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

عبدالعالي أبوبكر عمر عمار[1]، أيمن سالم عمار الساعدي[2]
Abdulali.ammar@gu.edu.ly aymem.essadi@gmail.com

1، 2- قسم الهندسة المدنية كلية الهندسة جامعة غريان

Abstract:

This research includes a study of the effect the adding refractory brick 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 refractory brick 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˚C, 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.

 Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

الخلاصة:

تشمل هذه الدراسة تأثير إضافة الطوب الحراري إلى الخلطة الخرسانية كبديل جزئي للركام الناعم بنسب 10% و20% و4% 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 يوما . وأظهرت النتائج أن كلما زادت نسبة خام الطوب الحراري زادت قابلية التشغيل للخرسانة وقلت الكثافة النسبية. و أجري اختبار مقاومة الحريق على العينات وهي بعمر 28 يوما حيث بلغ عدد العينات 12 عينة، ومن نتائج الاختبار تبين أن إضافة الطوب الحراري يقلل من مقاومة الحريق للخرسانة. و أجري اختبار التمدد الحراري للعينات عند درجة حرارة 500 و 700و900 درجة مئوية، وتبين من النتائج أن إضافة الطوب الحراري للخرسانة تسبب في زيادة معامل التمدد الحراري للعينات. كما أجري اختبار الضغط على العينات وهي بعمر 7 و14 و28 يوما، حيث بلغ عدد العينات 48 عينة، وعدد 8 عينات على هيئة كمرات تم إجراء اختبار الانحناء عليها بعد 28 يوما من فترة المعالجة. وأظهرت النتائج أن إضافة الطوب الحراري بالنسب المذكورة من وزن الركام الناعم يقلل من مقاومة الضغط.

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

1. مقدمة:

أظهرت الأبحاث أن 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 عنصرًا أساسيًا 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

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

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، إلاَّ 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 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 و الطوب الحراري.

2-1-1 الإسمنت المستخدم في الخلطات الخرسانية

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي (مصنع البرج للإسمنت زليتن) طبقاً للمواصفات القياسية الليبية رقم 2009/340 م في جميع الخلطات التجريبية المتبعة لهذه 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 التحليل 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 (1.5–1)، 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:

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

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

1.4.1.2 الطوب الحراري الأصفر (طوب سيليكات الألمنيوم):

يعتبر هذا النوع من أفضل أنواع الطوب المقاوم للحرارة، مصنوع من الرمل السيلكا والمواد الحرارية، يتحمل درجة حرارة تصل إلى 1650 درجة مئوية، دون أن يتأثر.

يستخدم للمدافئ التي تعمل على الحطب "Fire Place" ويستخدم أيضاً في أماكن "البربكيو" بالإضافة إلى أنه يستخدم في بناء الأفران الحجرية "أفران المعجنات".

2.4.1.2 خصائص الطوب الحراري الأصفر(طوب سيليكات الألمنيوم):

1- موصلية الحرارية المنخفضة – القدرة على الحفاظ على الحرارة داخل الوحدات الحرارية.

2-مقاومة الحرارة – الحفاظ على قوة الطوب عندما تتعرض لدرجات حرارة أعلى من 1580 درجة.

3- المقاومة الكيميائية للغازات الساخنة والخبث والمعادن. [10]

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

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

المطلوب، يعتبر تحديد نسب الخلطة الخرسانية من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة واقتصادية المشروع فمن الممكن الحصول على خرسانة متباينة في جودتها وثمنها بالرغم من 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 ملاءمتها وصلاحيتها للعمليات الصغيرة نظراً لسهولتها، 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 لدنة سهلة التشغيل وحسب العمل المطلوب والنسب الوضعية المستخدمة هي 1 : 2 : 4 أي واحد إسمنت و إثنان 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** workability

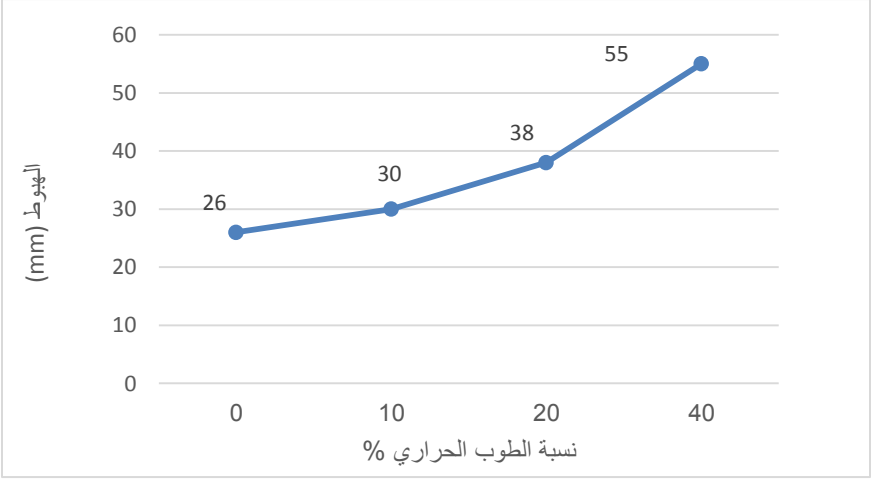
تُعبر الدرجة التشغيلية على المحتوى المائي للخلطة الخرسانية في حالتها الطازجة ومقدرتها على التشكيل، حيث يعرض الجدول رقم (4) نتائج الهبوط المتحصل عليها لكل خلطة خرسانية يتضح أن الخلطة الخرسانية الأولى أقل قيمة في الهبوط فقد كان فيها الهبوط الأقل وضمن حدود المواصفة نظرًا للزيادة في الهبوط بشكل كبير في الخلطات الأخرى 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

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

هذه العلاقة شكل المنحنى أن نسبة الطوب الحراري تتناسب طرديًا مع الدرجة التشغيلية ، فكلما زادت نسبة الطوب الحراري تزداد التشغيلية.

جدول 4 نتائج الهبوط المتحصل عليها لكل خلطة والنسب المختلفة

رقم الخلطة	نسبة 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

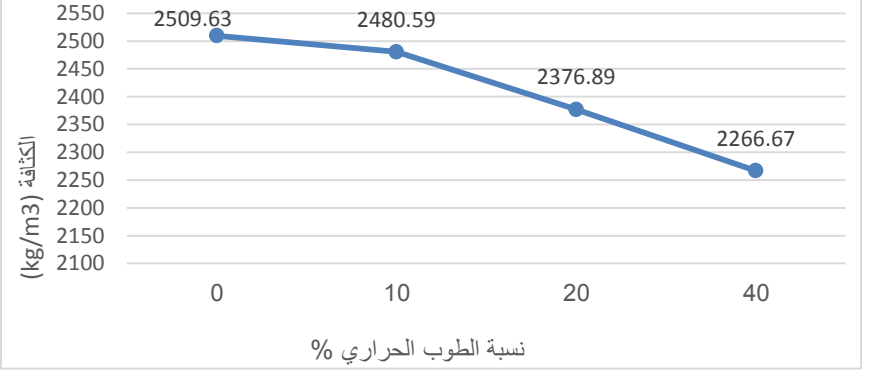
الهدف من تعيين التغير في الكثافات الخرسانية هو معرفة تأثير إضافة الطوب الحراري على كثافة الخرسانة، تم تعيين التغير في الكثافة لكل عينة من الخلطات المتكونة وهي جافة لتحديد كثافتها مع تغير وزنها تبعًا لإضافة الطوب الحراري مع ثبات حجم العينات. في جميع اختبارات الخرسانة المتصلبة تم حساب التغير أو المقاومة النسبية للعينات التي استخدم فيها الطوب الحراري وذلك مقارنة بعينات الخرسانة

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

العادية لتوضيح تأثير الطوب الحراري بشكل أكبر والجدول رقم (5) يبين التغير في الكثافة النسبية. كما يبين الرسم التوضيحي رقم (2) العلاقة البيانية بين كثافة العينة ونسبة الطوب الحراري المضافة وأن زيادة نسبة الطوب الحراري تؤدي إلى تقليل الكثافة بمعدل متناسب حيث أن العلاقة تكون عكسية بين الطوب الحراري المضافة والكثافة وكانت نسبة النقصان بمقدار 9.68% لنسبة 40% مقارنة بالمرجعية.

جدول 5 يبين التغير في الكثافة النسبية

رقم الخلطة	نسبة 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 الطوب الحراري والكثافة

3.3 مقاومة الحريق:

Copyright © GJT
حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

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

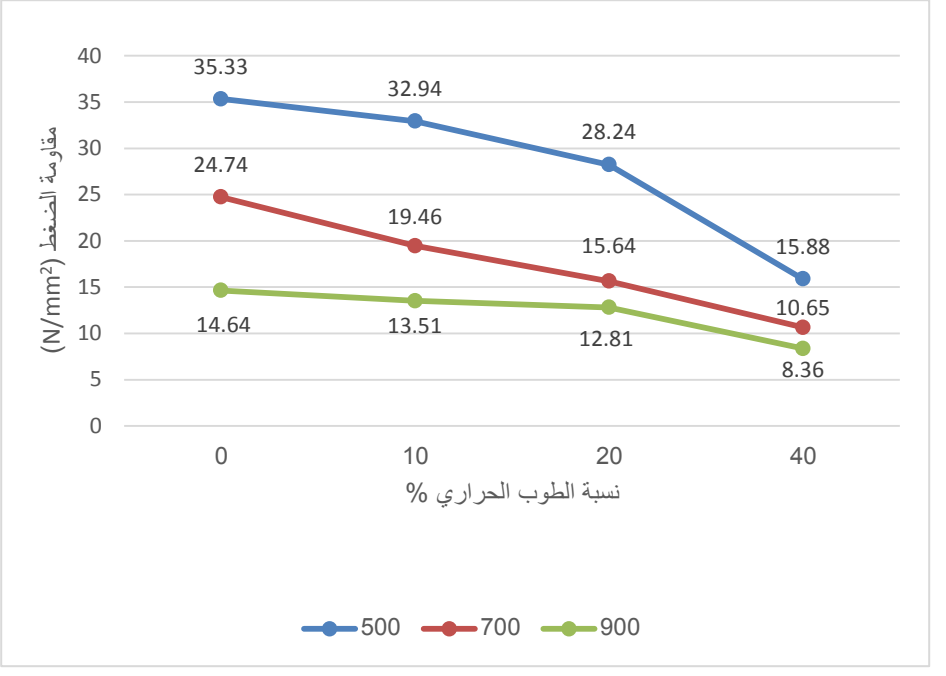
1. معرفة مدى التصدع وانخفاض المقاومة إذا تعرض المنشأ الخرساني للحريق فعلا.
2. تصميم أعضاء الخرسانة المقاوم الحريق لمدة معينة يحدده الكود.

تم الحصول على نتائج مقاومة الضغط حسب المواصفات البريطانية بتحميل أحمال قياسية على مكعبات مقاس (150 * 150 * 150) مم بعد 28 يوما 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

رقم الخلطة	نسبة الطوب الحراري(%)	درجات حرارة الاختبار		
		500	700	900
		N/mm2		
1	0	35.33	24.74	14.64
2	10	32.94	19.46	13.51
3	20	28.24	15.64	12.81
4	40	15.88	10.65	8.36

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية



رسم توضيحي 3 مقاومة الضغط بعد الحرق

تبين من نتائج الاختبارات التي اجريناها أن إضافة الطوب الحراري بنسبة 10% و20% كانت نتائج مقاومة الضغط جيدة عند درجة حرارة 500 ° م 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 جزءًا من مقاومتها.

4.3 التمدد الحراري:

بعد إجراء اختبار التمدد الحراري على العينة المرجعية وعلى العينات المضاف إليها الطوب الحراري فإن النتائج لم تكن في حدود المواصفة. [3]

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

إتضح من النتائج الموضحة في الجداول أرقام (7) (8) (9) أن الزيادة في درجات الحرارة مع الزيادة في نسبة الطوب الحراري تؤدي إلى الزيادة في التمدد.

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

رقم الخلطة	نسبة 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 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 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 النتائج عند درجة حرارة (900˚ م) أن الخرسانة القياسية (المرجعية) والعينات المضاف إليها الطوب الحراري لا تتحمل درجات الحرارة العالية ولم تظهر نتائج منطقية مما يدل على فشل وانهيار العينات.

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

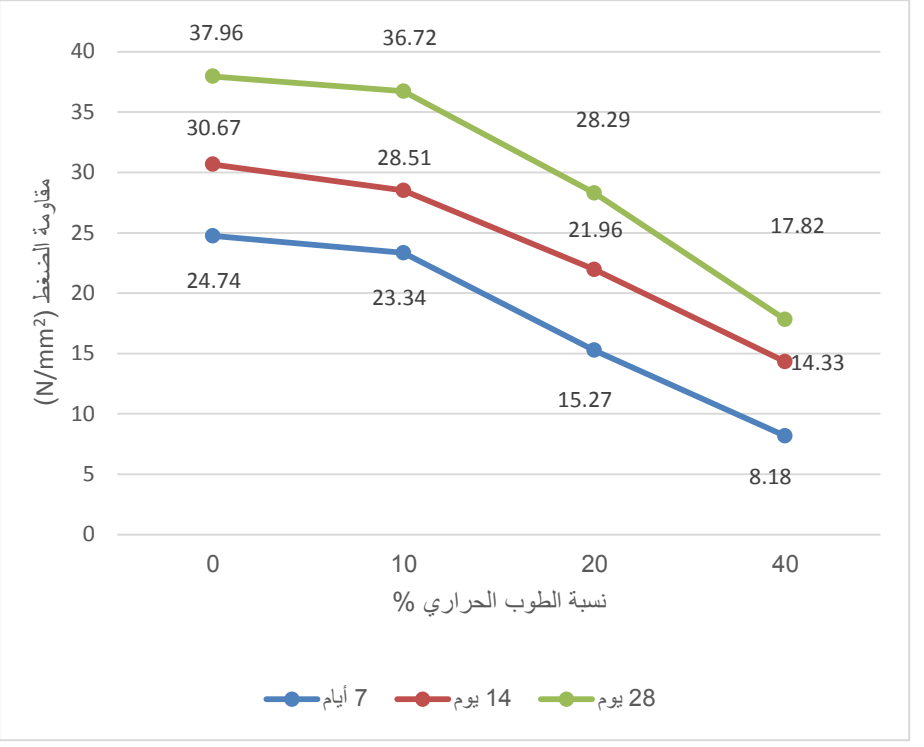
5.3 **مقاومة الضغط** Compressive strength

تم الحصول على نتائج مقاومة الضغط حسب المواصفات البريطانية بتحميل أحمال قياسية على مكعبات مقاس (150 * 150 * 150) مم بعد 7 و14 و28 يوما من معالجتها في الماء، الجدول رقم (10) يعرض متوسط النتائج حيث أخذ المتوسط لثلاثة عينات لكل خلطة حسب مدّة 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 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

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية



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

قد تبين من النتائج أن إضافة الطوب الحراري بنسبة 10%و20% كانت نتائج مقاومة الضغط مقبولة ومتفاوتة نوعاً ما مع نتائج الخلطة القياسية (المرجعية) في عمر 14 و 28 يوما 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 (BSEN12390-3:2009)، ويمكن استخدام نسب (10%– 20%) من الطوب الحراري في الخرسانات التي تتطلب إجهادات عالية. وعندما تمت إضافة الطوب الحراري بنسبة 40% كانت نتائج مقاومة الضغط منخفضة مقارنة مع نتائج الخلطة القياسية في7 و14 و28 يوما.

Copyright © GJT
حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

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

6.3 مقاومة الانحناء:

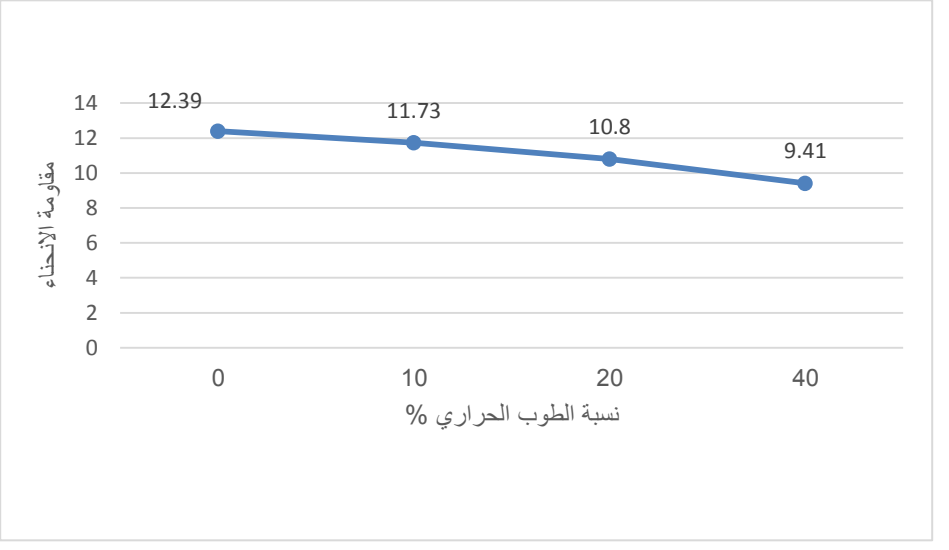
تم الحصول على نتائج مقاومة الانحناء للكمرات الخرسانية (المسلحة) المضافة اليها الطوب الحراري وذلك بتحميل أحمال قياسية على الكمرات مقاس (750*150*150) mm

الجدول رقم (11) يوضح متوسط هذه النتائج حيث أخذ المتوسط لعينتين لكل خلطة بالإضافة للخلطة القياسية (المرجعية) بعد فترة معالجة 28 يوما , وعند أجراء الاختبار ومن خلال المعاينة البصرية لم يتم ملاحظة أي اختلاف بصري واضح للتميز بين كمرات من ناحية تأثرها بحمل الانحناء الا من خلال قراءات الجهاز ومن خلال هذه النتائج يتبين ان اختلاف نسب 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 الكمرات الخرسانية المسلحة المضافة اليها الطوب الحراري .

جدول 11 متوسط نتائج مقاومة الانحناء للكمرات بعد 28 يوم.

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

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية



رسم توضيحي 5 مقاومة الانحناء بعمر 28

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

4.المناقشة:

على حسب النتائج المتحصل عليها من الدراسة نستخلص الآتي:

1- قيمة الهبوط في الخلطة الخرسانية التي تحتوي على الطوب الحراري تزداد بزيادة نسبة الطوب الحراري في الخلطة حيث كانت قيمة الهبوط في الخلطة القياسية (26 mm) وعند نسب الطوب الحراري على النحو التالي:

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

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

2- كثافة الخلطة الخرسانية تقل كلما زادت نسبة الطوب الحراري في الخلطة حيث كانت الكثافة في الخلطة القياسية kg/m32509.63 وفي الخلطات التي تحتوي على 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 الطوب الحراري تقل كلما زادت نسبة الطوب الحراري في الخلطة والزيادة في درجات الحرارة.

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

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

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

5.**التوصيات**:

1- إختيار أنواع أخرى من الطوب الحراري لإنتاج خرسانة جيدة.

2- إجراء اختبارات معملية أخرى للخلطات الخرسانية المحتوية على الطوب الحراري مثل تحديد نسبة الماء المثلى.

3- إستخدام الإضافات لزيادة مقاومة الخلطة الخرسانية في حالة استخدام الطوب الحراري.

4- إستخدام إضافات أخرى مع الطوب الحراري لتحسين مقاومة الحريق والضغط للخلطة الخرسانية.

5- إستمرار البحوث لتطوير المواد المكونة للخرسانة وتحسين فعليتها وذلك لزيادة الجودة.

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

6. **المراجع:** References

[1] شركة ديركداز لصناعة الطوب، طهران – إيران2020-07-12

[2] محمود إمام – الخرسانة وتصميم الخلطات الخرسانية، 2005 _2007م.

[3] مؤيد خلف وهناء يوسف، تكنولوجيا الخرسانة.2020-07-15

[4] المواصفات الليبية القياسية رفم (2009:340)، 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"

[10] http://www.marefa.org/htmlالمعرفة-طوب

 Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية