دراسة تأثير درجة الحرارة على خواص خلطة الخرسانة المضاف اليها الرخام الطبيعي

[1*]عيسى سليمان لشهب، [2]عماد مسعود دوحة، [3]امحمد علي ابودينة
[1،2،3*] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة جادو، جامعة نالوت، ليبيا
*البريد الالكتروني: i.doha@nu.edu.ly – lashhabeisa@gmail.com
تم الاستلام: 00 أكتوبر 2022 مقبول: 00 نوفمبر 2022

الملخص:

إن الطلب المتزايد على الرخام والمستخدم في أعمال الارضيات والحوائط والديكور الداخلي وما ينتج عنه من مخلفات صلبة أثناء تجهيزه للاستخدام النهائي والتي يتم التخلص منها برميها بجانب الطرق أو في الاراضي الزراعية ومجاري مياه الامطار كما تنتج عنها مخلفات سائلة والتي بدورها تصرف الى الاراضي الزراعية أو شبكات الصرف الصحي. لذا تعتبر إعادة التدوير للاستفادة من هده المخلفات أحد أهم الانشطة المتاحة حالياً للتقليل من هده الاثار. تهدف هده الدراسة الى امكانية إنتاج خرسانة تساهم في تقليص المخلفات التي تؤثر سلباً على البيئة وذلك بإضافة مخلفات مصانع الرخام على هيئة مسحوق للخرسانة باستبدالها بجزء من الركام الناعم بنسب 5%، 10%، 20% و 30% ودراسة تأثيرها على خواص الخرسانة. أظهرت النتائج أن اضافة الرخام الطبيعي الى الخلطة الخرسانية بنسبة 5 % سجل زيادة في مقاومة الخرسانة للضغط عند عمر 28 يوم بنسبة 7% عن الخلطة المرجعية بدون اضافات، كما سجلت نسبة زيادة وقدرها 5 % في مقاومة الضغط عند عمر 28 يوم بعد تعريض العينات الى درجة حرارة مقدارها 100 درجة مئوية ولمدة 24 ساعة للخلطة التي تحوي على نسبة 10 % من الرخام الطبيعي مقارنة بالخلطة المرجعية.

الكلمات الدالة: خرسانة، رخام طبيعي، مخلفات، مصانع الرخام.

Abstract:
The increasing demand for marble, which is used in floors, walls, and interior decoration works, and the resulting solid waste during its preparation for final use, which is disposed of by throwing it beside roads or in agricultural lands and rainwater streams. It also results in liquid waste, which in turn is discharged to agricultural lands or drainage networks. Therefore, recycling to take advantage of this waste is one of the most important activities currently available to reduce these effects. This study aims to produce concrete that contributes to reducing waste that negatively affects the environment by adding waste from marble factories in the form of powder to concrete and studying by replacing it with a part of fine aggregate with 5%, 10%, 20% and 30% its impact on the properties of concrete. The results showed that the addition of natural marble to the concrete mixture by 5% recorded an increase in the compressive strength % over the reference mixture without 7of the concrete at the age of 28 days by % was recorded in the compressive strength at the age 5additions, and an increase of of 28 days after exposing the samples to a temperature of 100 degrees Celsius for a period of 24 hours for the mixture that contains 10% of natural marble compared to the reference mixture.

Key words: Concrete, Natural Marble, Waste, Marble factories.

المقدمة:

بالرغم من التوسع المتزايد في مجال مواد البناء ودخول العديد من المواد الجديدة إلا أنه تعتبر الخرسانة الاكثر استخداماً سواء محلياً او عالمياً، وبالتالي تتزايد أهمية إجراء البحوث العلمية للوصول الى خرسانة صديقة للبيئة، وتوصف على أنها خرسانة لا يؤدي إنتاجها إلى تدمير البيئة ، وتتميز بأداء عالي، وتستخدم على الأقل مادة نفايات واحدة كمكون لها [5]. كما أن اعادة استخدام النفايات الصلبة تعتبر عملية مهمة لمساهمتها في التقليل من نفاذ المصادر الطبيعية وتأمين المواد الاولية عن طريق استخدام النفايات بديلاً عن المواد الخام. كما أن لها دور مهم من الناحية البيئية وذلك للحد من تراكمها في البيئة مما قد يؤدي الى تلوث الماء والتربة نتيجة الى هجرة بعض المواد من المخلفات. ينتج عن مصانع قطع الرخام كميات هائلة من مخلفات الرخام الطبيعي والمياه الملوثة بغبار الرخام والتي يتم التخلص منها برميها على الطرق والأراضي الزراعية مخلفاً العديد من المشاكل البيئية والاقتصادية والاجتماعية جراء المخلفات الصلبة والسائلة الناتجة

عن اختلاط غبار الرخام بالماء اثناء عمليات القص والتهذيب والتي يتم صرفها اما الى شبكات الصرف الصحي او الى الاراضي الزراعية [1]. ونظراً لأهمية الموضوع وأثره الواضح على البيئة والصحة العامة قام العديد من الباحثين بدراسة امكانية اضافة مخلفات مصانع الرخام الى الخرسانة ودراسة نتائجها على خواصها، فقد استخدم باحثون مخلفات الرخام المطحون كبديل عن جزء من الاسمنت بالنسب 5، 10 و 20% فأظهرت النتائج عدم وجود فروق كبيرة في مقاومة الانضغاط بين الخلطة المرجعية والخلطات المضافة الاولى والثانية حيث بلغت قوة الانضغاط للخلطة المرجعية 49.2 ميجاباسكال وسجلت الخلطات 5% و 10% قراءة 45.8 و 42.3 ميجاباسكال على التوالي [1]. وفي دراسة أخرى تم دراسة إضافة مسحوق الرخام الى الخرسانة بنسب 2.5%، 5%، 7.5%، 10%، 12.5%، 15%، 17.5% و 20% كجزء بديل عن الاسمنت وتم اختبار مقاومة الانضغاط لمكعبات الخرسانة طول ضلعها 100 مم بأعمار 7، 28، 56، و90 يوم، حيث أظهرت النتائج زيادة مقاومة الخرسانة للانضغاط بنسبة 25% و 8% للخلطات التي تحتوي على نسب إحلال 5% و 7.5% على التوالي مقارنة بالخلطة المرجعية. وفي نفس الدراسة تم اعداد عينات لبلاطات خرسانية بأبعاد (115×40×5 سم) وحديد تسليح 5Ø8 في الاتجاه القصير و 11Ø6 في الاتجاه الطويل وبنسب 0%، 2.5%، 5% و 7.5% من وزن الاسمنت وتم اختبار قوة التحميل وكانت النتائج 233، 246، 256 و 244 نيوتن على التوالي أي أنه حدثت زيادة في قوة التحميل بنسبة حوالي 10% للعينة التي تحتوي على 5% مسحوق رخام مقارنة بالخلطة المرجعية [6]. إن الهدف الاساسي من هده الدراسة هو الاستفادة من مخلفات مصانع الرخام الطبيعي المطحون كبديل عن جزء من الركام الناعم للحد من التلوث البيئي والمحافظة على المصادر الطبيعية حيث استخدمت نسب 5% , 10% ، 20% ، و 30% احلال من وزن الركام الناعم ودراسة خواص الخرسانة. ومن خلال الاطلاع على عدد من الدراسات السابقة لوحظ عدم دراسة تأثير درجة الحرارة على خواص الخرسانة وبالتالي تم اخذها في الاعتبار بهذه الدراسة من ناحية مقاومتها للضغط بعد تعريضها لدرجة الحرارة حيث تم الاخذ في الاعتبار

درجة حرارة 100 درجة مئوية كدرجة حرارة ثابتة للمقارنة بين الخرسانة المرجعية والخرسانات المضاف اليها نسب الرخام المطحون.

1. المواد وطرق البحث:

لتحضير الخلطات للمجموعات الخمسة استخدمت مواد محلية وفيما يلي يتم التعرف على خواص هده المواد:

الاسمنت:

استُخدم الاسمنت البورتلاندي العادي نوع 42.5N من مصنع الخمس والمطابق للمواصفات القياسية الليبية رقم 340\97، 1997. معبأ بأكياس مقفلة من ورق سميك للمحافظة على خواصه وحمايته من الرطوبة.

الركام الناعم:

استُخدم في هده الدراسة ركام ناعم (رمل طبيعي) تم جلبه من منطقة جادو– جناون وهو مطابق لمواصفات المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية.

الركام الخشن:

تم جلب الركام الخشن المستخدم في هذا البحث من منطقة (محاجر قصر الحاج) وهو مطابق لمواصفات المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية.

الماء:

تم استخدام مياه صالحة للشرب.

الاضافات:

استخدم في هده الدراسة الرخام الطبيعي والذي تم جلبه من احد مصانع قص الرخام بمنطقة جادو وهو عبارة عن مخلفات صلبة (كسر بأحجام مختلفة) من أحد المصانع بالمدينة حيث تم طحنه لاحقا للوصول الى مطابقة مواصفات التحليل المنخلي للركام الناعم المستخدم في الخلطات.

تصميم الخلطات:

اعتمدت الدراسة المعملية في معامل كلية الهندسة بجامعة نالوت بإجراء اختبارات المواد الاولية ثم اجراء خلطات تجريبية للوصول الى خلطة ذات خواص جيدة سواء في الحالة اللدنة أو الصلدة. قسمت الخلطات الخرسانية الى خمسة مجموعات الخلطة الاولى المرجعية بدون أي اضافات والخلطات الثانية، الثالثة، الرابعة والخامسة بإضافة الرخام المطحون بنسب (5، 10، 20 و30%) على التوالي كبديل عن جزء من الركام الناعم، وقد تم تثبيت كمية الاسمنت لجميع الخلطات بمقدار 380 كجم وكانت نسبة الماء الى الاسمنت ثابت لجميع الخلطات بمقدار 45% ونسبة الركام الناعم الى الركام الخشن 66.67% ولتحديد الخلطة للمتر المكعب من الخرسانة استخدمت طريقة الحجم المطلق كما بالمعادلة رقم (1):

$$V_c + V_s + V_g + V_w = 1000 \text{ Liters} \dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

حيث أن (Vw) كمية الماء. (Vs) حجم الركام الناعم. (Vg) حجم الركام الخشن. (Vc) حجم الاسمنت. وبسطت المعادلة السابقة إلى معادلة وزن لحساب مكونات الخلطة بالكيلوجرام بالمعادلة (2) كالتالي والجدول رقم (1) يوضح كميات المواد المستخدم في انتاج الخلطات الخرسانية بوحدة الوزن.

$$\text{Absolute Volume} = \frac{C}{G_c} + \frac{S}{G_s} + \frac{G}{G_g} + \frac{W}{1.0}$$
$$= 1000 \text{ Liters} \dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

جدول رقم (1) يوضح اوزان مكونات الخلطات

نسب الخلط %	w/c	الركام الخشن Kg	الركام الناعم Kg	الاضافات Kg	الاسمنت Kg
0	0.45	45.62	30.41	0	15.39
5	0.45	45.62	28.89	1.52	15.39
10	0.45	45.62	27.37	3.04	15.39
20	0.45	45.62	24.33	6.08	15.39
30	0.45	45.62	21.29	9.12	15.39

اعداد العينات:

لإعداد الخلطات المختلفة تم خلط جميع المكونات الجافة معاً بطريقة يدوية ثم أُضيف الماء الى باقي المكونات وأُعيد خلطها ميكانيكياً لعدة دقائق. تم إعداد 60 مكعب من الحديد طول ضلعه 150 مم بواقع 12 مكعب لكل نوع من الخلطات و 20 مكعب لكل اختبار عند أعمار 7 أيام، 28 يوم و 28 يوم بعد التعريض للحرارة.

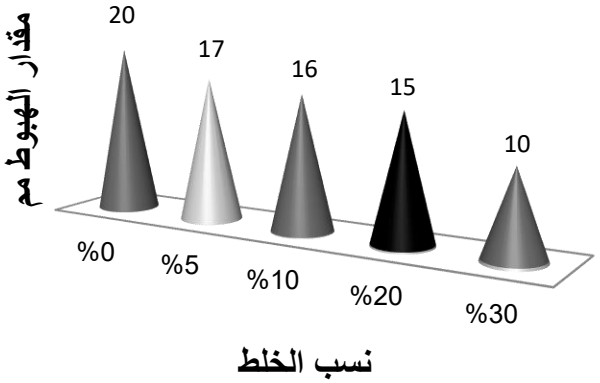
الاختبارات:

اجري اختبار الهبوط لقياس القابلية التشغيلية للخرسانة طبقا للموصفات الامريكية (ASTM C143–78) وهي الخاصية التي تحدد الجهد اللازم لتشغيل كمية من الخرسانة الطرية، وبما أن اختبار مقاومة الضغط يعد من الاختبارات المهمة لخواص الخرسانة المتصلدة حيث يعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها، وأنها تعتبر المقاومة الرئيسية للخرسانة. ومعظم الخواص مثل الشد والانحناء والقص تزيد بزيادة مقاومة الضغط والعكس صحيح، وقد تم العمل وفقا للمواصفة BS 1881 حيث اختبرت مقاومة الخرسانة للضغط بعد 7 أيام وعند عمر 28 يوم وأخيراً تم اجراء اختبار مقاومة الخرسانة للضغط عند عمر 28 يوم بعد تعريضها للحرارة لمدة 24 ساعة في فرن كهربائي لدرجة 100 درجة مئوية.

النتائج والمناقشة:

اختبار الهبوط:

تم قياس مقدار الهبوط للخلطة المرجعية وكان 20 مم وهي اعلى قيمة وكلما زادة نسبة المادة المضافة يقل الهبوط حيث كان مقدار الهبوط 17، 16، 15، 10 مم لنسب الخلط على التوالي، من خلال النتائج نلاحظ حدوث هطول حقيقي بمقدار لا يتجاوز (2 سم) لجميع الخلطات مما يعطي انطباع عام أن قوام الخلطات جاف أو صلب لجميع المجموعات كما أن الاضافات لم تساهم في زيادة تشغيلية الخرسانة والشكل (1) يبين نتائج الاختبار.



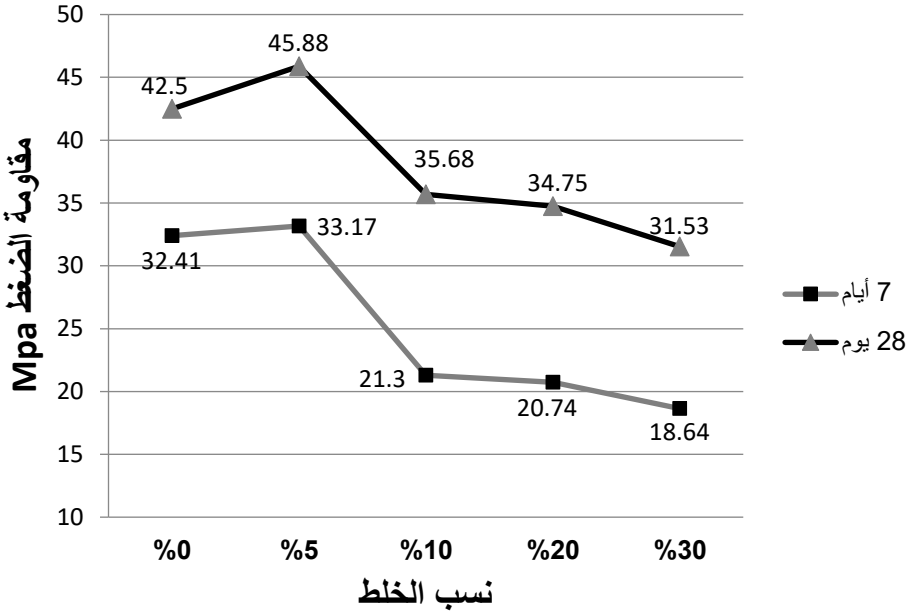
الشكل (1) يوضح تأثير الاضافات على مقدار الهبوط

اختبار مقاومة الضغط:

اعطت نسبة 5% اعلى مقاومة بمقدار 33.17 ميجا باسكال بعد 7 أيام و 45.88 ميجا باسكال بعد 28 يوم حيث جاءت اعلى من مقاومة الخلطة المرجعية التي اعطت بدورها 32.41 ميجا باسكال بعد 7 أيام و 42.5 ميجا باسكال بعد 28 يوم. ونلاحظ بأن مقاومة الخرسانة تقل كلما زادت النسب سواء بعد 7 ايام او 28 يوم بنسب تتراوح ما بين (34% الى 43%) بعد 7ايام و (16% الى 25%) بعد 28 يوم. والجدول (2) والشكل (2) ادناه يوضحان نتائج مقاومة الضغط للخرسانة عند أعمار 7 و 28 يوم.

جدول رقم (2) نتائج مقاوم الضغط للخرسانة بعد 7-28 يوم

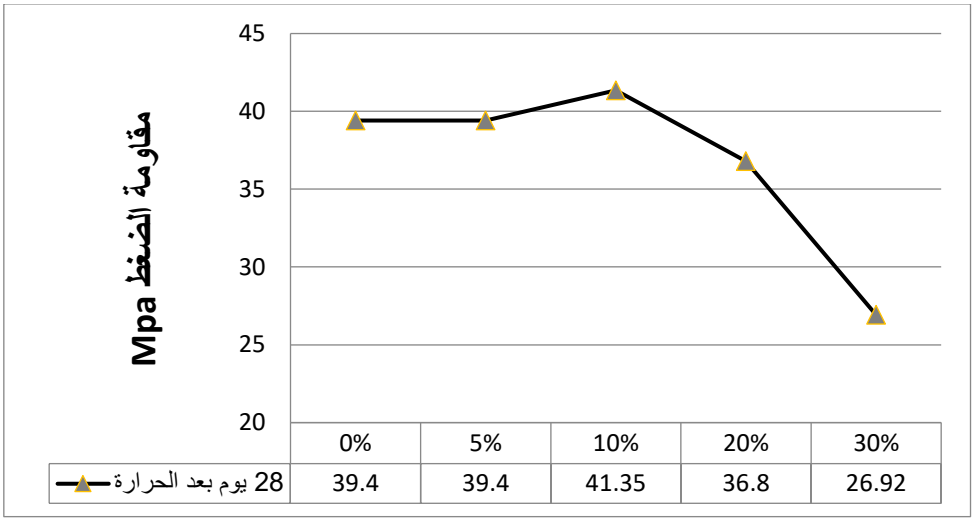
نسب الخلط	مقاومة الضغط (ميجا باسكال)	
%	7 ايام	28 يوم
0	32.41	42.50
5	33.17	45.88
10	21.30	35.68
20	20.74	34.75
30	18.64	31.53



الشكل (2) يوضح مقاوم الضغط للخرسانة بعد 7–28 يوم

اختبار مقاومة الضغط بعد تعريضها للحرارة:

اعطت نسبة الاحلال 10% اعلى مقاومة ضغط بعد تعريض العينات لدرجة حرارة 100 درجة مئوية بعد 28 يوم بقيمة 41.35 ميجا باسكال ولم يلاحظ أي تغيير عند نسبة 5% بقيمة 39.40 ميجا باسكال مع الخلطة المرجعية بينما أظهرت النسب 20% و 30% انخفاضا بنسبة 7% و 32 % على التوالي عن الخلطة المرجعية ، والشكل (3) يوضح نتائج مقاومة الضغط بعد تعريض العينات لدرجة الحرارة بعمر 28 يوم.



الشكل (3) يوضح مقاوم الضغط للخرسانة عند عمر 28 يوم و بعد التعرض للحرارة

الاستنتاجات:

من خلال النتائج التي تم عرضها ومناقشتها اعلاه تم التوصل إلى الاستنتاجات الاتية:

لا يمكن زيادة قابلية التشغيل للخرسانة باستخدام الاضافات المستخدمة حيث انها لا تؤدي الى تغير قوام الخلطة الخرسانية.

ساهم الرخام الطبيعي المضاف الى الخلطة الخرسانية بنسبة 5 % بزيادة في مقاومة الضغط للخرسانة بنسبة 7% عن الخلطة المرجعية بدون اضافات.

الخلطة التي تحوي على نسبة 10 % من الرخام الطبيعي أظهرت زيادة في مقاومة الضغط بعد تعرضها لدرجة حرارة 100 درجة مئوية ولمدة 24 ساعة بنسبة 5 % مقارنة بالخلطة المرجعية.

من خلال النتائج يمكن استخدام الخرسانات الناتجة من إضافة الرخام الطبيعي للتخلص من مخلفات مصانع الرخام وتكون أحد الحلول البديلة و الملائمة بيئياً واقتصادياً واجتماعيا.

المراجع:

- أ .ا .احسين و م .ف .ا .عثمان" ,دراسة إمكانية استخدام مخلفات الرخام في الخلطات الخرسانية "*المجلة الدولية للعلوم والتقنية, العدد 25, ص 143-151, 2021.*

- المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية, *المواصفة القياسية الليبية رقم 49 ركام الخرسانة من المصادر الطبيعي, 2002.*

- المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية, *المواصفات القياسية الليبية رقم (97/340) الاسمنت البورتلندي*, طرابلس, 1997.

American Society for Testing and Materials ASTMC143-78, *Standards Test Method for Determining the Slump of Fresh Concrete*.

O. M. Ofuyatan, A. M. Olowofoyeku, J. Obatoki and J. Oluwafemi, "Utilization of marble dust powder in concrete," 24-28 6 2019. [Online]. Available: DOI 10.1088/1757-899X/640/1/012053. [Accessed 13 9 2022].
N. M. Soliman, "Effect of using Marble Powder in Concrete Mixes on the Behavior and Strength," *International Journal of Current Engineering and Technology*, vol. 3, no. 5, pp. 1863-1870, 1 12 2013.

British Standard Institution BS1881, *Concrete Testing Methods of Determination of Compressive Strength of Concrete cubes*, London, 1983.