount of energy for production compared to traditional concrete and contributes to reducing the burden on natural resources. This achieves a clean, pollution-free environment, which achieves

development goals Sustainable. This study attempts to apply the concept of sustainable development to reduce environmental pollution by adding iron powder (filing), which was taken from the blacksmith factory in the Al-Jameel city, and was used at percentages (5, 10, 15, 20)% of the weight of the sand and as a partial substitute for it in all mixtures. In order to determine the effect of these ratios on some of the mechanical properties of high-resistance concrete and compare it with the reference mixture. Tests were conducted for the concrete in the plastic state (slump test) to evaluate its performance, and it was also tested in the hardened state (compressive strength, density test) on concrete cubes at different ages (7,14,28) days, and an indirect tensile strength test was also conducted on Standard cylinders at 28 days old. The test results showed that replacing filings as a partial substitute for sand gave good results for concrete in its plastic state, but the slump value was lower compared to the reference mix. Also, adding iron powder had a positive effect in increasing the compressive and tensile strengths compared to the reference mix, so their highest value was at 20%. The density value increased with increasing powder percentage.

Keywords: (High-strength concrete, Iron filings, Workability, Mechanical properties, Green concrete).

المقدمة

يشهد العالم اليوم تغيرا تقنيا في مجال الخرسانة من حيث تحسين خواصها وزيادة مقاومتها مع قدرة تحملها للظروف البيئية، ومع وجود المخلفات الناتجة من معامل الحدادة (برادة الحديد) وهي عبارة عن منتجات ثانوية صناعية يتم الحصول عليها من معامل الحدادة على شكل مسحوق. تُترك هذه المنتجات الثانوية غير مستخدمة إلى حد كبير مما يؤثر ذلك على البيئة المحيطة التي تسبب العديد من المشاكل، ومع التطور التكنولوجي والبحث العلمي بدأ البحث في استخدام المخلفات الصناعية مع الإسمنت والخرسانة للاستفادة من خصائصها وحماية البيئة. حيث تم تطوير مفهوم الاستدامة في السنوات الماضية لتشمل صناعة البناء والتشييد حل القضايا التي تتعلق بالاستهلاك المرتفع للمصادر الطبيعية والتلوث البيئي. فتعتبر العمليات الصناعية المولدة للأساسي للنفايات وقد ساهم الوعي

البيئي المتزايد في التركيز على المخاوف المتعلقة بمسألة رمي النفايات مع قلة المساحات اللازمة والمستخدمة للتخلص من النفايات بالإضافة الى كلفة معالجتها العالية، تعتبر الخرسانة واحدة من أهم المواد المستخدمة في البناء حيث ان المكونات الرئيسية لإنتاجها (الأسمنت والرمل والركام). إن مفهوم الاستدامة طرح لشرح نوع من التنمية (التنمية المستدامة) فالتنمية المستدامة هي إفاءة احتياجات الحاضر دون الإضرار باحتياجات المستقبل[1]، وان الزيادة في عدد السكان حول العالم يقلل من المصادر المتوفرة على الأرض، فالتنمية المستدامة تهدف إلى تحقيق التوازن بين النواحي البيئية والاقتصادية، حيث تم استخدام بعض المواد والمخلفات الصناعية التي يمكن أن تقلل من التأثير البيئي الناتج من صناعة الخرسانة، فاستدامة الخرسانة يمكن أن تحسن باستخدام المخلفات الصناعية لان هذه المواد سوف تساهم في الحفاظ على الطاقة وحماية البيئة والحفاظ على الموارد الطبيعية. **تكمن المشكلة** في أن وضع مخلفات الحديد الناتجة من معامل الحدادة (برادة الحديد) في منطقة النفايات بجوار المعمل يسبب مشاكل بيئية، كما أن تكلفة مواد البناء تتزايد بسبب ارتفاع الطلب وندرة المواد الخام، فيجب استغلال هذه المخلفات لحماية البيئة والحصول على خواص خرسانية جيدة ومردود اقتصادي. **تتمثل أهمية البحث** في إمكانية الاستفادة من المخلفات الناتجة من معامل الحدادة باستخدامها كبديل جزئي للركام الناعم في الخرسانة عالية المقاومة، الحصول على أفضل خصائص لها في حالتها الطازجة والمتصلدة، وذلك بإجراء الاختبارات اللازمة لها، الحد من مشاكل التلوث والتحسين في خواص الخرسانة حيث تعتبر العمليات الصناعية المولد الاساسي للنفايات وقد ساهم الوعي البيئي المتزايد في التركيز على المخاوف المتعلقة بمسألة رمي النفايات ومع قلة المساحات اللازمة والمستخدمة لطمر النفايات بالإضافة الى كلفة معالجتها العالية، التقليل من تلك المخلفات عن طريق استخدامها في الخرسانة حيث تم اختيار البحث لأهميته في تطبيق مفهوم التنمية المستدامة والأبنية الخضراء بليبيا فيجب استغلال هذه المخلفات أولاً لحماية البيئة ثانياً الحصول على خواص خرسانية جيدة ثالثاً مردود اقتصادي. **يهدف البحث** لدراسة تأثير إضافة برادة الحديد (مخلفات ناتجة من معامل الحدادة) كبديل جزئي للركام الناعم على بعض خواص الخرسانة عالية المقاومة

(مقاومة الضغط والشد والكثافة)، التحقق من امكانية الاستفادة من تلك المخلفات (مخلفات ناتجة من معامل الحدادة) كبديل جزئي للركام الناعم للخرسانة في تحسين الخصائص الهندسية للخرسانة، الاسهام في الحفاظ على البيئة لتكون بيئة مستدامة ذات بعد تكاملي مع الطبيعة وذلك باستخدام مواد بناء خضراء. **منهجية البحث:** تم استخدام المنهج الوصفي في عرض الدراسات السابقة والتعريف بالخرسانة عالية المقاومة ومكوناتها ومن ثم الاعتماد على المنهج التجريبي لإجراء البرنامج العملي حيث تتركز منهجية الدراسة في اربعة مراحل: (إجراء مسح شامل للدراسات السابقة وتجميع كافة البيانات المتعلقة بموضوع البحث- اعداد برنامج عملي ثم اجراء الاختبارات العملية- تحليل نتائج الاختبارات ومناقشتها- كتابة البحث).

درس الباحث محمد واخرون (2018) تأثير براده الحديد في الخلطة الخرسانية على مقاومة الضغط والشد عند 28 يوم حيث قسمت هذه الدراسة الى جزئين، الجزء الأول دراسة تأثير استبدال برادة الحديد بدل من الاسمنت بنسب (5،10،15)% اما الجزء الثاني استبدال برادة الحديد بنفس النسب السابقة بدل من الركام الناعم، وظهرت النتائج ان مقاومه الضغط اقل مقارنة بالخلطة المرجعية لجميع العينات المحتوية على برادة الحديد بدل من الاسمنت، وتزداد مقاومه الضغط لجميع العينات عند استبدال الركام الناعم ببرادة الحديد، كذلك لاحظ ان مقاومة الشد عند 28 يوم تزداد كلما زادت نسب برادة الحديد للاستبدالين مقارنة بالخلطة المرجعية وتبين ان نسبة 15% من برادة الحديد تعطي زيادة بنسبة 11.6% عند استبدال برادة الحديد بالاسمنت، 92% عند استبدالها بالركام الناعم[2]. قام الباحث علي (2014) بدراسة تأثير برادة الحديد كأحد مكونات الخلطة الخرسانية على مقاومة الضغط والشد للخرسانة حيث تم إضافة ثلاثة نسب مختلفة من برادة الحديد الى خليط الخرسانة لقياس الاختلاف الذي يمكن الحصول عليه في كل من مقاومة الضغط والشد للخرسانة بعد 28 يوما، وفي هذه الدراسة تم إحلال برادة الحديد بنسب (10،20،30)% بدل من الاسمنت وأظهرت النتائج زيادة مقاومه الضغط تدريجيا عند اضافته برادة الحديد وعند إضافة 30% من برادة الحديد الى الخلطة الخرسانية زادت مقاومه الضغط للخرسانة بنسبة 17% مقارنة بالخلطة المرجعية. وزادت مقاومه الشد

بنسبة 13% مقارنة بالخلطة المرجعية عند إضافة 10% من برادة الحديد بدلاً من الاسمنت للخلطة الخرسانية [3]. قام Shehdeh وآخرون (2016) بدراسة إحلال مسحوق برادة الحديد والجرانيت كبديل جزئي للرمل في الخلطة الخرسانية ومدى تأثيرها على مقاومتها للضغط والشد عند 7 أيام و 28 يوم، تنقسم هذه الدراسة إلى جزئين الأول استبدال مسحوق برادة الحديد كبديل جزئي للركام الناعم بنسب (5,10,15,20)% أما الجزء الثاني استبدال الجرانيت بنفس النسب السابقة كبديل جزئي للركام الناعم ومعرفة تأثيراته على خواص الخرسانة من خلال اختبارات (مقاومة الضغط، الشد، الانحناء) حيث لاحظ الباحثون أن إحلال مسحوق برادة الحديد محل الركام الناعم يؤدي إلى زيادة مقاومة الانضغاط والشد والانحناء لمختلف النسب على عكس الجرانيت. كما لوحظ ازدياد مقاومة الضغط للخرسانة بإضافة مسحوق الجرانيت كبديل جزئي للركام الناعم كحد أقصى عند نسبتي 5%، 10% وكانت أعلى زيادة (36%) عند إضافة 10% من مسحوق برادة الحديد للخلطة الخرسانية مقارنة بالخلطة المرجعية. بينما كانت زيادة مقاومة الشد في النسب (5,10,15)% فقط أما النسبة 20% فكانت مقاومة الشد أقل من الخلطة المرجعية [4].

درس الباحث Festus وآخرون (2016) خصائص الخرسانة الناتجة من استبدال برادة الحديد كبديل جزئي للرمل بنسب (0,10,20,30)% حيث أظهرت النتائج أن مقاومة الضغط للخرسانة بعد 28 يوم زادت عند نسبة 10% و 20% من إحلال برادة الحديد محل الرمل ثم انخفضت عند نسبة 30%. أما أعلى مقاومة الشد كانت عند نسبة 10% [5]. أجري Prema وآخرون (2014) بحثاً لدراسة تأثير استبدال الرمل في الخرسانة الاسمنتية مع مخلفات خام الحديد، وأظهرت نتائج الدراسة أن مقاومته للضغط تزداد حتى نسبة 40% ثم تنخفض عند نسبة (60,80,100)% [6]. درس الباحث Tayeh استخدام مسحوق الحديد المعاد تدويره في إنتاج الخرسانة في الظروف العادية حيث تم إجراء اختبار الهبوط واختبار الخرسانة في الحالة المتصلدة للحصول على مقاومة الضغط والانحناء لها ومن ذلك تم تقييم ومقارنة تأثير إضافة مسحوق الحديد بنسب (10,20,30,40)% كبديل للرمل الطبيعي حيث لوحظ أن نفايات الحديد تظهر توزيعاً

لحجم الجسيمات مشابهاً لتوزيع الرمل المستخدم في الخلطات وانخفضت مقاومة الضغط مع زيادة النسب [7] .

البرنامج العملي: اعتمدت الدراسة المعملية في البداية على إجراء اختبارات المواد الأولية ثم إجراء خلطات تجريبية للوصول إلى خلطة ذات خواص جيدة سواء في الحالة اللدنة أو المتصلدة.

1. **المواد المستخدمة:** استخدمت مواد محلية وغير محلية لتنفيذ الخلطات الخرسانية وفيما يلي يتم التعرف على خواص هذه المواد:

الإسمنت: استخدم الإسمنت البورتلاندي العادي مستورد (الصفصاف) (مصنع في تونس) معبأ بأكياس مقلدة من ورق سميك للمحافظة على خواصه وحمايته من الرطوبة (الشكل رقم 1). (مطابق للمواصفات الليبية رقم 340: 2009) الجدول (1) يبين خواص الاسمنت.

الجدول (1) ملخص لنتائج الخواص الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت

| الاختبار | النتيجة | حدود المواصفة | مواصفة الاختبار |
|-------------------------------------|----------------------------|---|-------------------------|
| نسبة الماء القياسية | 29% | - | المواصفة الأوروبية [8] |
| زمن الشك الابتدائي | 144 دقيقة | لا تقل عن 45 دقيقة | المواصفة الليبية [9] |
| زمن الشك النهائي | 240 دقيقة | لا تزيد عن 10 ساعات | |
| نعومة الإسمنت باستخدام منخل رقم 170 | 8% المتبقي على منخل 170 | الحد الأقصى للمتبقي على منخل 170 (10%) | المواصفة الأوروبية [10] |
| ثبات الحجم للإسمنت | 0 | لا تزيد عن 10mm | المواصفة الليبية [11] |



الشكل (1) شكل الاسمنت المستخدم

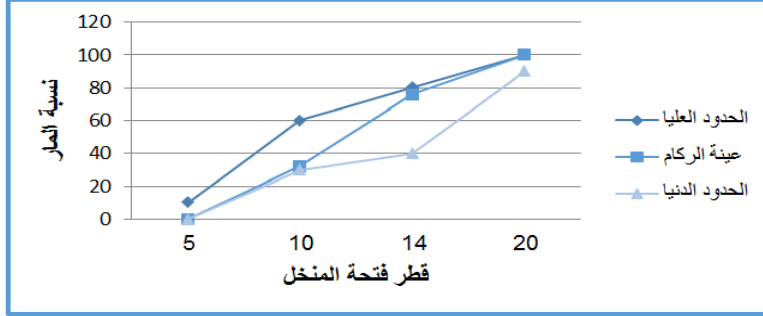
الركام الخشن: استخدم للدراسة ركام خشن متدرج مقاسه الاعتباري الأكبر (20mm) تم جلبه من منطقة رأس اللقعة. حيث تم استخدام هذا النوع فقط من الركام دون خلطه مع أي نوع آخر من الركام وذلك لتدرجه الجيد وداخل حدود منحني التدرج للركام الخشن وضمن حدود المواصفة البريطانية (1992-882) [12]. يوضح الجدول (2) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام المستخدم بينما الشكل (2،3) الاختبار ومنحني التدرج الحبيبي للركام الخشن وحدود المواصفة.

الجدول (2) ملخص لنتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن.

| الاختبار | النتيجة | حدود المواصفة | مواصفة الاختبار |
|--------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| الوزن النوعي | 2.64% | 2.7-2.5 | المواصفة الليبية [13] |
| نسبة الامتصاص | 1.48% | لا تزيد عن 3% | المواصفة الليبية [13] |
| معامل الصدم | 8.3% | لا يزيد عن 45% | المواصفة الليبية [14] |
| معامل التهشيم | 19.55% | لا يزيد عن 45% | المواصفة الليبية [15] |
| نسبة الطين والطيني | 0.85% | لا تزيد عن 4% | المواصفة الامريكية [16] |
| وزن وحدة الحجم | 1589.3Kg/m ³ | 1400-1800Kg/m ³ | المواصفة الليبية [17] |



الشكل (2) اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن

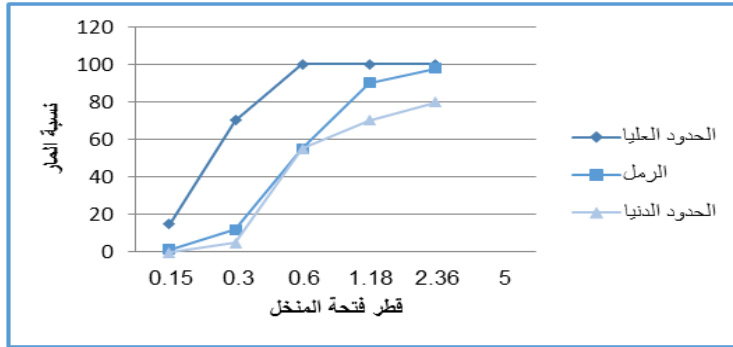


الشكل (3) منحنى التدرج للركام الخشن

الركام الناعم: استخدم للدراسة ركام ناعم (الرمل الطبيعي) تم إحضاره من منطقة زليتن، وتم إجراء العديد من الاختبارات لهذه العينة من الرمل. يوضح الجدول (3) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للرمل المستخدم بينما يوضح الشكل (4) منحنى التدرج الحبيبي للركام الناعم وحدود المواصفة.

الجدول (3) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الناعم.

| الاختبار | النتيجة | حدود المواصفة | مواصفة الاختبار |
|--------------------------------------|---------|---------------|-------------------------|
| الوزن النوعي | 2.54% | 2.7-2.6 | المواصفة الليبية [13] |
| نسبة الامتصاص | 0.60% | لا تزيد عن 3% | |
| نسبة المواد الناعمة | 2.7% | لا تزيد عن 3% | المواصفة الأمريكية [16] |
| وزن وحدة الحجم (كجم/م ³) | 1688.5 | 1800-1400 | المواصفة الليبية [17] |



الشكل (4) منحنى التدرج الحبيبي للركام الناعم

ماء الخلط : استخدم لتنفيذ الخلطات الخرسانية ماء اعتيادي خالي من المواد العضوية (ماء شرب)، المواصفة [18].

الجدول (4) نتائج التحليل الكيميائي للماء

| المواصفة | الحدود القصوى للأملح | النتيجة | |
|--------------------------|----------------------|---------|---------------------------------|
| المواصفة الليبية [18] | 2000gm/L | 100 | مجموع الأملاح الذائبة T.D.S |
| | 8-6 | 7 | قيمة الأس الهيدروجيني PH |
| | 500gm/L | 12 | أملاح الكلوريد Cl |
| | 1000gm/L | 7.8 | أملاح الكبريتات SO ₄ |
| | 1000gm/L | 9 | أملاح الكربونات والبيكربونات |

الإضافات الكيميائية: استخدم نوع واحد من الملدنات الفائقة (Super plasticizer) كإضافة كيميائية إنتاج شركة (SIKA) واسمها التجاري (Viscocrete Tempo12)، وهي عبارة عن مادة سائلة تعتمد في تركيبها الكيميائي على مادة البولي كربوكسيلات، وهي تستخدم لإنتاج خرسانة عالية المقاومة أو ذاتية الدمك ومن مميزاتها: (خفض هائل لمحتوي الماء مما ينتج عنه قوة وكثافة عالية، انسيابية وسيولة ممتازة مما يقلل المجهود المبذول في الصب والدمك، زيادة الاجهادات المبكرة وتقليل الانكماش والزحف، تقليل معدل الكربنة في الخرسانة، تأثير ثاني أكسيد الكربون تحسين كثير في عدم نفاذية الخرسانة للماء، كما بالشكل (5)).

برادة الحديد: هي عبارة عن حبيبات دقيقة من مادة الحديد كما بالشكل (6) وهي منتوجا ثانويا أي انها عبارة عن مخلفات صناعية لعملية برد، او ثقب، او كشط قطع الحديد، او نتيجة صقل منتجات نهائية لا يتجاوز قط الجزيئات او الحبيبات المتواجدة في برادة الحديد طول 0.3 مم وأصغرها قد يصل لطول دنيوي يبلغ بضعة ميكرومترات نظرا لازدياد مساحة الحديد المعرضة للتفاعل على شكل مسحوق فإنه بإمكانه أن يحترق بسهولة عند تعرضه للنار. الخصائص الفيزيائية والكيميائية لبرادة الحديد عندما يكون الحديد نقياً فهو معدن ابيض لامع ناعم وعملي للغاية ومع ذلك فهو شديد التفاعل وفي وجود هواء رطب يتشكل طلاء أكسيد مائي على سطحه بسهولة المادة غير متماسكة وتنتشر بسهولة مما يكشف

عن أسطح هجوم جديدة. يمكن ان يوجد الحديد النقي في ثلاثة اشكال اعتمادا على درجة الحرارة بما في ذلك حديد الفا هو يكون مستقرا عند درجة حرارة اقل من 906 درجة مئوية، حديد جاما هو يكون مستقرا بين 906 و 1403 درجة مئوية، حديد دلتا يكون مستقرا عند درجة حرارة 1403 درجة مئوية. تستخدم برادة الحديد في مجموعة متنوعة من الصناعات المختلفة من الطباعة وتغليف المواد الغذائية الي الدهانات ومنتجات التنظيف. الجدول (5) يبين المكونات الكيميائية الرئيسية لبرادة الحديد [4].



الشكل (6) شكل برادة الحديد



الشكل (5) الملدن المستخدم

الجدول (5) يبين المكونات الكيميائية الرئيسية لبرادة الحديد [4].

| Chemical compound | Weight (%) |
|-------------------|---|
| 2.41 | أكسيد السليكون SiO ₂ |
| 0.72 | ثاني أكسيد التيتانيوم TiO ₂ |
| 1.81 | أكسيد الألمونيوم Al ₂ O ₃ |
| 89.0 | أكسيد الحديد Fe ₂ O ₃ |
| 0.23 | أكسيد الماغنسيوم MgO |
| 2.16 | أكسيد المنجنيز MnO |
| 0.45 | أكسيد الكالسيوم CaO |

| | |
|-------|--|
| 0.66 | أكسيد الصوديوم Na ₂ O |
| 1.64 | أكسيد البوتاسيوم K ₂ O |
| 0.34 | خامس أكسيد الفسفور P ₂ O ₅ |
| 0.003 | نحاس Cu |
| 0.002 | نيكل Ni |

- اختبار الوزن النوعي لبرادة الحديد: تم جلب برادة الحديد من ورشة الحدادة بمدينة الجميل، الجدول (6) يبين نتائج الاختبار، والشكل (7).

الجدول (6) نتيجة اختبار الوزن النوعي لبرادة الحديد [13]

| الاختبار | النتيجة | حدود المواصفة | مواصفة الاختبار |
|--------------|---------|---------------|-----------------------|
| الوزن النوعي | 2.64% | 2.7-2.5 | المواصفة الليبية [13] |



الشكل (7) اختبار الوزن النوعي لبرادة الحديد

- اختبار الوزن النوعي لخليط (الرمل مع برادة الحديد): تم حساب الوزن النوعي بالمعمل وكانت النتائج كما بالجدول (7)، ومن ذلك اتضح انه كلما زادت نسبة برادة الحديد زاد الوزن النوعي للعينة.

الجدول (7) نتائج الوزن النوعي لخليط برادة الحديد

| رقم الخلطة | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------|-------|-------|-------|------|------|
| الوزن النوعي | 2.640 | 2.695 | 2.714 | 2.77 | 2.80 |

2. تصميم الخلطات الخرسانية :

يعتبر تصميم الخلطة الخرسانية من أهم الخطوات المستخدمة لتحديد كمية المواد الأساسية الداخلة في تكوين الخرسانة حيث تم استخدام الطريقة الحجمية لتصميم جميع الخلطات الخرسانية [19] بحيث تأمن مقاومة انضغاط 40 نيوتن/م² لعمر (28) وهبوط (60- 120mm) باستخدام مواد محلية (الركام بنوعيه) وأسمنت مستورد وملدن نوع (Viscocrete tempo12)، يبين الجدول (9) اوزان المواد المستخدمة لتنفيذ الخلطات.

الجدول (8) أوزان المواد المستخدمة لتنفيذ الخلطات

| نسبة الملدن | برادة الحديد Kg/m ³ | نسب البرادة % | الركام | | الاسمنت Kg | الماء L | w/c | رقم الخلطة |
|-------------|-----------------------------------|------------------|--------|-------|---------------|------------|------|---------------|
| | | | الناعم | الخشن | | | | |
| %1 | 0 | 0 | 26.36 | 62.77 | 26.39 | 10.104 | 0.38 | 1 |
| %1 | 1.318 | 5 | 25.042 | 62.77 | 26.39 | 10.104 | 0.38 | 2 |
| %1 | 2.636 | 10 | 23.724 | 62.77 | 26.39 | 10.104 | 0.38 | 3 |
| %1 | 3.954 | 15 | 22.406 | 62.77 | 26.39 | 10.104 | 0.38 | 4 |
| %1 | 5.272 | 20 | 21.088 | 62.77 | 26.39 | 10.104 | 0.38 | 5 |

3. الخلط والصب والمعالجة للخرسانة : تعتبر عملية تجهيز المواد وخلطها أمراً مهماً

جداً بالنسبة للخرسانة، ويوضح الشكل (8) العينات بعد صبها وطريقة معالجتها.



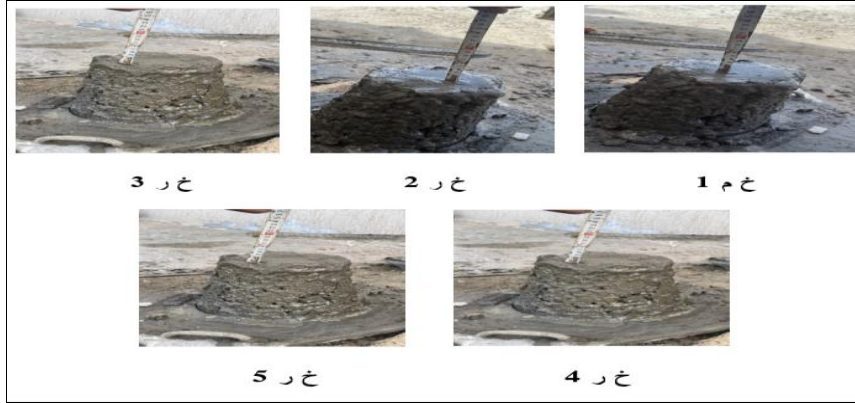
الشكل (8) العينات بعد صبها ومعالجتها.

4. اختبارات الخرسانة

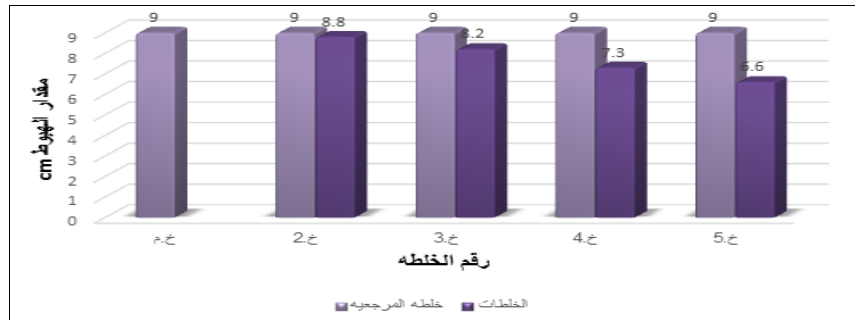
اختبارات الحالة اللدنة: تم اجراء (slump test) على الخرسانة لقياس خاصية قوام الخلطة الخرسانية وذلك لتعيين مدى هبوطها والتأكد من نسب مكونات الخلطة الخرسانية ، الشكل (9)،(10) (11) يوضح طريقة الاختبار والنتائج.



الشكل (9) طريقة اجراء اختبار الهبوط للخلطات الخرسانية الطازجة.



الشكل (10) شكل الهبوط لجميع الخلطات الخرسانية الطازجة.



الشكل (11) نتائج اختبار الهبوط مقارنة بالخلطة المرجعية

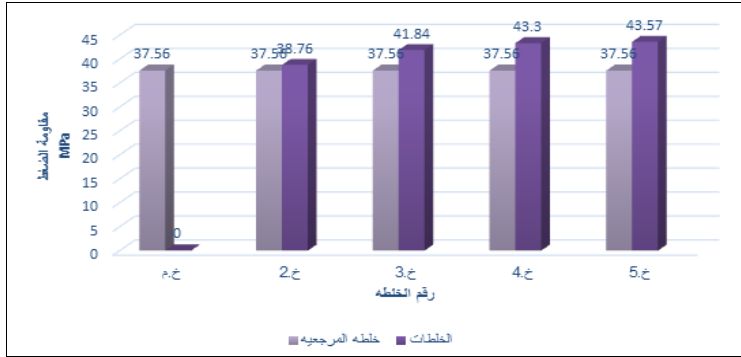
اختبارات الحالة المتصلدة

اختبار مقاومة الضغط: تعتبر مقاومة الضغط من أهم المتطلبات الأساسية للخرسانة، حيث تم إجراء الاختبار طبقاً للمواصفات البريطانية [20] على عينات مكعبة ذات أبعاد (150×150×150) ملم، وتم اختبارها عند أعمار (7-14-28) يوم، يوضح الاشكال (12-15) طريقة اختبار مقاومة الضغط والنتائج المتحصل عليها. حيث ان نتائج مقاومة الضغط عند 28 يوم للخلطة المرجعية الخالية من إضافة برادة الحديد كانت عالية حيث أعطت مقاومة الضغط مقدارها 44.16Mpa، بينما عند إضافة برادة الحديد في الخلطة لوحظ زيادة في مقاومة الضغط مقارنة بالخلطة المرجعية لجميع الخلطات حيث أعطيت مقاومة الضغط (51.43،48.9،47.72،46.04) نيوتن/م² بنسب (20،15،10،5)% على التوالي، حيث سجلت أقصى مقاومة عند نسبة 20% من البرادة فكانت مقاومة الضغط (51.43Mpa) بعمر 28 يوم. تدل الزيادة في مقاومة الضغط على وجود نسب اعلى من أكسيد الحديد في البرادة، وايضاً فإن حجم الجسيمات يعتبر مهم جداً بالنسبة الى المساهمات الفيزيائية والكيميائية، وقد يدل على قوة وصلابة الحديد وكذلك خواصها البوزولانية، وهذه النتائج مماثلة لنتائج الأبحاث [2-6].

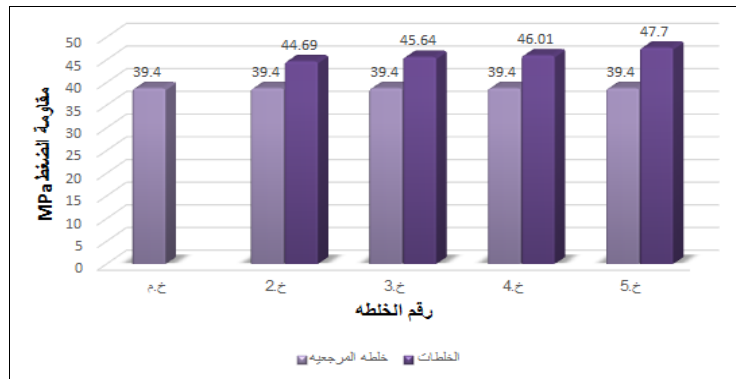


الشكل (12) طريقة اختبار مقاومة الضغط

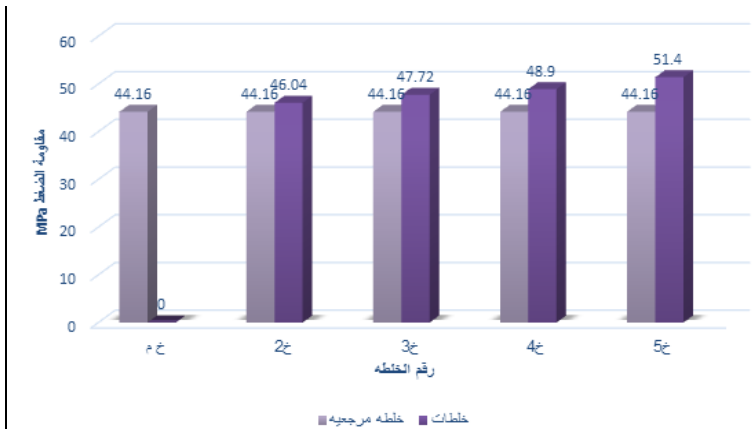
تم استلام الورقة بتاريخ: 2024 / 1 / 7م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م



الشكل (13) نتائج مقاومة الضغط بالمقارنة بالخلطة المرجعية عند عمر 7 أيام

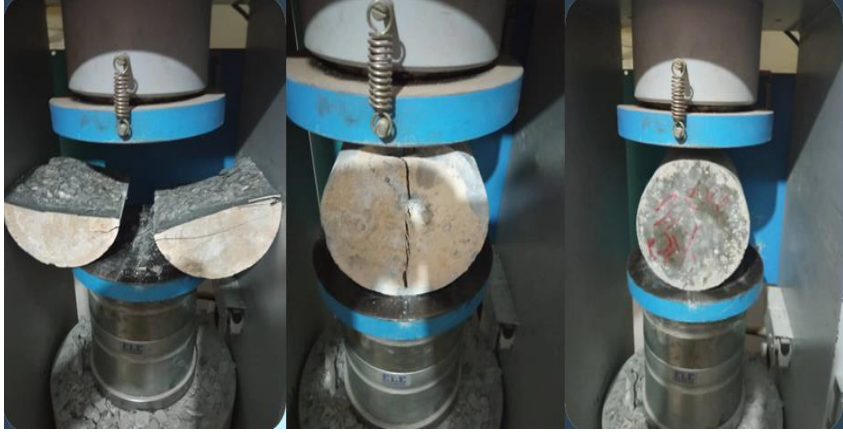


الشكل (14) نتائج مقاومة الضغط بالمقارنة بالخلطة المرجعية عند عمر 14 يوم



الشكل (15) نتائج مقاومة الضغط بالمقارنة بالخلطة المرجعية عند عمر 28 يوم

اختبار الشد غير المباشر (الطريقة البرازيلية): أجرى الاختبار على عينات اسطوانية الشكل ذات أبعاد (300×150) ملم، وتم اختبارها لعمر 28 يوم وذلك لمعرفة مقاومة الشد للخرسانة بإضافة الألياف الفولاذية، الشكل (16)، (17) يوضح طريقة اختبار مقاومة الشد ونتائجه مقارنة بالخلطة المرجعية.



الشكل (16) اختبار مقاومة الشد للاسطوانات



الشكل (17) نتائج اختبار مقاومة الشد بالمقارنة بالخلطة المرجعية

الاستنتاجات:

1. اعطيت اختبارات الخرسانة نتائج جيدة لجميع الاعمار، وذلك يدل على جودة المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية، وكذلك عدم وجود فراغات (تعشيش) في المكعبات وذلك لدمكها جيدا اثناء الصب.
2. انخفاض قابلية التشغيل للخرسانة بشكل ضئيل وذلك بإحلال مسحوق الحديد عن الركام الناعم للخرسانة ولكن جميع الخلطات حققت الهبوط المطلوب (60-120) مم حيث كانت أفضل نسبة لمسحوق الحديد (البرادة) والتي أعطت خواص جيدة وداخل الحدود المطلوبة هي 5% كبديل جزئي للركام الناعم فكانت قيمة الهبوط 8.8 سم وهي اقل من قيمة الهبوط في الخلطة المرجعية.
3. احلال مسحوق الحديد لجميع النسب يؤدي الى زيادة مقاومة الانضغاط لمختلف ظروف الاختبار. حيث كلما زادت نسبة مسحوق الحديد في الخلطة زادت مقاومه الانضغاط و الشد بنسب ملحوظه لجميع الاعمار، وذلك يعزى الى قوة وصلابة برادة الحديد وكذلك خواصها البوزولانية.
4. اعلى قيمة لمقاومة الضغط (51.43 نيوتن/م²) ولمقاومة الشد (4.105 نيوتن/م²) عند نسبة استبدال 20% وهي اعلى نسبة مقترحة في البحث ومقارنة بالخلطة المرجعية.
5. زادت كثافة الخرسانة لجميع الخلطات فكانت (2594.3، 2577.4، 2543.1) نيوتن/م² وبنسب (5، 10، 15، 20)% على التوالي حيث كانت اعلى قيمة لاختبار الكثافة (2594.3 نيوتن/م²) عند نسبة استبدال 20% أي انه يمكن استخدامها لانتاج خرسانة ثقيلة ذات كثافة عالية..
6. بمقارنه نتائج هذه الدراسة بالدراسات السابقة فقد اثبتت ان إضافة مسحوق الحديد الى الخرسانة يؤدي الى تحسين لمقاومه الضغط والشد للخرسانة.
7. إضافة الملدن (Tempo12) زاد من تشغيلية الخرسانة اثناء الخلط بدون حدوث انفصال حبيبي، واعطت المادة المضافة للخرسانة نتائج جيدة عند اجراء اختبار مقاومه الضغط للخرسانة.

8. ان استعمال مادة مسحوق الحديد في الخرسانة يساعد على التقليل من المخلفات حيث انها تزداد بكميات كبيره داخل معامل الحداة وذلك يؤدي الى تلوث البيئة بشكل كبير ، ولذلك فان استخدامها سيؤدي الى تحسين انتاج إدارة النفايات البيئية والاستخدام المريح للنفايات الصناعية.
9. أظهرت نتائج هذه الدراسة وكذلك الدراسات والابحاث السابقة لعدة دول جدوى الإنتاج للخرسانة مع مسحوق الحديد الذي يعتبر من المنتجات الثانوية، وهذا سوف يشجع المنتجين والجماعات البيئية لمواصلة جمع وتخزين هذه المواد الخطرة على صحة الانسان والبيئة.

التوصيات: بناء على ما تقدم من استنتاجات يمكن التوصية بالاتي:

1. يمكن استخدام برادة الحديد لإنتاج خرسانة ثقيلة الوزن.
2. اجراء اختبارات إضافية لم يتم اجرائها في هذا البحث ومنها اختبار الانحناء .
3. التوجه نحو الاستدامة البيئية لجميع مراحل العمل الانشائي حفاظاً على البيئة.
4. العمل على الرفع وتحسين استخدام المخلفات الصناعية كبديل جزئي بما يتوافق مع مواد البناء المتوافقة مع برنامج الاستدامة.

المراجع

- [1] عرفت لجنة بورتلاند التابعة لمفوضية الامم المتحدة (التنمية المستدامة) سنة 1987.
- [2] <https://www.un.org/ar/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- [3] Mohammed noori Hussein al-hashimi wisam Abdullah najim performance of concrete containing iron filling. journal of university of Babylon for engineering sciences.2018.vol. (26).no (6).
- [4] Ali N. Alzaed. Effect of Iron Filings in Concrete Compression and Tensile Strength. International Journal of Recent Development in Engineering and Technology

Website: www.ijrdet.com (ISSN 2347 – 64 35 (Online))
Volume 3, Issue 4, October 2014).

- [5] Shehdeh Ghannama, Husam Najmb, Rosa Vasconez .
Experimental Study Of Concrete Made With Granite And
Iron Powders As Partial Replacement Of Sand.2016
- [6] Festus Adeyemi Olutoge1, Michael Attah Onugba1 and
Amana Ocholi. Strength Properties of Concrete Produced
with Iron Filings as Sand Replacement. 2016.ISSN:
- [7] Prema KWP, Ananthayya MB, Vijay K. Effect of replacing
sand by iron ore tailings on the compressive strength of
concrete and flexural strength of reinforced concrete beams.
International Journal of Engineering Research and
Technology. 2014;3(7):1374-1376.
- [8] Tayeh,Bassam A.,and Doha M. Al Saffar.(Utilization of
waste iron powder as fine aggregate in cement
mortar).Journal of engineering Research and Technology
5.2(2018).
- [9] المواصفة القياسية الأوروبية BS EN 196-3:1995 لاختبار القوام القياسي
وزمن الشك الابتدائي والنهائي للعجينة الإسمنتية.
- [10] المواصفة القياسية لليبية رقم 3-341 طرق اختبارات الفيزيائية للإسمنت –
زمني الشك 2005.
- [11] المواصفة القياسية الأوروبية BS EN 196-6:1992 للاختبار تعيين نعومة
الإسمنت باستخدام منخل رقم 170.
- [12] المواصفة القياسية لليبية رقم 4-341 طرق الاختبارات الفيزيائية للإسمنت-
ثبات الحجم 2005.
- [13] المواصفات القياسية البريطانية BS 882: 1992 لاختبار التحليل المنخلي
للركام.
- [14] المواصفة القياسية لليبية رقم 256 ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية –
طريقة تعيين الوزن النوعي والامتصاص 2006.
- [15] المواصفة القياسية لليبية رقم 255 ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية –
طريقة تعيين معامل الصدم 2006.

- [16] المواصفة القياسية الليبية رقم 253 ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية – طريقة تعيين معامل التهشيم 2006.
- [17] المواصفة القياسية الامريكية ASTM C117-04 لاختبار تعيين نسبة الطين والمواد الناعمة للركام.
- [18] المواصفة القياسية الليبية رقم 250/82 - طريقة تعيين وزن وحدة الحجم 2006.
- [19] المواصفة القياسية الليبية رقم 294 - المياه المستعملة في الخرسانة – 1988.
- [20] كتاب تكنولوجيا الخرسانة للدكتور محمود إمام 2011 .
- [21] للمواصفات البريطانية BS 1881 – Part 116:1983 - طريقة اختبار مقاومة الضغط للخرسانة.