



دراسة تأثير بودرة بلوك الأجر على الخواص الفيزيائية والميكانيكية للخلطة الخرسانية

مصباح جمعة مصباح¹، الفضيل عبد السلام²، هاني مفتاح الرويمي^{3*}
^{3,1} كلية التقنية للعلوم التطبيقية، العواتة، ليبيا
² كلية العلوم التقنية، بني وليد، ليبيا

Study of the effect of brick block powder on the physical and mechanical properties of concrete mix

Musbah Guma Musbah¹, Alfadhil Abdussalam², Hani Muftah Alriwaimi^{3*}

^{1,3} College of Applied Sciences Technology, Al-Awata, Libya

² College of Technical Sciences, Bani Walid, Libya

*Corresponding author	hanialriwaimi@yahoo.com	*المؤلف المراسل
تاريخ النشر: 2024-07-01	تاريخ القبول: 2024-06-26	تاريخ الاستلام: 2024-04-28

الملخص

مع التقدم العلمي في عالم البناء وتطور الخرسانة كمادة إنشائية مما أدى إلى إنتاج منشآت عصرية بأحدث مبتكرات العلم الحديث في تكنولوجيا البناء باستخدام مكونات بديلة لمواد البناء تحقق الاستدامة وتكون صديقة للبيئة، حيث ازداد الاهتمام بطرق التخلص من المخلفات الصلبة التي تسبب العديد من المشاكل، ومن هنا برزت أهمية دراسة تأثير إضافة بودرة بلوك الأجر (الياجور) على خواص الخلطة الخرسانية، حيث تم إضافة بودرة بلوك الأجر إلى الخلطات الخرسانية كبديل نسبي للإسمنت وبنسب مختلفة وكانت النسب (15%، 25%، 40%) من وزن الإسمنت، وتمت مقارنة جميع الخلطات المضاف إليها بودرة بلوك الأجر بخلطة خرسانية مرجعية وقد تم اعتماد الطريقة البريطانية (DOE) للخلط وكانت نسبة الماء للإسمنت 0.65، وكما تم اختبار الدرجة التشغيلية للخرسانة في الحالة الطازجة وتم قياسها باستخدام مخروط الهبوط وحدد مقدار الهبوط لجميع نسب الخلط، وتم اختبار مقاومة الضغط للخرسانة في الحالة الصلبة بعد 7، 14، 28 يوماً من معالجة العينات ببقائها مغمورة تحت الماء وكذلك تم إجراء اختبار الشد الغير مباشر بعد 28 يوماً من المعالجة تحت الماء، حيث أظهرت النتائج أن الخلطة الخرسانية ذات نسبة (15%) من بودرة بلوك الأجر كانت الأنسب للاستخدام في الأعمال الإنشائية ولوحظ أن قابلية التشغيل ومقاومة الضغط ومقاومة الشد الغير مباشر تقل تدريجياً كلما زادت نسبة بودرة الأجر.

الكلمات المفتاحية: بودرة بلوك الأجر، قابلية التشغيل، اختبار مقاومة الضغط، اختبار مقاومة الشد الغير مباشر.

Abstract

With scientific progress in the world of concrete construction as a structural material and components, it has led to the production of modern facilities. Modern scientific innovations in construction technology using replacement building materials achieve good sustainability of the infrastructure, as methods can be distinguished from solid imbalances that hide many problems. Hence, the importance of studying the impact of Adding the effects of brick blocks on the properties of the concrete mix, where brick block powder was added to the brick mixtures as a relative substitute for cement and in different relative percentages (15%, 25%, 40%) of the weight of the cement. All mixtures to which brick block powder was added were compared to a reference concrete mixture. The British method (DOE) was adopted for mixing, and the water to cement ratio was 0.65. The operational grade of concrete in the fresh state was also tested and measured using a slump cone. The amount of slump was determined for all mixing ratios. The test was also conducted. Compressive strength of concrete in the solid

state after 7, 14, and 28 days of curing the samples while remaining submerged under water. An indirect tensile test was also conducted after 28 days of curing under water, where the results showed that the concrete mixture had a percentage of (15%) block powder Bricks were most suitable for use in construction works, and it was noted that workability, compression resistance, and indirect tensile resistance gradually decreased as the percentage of brick powder increased

Keywords: Brick Block Powder, Workability, Compressive Strength Test, Indirect Tensile Strength Test.

1-المقدمة:

تطورت الخرسانة كمادة إنشائية استخدمت منذ القدم، وهي عبارة عن خليط من الركام والرمل والاسمنت والماء بنسب محددة، ومع التقدم العلمي في عالم البناء وتطور الخرسانة كمادة إنشائية مما أدى إلى إنتاج منشآت عصرية بأحدث مبتكرات العلم الحديث في تكنولوجيا البناء باستخدام مواد صديقة للبيئة لتكن بديلة عن مواد البناء التقليدية وتحقق الاستدامة في نفس الوقت. (1)

يزداد الاهتمام حول العالم بطرق التخلص من المخلفات الصلبة التي تسبب العديد من المشاكل حيث لوحظ وجود كميات غير مرغوب فيها من بلوك الأجر المكسور عند إنشاء المباني في ليبيا، وأيضاً في مواقع بيع وتصنيع بلوك الأجر. وتعد الاستفادة من هذه المخلفات خطوة هامة في التخلص من النفايات الصلبة بطرق مجدية تخفض من التلوث البيئي وخطوة تدفع نحو الاستفادة من مخلفات البناء في صناعة البناء والتشييد وتدفع نحو الاهتمام بإعادة تدوير مخلفات البناء واستخدامها في إنتاج الخرسانة.

ليبيا كمثالها من الدول النامية لا توجد بها إدارة للنفايات الصلبة الصناعية لأن الأجهزة المحلية تقتصر عملها فقط على تنظيف الشوارع ونقل المخلفات السكنية فقط وهذا الأمر قد يزيد من مشكلة تكديس النفايات الصناعية الصلبة ومن هنا برزت أهمية دراسة سلوك الخرسانة بإضافة بلوك الأجر المطحون كبديل نسبي للإسمنت وإجراء الاختبارات المعملية لدراسة تأثيره على الخلطة الخرسانية وما مدي إمكانية استخدامه كبديل نسبي للإسمنت كمحاولة لتقليل استخدام الاسمنت.

2-أهداف الدراسة:

- إمكانية الاستفادة من مخلفات بلوك الأجر بعد طحنه كمضاف إلى الخرسانة المصنوعة من المواد المحلية على هيئة بديل نسبي للإسمنت.
- دراسة تأثير بوردرة بلوك الأجر على الخواص الفيزيائية والميكانيكية للخلطة الخرسانية.

3-الدراسات السابقة:

أجريت دراسات عديدة لمحاولة استبدال وتقليل نسبة الاسمنت في الخلطة الخرسانية بسبب مضارة البيئية أثناء تصنيعه وسعره المرتفع، حيث تم استبداله بمواد أخرى وبنسب محددة، وفي هذه الدراسة تم التطرق لبعض منها. حيث قام باحثون بدراسة تأثير إضافة طوب الأجر (الياجور) على خواص الخرسانة اللدنة والمتصلدة حيث قاموا بإضافة طوب الياجور المطحون كبديل للإسمنت بنسب (15%، 25%، 35%) من وزن الاسمنت. تم قياس درجة التشغيلية للخرسانة اللدنة باستخدام مخروط الهبوط وحدد مقدار الهبوط لجميع نسب الخلط حيث يتضح تناقص ملحوظ في مقدار الهبوط كلما زادت نسبة الياجور المطحون في الخلطة الخرسانية، حيث انخفض معدل الهبوط (36.84% - 56.68%) مقارنة بالخلطة المرجعية، كما أوضحت النتائج أن الخلطة الخرسانية ذات نسبة (15%) من طوب الأجر المطحون كانت الأنسب للاستخدام في الأعمال الإنشائية. (1)

وفي دراسة أخرى تم التعرف على تأثير إضافة غبار الطوب الأحمر الحراري (الياجور) على مواصفات مادة الكنكر للإسمنت البورتلاندي. حيث تم خلط خليط من مادة الطوب الأحمر الحراري (الياجور) بعدة نسب وزنية من مادة الكنكر وبعد إجراء مجموعة من الاختبارات مثل اختبار الشك الابتدائي والنهائي واختبار الضغط واختبار التمدد لعدد من خلطات المزج الجزئي للكنكر بغبار فتات الطوب الأحمر (الياجور) وأظهرت النتائج أن الخلط بنسبة 0.2% من مادة الطوب الأحمر الحراري (الياجور) إلى مادة الكنكر كانت الأفضل. (2)

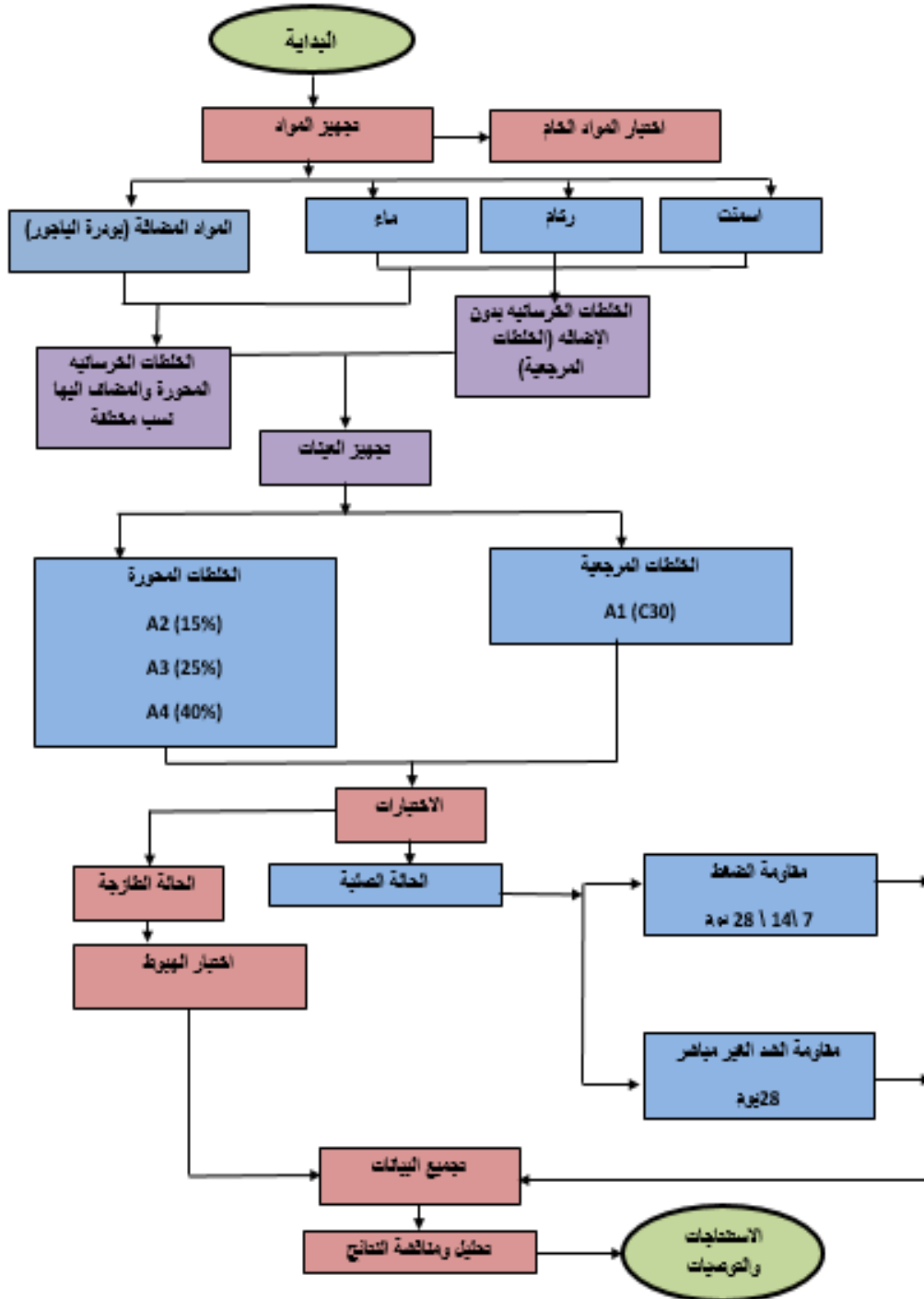
وكما أجريت دراسة للتعرف على مدي إمكانية الاستفادة من الخواص البوزولانية للطين المحروق من بقايا طوب الأجر لغرض استخدامها في تصنيع الخرسانة، والتي تم اضافتها إلى الخلطات الخرسانية لتحسين الخصائص الحرارية لتجنب التغيرات التي تحدث للخرسانة في درجات الحرارة المرتفعة والوصول إلى أعلى مقاومة ضغط بأقل تأثير منخفض لدرجات الحرارة العالية. واعتمد الباحثون في هذه الدراسة على أسلوب علمي اعتمد على التجارب المعملية، وخلصت الدراسة إلى أن إضافة مسحوق الطين له تأثير فعال ضد الحرائق وأنه كلما زادت درجة حرارة التسخين كانت فاعلية هذه الإضافات أفضل وخصوصاً عند إضافة نسب 23% و 33%. (3)

تطرق ت دراسة أخرى إلى التحقق من جدوى استخدام مسحوق نفايات الطوب (WBP) بنجاح في الخرسانة كبديل للإسمنت. تم الحفاظ على مستويات الإحلال عند 5% و 10% مقارنة بالخرسانة المرجعية. وتضمنت الاختبارات مقاومة الشد والكثافة والضغط والانتفاء والانقسام ومطرقة شميدت وسرعة النبض بالموجات فوق الصوتية والتحليل المجهرية.

كشفت النتائج عن زيادة في قابلية التشغيل، والتي تعزى إلى حجم الجسيمات وشكل WBP وكذلك زيادة في قوة الضغط والشد والانشاء ويعزى ذلك إلى البنية المدمجة للعينات بسبب موقع المنتجات البوزولانية في الفراغات الخرسانية وكما أثبتت المطرقة الارتدادية وسرعة النبض بالموجات فوق الصوتية أيضاً صحة تحسين جودة الخرسانة. وأكد الفحص المجهر الإلكتروني (SEM) تكوين الإترينجيت الأساسي ومحتوى CSH المحسن في العينات التي تم استبدالها ب WBP. (4)

4-منهجية الدراسة:

كان الهدف من الدراسة هو الوصول إلى خواص الخرسانة المكونة من مخلفات مسحوق الطوب وبالتالي تناولت المنهجية أهم المواد المستخدمة في الخرسانة كالإسمنت والركام الناعم والخشن والماء، ومسحوق بلوك الأجر، وطريقة تصميم الخلطة الخرسانية وكيفية إعدادها والاختبارات المعملية. الشكل 1 يوضح مخطط المنهجية المتبعة.



الشكل 1: مخطط المنهجية المتبعة.

1.4-المواد المستخدمة:

1.1.4-الإسمنت:

الإسمنت المستخدم في هذه الدراسة هو الإسمنت البورتلاندي العادي من شركة الاتحاد زليتن.

2.1.4-الركام الناعم:

تم استخدام الركام الناعم من أحد محاجر الرمل بمدينة زليتن والجدول 1 يوضح نتائج اختبار التحليل المنخلي للرمل.

الجدول 1: التحليل المنخلي للركام الناعم وفق المواصفات البريطانية.

مقاس المنخل (mm)	وزن المحجوز (gm)	الوزن التراكمي المحجوز (gm)	النسبة المئوية للمحجوز %	النسبة المئوية للمار %	حدود المواصفات BS812:1992
2.36	0	0	0	100	80-100
1.18	0	0	0	100	70-100
0.6	6.5	6.5	1.3	98.7	55-100
0.3	257.6	264.1	52.82	47.18	5-70
0.15	227.8	491.9	98.38	1.62	0-5
Pan	8.1	500	100	0	-

3.1.4-الركام الخشن:

تم استخدام الركام الخشن من إحدى المحاجر من منطقة راس الفلع والجدول 2 يبين نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن.

الجدول 2: التحليل المنخلي للركام الخشن وفق المواصفات البريطانية.

مقاس المنخل (mm)	وزن المحجوز (gm)	النسبة المئوية للمحجوز %	النسبة المئوية للمار %	حدود المواصفات BS812:1992
37.5	0.0	0.0	100	---
20	0.00	0.0	100	100
14	306	15.12	84.88	85~100
10	848.49	41.87	43.01	0~50
5	848.69	41.88	1.13	0~10
2.36	0	0	1.13	---
Pan	23.32	1.13	---	---

4.1.4-ماء الخلط:

تم استخدام مياه نقية صالحة للشرب في الخلطة الخرسانية المرجعية والخلطة الخرسانية المحورة وذلك وفق المواصفات البريطانية.

5.1.4-بودرة بلوك الأجر (الياجور):

تم تجميع كسار بلوك الأجر من امام محلات مواد البناء وتم تفتيته بواسطة ادوات يدوية، ولكي يصل للقوام المطلوب تم طحنه وقبل ان تتم عملية الخلط تم نخله بمنخل بمقاس (0.900 ميكرون) حتى يصل لدرجة نعومة الإسمنت والشكل 2 يوضح بودرة الأجر المستخدمة.



الشكل 2: بودرة الأجر المستخدمة.

2.4- الخلطة التصميمية:

تعتبر الطريقة البريطانية من أهم وأفضل الطرق المستخدمة في تصميم الخلطات الخرسانية نظرا لأنها تتناول الكثير من العوامل الهامة عند تصميم الخلطات الخرسانية وبالتالي تم الاعتماد على طريقة (DOE) الطريقة البريطانية لتصميم الخلطة الخرسانية برتبة (C30). الجدول 3 يوضح التصميم المعتمد للخلطة الخرسانية لكل $1m^3$.

الجدول 3: التصميم المعتمد للخلطة الخرسانية لكل $1m^3$.

Quantities	Cement (kg)	Water (Liter)	Fine Agg (kg)	Coarse Agg (kg)
Per $1m^3$	323	210	597	1270

3.4-نسب الخلطات وتحضير العينات:

تم تحضير خلطة خرسانية برتبة C30 بالاعتماد على نسب الخلط وفق علي طريقة (DOE)، وتم إضافة بودرة الياجور كبديل جزئي من وزن الإسمنت بنسب 15% ، 25% ، 40% . كما تم تحضير نوعين من العينات لكل خلطة (مكعبات، أسطوانات) والجدول 4 يبين أنواع العينات والغرض من استخدامها.

الجدول 4: أنواع العينات والغرض من استخدامها.

نوع العينة	المقاس mm	الكمية	الغرض
مكعب	150*150	36	اختبار مقاومة الضغط
أسطوانة	150*300	12	اختبار الشد الغير مباشر

4.4-حساب الكميات المستخدمة في الخلطات:

كانت نسب وكميات المواد المستخدمة في تكوين ($1m^3$) من الخرسانة برتبة C30 وفق لكميات العينات المستخدمة والجدول 5 يوضح نسب وكميات المواد المستخدمة في الخلطات الخرسانية.

الجدول 5: نسب وكميات المواد المستخدمة في الخلطات الخرسانية

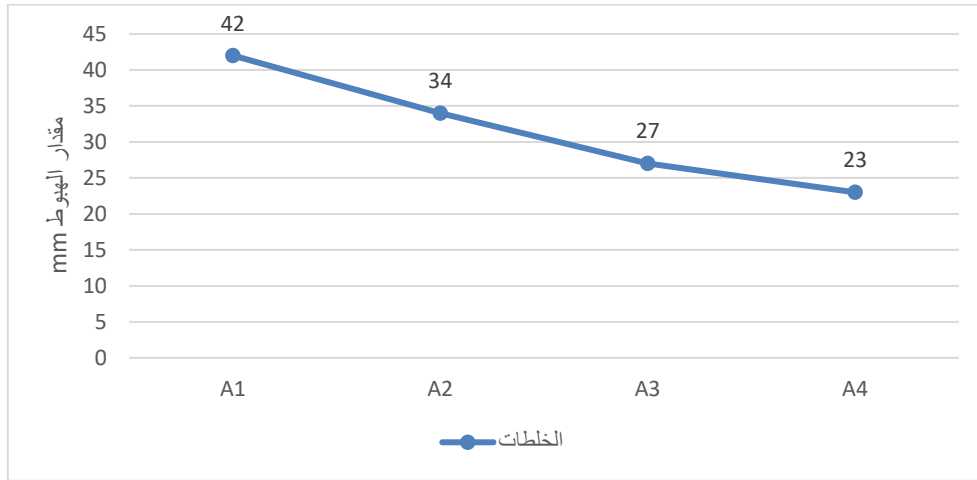
الرمز	النسبة المئوية %	الاسمنت Kg	ماء L	الركام الناعم Kg	الركام الخشن Kg	المضاف Kg
A1	%0	59.5	38.7	110	234	0
A2	%15	50.5	38.7	110	234	8.9
A3	%25	44.6	38.7	110	234	14.8
A4	%40	35.7	38.7	110	234	23.8

5.4-عملية الخلط:

تم تجهيز المواد ووزنها باستخدام ميزان لوزن الرمل والركام والإسمنت بدقة (± 100 جم) وميزان حساس لوزن الماء والإضافات بدقة (± 1 جم) حسب الكميات اللازمة لخلطة التصميم. وبعد ذلك تم خلط المكونات مع بعضها البعض حسب المواصفات البريطانية بواسطة خلاط كهربائي حيث خلطت المواد جيداً على الجاف لتعطي خليط متجانس وبعد ذلك أضيف الماء وتم الخلط لمدة 10 دقائق لكل خلطة.

5-اختبارات الخرسانة الطازجة:

تم إجراء اختبار الهبوط **Slump test** طبقاً للمواصفات البريطانية (BS 1881 PART 102) (5) لتحديد درجة انسياب الخرسانة الطازجة ومدى ومقاومتها للانفصال وأظهرت النتائج وجود اختلاف في مقدار الهبوط ما بين العينات المرجعية والعينات المضاف لها بودرة بلوك الأجر، حيث اتضح تناقص في مقدار الهبوط كلما زادت نسبة الأجر في الخلطة الخرسانية مقارنة بالخلطة المرجعية، وكان أقل هبوط 23 مم للخلطة (A4) والتي تحتوي على نسبة بودرة الياجور 40% والشكل 3 يوضح مقدار الهبوط للخلطات الخرسانية.



الشكل 3: نتائج اختبار الهبوط.

6-إعداد العينات وطريقة الصب:

بعد الانتهاء من اختبار الهبوط للخلطات الخرسانية في الحالة الطازجة تم تجهيز المكعبات والاسطوانات وتم صب عدد تسع مكعبات ذات مقاس (150×150×150 مم) لكل خلطة خرسانية وبالمثل تم صب 3 اسطوانات بمقاس (150×300 مم) لكل خلطة خرسانية وبعد ذلك وضعت في مكان رطب لمدة 24 ساعة ومن ثم غمرت في الماء لغرض معالجتها حتى موعد الاختبار والشكل 4 يبين العينات بعد الصب.



الشكل 4: العينات بعد الصب في القوالب والاسطوانات.

7- اختبارات الخرسانة الصلبة:

أجريت عدة اختبارات على الخرسانة الصلبة كمقاومة الضغط والشد الغير مباشر.

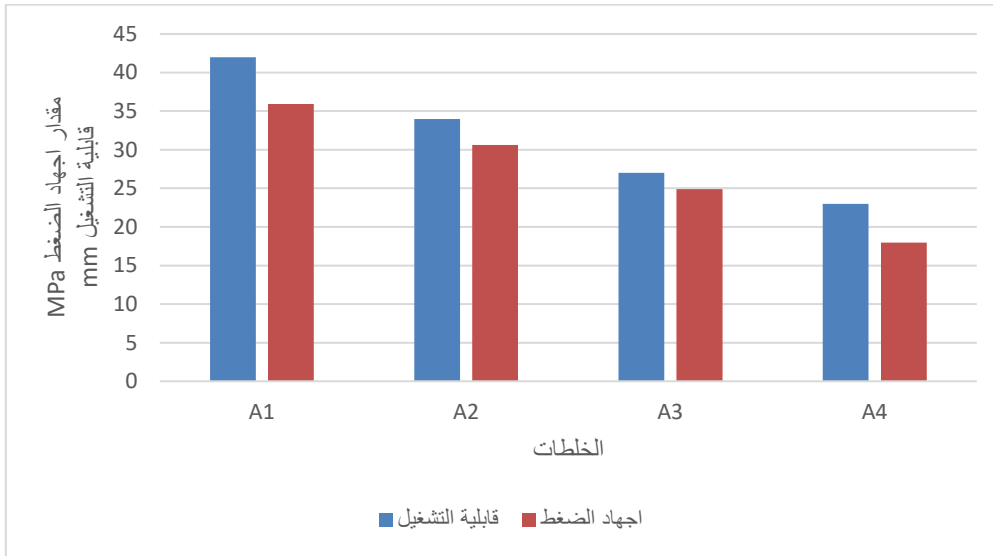
1.7- اختبار مقاومة الضغط:

تم إجراء هذا الاختبار لتحديد أقصى ضغط للخرسانة الصلبة وقد أجرى هذا الاختبار بعد 7 و 14 و 28 يوم من المعالجة بالماء طبقاً للمواصفات البريطانية (BS: 1881 Part 116) (6). أظهرت النتائج زيادة في مقاومة الضغط مقابل انخفاض في نسبة اضافة بودرة الياجور، حيث عند إضافة بودرة الياجور بنسبة 15% من وزن الاسمنت كانت نتائج مقاومة الضغط ضمن حدود المواصفة البريطانية بعد 28 يوم، وعند إضافة بودرة الياجور بنسبة 25% و 40% كانت نتائج مقاومة الضغط منخفضة مقارنة مع نتائج الخلطة المرجعية، حيث سجلت الخلطة (A2) أفضل مقاومة ضغط بقيمة MPa 30.611. والجدول 6 يوضح نتائج اختبار مقاومة الضغط.

الجدول 6: نتائج اختبار مقاومة الضغط.

مقاومة الضغط (MPa)			نسبة إضافة بودرة الياجور %	رمز الخلطة
بعد 28 يوم	بعد 14 يوم	بعد 7 أيام		
35.948	29.967	27.951	0	A1
30.611	21.469	18.576	15	A2
24.882	20.675	17.817	25	A3
17.951	13.043	11.179	40	A4

وأظهرت النتائج ان قابلية التشغيل ومقاومة الضغط تقل كلما زادت نسبة بودرة الياجور والشكل 5 يوضح علاقة قابلية التشغيل ومقاومة الضغط للخلطات الخرسانية.



الشكل 5: علاقة قابلية التشغيل ومقاومة الضغط للخلطات الخرسانية.

2.7- اختبار مقاومة الشد الغير مباشر:

تم إجراء هذا الاختبار لتحديد مقاومة الشد الغير مباشر وقد أجرى هذا الاختبار بعد 28 يوم على 3 أسطوانات خرسانية قطرها (150mm) وطولها (300mm) لكل خلطة خرسانية وفقاً للمواصفة (ASTM C496) (7)، والشكل 6 يوضح وضع العينة في جهاز الاختبار وتسليط الحمل عليها.



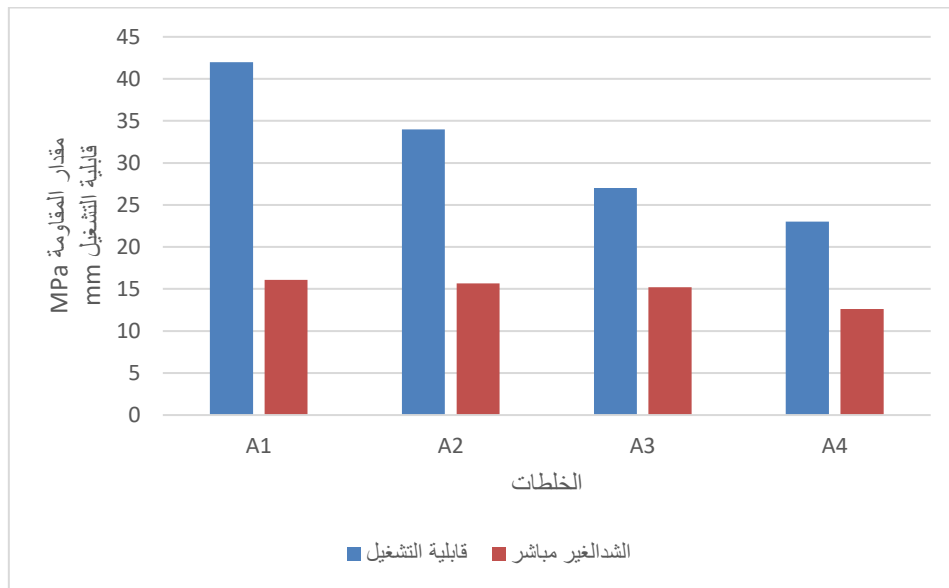
الشكل 6: اختبار مقاومة الشد الغير مباشر.

والجدول 7 يبين نتائج مقاومة الشد الغير مباشر للخلطات الخرسانية، حيث وجد تناقص بسيط في قيم مقاومة الشد الغير مباشر عند الخلطة (A2) و (A3) بالمقارنة بالخلطة المرجعية اما الخلطة (A4) كانت أكثر انخفاضا بقيمة 12.635MPa.

الجدول 7: نتائج اختبار مقاومة الشد الغير مباشر.

رمز الخلطة	نسبة إضافة بودة الياجور %	مقاومة الشد (MPa) بعد 28 يوم
A1	0	16.1
A2	15	15.67
A3	25	15.205
A4	40	12.635

نلاحظ من الشكل 7 انخفاض معدل قابلية التشغيل ومقاومة الشد الغير مباشر تدريجياً مع زيادة نسبة بودة الياجور.



الشكل 7: علاقة قابلية التشغيل ومقاومة الشد الغير مباشر للخلطات الخرسانية.

8-الخلاصة:

أجريت هذه الدراسة لغرض إيجاد الخواص الفيزيائية والميكانيكية للخرسانة المضاف إليها بودرة الياجور كبديل نسبي للإسمنت ومقارنتها بالخلطة المرجعية. ومن نتائج الاختبار المعملية على الخلطات الخرسانية تم التوصل إلى أن قيمة الهبوط تختلف بين العينات باختلاف نسبة بودرة الياجور. حيث لوحظ انخفاض معدل الهبوط للخلطات المحورة وكان أقل هبوط في الخلطة (A4) بقيمة 23mm برغم إن نسبة الاسمنت للماء ثابتة لجميع الخلطات بمقدار 0.65. كما أوضحت النتائج أن الخلطة الخرسانية ذات نسبة (15%) من بودرة بلوك الأجر كانت الأفضل من حيث قابلية التشغيل ومقاومة الضغط ومقاومة الشد الغير مباشر وبالتالي الأنسب للاستخدام في الأعمال الإنشائية. كما ان نتائج قابلية التشغيل ومقاومة الضغط ومقاومة الشد الغير مباشر جيدة عند استخدام بودرة الياجور بنسبة 25% وبالتالي يمكن استخدامها في الأعمال الإنشائية التي تصمم بخرسانة C25MPa، أما الخلطة الخرسانية بنسبة 40% لا تصلح للاستخدام.

9-التوصيات:

- 1- نوصي بتصميم خلطات خرسانية تحتوي على نسب من بودرة الياجور واطافة إليها بعض المواد التي تزيد من قابلية التشغيل.
- 2- نوصي بدراسة مدي إمكانية استخدام بودرة الياجور كبديل للركام الناعم.
- 3- نوصي باختبار سلوك هذا النوع من الخرسانة عندما يتم استخدامها في تنفيذ العناصر الإنشائية.

10-المراجع:

- 1- عواطف الطويل، أحمد الفرجاني، محمد صقر، وأسامة ساسي. (2022). تأثير إضافة الطوب الأجر المطحون على الخلطة الخرسانية. قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة غريان، ليبيا.
- 2- أسامة القهوجي، رضوان الفطيسي، أبو القاسم مشيري، عبد الرحمن العباتي، وسالم أبوزريية. (2023). تأثير إضافة غبار الطوب الأحمر الحراري (الياجور) على مواصفات مادة الكلنكر للإسمنت البورتلاندي. مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، 9(1)، 53-62.
- 3- الصادق اعبيد عبد الله، علي محمد منصور، سالم بن صالح، وسالم محمد عمار. (2019). مسح الأجر كإضافة لتحسين مقاومة الخرسانة ضد درجات الحرارة العالية. المؤتمر الثاني للعلوم الهندسية والتقنية، صبراتة، ليبيا.
- 4- Arif, R., Khitab, A., Kirgiz, M. S., Khan, R. B. N., Tayyab, S., Khan, R. A., & Arshad, M. T. (2021). Experimental analysis on partial replacement of cement with brick powder in concrete. Case Studies in Construction Materials, 15, e00749.
- 5- المواصفات القياسية البريطانية (BS 1881-102). (1995). طريقة إجراء اختبار الهبوط للخرسانة.
- 6- المواصفات القياسية البريطانية (BS: 1881 Part 116). (1995). اختبار مقاومة الضغط للخرسانة.
- 7- المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM C131-96). (1993). طريقة إجراء اختبار معامل الاهتراء للركام الخشن.