

تأثير الركام الخشن الخفيف الوزن من الصخور الطينية والثرمستون على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للخرسانة

ميسر محمد جمعة¹ ، عماد خلف احمد الجبوري²

¹ أستاذ مساعد، ² مهندس، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة تكريت

eng_measer@yahoo.com¹ , emadkhalaf1991@yahoo.com²

(الاستلام:-2016/4/11 ، القبول:- 2016/5/31)

الخلاصة: ان من اصناف الخرسانة المعتمدة عالمياً هي الخرسانة الخفيفة والتي تصنف حسب توفر موادها الأولية والغرض من استخدامها انشائياً، اختصت هذه الدراسة باستبدال الركام الخشن الاعتيادي بالركام الخشن الخفيف من الصخور الطينية (بونزا) وركام مخلفات الثرمستون وبنسب حجمية (25، 50، 75، 100) % إضافة لأعداد خلطة مرجعية. لغرض تحديد ودراسة المواصفات المهمة للخرسانة الجديدة تم اعداد نماذج مكعبات واسطوانات ومواسير قياسية لتقييم مقاومة الانضغاط والشد غير المباشر ومعايير الكسر ومعامل المرونة الساكن وكذلك وحدة الوزن والامتصاص والتوصيلية الحرارية ، حيث اعتمد معدل القراءات لكل الفحوصات. أشارت نتائج الفحوصات الى انخفاض الخواص الميكانيكية للخرسانة بزيادة الركام الخشن الخفيف ،حيث سجلت معدلات قيم الخواص الميكانيكية كل من : مقاومة الانضغاط ومعايير الكسر ومقاومة شد الاضطراب غير المباشر بين (15.5-40.2) نت\ملم²، (3-4.85) نت\ملم²، (1.3-4.5) نت\ملم² مقارنة بالخلطة المرجعية (42.25 نت\ملم²)، (5 نت\ملم²)، (4.77 نت\ملم²) على التوالي، وتراوحت معدلات معامل المرونة الساكن والكثافة الجافة بالفرن والامتصاص والتوصيلية الحرارية بين (16630-27067) نت\ملم²، (1400.5-2122.96) كغم\م³، (4.58-11.8) %، (0.414-1.022) (واط.م. كيلو جول) مقارنة بالخلطة المرجعية (28152 نت\ملم²)، (2335.67 كغم\م³)، (1.78 %)، (1.33 واط.م. كيلو جول) على التوالي .

الكلمات الدالة : الخرسانة الخفيفة ، ثرمستون ، بونزا ، مقاومة الانضغاط ، كثافة الخرسانة ، معامل المرونة.

1- المقدمة

يعد استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن ذات أهمية كبيرة في أغلب المنشآت ، اذ تستعمل في أهم العناصر الانشائية مثل الجدران والسقوف والعتبات ، وتستخدم أيضاً في انتاج الكتل البنائية الخفيفة الوزن والتي تستخدم كعازل حراري بالمقارنة مع الكتل البنائية الاعتيادية ، ان خفة وزن الخرسانة يقلل من الاحمال المسلطة على المنشأ لذا تعتبر الخرسانة الخفيفة الوزن اقتصادية من ناحية العزل الحراري ومن ناحية الوزن لأنها تقلل من استهلاك الطاقة اللازمة للتبريد والتدفئة وكذلك خفة الوزن تؤدي الى التقليل من حجم الأساسات وهذا يؤدي الى تقليل الكلفة المطلوبة للمنشآت. الخرسانة الخفيفة الوزن هي الخرسانة التي تكون كثافتها الجافة بالفرن كحد أقصى (2000 كغم\م³)⁽¹⁾، وانها ذات استعمال واسع في العالم بوسائل وطرق ومواد ومعدات مختلفة حسب الجهة المنتجة لها والمواد المكونة لها . وتسمى الخرسانة الخفيفة الوزن بأسماء مختلفة وذلك تبعاً لطرق انتاجها ، فهي تسمى الخرسانة الخلوية (cellular lightweight concrete) ، والخرسانة الكلسية (lime lightweight concrete)، والخرسانة الرغوية (foamed lightweight concrete)⁽²⁾ ، وتمتاز الخرسانة الخفيفة كما يدل ذلك من تسميتها بخفة وزنها ومقاومتها للحريق والعزل الحراري والصوتي الجيد وكذلك مقاومتها للصقيع .

لقد استنتج الباحثان (La-loude and Janes)⁽³⁾ بأنه من الضروري استخدام نسبة عالية من الركام الذي يمر من منخل رقم (4.75 ملم) لأن استخدام الركام ذو الجزيئات الكبيرة والقليل المقاومة سيؤدي الى تقليل المقاومة للخرسانة ، ان تقليل المقاس الأقصى للركام من (25 ملم) الى (16 ملم) سوف يزيد المقاومة بحوالي (10%) ، كذلك ان المسامية العالية للركام يعني مقاومة اقل للركام وبالتالي مقاومة اقل للخرسانة .

2- الهدف من البحث

الهدف من البحث هو الحصول على خرسانة خفيفة الوزن ذات مواصفات ميكانيكية وإنشائية عالية باستخدام بدائل الركام الخشن في الخلطة وينسب مختلفة وبدون استخدام المواد المضافة وتقييم هذه الخصائص مختبرياً ، وإمكانية الاستفادة من فكرة البحث لإنتاج عناصر إنشائية واطئة الكلفة وخفيفة الوزن وذات مواصفات عزل حراري وصوتي كفوء وبالتالي تقليل كلف الأتشاء والخدمات الأخرى الخاصة بالمنشآت.

3- البرنامج العملي

يتضمن البرنامج العملي كافة التجارب المختبرية التي تم اجراءها لتحديد خصائص المواد الأساسية المستخدمة ومطابقتها للمواصفات القياسية.

3-1 المواد المستعملة

3-1-1 السمنت

تم استخدام السمنت العراقي المحلي نوع ماس (Mass) وهو اسمنت بورتلاندي اعتيادي (Ordinary Portland Cement) ، نتائج فحصه مطابقة للمواصفة العراقية القياسية (IQS No.5/1984)⁽⁴⁾ ، الجدول (1) يوضح الخواص الكيميائية والفيزيائية لهذا السمنت.

3-1-2 الركام الخشن

وتم تصنيفه لنوعين (اعتيادي وخفيف).

3-1-2-1 الركام الخشن الاعتيادي

تم استخدام حصي نهري مكسر مغسول متوافر في منطقة الدبس في محافظة كركوك ذو مقاس اسمي أقصى يبلغ (12.5ملم) ، الجدول (2) يبين تدرج الحصى حسب المواصفة العراقية (IQS No. 45/1984)⁽⁵⁾ ، الجدول (3) يبين الخواص الكيميائية والفيزيائية للركام الخشن المستخدم.

3-1-2-2 ركام الصخور الطينية الخشن (بونزا) (Claystone)

ان الركام الخفيف المستخدم في هذا البحث هو ركام الصخور الطينية (Claystone) ويسمى محلياً (بونزا) وهو ركام خشن خفيف الوزن معتمد في انتاج الكتل البنائية الخفيفة حيث يستخدم كركام ناعم بعد سحقه عند انتاج الكتل البنائية التي تستخدم كقواطع في الأبنية ، ومصدره الأصلي جبال تركيا ، حيث تتم غربلته في معامل انتاج هذه الكتل البنائية للحصول على التدرج المطلوب . تم استخدامه كركام خشن بدون سحق وبمقاس اسمي أقصى يبلغ (12.5ملم) وينسب استبدال حجمية مختلفة (0، 25 ، 50 ، 75 ، 100)% ويكون الاستبدال حجمياً بسبب خفة وزنه وللمحافظة على حجم الخلطة الطبيعي ، الجدول (4) يبين التدرج لركام الصخور الطينية وهو مطابق للمواصفة الأمريكية -ASTM C330 (99)⁽⁸⁾، الجدول (5) يبين الخواص الكيميائية والفيزيائية لركام البونزا الخشن الخفيف .

3-1-2-3 ركام الثرمستون الخشن

في هذا البحث تم استخدام ركام الثرمستون المكسر الخشن الخفيف الناتج من المخلفات البنائية المتوافرة بعد تكسيره يدوياً بواسطة المطرقة اليدوية ولمراحل تكسير متعددة، وبعدها تمت غربلته للحصول على التدرج المطلوب. استخدم هذا الركام بمقاس اسمي أقصى يبلغ (12,5ملم) وينسب استبدال مختلفة (0 ، 25 ، 50 ، 75 ، 100) % من حجم

الركام الخشن الاعتيادي ، الجدول (6) يوضح تدرج هذا النوع من الركام وهو مطابق للمواصفة الأمريكية ASTM (C330-99) (8) ، الجدول (7) يبين الخواص الكيميائية والفيزيائية لركام الثرمستون الخشن المكسر الخفيف المستخدم .

3-1-3 الركام الناعم

الرمل المستخدم في الخلطة الخرسانية هو رمل نهري (River Sand) ، مصدره منطقة الطوز في محافظة صلاح الدين ، بعد إجراء التحليل المنخلي له وجد أنه مطابق للمواصفات العراقية (IQS No. 45/1984) (5) ، الجدول (8) يبين نتائج التحليل المنخلي ، الجدول (9) يبين الخصائص الفيزيائية والكيميائية.

3-1-4 الماء المستخدم

تم إجراء فحص الرقم الهيدروجيني (pH) لنموذج ماء الشرب لشبكة مدينة كركوك ووجد انه يساوي (7.6) ، وقد استخدم لغرض اعداد الخلطات الخرسانية المطلوبة وعملية معالجة النماذج القياسية.

3-2 تصميم الخلطة

تم الاعتماد على نسبتيين لكميات مكونات الخلطة ، الأولى تم تصميمها حسب الكود الأمريكي (ACI 211.1-91) (11) وهي الخلطة العاشرة (Trail -10) والثانية حسب بحث سابق (12) اذ اعتمدت في بقية الخلطات ولكن تم تغيير نسبة الماء الى السممت ومحتوى السممت لأكثر من حالة للحصول على أفضل خلطة ، وأجري على هذه الخلطات فحص الهطول لمعرفة قابلية التشغيل ومدى انسيابية هذه الخلطات ، وكذلك أجري فحص مقاومة الانضغاط لمعرفة الخلطة ذات أعلى مقاومة انضغاط بعمر 28 أيام ، وفي هذا الفحص تم استخدام قوالب المكعبات القياسية بأبعاد (150×150×150) ملم ولكل خلطة تم فحص 3 مكعبات وأخذ معدل نتائج الفحص . من خلال الجدول (10) تم اختيار أفضل خلطة خرسانية .

3-3 الخلطات الخرسانية والصب والمعالجة

لغرض اكمال البرنامج البحثي المقترح لهذه الدراسة فقد تم الاعتماد على نسبة خلط (1:1.5:3) وبمحتوى سممت (400 كغم³) وبمحتوى رمل (600 كغم³) و (W/C) بنسبة مساوية لـ(0.40) مع التغيير بمحتوى الركام الخشن الاعتيادي (1200 كغم³) عن طريق استبداله بركام البونزل الخفيف الخشن بنسب مختلفة (25 ، 50 ، 75 ، 100) % من حجم الركام الخشن ، وكذلك استبداله بركام الثرمستون المكسر الخشن بنفس النسب إضافة للخلطة المرجعية . وبهذا يكون العدد الكلي 9 خلطات مع بقاء نسب الماء والرمل والسممت كتوابت كما في الجدول (11) ، بعدها تم صب النماذج بواسطة قوالب قياسية ورص الخرسانة اثناء الصب بواسطة الهزاز الكهربائي ، عند اكمال الصب وتسوية سطح النماذج بواسطة قضيب معدني يتم تغطية النماذج بطبقة من النايلون لمدة يوم واحد لتجنب تبخر الماء ، بعدها تفتح القوالب وتوضع في حوض المعالجة لمدة 27 يوم.

4- الفحوصات المختبرية

4-1 فحص مقاومة الانضغاط

تم فحص مقاومة الانضغاط (f_{cu}) للمكعبات الخرسانية القياسية ذات أبعاد (150×150×150) ملم حسب المواصفة البريطانية (BS 1881: Part 116:1989) (13) ، وتم اعتماد معدل مقاومة الانضغاط لثلاثة مكعبات بعمر (28) يوماً.

4-2 فحص مقاومة شد الانشطار

تم إجراء فحص مقاومة شد الانشطار (f_t) (الشد غير المباشر) للخرسانة المتصلبة حسب المواصفة الأمريكية (ASTM C 496-96) (14) ، وقد اجري الفحص على نماذج خرسانية اسطوانية الشكل بعمر (28) يوم ذات ابعاد (300×150) ملم وبمعدل ثلاث أسطوانات .

4-3 فحص مقاومة الانثناء

تم فحص مقاومة الانثناء (معايير الكسر) للمواشير الخرسانية (f_r) حسب المواصفة الأمريكية (ASTMC78-02) (15) وبأبعاد (500×100×100) ملم باتباع طريقة التحميل (Third-Point Loading) وبمعدل ثلاث مواشير لكل خلطة وبعمر 28 يوم .

4-4 فحص معامل المرونة الساكن

تم فحص معامل المرونة الساكن (E_c) للعينات الخرسانية وفق المواصفات القياسية الأمريكية (-ASTM C569) (16)، وقد اجري الفحص على نماذج خرسانية اسطوانية الشكل بعمر (28) يوماً ذات ابعاد قياسية (300×150) ملم .

4-5 فحص وحدة الوزن (الكثافة الجافة بالفرن للخرسانة المتصلبة)

تم اجراء الاختبار لمعرفة كثافة الخرسانة المتصلبة (وحدة الوزن) حسب المواصفة الأمريكية (-ASTM C567) (17) باستخدام نماذج أسطوانية الشكل ذات أبعاد (300×150) ملم ، بعمر (28) يوم وبمعدل ثلاث أسطوانات لكل خلطة.

4-6 فحص الامتصاص

تم اجراء فحص الامتصاص للخرسانة المتصلبة حسب المواصفة الأمريكية (ASTM C642-97) (22) باستخدام نماذج أسطوانية الشكل ذات أبعاد (300×150) ملم بعد (28) يوم من عملية الصب وواقع (3) عينات لكل خلطة .

4-7 التوصيلية الحرارية

يمثل معامل التوصيل الحراري (K) المقياس للتوصيلية الحرارية ، وهو عدد الوحدات الحرارية التي تمر خلال وحدة المساحة من المادة ويسمك يساوي وحدة واحدة وخلال وحدة زمنية واحدة عندما يكون الفرق بين درجات الحرارة لوجهي الجسم درجة واحدة ، وفي النظام المتري تكون الوحدة المستعملة (واطام. كيلو جول) ، ولقد ورد في (ACI) (23) المعادلة الاتية التي تربط الكثافة الجافة بمعامل التوصيل الحراري لنماذج مجففة في الفرن .

$$K=0.072 \times E^{0.00125\rho} \dots\dots\dots (1)$$

K : التوصيلية الحرارية (واطام. كيلو جول) لنموذج مجفف في الفرن

ρ : الكثافة الجافة للنموذج (كغم/م³)

E : الدالة الاسية (Exponential)

5 - النتائج والمناقشة**5-1 فحص مقاومة الانضغاط**

من خلال الجدول (12) يلاحظ انخفاض مقاومة الانضغاط مع زيادة نسبة الركام الخفيف الخشن (ركام البونزا الخشن ، ركام الثرمستون الخشن) على التوالي مقارنة مع الخلطة المرجعية نتيجة الوزن النوعي الأقل للركام الخشن الخفيف الناتج من الفجوات الداخلية التي تقلل من مقاومة الانضغاط للخرسانة وكلما زادت هذه الفجوات كلما قلت مقاومة الانضغاط للخرسانة . ان مقاومة الانضغاط للخرسانة عند نسب استبدال ركام الثرمستون (25 ، 50) % كانت اعلى من مقاومة انضغاط الخرسانة عند نفس النسب عندما نستخدم ركام البونزا رغم ان الوزن النوعي لركام البونزا اعلى من الوزن النوعي لركام الثرمستون وهذا يدل على صلابة وتحمل جزئيات ركام الثرمستون مقارنة مع جزئيات ركام البونزا عند هذه النسب او نتيجة استعمال ركام الثرمستون المكسر وكذلك الركام الخشن الاعتيادي المكسر والموجود بنسبة كبيرة عند نسب الاستبدال هذه ، فيشكلان ترابط اقوى مقارنة باستخدام ركام البونزا غير المكسر ، ان هذا الترابط جاء نتيجة لتشابه أشكال نوعي الركام المكسر وكذلك نتيجة خشونة سطح الركام المكسر وبالتالي زيادة مقاومة الانضغاط عند هذه النسب مقارنة مع مقاومة الانضغاط عند نفس النسب عندما نستخدم ركام البونزا ، لكن يلاحظ العكس عند نسب استبدال الركام الخشن (75)

(100) % حيث أن مقاومة الانضغاط للخرسانة عندما نستخدم ركام البونزا اعلى من مقاومة الانضغاط عند استخدام ركام الثرمستون عند نفس النسب وهذا يدل على ضعف الترابط الذي تشكل مع الركام الخشن الاعتيادي المكسر نتيجة نقصان كمية الركام الخشن الاعتيادي المكسر ، لا يوجد رأي موحد لتصنيف الخرسانة الخفيفة لكن يعتبر رأي الاتحاد الدولي لمختبرات فحص المواد (RILEM) (18) هو الأقوى اذ يعتبر الخرسانة ذات مقاومة انضغاط أكبر من (15 نت\م²) خرسانة خفيفة انشائية اما اذا كانت اقل من (15 نت\م²) فأنها تصنف كخرسانة خفيفة عازلة . الشكل (1) يبين نتائج فحص مقاومة الانضغاط .

5-2 فحص مقاومة شد الانشطار

يتبين من خلال الجدول (12) انخفاض مقاومة الشد غير المباشر مع زيادة نسبة الركام الخفيف الخشن وهذا نتيجة الوزن الخفيف للركام الخشن والنتائج من وجود فجوات أو مسامات كثيرة داخله أدت الى تقليل الوزن النوعي ، ان مقاومة شد الانشطار عند استبدال الركام الاعتيادي بركام الثرمستون وبنسبة (25%) اعلى من مقاومة شد الانشطار عند استخدام ركام البونزا عند نفس النسبة رغم ان الوزن النوعي لركام البونزا اعلى من الوزن النوعي لركام الثرمستون وهذا بسبب وجود الركام الخشن الاعتيادي المكسر بنسبة كبيرة عند هذه النسبة وكذلك استخدام ركام الثرمستون المكسر والذي يشبه شكل الركام الاعتيادي ، وخشونة سطح هذين النوعين ، كل هذه الأسباب أدت الى تشكيل ترابط قوي بين الركام الخشن وعجينة السمنت بوجود الرمل اقوى من ترابط الخرسانة بوجود ركام البونزا الخشن عند هذه النسبة . في الخلطات الخرسانية (M4 , M5 , M7 , M8 , M9 , M3) تكون مقاومة شد الانشطار للخرسانة عندما يستخدم ركام البونزا الخشن اعلى من مقاومة شد الانشطار للخرسانة عندما يستخدم ركام الثرمستون الخفيف المكسر ، والسبب هو ان الوزن النوعي لركام البونزا الخفيف الخشن اعلى من الوزن النوعي لركام الثرمستون الخفيف . الشكل (2) يبين نتائج فحص مقاومة شد الانشطار غير المباشر.

5-3 فحص مقاومة الانثناء

الجدول (12) يشير الى انخفاض مقاومة الانثناء مع زيادة نسبة الركام الخشن الخفيف والسبب في هذا الانخفاض هو خفة وزن الركام الخشن نتيجة وجود المسامات الداخلية في هذا الركام وهذه المسامات تقلل من تحمل الركام الخشن والذي يتحمل الجزء الأكبر من مقاومة الخرسانة للاحمال المسلطة وبالتالي تقليل مقاومة الانثناء للخرسانة ، وكما حدث عند فحص مقاومة الانضغاط وفحص مقاومة الشد حيث ان مقاومة الانثناء للخلطة الخرسانية (M6) والتي تمثل استبدال الركام الخشن الاعتيادي بركام الثرمستون الخشن الخفيف المكسر بنسبة (25%) أعلى من تحمل الخلطة الخرسانية (M2) التي تمثل استبدال الركام الخشن الاعتيادي بركام البونزا الخشن الخفيف وعند نفس نسبة الاستبدال رغم ان الوزن النوعي لركام البونزا اعلى من الوزن النوعي لركام الثرمستون وهذا بسبب الترابط الأقوى بين ركام الثرمستون الخشن المكسر والركام الاعتيادي الخشن المكسر الذي يوجد بنسبة كبيرة عند نسبة الاستبدال هذه وكذلك تشابه أشكال جزيئات الركام لان النوعين من الركام المكسر وخشونة سطح النوعين كل هذه الأسباب شكلت ترابط قوي بين نوعي الركام وهذا الترابط نتج عنه مقاومة انثناء أعلى . أما في بقية الخلطات (M3 , M4 , M5 , M7 , M8 , M9) تكون مقاومة الانثناء للخرسانة التي تحتوي على ركام البونزا اعلى من مقاومة الانثناء للخرسانة التي تحتوي على ركام الثرمستون ان ذلك نتيجة للوزن النوعي الأعلى بالنسبة لركام البونزا مقارنة بالوزن النوعي الأقل لركام الثرمستون . الشكل (3) يبين نتائج فحص معايير الكسر .

5-4 فحص معامل المرونة الساكن

من خلال النتائج في الشكل (5) والشكل (6) والجدول (13) يلاحظ انخفاض معامل المرونة الساكن بزيادة الركام الخشن الخفيف في الخرسانة مقارنة بمعامل المرونة للخرسانة المرجعية وذلك بسبب زيادة الفجوات الداخلية المتكونة في الخرسانة نتيجة الركام الخشن الخفيف الذي يحتوي على فجوات او مسامات كثيرة وخصوصا عندما يكون وزنه النوعي قليل وهذه الفجوات تقلل من وزن الخرسانة ، ان معامل المرونة لخرسانة ركام البونزا وعند نسب استبدال (25 ، 50) % أقل من

معامل المرونة لخرسانة ركام الثرمستون وعند النسب ذاتها ، بينما يكون العكس عند نسب استبدال (75 ، 100) % ، معامل المرونة لخرسانة ركام البونزا اكبر من معامل المرونة لخرسانة ركام الثرمستون والسبب هو ان الركام الخشن الخفيف يكون محتواه قليل عند نسب الاستبدال (25 ، 50) % فيتشكل رابط بين الركام الخشن الاعتيادي المكسر وركام الثرمستون الخشن الخفيف المكسر لتشابه أشكال جزيئات الركام تقريبا ولخشونة سطح الركام الخشن المكسر سواء اعتيادي أم خفيف ، ولهذا السبب تغلب على الوزن النوعي الأكبر لركام البونزا ، وعند نسب استبدال الركام الخشن الخفيف (75 ، 100) % يكون العكس حيث يكون محتوى الركام الخشن الاعتيادي قليل فيضعف الرابط الذي تشكل بالبداية مع ركام الثرمستون بالتالي سيتغلب الوزن النوعي الأكبر لركام البونزا ولذلك يكون معامل المرونة عند هذه النسب أكبر . الشكل (4) يبين فحص معامل المرونة الساكن .

5-5 فحص وحدة الوزن (الكثافة الجافة بالفرن للخرسانة المتصلبة)

اشارت النتائج في الجدول (14) الى انخفاض وحدة الوزن او الكثافة الجافة بالفرن نتيجة زيادة نسبة الركام الخشن الخفيف فكلما كانت الزيادة أكبر كانت الكثافة الجافة بالفرن أقل وهذا نتيجة وجود المسامات أو الفجوات الداخلية في الركام الخشن الخفيف كما حدث في الفحوصات السابقة ويلاحظ أيضا من خلال النتائج أن انخفاض الكثافة الجافة بالفرن في الخلطات (M9 , M8 , M7 , M6) أكبر من انخفاض الكثافة الجافة بالفرن للخلطات (M5 , M4 , M3 , M2) وهذا بسبب اختلاف الوزن النوعي بين نوعي الركام الخشن الخفيف ، حيث ان الوزن النوعي لركام البونزا الخشن الخفيف والموجود في الخلطات (M5 , M4 , M3 , M2) أكبر من الوزن النوعي لركام الثرمستون الخشن الخفيف والموجود في الخلطات الأخرى ماعدا الخلطة المرجعية ، يعتبر رأي الاتحاد الدولي لمختبرات فحص المواد (RILEM) ⁽¹⁸⁾ الرأي الأقوى من بين آراء كل الباحثين وهناك العديد من الآراء اتفقت مع هذا الرأي ^(18,19,20,21) .

5-6 فحص الامتصاص

يتبين من خلال الجدول (14) زيادة نسبة الامتصاص مع زيادة نسبة الركام الخشن الخفيف في الخلطات الخرسانية وهذا جاء نتيجة تقليل الكثافة بسبب وجود فجوات داخلية في الركام الخشن الخفيف ، هذه الفجوات زادت من الفجوات او المسامات داخل الخرسانة وبالتالي زيادة الامتصاص للماء ، من خلال الجدول (14) ان الخلطات الخرسانية التي تحتوي على ركام الثرمستون الخشن (M9 , M8 , M7 , M6) نسبة امتصاصها للماء أعلى من الخلطات الخرسانية التي تحتوي على ركام البونزا الخشن (M5 , M4 , M3 , M2) وعند نفس نسب الاستبدال ، والسبب هو أن الوزن النوعي لركام الثرمستون الخشن أقل من الوزن النوعي لركام البونزا الخشن وعندما يكون الوزن النوعي أقل للركام الخشن يعني ان الفجوات الداخلية أكثر وبالتالي يكون الامتصاص أعلى.

5-7 التوصيلية الحرارية

يلاحظ من الجدول (14) انخفاض مقدار التوصيلية الحرارية للخرسانة أي زيادة العزل الحراري للخرسانة مع زيادة نسبة الركام الخشن الخفيف في الخلطات الخرسانية والسبب هو وجود الفجوات أو المسامات الداخلية في الخرسانة والتي تكون عائق أمام توصيل الحرارة بين وجهين متقابلين للخرسانة وتزداد هذه الفجوات نتيجة المسامات الداخلية في الركام الخفيف الخشن ، لقد ذكر الاتحاد الدولي لمختبرات فحص المواد (RILEM) ⁽¹⁸⁾ بأن الخرسانة ذات التوصيلية الحرارية اقل من (0.75 واطام. كيلو جول) وأكبر من أو يساوي (0.3 واطام. كيلو جول) تعتبر خرسانة خفيفة انشائية عازلة وان الخرسانة ذات التوصيلية الحرارية أقل من (0.3 واطام. كيلو جول) تعتبر خرسانة خفيفة عازلة لذلك لا تعتبر الخلطات الخرسانية (M6 , M2 , MR1) ضمن مجال الخرسانة الخفيفة العازلة بينما الخلطات الخرسانية (M9 , M8 , M7 , M3 , M5 , M4 ,) تعتبر ضمن مجال الخرسانة الخفيفة الانشائية العازلة .

6- الاستنتاجات

1. انخفاض مقاومة الانضغاط للخرسانة بزيادة محتوى الركام الخشن الخفيف حيث وصلت أقل مقاومة انضغاط الى (15,5نت/م²) وتصنف هذه القيمة ضمن مجال الخرسانة الانشائية بغض النظر عن كثافتها ، حيث ان مقاومة انضغاط الخرسانة التي تحتوي على ركام الثرمستون الخشن الخفيف عند نسب استبدال (25 ، 50) % اعلى من مقاومة انضغاط خرسانة ركام البونزا الخشن الخفيف عند نسب الاستبدال ذاتها رغم الوزن النوعي الأكبر لركام البونزا ، لكن يكون العكس عند نسب استبدال (75 ، 100) % حيث تكون مقاومة انضغاط خرسانة ركام البونزا أعلى .
2. عند زيادة الركام الخشن الخفيف تقل مقاومة شد الانتشار للخرسانة لكن بنسبة قليلة مقارنة بمقاومة الانضغاط ، ان مقاومة شد الانتشار لخرسانة ركام الثرمستون الخشن الخفيف المكسر عند نسبة استبدال (25) % اكبر من مقاومة شد الانتشار لخرسانة ركام البونزا الخشن الخفيف عند نسبة الاستبدال ذاتها.
3. تتخفص مقاومة الانثناء عند زيادة الركام الخشن الخفيف وان مقاومة الانثناء للخلطة الخرسانية (M6) والتي تمثل استبدال الركام الخشن الاعتيادي بركام الثرمستون الخشن الخفيف المكسر بنسبة (25) % أعلى من مقاومة انثناء الخلطة الخرسانية (M2) التي تمثل استبدال الركام الخشن الاعتيادي بركام البونزا الخشن الخفيف وعند نفس نسبة الاستبدال .
4. زيادة الركام الخشن الخفيف تؤدي الى انخفاض كثافة الخرسانة ، الخلطات الخرسانية التي تحتوي على الثرمستون ذات كثافة اقل من خلطات خرسانة البونزا ، حسب المواصفات القياسية أن الخرسانة في الخلطات الخرسانية (M2 , M6 , MR1) والتي تمثل الخلطة المرجعية والخلطات عند نسب استبدال (25) % ليست خرسانة خفيفة وانما تعتبر خرسانة اعتيادية أما الخرسانة في الخلطات الخرسانية (M3 , M4 , M5 , M7 , M8 , M9) والتي تمثل نسب استبدال (50 ، 75 ، 100)% ولنوعي الركام الخشن الخفيف تعتبر خرسانة خفيفة الوزن ، وأن الخرسانة في الخلطات (M3 , M4 , M7 , M8) والتي تمثل نسب الاستبدال (50، 75) % تعتبر خرسانة خفيفة انشائية .
5. يقل معامل المرونة الساكن بصورة تدريجية بزيادة الركام الخشن الخفيف ، وكذلك تبين بأن معامل المرونة الساكن لخلطات ركام الثرمستون وعند نسب استبدال (25، 50) % أكبر من معامل المرونة لخلطات ركام البونزا وعند نسب الاستبدال ذاتها لكن يكون العكس عند نسب استبدال (75 ، 100) % ولنوعي الركام الخشن الخفيف حيث يكون معامل المرونة لخرسانة البونزا اكبر من معامل المرونة لخرسانة الثرمستون .
6. زيادة نسبة الامتصاص مع زيادة نسبة الركام الخشن الخفيف في الخلطات الخرسانية . ان الخلطات الخرسانية التي تحتوي على ركام الثرمستون الخشن (M2 , M3 , M4 , M5 , M6 , M7 , M8 , M9) نسبة امتصاصها للماء أعلى من الخلطات الخرسانية التي تحتوي على ركام البونزا الخشن (M2 , M3 , M4 , M5) وعند نفس نسب الاستبدال حسب مواصفات (RILEM)⁽¹⁸⁾.
7. يزداد العزل الحراري بزيادة الركام الخشن الخفيف ، أن خلطات ركام الثرمستون الخشن الخفيف (M6 , M7 , M8 , M9) ذات توصيلية حرارية أقل (عزل أعلى) من خلطات ركام البونزا الخشن الخفيف (M2 , M3 , M4 , M5) بسبب الوزن النوعي الأقل للثرمستون ، ولا تعتبر الخلطات الخرسانية (MR1 , M2 , M6) ضمن مجال الخرسانة الخفيفة العازلة بينما الخلطات الخرسانية (M3 , M4 , M5 , M7 , M8 , M9) تعتبر ضمن مجال الخرسانة الخفيفة الانشائية العازلة .

المصادر

- 1) John Newman, Ban Seng Choo, 2003, "Advanced Concrete Technology, Processes", Elsevier Ltd. First published, pp. (2/4, 2/9).
- 2) www.system Building.com (2001), "What is Cellular Lightweight Concrete", pp. (2-3).

- 3) La-Loude and Janes, 1961 "Light Weight Concrete", Concrete Engineering Hand Book, 1st Edition.
- 4) المواصفة القياسية العراقية رقم (5)، 1984، "السمنت البورتلاندي"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، بغداد .
- 5) المواصفة القياسية العراقية رقم (45)، ، 1984 "ركام المصادر الطبيعية المستعمل في الخرسانة والبناء" الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، بغداد .
- 6) ASTM C128-01 , 2004 "Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate", Annual Book of ASTM Standards , Vol. 04.02, pp. (74-79).
- 7) ASTM C29/C29M-97, (Re-approved 2003), "Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, pp. (1-4).
- 8) ASTM C330-99, 2004, "Standard Specification for Lightweight Aggregate for Structural Concrete", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, pp.(2).
- 9) ASTM C127-88, 2004, "Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, pp. (3-4) .
- 10) BS 3797, Part 2 , 1981, "Specification for Lightweight Aggregate for Concrete" , British Standards Institution , London , pp. (2) .
- 11) ACI Committee 211.1-91 , (Reapproved 2009), "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete", American Concrete Institute .
- 12) محمد مصلح ، مهند وليد ، 2008 ، "العلاقة بين نسب الخلط الوزنية والحجمية للخلطات الخرسانية مع تطوير الجداول الخاصة بتخمين مواد الخرسانة" ، مجلة الهندسة والتنمية ، المجلد 12 ، العدد 4 .
- 13) BS 1881, Part 116, 1989, "Method for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes", British Standards Institution, PP. 3 .
- 14) ASTM C496-96 , 2004, "Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens", Vol. 04.02 .
- 15) ASTM designation C78-02, 2004 , "Standard test method for flexural strength of concrete (using samples beam with third point loading)" Vol. 04.02 .
- 16) ASTM C469-94 , 2004, "Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression" , Annual Book of ASTM , Vol. 04.02 .
- 17) ASTM C567-00, 2004, "Standard Test Methods for Determination Density of Structural Lightweight Concrete", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, pp. (302-304).
- 18) RIEM, 1975 "Terminology and Definitions of Lightweight Concrete", Recommendation LCI. 1st edition .
- 19) CEB, 1987, "CEB-FIP Model Code for Concrete Structures", Vol. II. 3rd edition, CEB Paris.
- 20) Eurocode No.2, 1991, "Design of Concrete Structures", part I .General Rules and Rules for Buildings, Final text.
- 21) Eurocode No.2, Jun 1992, "The Use of Lightweight Aggregate Concrete with Closed Structures", part (1- 4).
- 22) ASTM C642-97, 2004, "Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete", Annual Book of ASTM, Vol. 04.02.
- 23) ACI Committee 523, September-October, 1986, "Guide for Cast-in-Place Low-Density Concrete", Journal of ACI, Vol.83, pp. (830-837).

جدول (1) الخواص الكيميائية والفيزيائية للسمنت *

Oxides Composition	Content %	Limit of Iraqi Specification No. 5/1984
CaO	61.44	-
Al ₂ O ₃	4.103	8% Max
SiO ₂	17.31	21% Max
MgO	2.46	5 % Max
SO ₃	2.21	2.8 %Max
Loss on Ignition· (L.O.I)	1.23	4 %Max
Physical Properties	Test Results	Limit of Iraqi specification No. 5/1984
Specific surface area (Blaine method)· (m ² /kg)	259 m ² /kg	(230 m ² /kg) lower limit
Setting time (vacate apparatus) Initial setting· (hrs : min) Final setting· (hrs : min)	2hrs 7min 4hrs 32 min	Not less than 45min Not more than 10 hrs

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (2) ندرج الركام الخشن الاعتيادي *

Sieve size	Cumulative passing %	Limit of IQS No. 45/1984
14-mm	100	90-100
10-mm	65.29	50-85
5-mm	0.22	0-10

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (3) الخواص الكيميائية والفيزيائية للركام الخشن الاعتيادي *

Properties	Specification	Test Results	Limits of specification
Specific gravity	ASTM C128-01 ⁽⁶⁾	2.67	-
Absorption (%)	ASTM C128-01 ⁽⁶⁾	0.56	-
Dry loose unit weight (kg/m ³)	ASTM C29/C29M/97 ⁽⁷⁾	1340	-
Sulfate content (as SO ₃) (%)	(I.Q.S.) No. 45-84 ⁽⁵⁾	0.027	0.1 (max. value)

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (4) تدرج ركام الصخور الطينية (بونزا) *

Sieve size	Cumulative passing %	Limit of ASTM C330-99
12.5-mm	93.6	90-100
9.5-mm	60.3	40-80
4.75-mm	12.7	0-20

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (5) الخواص الكيميائية والفيزيائية لركام البونزا الخشن الخفيف *

Properties	Specification	Test Results	Limits of specification
Specific gravity	ASTM C127-88 ⁽⁹⁾	1.4	-
Absorption %	ASTM C127-88 ⁽⁹⁾	4.6	-
Dry loose unit weight, (kg/m ³)	ASTM C29/C29M/97 ⁽⁷⁰⁾	623	-
Sulfate content (as SO ₃), %	BS 3797-part 2-1981 ⁽¹⁰⁾	0.1	1 (max. value)

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (6) تدرج ركام الثرمستون *

Sieve size	Cumulative passing %	Limit of ASTM C330-99
12.5-mm	95.2	90-100
9.5-mm	71.34	40-80
4.75-mm	17.3	0-20

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (7) الخواص الكيميائية والفيزيائية لركام الثرمستون المكسر الخشن الخفيف *

Properties	Specification	Test Results	Limits of specification
Specific gravity	ASTM C127-88 ⁽⁹⁾	1.25	-
Absorption %	ASTM C127-88 ⁽⁹⁾	45	-
Dry loose unit weight, (kg/m ³)	ASTM C29/C29M/97 ⁽⁷⁾	450	-
Sulfate content (as SO ₃), %	BS 3797-part 2-1981 ⁽¹⁰⁾	0.3	1 (max. value)

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (8) تدرج الركام الناعم*

Sieve size	Cumulative passing %	Limit of IQS No. 45/1984 for Zone No. (2)
4.75-mm	99.78	90 – 100
2.36-mm	89.7	75 – 100
1.18-mm	79.68	55 – 90
600- μ m	58.81	35 – 59
300- μ m	29.43	8– 30
150- μ m	6.07	0 – 10

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (9) الخصائص الفيزيائية والكيميائية للركام الناعم*

Properties	Specification	Test Results	Limits of specification
Specific gravity	ASTM C128-01 ⁽⁶⁾	2.8	-
Absorption %	ASTM C128-01 ⁽⁶⁾	0.7 %	-
Dry loose unit weight, (kg/m ³)	ASTM C29/C29M/97 ⁽⁷⁾	1580	-
Sulfate content (as SO ₃), %	(I.Q.S.) No. 45-1984 ⁽⁵⁾	0.056	0.5 (max. value)
Material finer than sieve 0.075 mm	(I.Q.S.) No. 45-1984 ⁽⁵⁾	1.26	5 (max. value)

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول(10) نتائج فحوصات الخلطات التجريبية*

Trail Mix #	Cement Content (kg/m ³)	W/C	Density (kg/m ³)	Compressive strength at 28 Day (MPa)	Slump flow (mm)
Trail -1	400	0.38	2423.15	46.77	66
Trail -2	400	0.4	2413.6	47.53	73
Trail -3	400	0.42	2411.36	39.93	81
Trail -4	425	0.38	2410.29	43.86	57
Trail -5	425	0.4	2413.13	43	64
Trail -6	425	0.42	2425.25	41.3	72
Trail -7	450	0.38	2393.8	42.73	59
Trail -8	450	0.4	2401.05	36.32	69
Trail -9	450	0.42	2435.4	42.16	76
Trail -10	386.19	0.54	2345	27.93	74

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (11) الخلطات الخرسانية المستخدمة في الدراسة*

Mix. No.	Cement (kg/m ³)	Sand (kg/m ³)	Coarse aggregate %			W/C
			Normal weight	Thermostone	Claystone	
MR1	400	600	100	0	0	0.4
M2	400	600	75	0	25	0.4
M3	400	600	50	0	50	0.4
M4	400	600	25	0	75	0.4
M5	400	600	0	0	100	0.4
M6	400	600	75	25	0	0.4
M7	400	600	50	50	0	0.4
M8	400	600	25	75	0	0.4
M9	400	600	0	100	0	0.4

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (12) نتائج الفحوصات المختبرية لمقاومة الانضغاط ومقاومة شد الانشطار ومقاومة الانتشاء*

Mix. No.	Compressive Strength (MPa)	Decreasing %	Splitting Tensile Strength (MPa)	Decreasing %	Flexural Strength (MPa)	Decreasing %
MR1	42.25	-	4.77	-	5	-
M2	33.6	20.47	3.97	16.77	4.7	6
M3	23.16	45.81	3.311	30.58	4.25	15
M4	19	55	2.4	49.68	3.76	24.8
M5	15.64	62.9	1.7	64.36	3.3	34
M6	40.2	4.85	4.5	5.66	4.85	3
M7	32.4	23.31	3.1	35	4	20
M8	18.34	56.6	1.6	66.45	3.42	31.6
M9	15.5	63.31	1.3	72.74	3	40

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

جدول (13) نتائج فحص معامل المرونة الساكن*

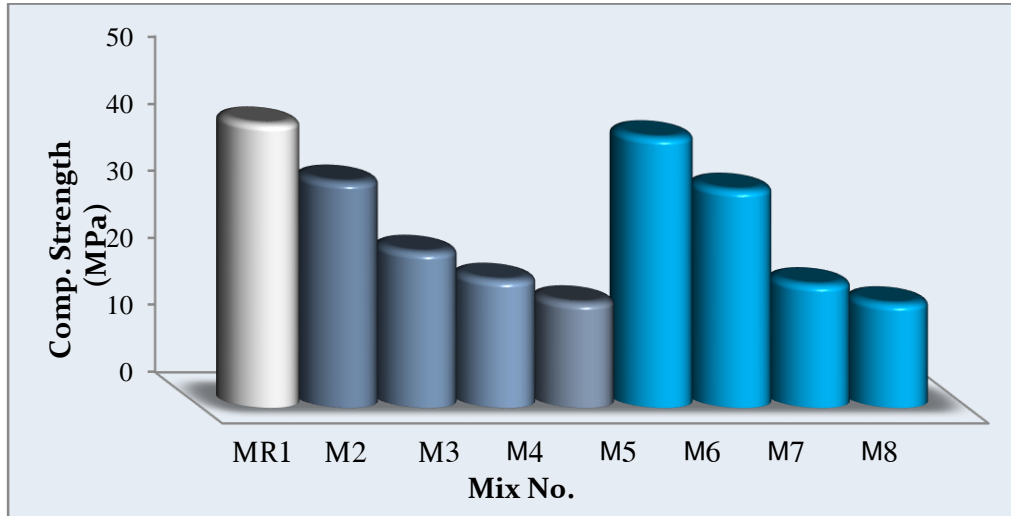
Mix. No.	Normalweight Coarse Agg. %	Thermostone Coarse Agg. %	Claystone Coarse Agg. %	W/C	Modulus of Elastic. (MPa)	Decreas. %	Poiss. Rat. (μ)
MR1	100	0	0	0.4	28152	-	0.232
M2	75	0	25	0.4	24360	13.46	0.221
M3	50	0	50	0.4	20132	28.48	0.216
M4	25	0	75	0.4	18679	33.64	0.194
M5	0	0	100	0.4	16920	39.89	0.187
M6	75	25	0	0.4	27076	3.82	0.228
M7	50	50	0	0.4	24022	14.67	0.22
M8	25	75	0	0.4	18372	34.73	0.186
M9	0	100	0	0.4	16630	40.92	0.177

* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .

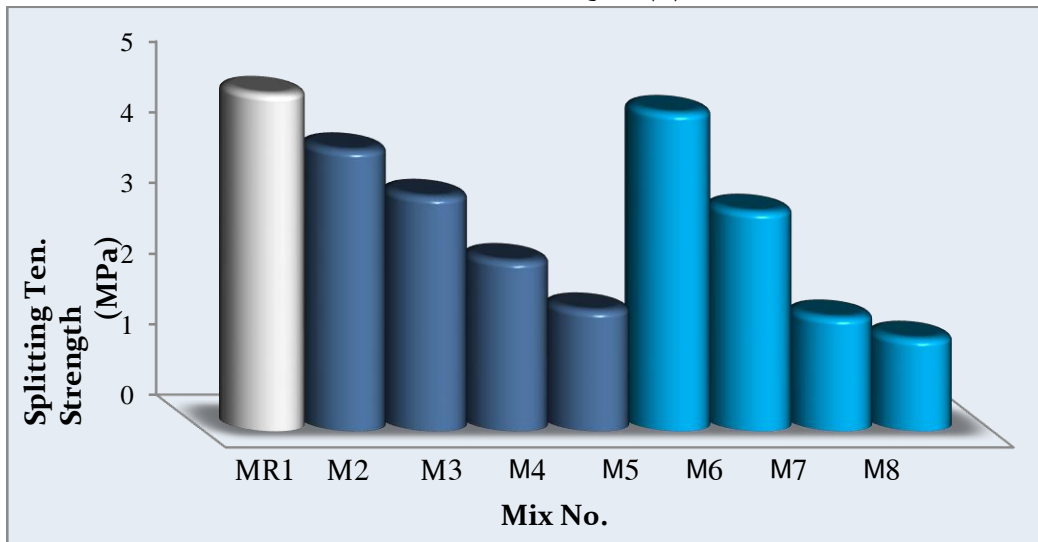
جدول (14) نتائج فحوصات وحدة الوزن والامتصاص والتوصيلية الحرارية*

Mix. No.	Unit Weight (kg/m ³)	Decreasing %	Thermal Conductivity (W/m.k)	Decreasing %	Absorption of Concrete %
MR1	2335.67	-	1.33	-	1.78
M2	2122.96	9.1	1.022	23.15	4.58
M3	1854.4	20.6	0.7311	45	5.98
M4	1731.23	25.87	0.626	52.93	7.43
M5	1437.48	38.45	0.434	67.36	10.98
M6	2004.3	14.18	0.88	33.83	5.4
M7	1790.6	23.33	0.675	49.24	6.6
M8	1672.77	28.38	0.582	56.24	8.1
M9	1400.5	40.03	0.414	68.87	11.8

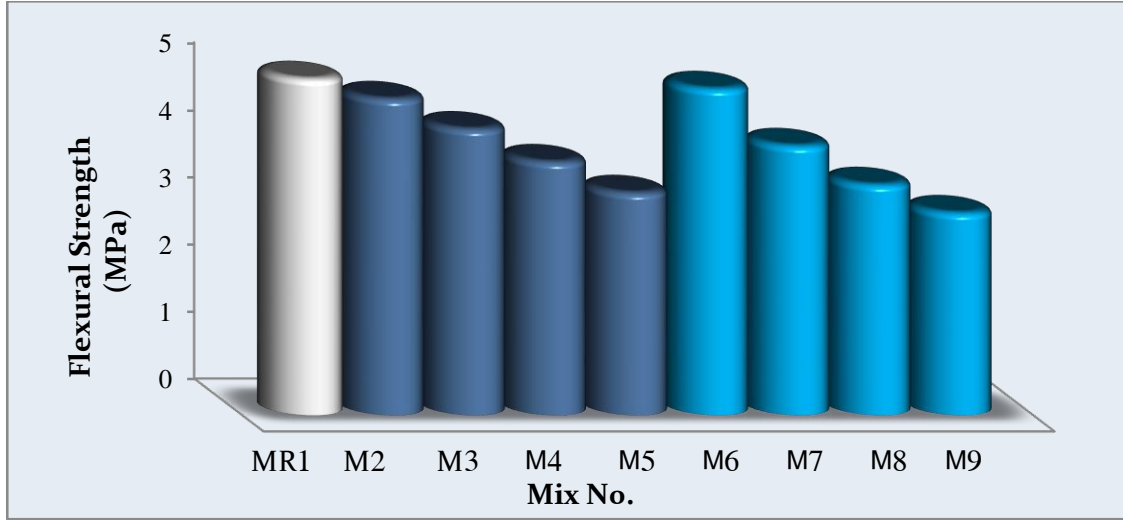
* تم اجراء الفحص في مختبر شركة العمق الهندسي بالتعاون مع المكتب الاستشاري/ الكلية التقنية / جامعة كركوك .



شكل (1) نتائج فحص مقاومة الانضغاط



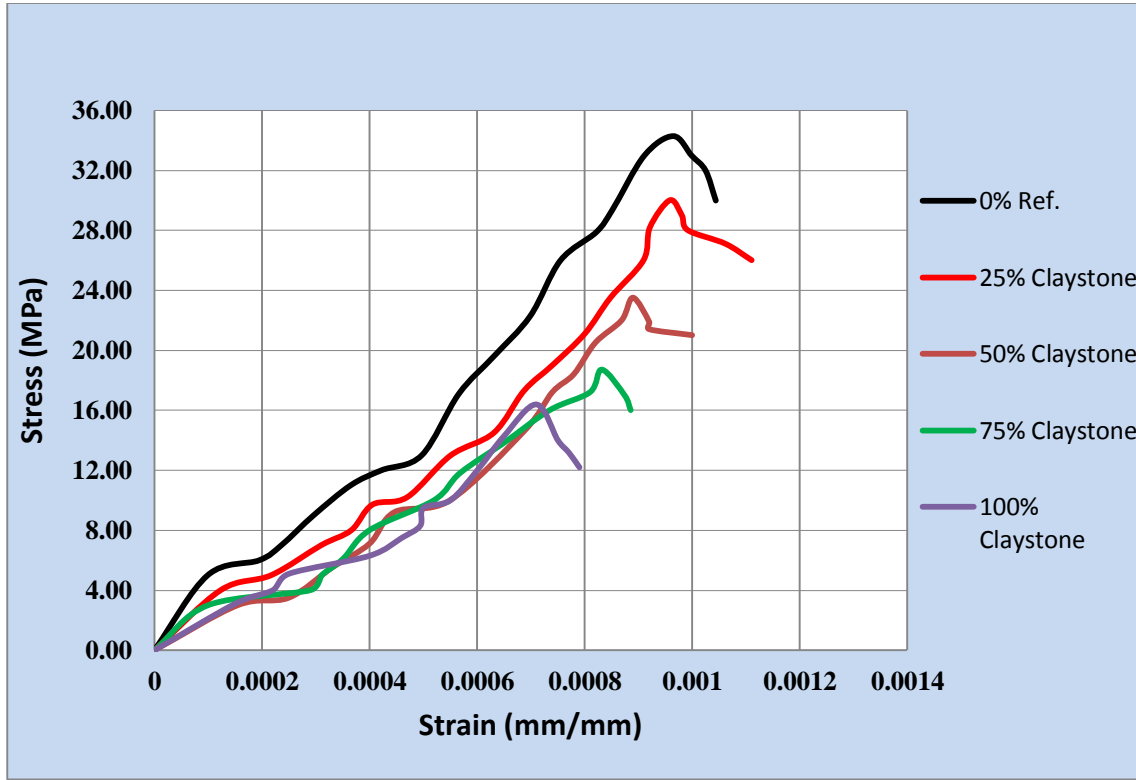
شكل (2) نتائج فحص مقاومة شد الانشطار غير المباشر



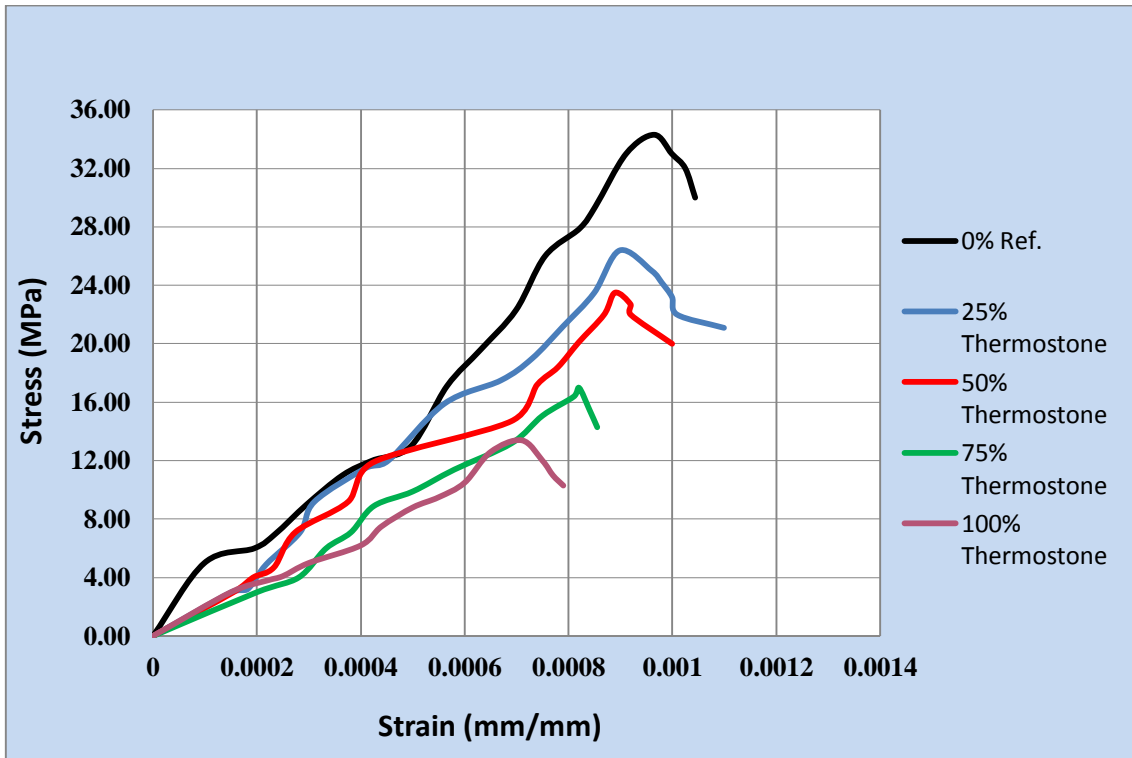
شكل (3) نتائج فحص معايير الكسر



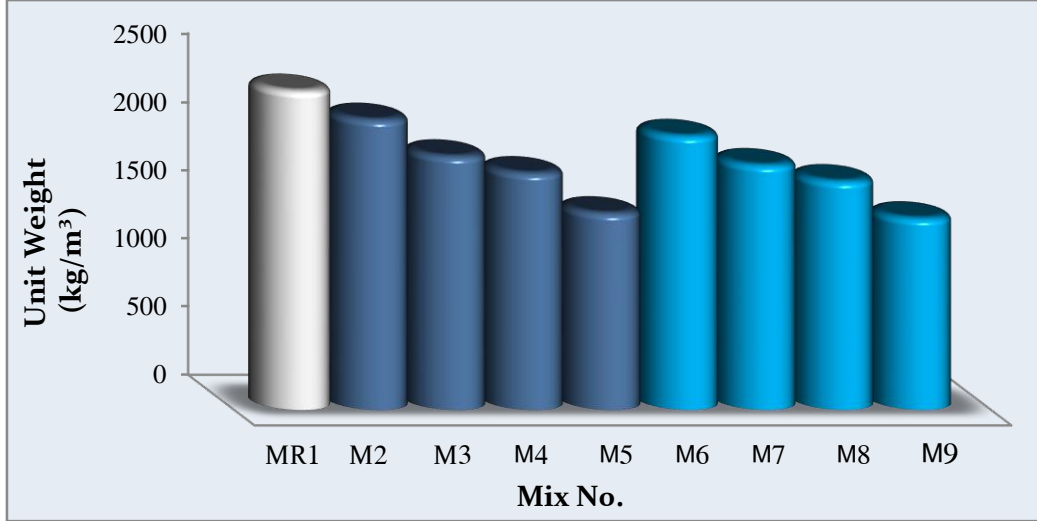
شكل (4) فحص معامل المرونة الساكن



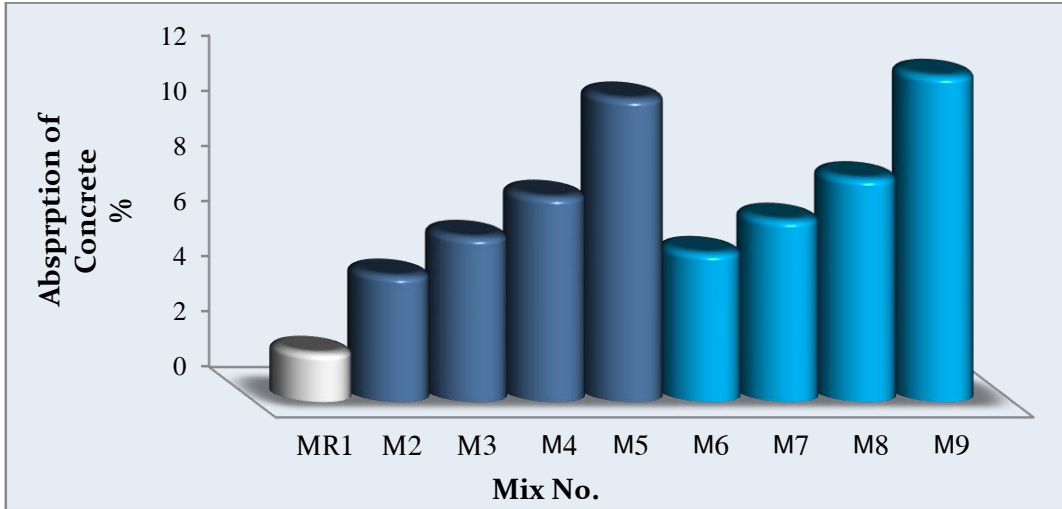
شكل (5) علاقة (الاجهاد - الانفعال) لنماذج الخرسانة المتكونة من نسب استبدال الركام الخشن الاعتيادي بركام البونزا الخشن الخفيف مقارنة مع الخرسانة المرجعية



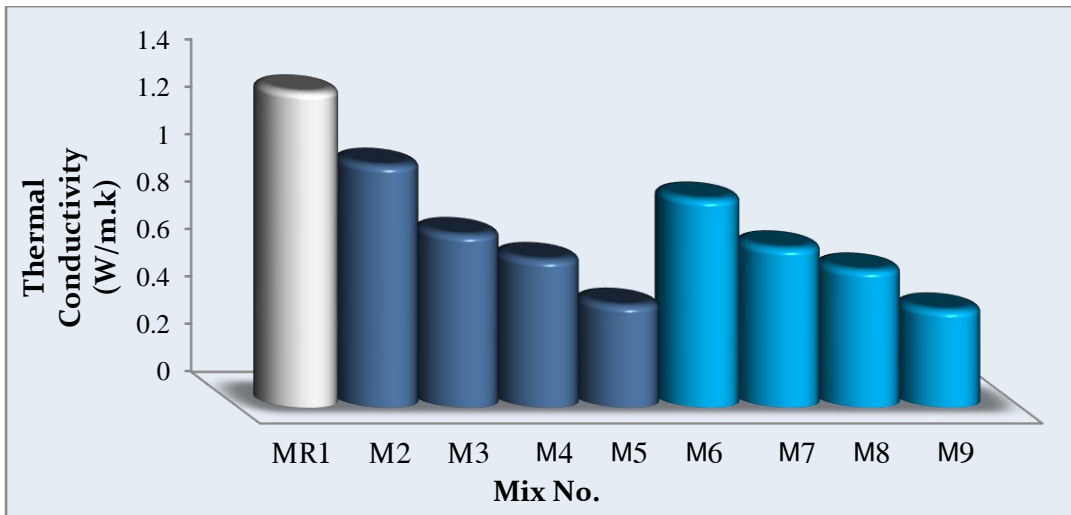
شكل (6) علاقة (الاجهاد - الانفعال) لنماذج الخرسانة المتكونة من نسب استبدال الركام الخشن الاعتيادي بركام الثرمستون الخفيف مقارنة مع الخرسانة المرجعية



شكل (7) معدل نتائج فحص وحدة الوزن للخرسانة المتصلبة ولكافة الخلطات الخرسانية



شكل (8) معدل نتائج فحص امتصاص الخرسانة للماء ولكافة الخلطات الخرسانية



شكل (9) نتائج حساب التوصيلية الحرارية

EFFECT OF LIGHTWEIGHT COARSE AGGREGATE FROM CLAYSTONE AND THERMOSTONE ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE

Muyasser M. J.¹, Aljubory Emad K. A.²

¹ Assistant Professor, ² engineer, Civil Department, College of Engineering, Tikrit University
¹eng_measer@yahoo.com, ²emadkhalaf1991@yahoo.com

ABSTRACT

One of the depended concrete internationally is lightweight concrete , that is classified according to availability of raw materials and the purpose of structural use , this study specialized to replacing normal coarse aggregate by lightweight coarse aggregate from claystone (bonza) and thermostone in volumetric ratios (25, 50, 75, 100)% add preparation reference mix, for purpose of identifying and studying the important specifications for the new concrete were prepared models from cubes, cylinders and standard prisms to evaluate the compressive strength, splitting tensile strength, modulus of rupture and static modulus of elasticity as well as the unit weight, absorption and thermal conductivity, where readings rate depended for all tests. results of the tests indicated that a drop in the mechanical properties of concrete with increase of lightweight coarse aggregate ,mechanical properties values : compressive strength , rupture modulus, splitting tensile strength were between (15.5-40.2)MPa (3-4.85) MPa , and (1.3-4.5) MPa compared with reference mixes (42.25 MPa), (5MPa) and (4.77MPa) respectively , also values elasticity modulus, oven dry density, absorption and thermal conductivity were between (27067-16630) MPa , (2122.96-1400.5) kg/m³ , (4.58-11.8)% and (0.414-1.022)W/m.k compared with reference mixes (28152MPa), (2335.67kg/m³), (1.78%) and (1.33W/m.k) respectively.

Keywords: *lightweight concrete, thermostone, bonza, compressive strength, density, elasticity modulus.*