

دراسة تأثير إضافة خامة الطوب الحراري كبديل جزئي للركام الناعم ومدى تأثيره على خواص الخلطة الخرسانية

، أيمن سالم عمار الساعدي[2]عبدالعالي أبوبكر عمر عمار[1]

Abdulali.ammar@gu.edu.lyyaymem.essadi@gmail.com

قسم الهندسة المدنية كلية الهندسة جامعة غريان

Abstract:

This research includes a study of the effect the adding refractory brick raw material to the concrete mixtures as a partial replacement for fine aggregate at rates of 10%, 20%, and 40% of fine aggregate weight. Then to compared with measurement concrete mixture.

Perform workability test was studied for all concrete mixtures (slumping test). The change in density test was also carried out on the samples at 28 days for all mixtures. The results showed when the ratio increase of the brick material increase workability of the concrete, and decrease the relative density. A fire resistance test was conducted on the samples after 28 days, with a total of 12 cubes. The clear results that the addition of refractory bricks reduces the fire resistance of concrete. A thermal expansion test was conducted for the samples at a temperature of 500, 700 and 900 C⁰, and it was found from the test results that the addition of refractory bricks to concrete increase to the coefficient of thermal expansion. Finally, the test of compressive strength was conducted on the samples at 7, 14 and 28 days, where the total number of samples was 48 samples, and 8 samples were in the form of beams, on which a bending test was carried out after 28 days during the treatment period. From the results that the addition of refractory bricks reduces the fire resistance of concrete reduced the compressive strength of concrete mixtures

Key Words: refractory brick raw, coarse aggregate, Fine aggregate.

الخلاصة:

تشمل هذه الدراسة تأثير إضافة خامة الطوب الحراري إلى الخلطة الخرسانية كبديل جزئي للركام الناعم بنسب 10% و 20% و 40% من وزن الركام الناعم، وتم مقارنتها بالخلطة الخرسانية القياسية. ثم إجراء اختبار قابلية التشغيل لجميع الخلطات الخرسانية (اختبار الهبوط)، كما تم إجراء اختبار التغير في الكثافة للعينات وهي بعمر 28 يوم . وأظهرت النتائج أن كلما زادت نسبة خام الطوب الحراري زادت قابلية التشغيل للخرسانة وقلت الكثافة النسبية. وأجري اختبار مقاومة الحريق على العينات وهي بعمر 28 يوم حيث بلغ عدد العينات 12 عينة، ومن نتائج الاختبار تبين أن إضافة خامة الطوب الحراري يقلل من مقاومة الحريق للخرسانة. وأجري اختبار التمدد الحراري للعينات عند درجة حرارة 500 و 700 و 900 درجة مئوية، وتبين من النتائج أن إضافة خامة الطوب الحراري للخرسانة تسبب في زيادة معامل التمدد الحراري للعينات. كما أجري اختبار الضغط على العينات وهي بعمر 7 و 14 و 28 يوم، حيث بلغ عدد العينات 48 عينة، وعدد 8 عينات على هيئة كمرات تم إجراء اختبار الانحناء عليها بعد 28 يوم من فترة المعالجة. وأظهرت النتائج أن إضافة خامة الطوب الحراري بنسب المذكورة من وزن الركام الناعم يقلل من مقاومة الضغط.

الكلمات المفتاحية: طوب حراري ، ركام خشن ، ركام ناعم .

1. مقدمة:

أظهرت الابحاث ان التفسير في قوة الخرسانة تعتمد على مكونات الاسمنت ونوع الركام المستخدم ونسبة الماء للإسمنت، والتي من بينها دراسة لتقييم الطوب الحراري ودراسة خواصه والاستفادة منه في تصنيع الخلطة الخرسانية لمعرفة الانعكاسات التي تترتب على خواصه الفيزيائية. يعتبر الطوب الحراري عنصر أساسي في صناعة المدافئ، وصناعة أفران المعجنات المبنية من الطوب المقاوم للحرارة”

يُعدُّ الطوب من أقدم مواد البناء المصنَّعة إذ تم صنع الطوب المجفف بأشعة الشمس في الشرق الأوسط حوالي عام 6000 ق.م. وتم حرق الطوب وإنتاجه في المنطقة نفسها حوالي عام 3500 ق.م. وانتشرت بعد ذلك تقنية صناعة الطوب في كل من الصين والهند ونقلها الرومانيون إلى معظم أنحاء أوروبا.

وازدهرت صناعة الطوب في إنجلترا خلال القرون الوسطى (من القرن الخامس إلى القرن السادس عشر الميلادي)، وعلى الرغم من تغير الطراز المعماري وتوافر الخشب، والحجر، ومواد البناء الأخرى، إلا أن صناعة الطوب قد نمت بعد حريق لندن الكبير في عام 1666م. وكان الحريق قد دمر عددًا كبيرًا من مباني المدينة الخشبية. وعندما أعيد بناء المدينة، شُيدت معظم المباني الجديدة من الطوب. واستُخدم الطوب في عدد كبير من الدول في تعبيد الطرق والرصف حتى القرن العشرين الميلادي، حيث تم استبداله وعلى نطاق واسع بالرصف الخرساني. ويبقى البناء بالطوب، حتى يومنا هذا، من أهم مواد التشييد والتزيين. إذ يؤدي الطوب الحراري دورًا مهمًا في عدد كبير من الصناعات مثل إنتاج الألومنيوم، والإسمنت، والزجاج، والورق، والنفط، والفولاذ.^[1]

2. البرنامج العملي:

سيتم إضافة خامة الطوب الحراري لإنتاج خرسانة، بنسب مختلفة من نسبة الركام الناعم المكون للخرسانة ومعرفة تأثيره على خواص الخرسانة من خلال بعض الاختبارات وهي:

1. اختبار الهبوط للخرسانة.
2. اختبار مقاومة الضغط للخرسانة.
3. اختبار التغير في الكثافة للخرسانة.
4. اختبار مقاومة الانحناء للخرسانة.
5. اختبار الاحتراق.
6. اختبار التمدد الحراري للخرسانة.

2-1 المواد المستخدمة:

المواد المستخدمة في تصنيع الخلطات الخرسانية هي الإسمنت والماء والركام الناعم والركام الخشن وخامة الطوب الحراري.

2-1-1 الإسمنت المستخدم في الخلطات الخرسانية

تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي (مصنع البرج للإسمنت زليتن) طبقاً للمواصفات القياسية الليبية رقم 340/2009 م في جميع الخلطات التجريبية المتبعة لهذه الدراسة، والشكل (1-3) يبين الإسمنت المستخدم في الدراسة.

2.1.2 الركام الناعم المستخدم في الخلطات الخرسانية

تم استخدام الركام الناعم الطبيعي الموجود بمنطقة بورشادة ضمن الحدود الإدارية لمدينة غريان وكانت نتائج تحليل المنخلي مطابقة للمواصفات البريطانية (BS 882:1992) والجدول (1) يبين نتائج التحليل المنخلي للركام الناعم.^[5]

جدول 1 نتائج التحليل المنخلي للركام الناعم

المنخل (mm)	نسبة المار (%)	حدود المواصفة
5	100	100
2.36	99.41	100-80
1.18	95.44	100-70
0.6	95.77	100-55
0.3	40.92	70-5
0.15	12.6	15-0

3.1.2 الركام الخشن المستخدم في الخلطات الخرسانية

تم استخدام ركام خشن من محجر موجود بمنطقة بورشادة ضمن الحدود الإدارية لمدينة غريان رقم (1-1.5)، تم الخلط بنسبة 1:1 وكانت نتائج اختبار التحليل المنخلي عند خلط الركام ضمن حدود المواصفات البريطانية (BS 882:1992)، والجدول (2) يبين نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن.^[5]

جدول 2 نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن

المنخل (mm)	نسبة المار (%)	حدود المواصفة
37.5	100	100-90
20	66.5	70-35
14	51.73	55-25
10	22.08	40-10
5	0.96	5-0

4.1.2 الطوب الحراري المستخدم في الخلطات:

تم استخدام الطوب الحراري المستورد، حيث تمت عملية الطحن بطرق يدوية وإمراره على المناخل القياسية بنفس تدرج الركام الناعم والجدول (3) يبين نتائج التحليل المنخلي للطوب الحراري.

جدول 3 نتائج التحليل المنخلي للطوب الحراري

المنخل (mm)	نسبة المار (%)	حدود المواصفة
5	100	100
2.36	100	100-80
1.18	92.6	100-70
0.6	76.6	100-55
0.3	58.7	70-5
0.15	13.4	15-0

2.2 تصميم الخلطة الخرسانية:

إن الغرض من تصميم الخلطة الخرسانية تعيين كميات المواد الداخلة في تكوين الخلطة (الإسمنت - الركام - الرمل - الماء - الإضافات)، والغرض من تصميم الخلطة الخرسانية تحديد القيم النسبية لمكوناتها بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لعمل معين يكون ذلك باستخدام نسب ثبتت فاعليتها في الخبرة وتسمى (النسبة الوضعية) وقد يكون بطرق حسابية فنية تتضمن خواص المواد المستخدمة والخواص المطلوبة في الخرسانة المتصلدة مثل مدى المقاومة للأحمال مع مراعاة التكاليف الاقتصادية حسب نوع العمل الإنشائي المطلوب، يعتبر تحديد نسب الخلطة الخرسانية من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة واقتصادية المشروع فمن الممكن الحصول على خرسانة متبينة في جودتها وثنائها بالرغم أنها جميعاً تتكون من نفس المواد: [3]

1.2.2 الطريقة المتبعة في تصميم الخلطات الخرسانية:

تم استخدام "الطريقة الوضعية" في تصميم الخلطات الخرسانية حيث تحدد هذه الطريقة نسبةً لمكونات الخرسانة نتيجة الخبرة السابقة للاستعمال بنجاح، قد أثبتت هذه الطريقة ملائمتها وصلاحياتها للعمليات الصغيرة نظراً لسهولة استخدامها، حيث تعطي المواد (الإسمنت - الرمل - الحصى) على هيئة نسب بالوزن أو الحجم لكن يفضل بالوزن بعد تحديد الحجم المطلوب من الخرسانة لأن وزن الركام الناعم والخشن يختلف من كثافة لأخرى ويفضل تحديد الأوزان من الحجم المتر المكعب وتحديد بعد ذلك الوزن المطلوب وتحدد كمية الماء اللازم من 60% من وزن الإسمنت أو تترك

لمراعاتها أثناء الخلط بحيث نحصل على خلطة لديه سهولة التشغيل وحسب العمل المطلوب والنسب الوضعية المستخدمة هي 1 : 2 : 4 أي واحد إسمنت واثنان رمل وأربعة ركام خشن. [3]
النسب الوضعية المستخدمة في المعادلة التالية:

300kg (إسمنت): 0.4m³ (رمل): 0.8m³ (ركام خشن)

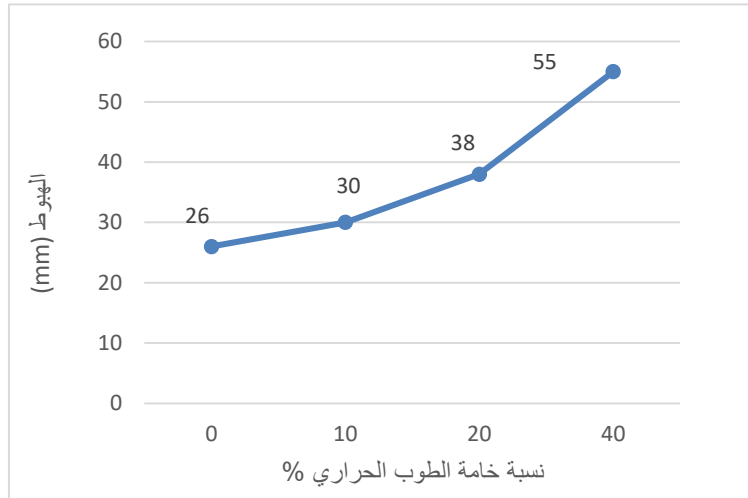
3. مناقشة نتائج الاختبارات المعملية

1.3 الدرجة التشغيلية work ability

تُعبّر الدرجة التشغيلية على المحتوى المائي للخلطة الخرسانية في حالتها الطازجة ومقدرتها على التشكيل، حيث يعرض الجدول رقم (4) نتائج الهبوط المتحصل عليها لكل خلطة خرسانية يتضح ان الخلطة الخرسانية الاولى أقل قيمة في الهبوط فقد كان فيها الهبوط الأقل وضمن حدود المواصفة نظرا للزيادة في الهبوط بشكل كبير في الخلطات الاخرى والسبب لأن الطوب الحراري المطحون يحتفظ بالماء على سطحه ولا يمتصه ومن هذه القيم تم الحصول على هبوط مقبول في الخلطات الخرسانية ، وتحافظ على قوامها ولزوجتها في الحد المطلوب كما يبين الرسم التوضيحي رقم(1) العلاقة البيانية لمقدار الهبوط ونسبة الطوب الحراري المطحون في الخلطة ، ويتضح من هذه العلاقة شكل المنحنى أن نسبة خامة الطوب الحراري تتناسب طرديا مع الدرجة التشغيلية ، فكلما زادت نسبة خامة الطوب الحراري تزداد التشغيلية.

جدول 4 نتائج الهبوط المتحصل عليها لكل خلطة والنسب المختلفة

رقم الخلطة	نسبة خامة الطوب الحراري (%)	قيمة الهبوط Mm
1	0	26
2	10	30
3	20	38
4	40	55



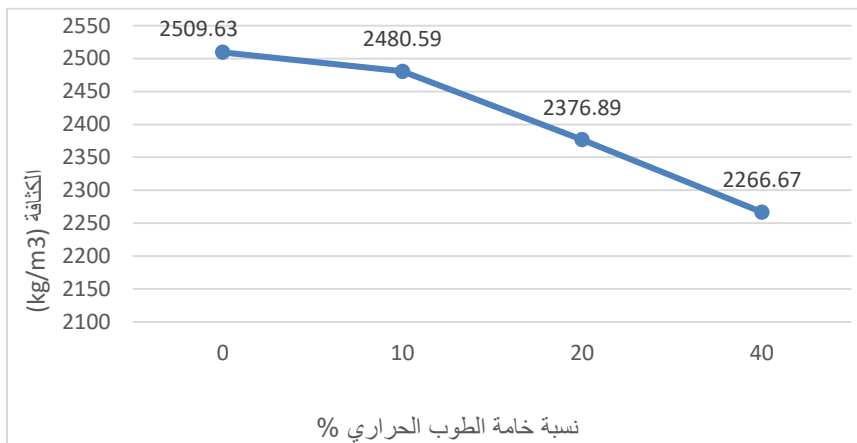
رسم توضيحي 1 العلاقة البيانية لمقدار الهبوط

2.3 التغير في الكثافة Density

لهدف من تعيين التغير في الكثافات الخرسانية هو معرفة تأثير إضافة خامة الطوب الحراري على كثافة الخرسانة، تم تعيين التغير في الكثافة لكل عينة من الخلطات المتكونة وهي جافة لتحديد كثافتها مع تغير وزنها تبعاً لإضافة خامة الطوب الحراري مع ثبات حجم العينات. في جميع اختبارات الخرسانة المتصلبة تم حساب التغير أو المقاومة النسبية للعينات التي استخدم فيها خامة الطوب الحراري وذلك مقارنة بعينات الخرسانة العادية لتوضيح تأثير خامة الطوب الحراري بشكل أكبر والجدول رقم (5) يبين التغير في كثافة النسبية. كما يبين الرسم التوضيحي رقم (2) العلاقة البيانية بين كثافة العينة ونسبة خامة الطوب الحراري المضافة وأن زيادة نسبة الطوب الحراري تؤدي إلى تقليل الكثافة بمعدل متناسب حيث أن العلاقة تكون عكسية بين خامة الطوب الحراري المضافة والكثافة وكانت نسبة النقصان بمقدار 9.68% لنسبة 40% مقارنة بالمرجعية.

جدول 5 يبين التغير في الكثافة النسبية

رقم الخلطة	نسبة خامة الطوب الحراري (%)	كتلة العينة الجافة (Kg)	حجم العينة (m3)	الكثافة (Kg/m3)
1	0	8.470	0.003375	2509.63
2	10	8.372	0.003375	2480.59
3	20	8.022	0.003375	2376.89
4	40	7.650	0.003375	2266.67



رسم توضيحي 2 العلاقة بين خامة الطوب الحراري والكثافة

3.3 مقاومة الحريق:

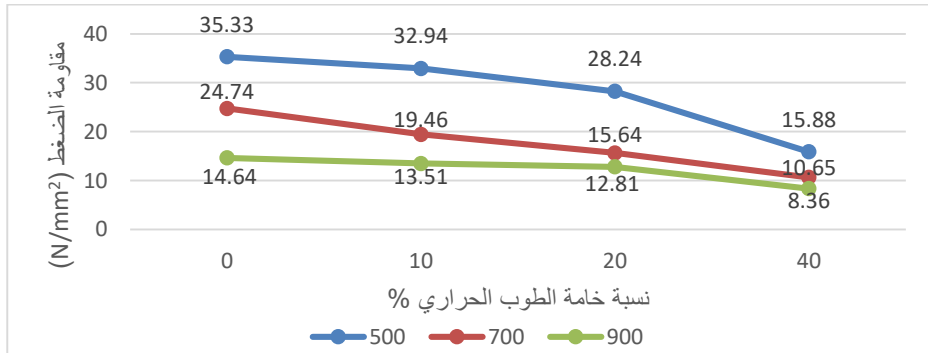
من ضمن أهداف هذه الدراسة هي إمكانية إضافة خامات الطوب الحراري بنسب مختلفة وتعريضها لدرجات حرارة مختلفة وإجراء الاختبارات عليها لمعرفة مدى إمكانية تحسين مقاومتها للضغوط والتشوهات ، ولذا كان من الضروري معرفة تأثير درجات الحرارة المرتفعة على الخرسانة بهدف:

1. معرفة مدى التصدع وانخفاض المقاومة إذا تعرض المنشأ الخرساني للحريق فعلا.

2. تصميم الأعضاء الخرسانة لمقاوم الحريق لمدة معينة يحددها الكود.
تم الحصول على نتائج مقاومة الضغط حسب المواصفات البريطانية بتحميل أحمال قياسية على مكعبات مقاس (150 * 150 * 150) مم بعد 28 يوم من معالجتها في الماء، والجدول رقم (6) يعرض نتائج قيم مقاومة الضغط بعد الحرق وفق درجات الحرارة المدرجة بالجدول لكل الخلطات ومقارنتها بالخلطة المرجعية بالإضافة إلى تمثيلها بعلاقات بيانية موضحة في الرسم التوضيحي رقم (3)

جدول 6 مقاومة الضغط بعد الحرق

درجات حرارة الاختبار			نسبة خامة الطوب الحراري (%)	رقم الخلطة
900	700	500		
N/mm ²				
14.64	24.74	35.33	0	1
13.51	19.46	32.94	10	2
12.81	15.64	28.24	20	3
8.36	10.65	15.88	40	4



رسم توضيحي 3 مقاومة الضغط بعد الحرق

تبين من نتائج الاختبارات التي أجريناها أن إضافة خامة الطوب الحراري بنسبة 10% و20% كانت نتائج مقاومة الضغط جيدة عند درجة حرارة 500 وكانت ضمن حدود المواصفات البريطانية (BSEN12390-3:2009).

نسبة خلط 40% قلت بنسبة 55.05% مقارنة بالمرجعية أي أنها لم تحقق نتيجة ضمن حدود المواصفات. ومن هنا نستنتج أن: تتأثر مقاومة الخرسانة للضغط بالارتفاع لدرجة الحرارة حيث تفقد جزء من مقاومتها.

4.3 التمدد الحراري:

بعد إجراء اختبار التمدد الحراري على العينة المرجعية وعلى العينات المضاف إليها خامة الطوب الحراري فإن النتائج لم تكن في حدود المواصفة. [3]
اتضح من نتائج الموضحة في الجداول أرقام (7) (8) (9) أن الزيادة في درجات الحرارة مع الزيادة في نسبة خامة الطوب الحراري تؤدي إلى الزيادة في التمدد.

جدول 7 يوضح قيم معامل التمدد عند درجة حرارة (500)

رقم الخلطة	نسبة خامة الطوب الحراري (%)	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري
1	0	500	0.0000069
2	10	500	0.0000140
3	20	500	0.00001470
4	40	500	0.0000276

جدول 8 يوضح قيم معامل التمدد عند درجة حرارة (700)

رقم الخلطة	نسبة خامة الطوب الحراري (%)	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري
1	0	700	0.00000039
2	10	700	0.0000297
3	20	700	0.00003
4	40	700	0.0000295

جدول 9 يوضح قيم معامل التمدد عند درجة حرارة (900)

رقم الخلطة	نسبة خامة الطوب الحراري (%)	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري
1	0	900	0.0000149
2	10	900	0.0000151
3	20	900	0.0000152
4	40	900	0.0000156

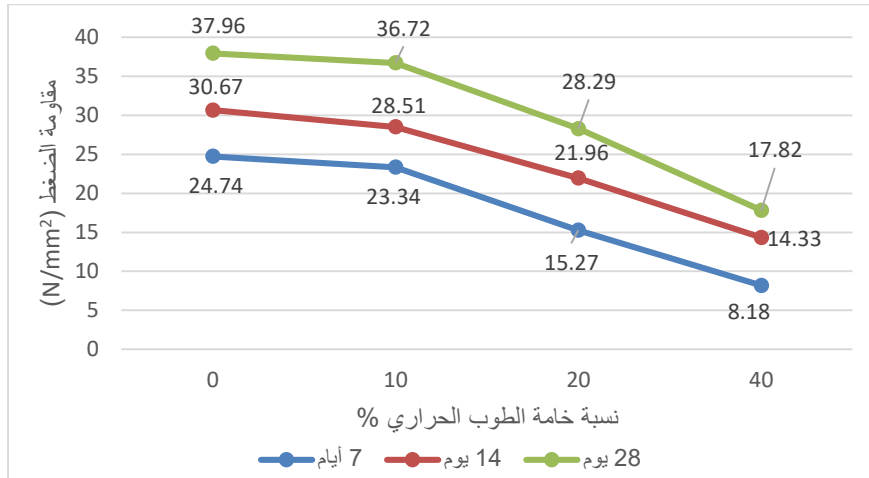
تبين من نتائج عند درجة حرارة (900) أن الخرسانة القياسية (المرجعية) والعينات المضاف إليها خامات الطوب الحراري لا تتحمل درجات الحرارة العالية ولم تظهر نتائج منطقية مما يدل على فشل وانهايار العينات.

5.3 مقاومة الضغط Compressive strength

تم الحصول على نتائج مقاومة الضغط حسب المواصفات البريطانية بتحميل أحمال قياسية على مكعبات مقاس (150 * 150 * 150) مم بعد 7 و 14 و 28 يوم من معالجتها في الماء، الجدول رقم (10) يعرض متوسط النتائج حيث أخذ المتوسط لثلاثة عينات لكل خلطة حسب مدة المعالجة المحددة ، ثم مقارنة قيم مقاومة الضغط لكل الخلطات بالخلطة المرجعية بالإضافة إلى تمثيلها بعلاقات بيانية موضحة في الرسم التوضيحي (4).

جدول 10 متوسط نتائج اختبار الضغط المتحصل عليها للعينات الخرسانية

رقم الخلطة	نسبة خامة الطوب الحراري (%)	متوسط مقاومة الضغط		
		7 أيام	14 يوم	28 يوم
1	0	24.74	30.67	37.96
2	10	23.34	28.51	36.72
3	20	15.27	21.96	28.29
4	40	8.18	14.33	17.82



رسم توضيحي 4 مقاومة الضغط بعمر 7، 14، 28 يوم

قد تبين من النتائج أن إضافة خامة الطوب الحراري بنسبة 10% و 20% كانت نتائج مقاومة الضغط مقبولة ومتفاوتة نوعاً ما مع نتائج الخلطة القياسية (المرجعية) في عمر 14 و 28 يوم أما في عمر 7 أيام كانت مقاومة الضغط منخفضة لنسبة 20% و 40% بالنسبة للخلطة المرجعية. أي أن أفضل مقاومة ضغط تم الحصول عليها كانت بالنسب (10% - 20%) من ضمن حدود المواصفة البريطانية (BS EN 12390-3:2009)، ويمكن استخدام نسب (10% - 20%) من خامة الطوب الحراري في الخرسانات التي تتطلب إجهادات عالية. وعندما تمت إضافة خامة الطوب الحراري بنسبة 40% كانت نتائج مقاومة الضغط منخفضة مقارنة مع نتائج الخلطة القياسية في 7 و 14 و 28 يوم.

وبذلك لا يمكن استخدام خامة الطوب الحراري بنسبة 40% في الخرسانات التي تتطلب مقاومة ضغط عالية لأنها قلت بنسبة 53.05% مقارنة بالمرجعية بعد 28 يوم من المعالجة.

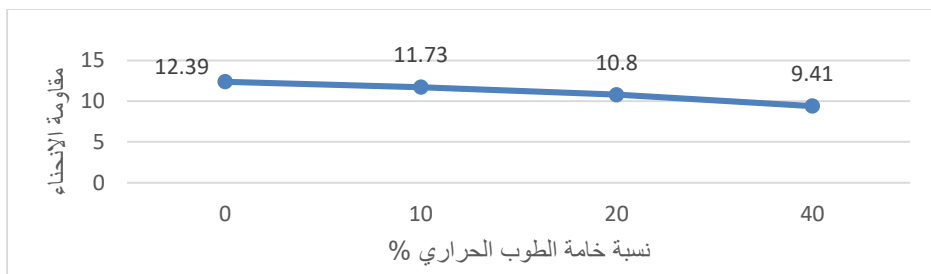
6.3 مقاومة الانحناء:

تم الحصول على نتائج مقاومة الانحناء للكمات الخرسانية (المسلحة) المضافة إليها خامة الطوب الحراري وذلك بتحميل أحمال قياسية على الكمرات بمقاس (150*150*750) mm

الجدول رقم (11) يوضح متوسط هذه النتائج حيث أخذ المتوسط لعينتين لكل خلطة بالإضافة للخلطة القياسية (المرجعية) بعد فترة معالجه 28 يوم ، وعند إجراء الاختبار ومن خلال المعاينة البصرية لم يتم ملاحظة أي اختلاف بصري واضح للتمييز بين كميات من ناحية تأثرها بحمل الانحناء الا من خلال قراءات الجهاز ومن خلال هذه النتائج يتبين ان اختلاف نسب خامه الطوب الحراري لا يغير كثيرا من قيمة مقاومة الانحناء وأكبر نسبة نقصان 24.05% بنسبة 40% حيث كانت نتائج الاختبار متقاربة ذلك بسبب تثبيت مصدر ونوع الحديد تسليح الكانات لجميع الكميات الخرسانية المسلحة المضافة اليها خامه الطوب الحراري .

جدول 11 متوسط نتائج مقاومة الانحناء للكميات بعد 28 يوم.

رقم الخلطة	نسبة خامه الطوب الحراري (%)	متوسط مقاومة الانحناء
		28 يوم
1	0	12.39
2	10	11.73
3	20	10.8
4	40	9.41



رسم توضيحي 5مقاومة الانحناء بعمر 28

واستناداً إلى المعاينة البصرية أيضاً تم توثيق التصدع الحاصل في الخرسانة المسلحة لكل كمرية حيث، لوحظ أن نمط التصدع كان ثابتاً لجميع الكمرات المسلحة، حيث حدثت الشقوق أولاً في المنطقة العمودية لحديد التسليح السفلي في طرف فضاء الكمرية لتنتشر بعدها الشقوق بزاوية (45) تقريباً نتيجة لانهايار القص.

4. المناقشة:

على حسب النتائج المتحصل عليها من الدراسة نستخلص الآتي:

1- قيمة الهبوط في الخلطة الخرسانية التي تحتوي على خامة الطوب الحراري تزداد بزيادة نسبة خامة الطوب الحراري في الخلطة حيث كانت قيمة الهبوط في الخلطة القياسية mm26 وعند نسب خامة الطوب الحراري على النحو التالي:

(10%-30mm) (20%-38mm) (40%-55mm)

2- كثافة الخلطة الخرسانية تقل كلما زادت نسبة خامة الطوب الحراري في الخلطة حيث كانت الكثافة في الخلطة القياسية 32509.63 kg/m³ وفي الخلطات التي تحتوي على خامة الطوب الحراري على النحو التالي:

(10%- 2480.59 kg/m³)

(20%-2376.89 kg/m³)

(40%-2266.67 kg/m³)

3- مقاومة الخرسانة للحريق التي تحتوي على خامة الطوب الحراري تقل كلما زادت نسبة خامة الطوب الحراري في الخلطة والزيادة في درجات الحرارة.

4- مقاومة الضغط للخرسانة التي تحتوي على خامة الطوب الحراري تقل كلما زادت نسبة خامة الطوب الحراري في الخلطة.

5- طبقاً لهذه الدراسة فإن استخدام خامة الطوب الحراري بنسبة (10%)، (20%) مناسب في بعض العناصر الإنشائية.

6- مقاومة الانحناء تقل كلما زادت نسبة خامة الطوب الحراري المضاف للخلطة الخرسانية إلا أن (10%)، (20%) تعتبر هي افضل نتيجة تم الحصول عليها عند ايجاد مقاومة الانحناء.

5.التوصيات:

- 1- اختيار أنواع أخرى من خامة الطوب الحراري لإنتاج خرسانة جيدة.
- 2- اجراء اختبارات معملية أخرى للخلطات الخرسانية المحتوية على خامة الطوب الحراري مثل تحديد نسبة الماء المثلى تحديد زمن الشك الابتدائي والنهائي.
- 3- استخدام الإضافات لزيادة مقاومة الخلطة الخرسانية في حالة استخدام خامة الطوب الحراري.
- 4- استخدام الإضافات لزيادة مقاومة الحريق للخلطة الخرسانية في حالة استخدام خامة الطوب الحراري.
- 5- استمرار البحوث لتطوير المواد المكونة للخرسانة وتحسين فعليتها وذلك لزيادة الجودة.

6.المراجع: References

1. شركة ديركاز لصناعة الطوب، طهران – إيران 12-07-2020
2. محمود إمام – الخرسانة وتصميم الخلطات الخرسانية، 2005 _ 2007م.
3. مؤيد خلف وهناء يوسف، تكنولوجيا الخرسانة. 15-07-2020.
4. المواصفات الليبية القياسية رقم (340:2009)، الاسمنت البورتلاندي ، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية ، طرابلس، 2009.
5. British Standard Institute, BS882: 1992,"Specification for Aggregate from Natural Sources for Concrete".
6. American society for testing and materials (ASTM C143-C143M), (2015) "Test method for slump of hydraulic- Cement concrete".
7. American society for testing and materials (ASTM C642-97), "Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete".
8. British standard institution (BS EN 12390-3:2009), "Testing hardened concrete, Compressive strength of test specimens".
9. American society for testing and materials (ASTM C642-97), "Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete"