إنتاج كتل بنائية خفيفة الوزن باستخدام كسر حجر الحلان كركام ناعم وكسرالطابوق الطيني كركام خشن [+]

PRODUCTION OF LIGHT-WEIGHT CONCRETE BLOCKS USING CRUSHED LIMESTONE AS FINE AGGREGATE AND CRUSHED CLAYEY BRICKS AS COARSE AGGREGATE

علي حسين علي [*] ايمان عبد الرحمن قاسم [**] مازن طه حامد القطان [**]

المستخلص :

تم إنتاج كتل خرسانية صلدة بأبعاد (١٥ * ٢٠ * ٤٠) سم باستخدام الركام المكسر الناتج من تقطيع مخلفات الحجر الجيري (الموجود بكميات هائلة في المنطقة الملوثة في شمال شرق مدينة الموصل) كبديل عن الركام الناعم (الرمل النهري الطبيعي) وكذلك استخدام كسر الطابوق الطيني المتوفر ايضا بوصفه فضلات ناتجة عن عمليات نقل وتحميل وتفريغ الطابوق كبديل عن الركام الخشن (الحصى النهري الطبيعي).

استنادا الى نتائج هذا البحث : بالإمكان استخدام مخلفات الحجر الجيري وكسر الطابوق الطيني كبديلين عن الرمل والحصى النهري الطبيعي على التوالي بشكل ناجح ومقبول في انتاج كتل بنائية خرسانية بأبعاد (١٥ * ٢٠ * ٤٠) سم ذات مقاومة انضغاطية مقبولة ، كثافة جافة اقل بنسبة (22.6 %) ، توصيلة حرارية اقل بنسبة (48.5 %) ، عزل صوتي اعلى بنسبة (25 %) ، وقابلية امتصاص اعلى بنسبة (8.9 %) عند مقارنتها مع مثيلاتها من الخرسانة المنتجة بالركام النهري الطبيعي. لذلك من المفضل استخدام هذا النوع من الكتل البنائية في بناء القواطع الداخلية (غير الحاملة للأثقال) والتي لا تكون عرضة للرطوبة الشديدة والظروف الجوية القاسية ، وتساهم هذه الطريقة في حل مشكلة المناطق التي تفتقر الى وجود ركام نهري طبيعي بالاضافة الى الحصول على فائدة تقليل الوزن الميت للمنشأ. واخيرا ، فان هذا البحث يساعد في تخليص المناطق الصناعية والمناطق المجاورة لها من تلوث البيئة كونه يعمل على إزالة كميات كبيرة من مخلفات الحجر الجيري المتراكمة في المواقع الصناعية (المنطقة الملوثة) الواقعة في شمال شرق مدينة الموصل ، ناتجة من تقطيع حجر الحلان. ان هذه المخلفات نحتاج الى مساحات واسعة جدا لتجميعها ، وبهذا تسبب إزعاج لأصحاب هذه المصانع.

الكلمات المفتاحية : البلوكات الكونكريتية ، مسحوق الطابوق والحجر الجيري ، الركام.

Abstract :

Concrete blocks of (15 * 20 * 40) cm. in size were cast using the crushed limestone (produced in large quantities in Al-molawatha region in the north-east of Mosul city) as fine aggregate instead of the natural river sand as well as the crushed clayey bricks as coarse aggregate instead of the natural river gravel.

Based on the experimental work of the present investigation , using crushed limestone and clayey bricks may be used satisfactorily as fine and coarse aggregate respectively in producing (15 x 20 x 40) cm. concrete blocks with a considerable compressive

---

[+] تاريخ استلام البحث ٢٠٠٨/٤/٢٢ ، تاريخ قبول النشر ٢٠٠٩/٢/٢٧ .

[*] استاذ مساعد/ الكلية التقنية / الموصل .

[**] استاذ مساعد/ المعهد التقني / الموصل .

strength , lower dry unit weight by (22.6 %) , lower thermal conductivity by (48.5 %), higher sound insulation by (25 %) , and higher absorption capacity by (8.9 %) when compared with similar concrete produced with natural river sand and gravel, therefore, it is preferable to use this type of concrete blocks in building internal non- bearing walls and partitions over ground level and any part of the structure requires protection from moisture and severe environment, as well as, it may be suggested to be a solution for regions where natural aggregate are scarce and a reduction in the dead weight of the structure may be desirable.Finally, this investigation helps in protection the industrial places and the adjacent areas from environmental pollution by removing the large amounts of limestone wastes , which are accumulated in the factories area (Al-molawatha Region) in the north-east of Mosul , resulted from cutting (Hillan) stones. These wastes need very large areas together them , and cause the complaint for the owners of these factories.
Key words : Concrete Blocks , Crushed Bricks and Limestone , Aggregates.

المقدمة :

الخرسانة هي مادة طرية تعمل من خلط السمنت والماء والرمل والحجارة المكسرة او الحصى او اية مادة اخرى مشابهة لها ، ويشكل الركام (الحصى والرمل) النسبة الاكبر في الخليط ، اذ تتراوح نسبته في الخرسانة الاعتيادية ما بين (٦٠ – ٨٠) % من الحجم الكلي للخرسانة ، وان معظم المنشآت الخرسانية مصممة على اعتبار ان الخرسانة تقاوم اجهادات الانضغاط فقط ولا تقاوم اجهادات الشد والانثناء**[1]**. لذا ولاغراض التصميم الانشائي وخاصة في المشاريع التي تكون فيها مقاومة الشد والانثناء مهمة جدا والقيم الكبيرة للوزن الميت اضافة الى مشاكل العزل الصوتي والحراري ظهرت الحاجة لانتاج انواع جديدة من الخرسانة ، كالخرسانة ذات الكثافة العالية (High-Density Concrete) والخرسانة خفيفة الوزن (Light-Weight Concrete) والخرسانة العازلة للصوت والحرارة (Sound & Thermal Insulating Concrete).

ان من اهم الطرق في انتاج هذه الانواع من الخرسانة استخدام العديد من المواد البوزولانية كبخار السيليكا (Silica Fume) والرماد المتطاير (Fly-Ash) اضافة الى استعمال ركام مكسر من المواد الناتجة من فضلات الزجاج ، الطابوق الطيني ، السيراميك ، الحجر الجيري ، وغيرها**[2],[3]**.في الاونة الاخيرة ازداد الاهتمام بالخرسانة خفيفة الوزن في جميع انحاء العالم وذلك لأسباب اقتصادية بالدرجة الأولى ، حيث تتراوح كثافتها الجافة بين (٣٠٠–١٨٥٠) كغم/م^{3} والتي هي اقل من كثافة الخرسانة الاعتيادية. ان هذه الخاصية تؤدي الى تقليل الحمل الكلي المؤثر على المنشأ ، مما يساعد على استعمال مقاطع انشائية وأسس ذات قياسات اصغر ، كما ان القوالب ستتحمل ضغط اقل ، اوزان المواد عند النقل والمناولة اقل مما يعني انتاجية عالية ، وتمتاز الخرسانة خفيفة الوزن بعزل صوتي وحراري افضل مما يؤدي ذلك الى تقليل كلف التدفئة والتبريد ، وتشكل اساسا جيدا لاعمال الانهاء ، زيادة في مقاومة الانجماد والحريق ، اضافة الى سهولة القطع والتثقيب وتثبيت المسامير والاسلاك الكهربائية**[4]**.

وقد ذكرت مواصفات (ASTM) ان الخرسانة الخفيفة الانشائية يجب ان لا تتجاوز كثافتها الجافة عن ١٨٤٠ كغم/م^{3} ولا تقل مقاومة انضغاطها (باستخدام اسطوانة قياسية) بعمر ٢٨ يوم عن ١٧ نيوتن/مم^{2} ، اما الخرسانة الخفيفة الاملائية او المستعملة لانتاج البلوكات البنائية للقواطع فكثافتها الجافة تتراوح بين (٨٠٠–١٤٤٠) كغم/م^{3} ومقاومة انضغاطها بين (٧–١٧) نيوتن/مم^{2} على ان لا تتجاوز قيمة التوصيلة الحرارية لها (0.43 w/m.k) ، اما الخرسانة خفيفة الوزن العازلة غير الانشائية فتتراوح كثافتها بين (٣٠٠–٨٠٠) كغم/م^{3} حسب ما نصت عليه اغلب المواصفات

القياسية ، وقد حددت مواصفات (ASTM) مقاومة انضغاط اسطوانة قياسية بعمر ٢٨ يوم لهذه الخرسانة بين (7.0–0.7) نيوتن/مم^{2} وان لا تزيد قيمة التوصيلة الحرارية لها عن (0.22 w/m.k).

ان انتاج الخرسانة العازلة غير الانشائية يكون باستخدام ركام خفيف الوزن او استعمال ركام مسامي خفيف الوزن ذو وزن نوعي اقل من الركام الاعتيادي ، حيث يوجد انواع كثيرة من الركام الخفيف بشكل طبيعي او صناعي. ونظرا لوفرة الاحجار الجيرية في العديد من التكاوين الجيولوجية في شمال العراق فقد جرت محاولات لتقييم استخدامها لبعض الصناعات وخاصة الانشائية مثل صناعة السمنت والنورة وكمادة مالئة وكأحجار للبناء**[5],[6],[7]**.

من خلال الاطلاع على الدراسات السابقة في هذا الموضوع فقد اشارت بعض البحوث**[8],[9]** الى امكانية استعمال الطابوق المكسر (على شكل ركام خشن) كبديل عن الحصو النهري في انتاج خرسانة جيدة الخواص ، حيث تم الحصول على مقاومة انضغاط اعلى بحوالي (١٢ – ١٦) % عند فحص النماذج وهي جافة ، مقاومة شد وانفلاق اعلى بحوالي (١٢) % ، مقاومة انثناء اعلى بحوالي (٧ –١٢) % ، توصيل حراري اقل بحوالى (٢٥) % ، وكثافة جافة اقل بحوالي (١٥) % عند مقارنة هذه الخواص بالخرسانة الاعتيادية المنتجة بالركام النهري الطبيعي.

من ناحية اخرى فقد اوضحت النتائج**[10]** ، الحاصلة على شهادة فحص النماذج الصناعية الصادرة من وزارة التخطيط والتعاون الانمائي / الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية / دائرة السيطرة النوعية / قسم الانشائية ذي العدد ٢ / ١٢ / ١ / ٣٦٤٤ في ٢٠ / ١٢ / ٢٠٠٤ ، الى امكانية استخدام الركام المكسر الناتج من تقطيع مخلفات الحجر الجيري كبديل عن الحصى النهري الطبيعي بشكل ناجح في انتاج كتل خرسانية (بلوكات) ذات مقاومة انضغاطية جيدة مقارنة مع المواصفات القياسية.

اما الخرسانة المنتجة باستخدام المخلفات الناتجة عن تقطيع الاحجار الجيرية كركام ناعم في المونة الاسمنتية فقد اوضحت النتائج**[11]** امكانية استخدام مسحوق مخلفات الاحجار الجيرية بديلا عن الرمل الطبيعي ولحد نسبة ١٠٠ % في كافة مجالات البناء حيث اعطت مقاومة انضغاط عالية وقوة شد جيدة مقارنة مع المواصفات القياسية.

تعتبر صناعة تقطيع الاحجار الجيرية لاغراض استخدامها في اعمال البناء المختلفة من الصناعات المزدهرة في شمال العراق وتتولد نتيجة تقطيع وتهيئة الحجر كميات هائلة من المخلفات في مواقع المعامل مما يشكل عبئا كبيرا ثقيلا على اصحاب هذه المعامل وعلى البيئة.

كذلك بالامكان استخدام كسر الطابوق الطيني المتوفر ايضا بوصفه فضلات ناتجة عن عمليات نقل وتحميل وتفريغ الطابوق كركام خشن بدلا عن الحصى النهري الطبيعي.

<u>الهدف من البحث</u> :

يهدف هذا البحث الى محاولة استخدام المخلفات الناتجة من تقطيع الاحجار الجيرية كركام ناعم بديلا عن الركام النهري الناعم ومخلفات كسر الطابوق الطيني الناتجة من عمليات نقل وتحميل وتفريغ الطابوق الطيني كركام خشن بديلا عن الركام الطبيعي الخشن في انتاج كتل بنائية (على شكل بلوكات خرسانية).

<u>الجانب العملي</u> (Practical Part):

اولاً. المواد المستخدمة :

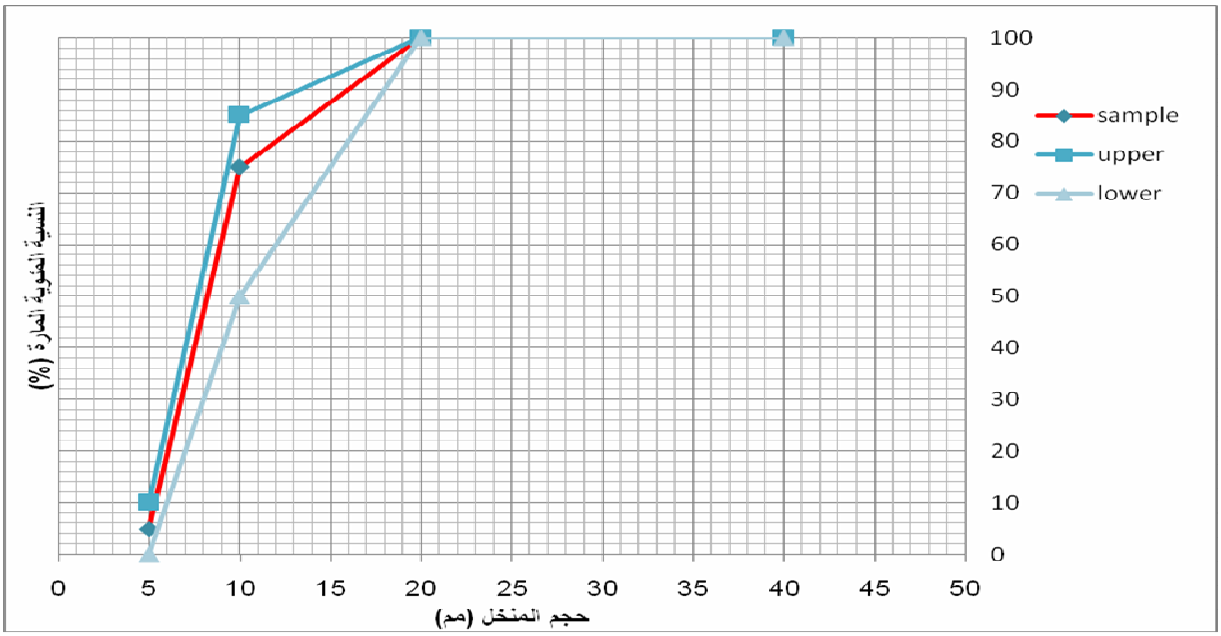
١. **<u>السمنت</u>** : تم استعمال السمنت البورتلاندي الاعتيادي المنتج في معامل سمنت حمام العليل . **[12]** والمطابق للمواصفة العراقية رقم (٥) لسنة ١٩٨٤

٢. **الركام الخشن** : تم استعمال مخلفات كسر الطابوق الطيني والذي هو فضلات ناتجة عن عمليات نقل وتحميل وتفريغ الطابوق وتم سحقه ونخله بهزاز ميكانيكي لمدة (١٠) دقائق وتقسيمها الى مقاسات مختلفة حسب المناخل ومن ثم تهياة النموذج بتجميع المقاسات المطلوبة ليكون ضمن حدود التدرج للركام الطبيعي الخشن المطابق للمواصفة القياسية البريطانية BS:882:١٩٩٢ **[13]** ، وكما موضح في جدول رقم (١) وشكل رقم (١).

جدول رقم (١) : التحليل المنخلي للركام الخشن

حجم الغربال (مم)	النسبة المئوية المتبقية المتراكمة (%)	النسبة المئوية المارة (%)	المواصفات البريطانية BS:882:١٩٩٢[7] (ناعم)
٤٠	0	١٠٠	١٠٠
٢٠	0	١٠٠	١٠٠
١٠	25	٧٥	٨٥ – ٥٠
5	95	٥	١٠ – ٠

- المقاس الاقصى للركام = ٢٠ مم. (المقاس الاقصى للركام يمثل المنخل الذي يسبق المنخل التي تكون عليه النسبة المئوية المتبقية المتراكمة مساوية او اكبر من ١٥%، وبما ان النسبة المئوية المتبقية المتراكمة التي تساوي ٢٥% تقابل المنخل رقم ١٠ مم لذلك فان المنخل الذي يسبقه هو منخل رقم ٢٠ مم والذي يمثل المقاس الاقصى للركام).

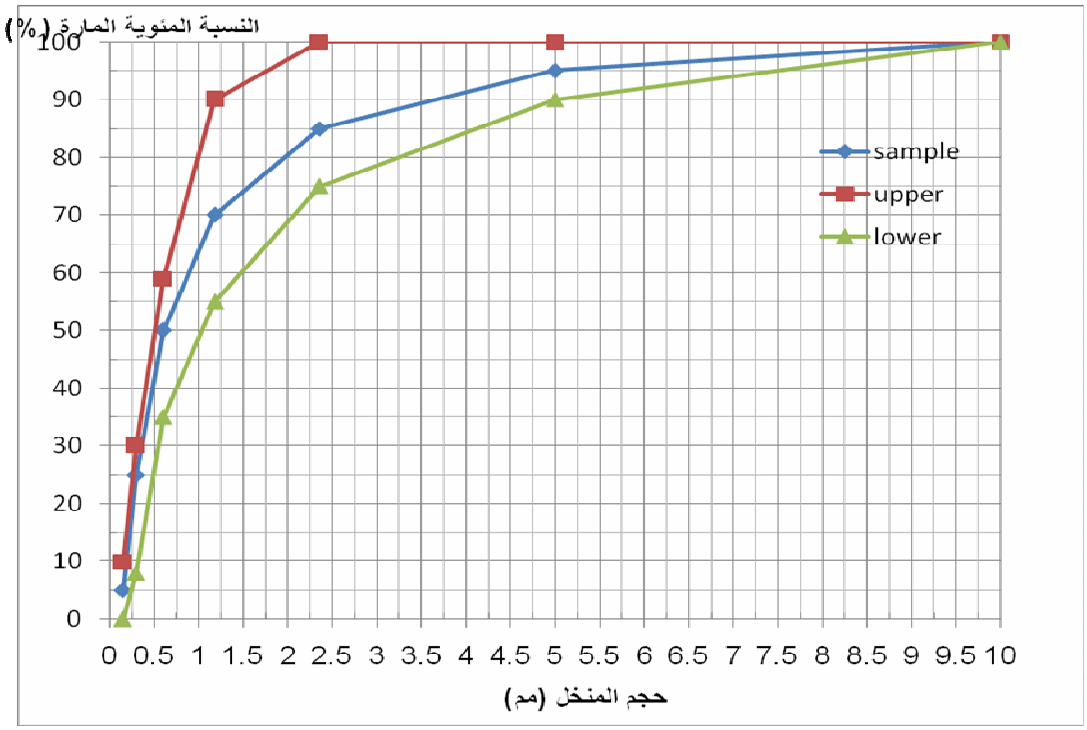


شكل (١) : التحليل المنخلي للركام الخشن.

٣. **الركام الناعم** : تم استخدام مخلفات حجر الحلان (نوع من حجر الكلس) الموجود في معامل الحلان بوصفها فضلات صناعية تنتج بعد تقطيع احجار الحلان الى كتل بنائية منتظمة الابعاد وقد تم سحقها ، طحنها ونخلها بهزاز ميكانيكي لمدة (١٠) دقائق وتقسيمها الى مقاسات مختلفة حسب المناخل ومن ثم تهياة النموذج بتجميع المقاسات المطلوبة لتكون ضمن المدى الحجمي للركام الطبيعي الناعم والمطابق للمواصفة البريطانية BS:882: ١٩٩٢ **[13]** ، وكما موضح في جدول رقم (١) وشكل رقم (٢).

جدول رقم (٢) : التحليل المنخلي للركام الناعم

حجم الغربال (مم)	النسبة المئوية المتبقية المتراكمة (%)	النسبة المئوية المارة (%)	المواصفات البريطانية BS:882:١٩٩٢[7] (متوسط)
10	0	١٠٠	١٠٠
5	5	٩٥	١٠٠ – 90
2.36	15	٨٥	١٠٠ – ٧٥
1.18	30	٧٠	٩٠ – ٥٥
0.60	50	٥٠	٥٩ – ٣٥
0.30	75	٢٥	٣٠ – ٨
0.15	95	٥	١٠ – ٠



شكل (٢) : التحليل المنخلي للركام الناعم.

٤. تم اجراء <u>التحليل الكيميائي</u> لكسر حجر الحلان باستعمال جهاز الاشعة السينية الوميضية ، وكما موضح في جدول رقم (٣,٣). XRF (XRF)

جدول رقم (٣) : التحليل الكيميائي لكسر حجر الحلان (باستعمال الاشعة

النسبة المئوية وزنا (%)	الاكاسيد (Oxides)
54.76	CaO (Lime) , calcium oxide
1.25	SiO_2 (Silica) , silicon dioxide
0.16	TiO_2 titanium dioxide
0.41	Al_2O_3 (Alumina) , aluminum sesquioxide
0.78	Fe_2O_3 (Iron) , ferrous oxide
0.43	MgO (Magnesia) , magnesium oxide
0.32	SO_3 (Sulfuric anhydride)
0.03	Na_2O (Sodium)
0.04	K_2O (Potassium)
0.12	P_2O_5

٥. تم اجراء **<u>فحص الامتصاص</u>** لكافة المواد المستعملة كركام ناعم وخشن تبعا للمواصفات وكما موضحة في جدول رقم (٤,٣)**.[14]**((ASTM C127 & C128 (1978)

جدول رقم (٤) : نتائج فحص الامتصاص للمواد المستعملة كركام ناعم وخشن

النسبة المئوية للامتصاص (%)	نوع الركام
6.0	كسر حجر الحلان
8.0	كسر الطابوق الطيني
0.5	الحصى النهري
1.0	الرمل النهري

<u>ثانياً . تحضير النماذج</u> :

بدأت عملية تحضير نماذج الركام الناعم (كسر حجر الحلان والرمل النهري) والركام الخشن (كسر الطابوق الطيني والحصى النهري) حسب التدرج المطلوب الموضح في الجدولين رقم (١) و (٢) المطابق للمواصفات البريطانية آنفة الذكر وغسله جيدا لازالة الاتربة والاوساخ من على سطحه. وبالنظر لارتفاع نسبة الامتصاص لكسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني (٦ %) و (٨ %) على التوالي مقارنة مع نسبة الامتصاص للرمل الطبيعي النهري والحصى النهري الطبيعي (١ %) و (0.5 %) على التوالي فقد تم غمر كسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني بالماء لمدة (٢٤) ساعة قبل استعمالهما لكي لا يمتصان اي نسبة من ماء الخلط.

. (0.5)ونسبة الماء/السمنت هي (1 : 1.5 : 3) ان نسبة المزج المستعملة في هذا البحث

تم استعمال ماء الاسالة في مزج الخرسانة.

ثالثاً. <u>الخلطة المرجعية</u> (Reference Mix): تم اعداد خلطة مرجعية من الخرسانة الاعتيادية بنسبة خلط وزنية : 3) (1 : 1.5 ونسبة ماء / سمنت تساوي (0.5) وتم استعمال ركام خشن وناعم طبيعي نهري وحسب متطلبات التدرج المبينة في الجدولين (١) و (٢) ، وتم صب (١٠) نماذج على شكل بلوكات خرسانية بابعاد (١٥*٢٠*٤٠) سم لكي يتم اعتماد نتائجها في المقارنة مع النتائج المستحصلة باستخدام مخلفات حجر الحلان والطابوق الطيني.

رابعاً. <u>الفحوصات</u> (Tests):

تم اجراء كافة الفحوصات المختبرية للخرسانة المنتجة بالركام الطبيعي النهري وكسر حجر الحلان والطابوق الطيني في حالتيها الطرية والمتصلبة ، وكما موضح ادناه :

١. **<u>قابلية التشغيل</u> (Workability):** تم اعتماد فحص الانسياب (Flow Test) لتعيين قابلية تشغيل الخرسانة الطرية ، وتم اجراء الفحص طبقا للمواصفة الامريكية (ASTM C124-39)**[15]** .

٢. **<u>مقاومة الانضغاط</u> (Compressive Strength):** تم اجراء فحص مقاومة الانضغاط على كافة النماذج الخرسانية (المصنوعة بالركام الطبيعي النهري الناعم والخشن والركام المكسر من حجر الحلان والطابوق الطيني الناعم والخشن) حيث تم صب (١٠) نماذج على شكل بلوكات خرسانية بابعاد (١٥ * ٢٠ * ٤٠) سم لكل نوع من الركام الطبيعي النهري ومخلفات كسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني ، وتم رصها ميكانيكيا ، وتم فتح القوالب بعد مرور (٢٤) ساعة ، ومن ثم فحصت النماذج بعمر (٢٨) يوم بعد معالجتها بغمرها في ماء الانضاج (درجة الحرارة ٢٣ ± ٢ °م) باستخدام جهاز فحص الضغط العام الهيدروليكي سعة (١٠٠) طن.

يجب الاشارة هنا انه تم اجراء صب وانضاج وفحص مقاومة الانضغاط للبلوكات الخرسانية حسب المواصفات القياسية المتبعة عالميا في المختبرات وذلك باتباع المواصفة البريطانية : BS 1881 : Part (111 , 114 , 116) **[16]** (1983 ولم يتم استعمال المكبس الميكانيكي لذلك.

٣. **<u>وحدة الوزن</u> (Unit Weight):** تم حساب وحدة الوزن (الكثافة الجافة) للنماذج الخرسانية وذلك بوزن النماذج المجففة بالفرن بميزان حساس وتحديد حجمها.

٤. **<u>التوصيلة الحرارية</u> (Thermal Conductivity)[17]:** تم صب (٦) نماذج على شكل بلوكات خرسانية بابعاد (١٥ * ٢٠ * ٤٠) سم لكل نوع من الركام الطبيعي النهري ومخلفات كسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني ، وتم رصها ميكانيكيا ، وتم فتح القوالب بعد مرور (٢٤) ساعة ، وتم اجراء فحص قياس معامل التوصيل الحراري (الذي يمثل المقياس للتوصيلة الحرارية) وهو عدد الوحدات الحرارية التي تمر خلال وحدة المساحة من المادة وبسمك يساوي وحدة واحدة وخلال وحدة زمنية واحدة عندما يكون الفرق بين درجات الحرارة لوجهي الجسم درجة واحدة ، وفي النظام المتري تكون الوحدة المستعملة (W/m.K) ، بعمر(٢٨) يوم بعد معالجتها بغمرها في ماء الانضاج (درجة الحرارة ٢٣ ± ٢ °م). تم قياس التوصيلة الحرارية بموجب المواصفة (ACI Committee 523)**[17]** وحسب المعادلة المدونة ادناه والتي تربط الكثافة الجافة بمعامل التوصيل الحراري لنماذج مجففة بالفرن:

$$K = 0.072\, e^{0.00125\rho}$$

حيث ان :

K = التوصيلة الحرارية (W/m.K) لنموذج مجفف بالفرن.

ρ = الكثافة الجافة للنموذج (كغم/م^3).

e = الدالة الاسية.

٥. <u>العزل الصوتي</u> (Sound Insulation)[١٨]:

تم صب (٦) نماذج على شكل بلوكات خرسانية بابعاد (١٥ * ٢٠ * ٤٠) سم لكل نوع من الركام الطبيعي النهري ومخلفات كسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني ، وتم رصها ميكانيكيا ، وتم فتح القوالب بعد مـــرور (٢٤) ساعة ، وتم اجراء الفحص بعمر (٢٨) يوم بعد معالجتها بغمرها في ماء الانضاج (درجة الحرارة ٢٣ ± ٢ °م).

تم استعمال المعادلة المدونة ادناه في حساب مقدار العزل الصوتي[١٨]:

Sound Insulation = 18 [log (mass * frequency)] – 44

حيث ان :

. (db)= العزل الصوتي ويقاس بوحدة الديسبلSound Insulation

mass = كتلة الجدار معبرا عنها بوحدة (kg/cm^2) وتحسب من حاصل ضرب كثافة كل طبقة من طبقات الجدار في سمكها وجمع النواتج.

Frequency = تردد الموجات الصوتية ، ويستعمل عادة ترددان لايجاد كفاءة العزل الصوتي هما (200 & 1000 kHz) . **[18]**

٦. <u>قابلية الامتصاص</u> (Absorption Capacity): تم صب (٦) نماذج على شكل بلوكات خرسانية بابعاد (١٥ * ٢٠ * ٤٠) سم لكل نوع من الركام الطبيعي النهري ومخلفات كسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني ، وتم رصها ميكانيكيا ، وتم فتح القوالب بعد مرور (٢٤) ساعة.

تم اجراء فحص قابلية الامتصاص باتباع المواصفة البريطانية (BS 1881 : Part 122 : 1983)**[19]** ، حيث تم وزن النماذج بعد غمرها في الماء لمدة ٢٤ ساعة وتم وزنها بعد تجفيفها بواسطة فرن كهربائي بدرجة حرارة اكثر من ١٠٠ درجة مئوية لحين ثبات وزنها وتم حساب نسبة الامتصاص الوزنية.

<u>النتائج والمناقشة</u>:

ان جدول رقم (٤) يبين النتائج المستحصلة من الدراسة ، والمتضمنة الخواص التي تم بحثها ومناقشتها فـــي هـــذه الدراسة ولكلا النوعين من الخرسانة. ويتبين من جدول النتائج ان هناك تباينا كبيرا بين القيم لكل من مقاومة الانضغاط ، الكثافة ، التوصيلة الحرارية ، العزل الصوتي ، وقابلية ألامتصاص للخرسانة المنتجة بركام كسر حجر البناء وكسر الطابوق الطيني عند مقارنتها مع الخرسانة الاعتيادية (الخلطة المرجعية).

جدول رقم (٤) : نتائج الفحوصات.

الخواص التي تم مناقشتها	الخرسانة المنتجة باستخدام كسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني كركام ناعم وخشن	الخرسانة الاعتيادية (المرجعية) باستخدام الركام النهري الطبيعي الناعم والخشن
مقاومة الانضغاط بعمر ٢٨ يوم	6.0 نيوتن/مم^2	9.0 نيوتن/مم^2
الكثافة الجافة (كغم/م^3)	1952	2393
التوصيلة الحرارية (W/m.K)	0.97	1.44
العزل الصوتي (وحدة الديسبلdb)	40.0	32.0
سمك الجدار (سم)	11.0	9.7
قابلية الامتصاص (%)	9.8	9.0

وقد تمت مناقشة العوامل التالية :

١. تأثير نوع الركام على مقاومة الخرسانة :

يلاحظ من جدول رقم (٤) ان الخرسانة المنتجة بركام كسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني اعطت مقاومة (6.0) نيوتن/مم^{٢} وهي بحدود (66 %) من مقاومة انضغاط الخرسانة الاعتيادية (الخلطة المرجعية) ، ويعود السبب في ذلك كون كسر حجر الحلان والطابوق الطيني المستعمل كبديل عن الحصى والرمل ذو سطح خشن وتعرجات وحافات حادة مما يؤدي الى تحقيق اواصر ربط قوية مع السمنت وبالتالي الحصول على مقاومة انضغاط لا بأس بها مقارنة مع الخلطة المرجعية.

٢. تأثير نوع الركام على كثافة الخرسانة :

يتبين من النتائج المدونة في جدول رقم (4) ان كثافة الخرسانة المنتجة بركام كسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني اقل من مثيلتها في الخرسانة المرجعية بمقدار (22.6 %) وذلك بسبب كون الركام المكون من كسر حجر الحلان والطابوق الطيني ذو كثافة اقل من كثافة الركام الطبيعي النهري.

٣. تأثير نوع الركام على التوصيلة الحرارية للخرسانة :

من جدول رقم (4) ، يتبين ان التوصيلة الحرارية للخرسانة المنتجة بركام كسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني كانت (0.97 W/m.K) وهي تعادل نسبة (٦٧ %) مقارنة بالخلطة المرجعية (اي اقل بمقدار 48.5 %) ، حيث ان التوصيلة الحرارية ترتبط بالكثافة بشكل وثيق في الخرسانة خفيفة الوزن بسبب وجود نسبة كبيرة من الفراغات الهوائية ضمن هيكلها حيث ان الهواء الساكن يعتبر من احسن العوازل للحرارة.

٤,٤. تأثير نوع الركام على العزل الصوتي للخرسانة :

من النتائج المدونة في جدول رقم (4) ، يلاحظ بان الخرسانة المنتجة بركام كسر حجرالحلان وكسر الطابوق الطيني قد اعطت عزلا صوتيا قيمته (40 db) اي زيادة بمقدار (25 %) عند مقارنتها مع الخرسانة المصنوعة بالركام الطبيعي النهري. ان قيمة العزل الصوتي تزداد مع زيادة كثافة الخرسانة**[18]** ، كما ان سمك الجدار المطلوب يزداد بنسبة (13.4 %) كلما قلت كثافة الخرسانة المصنوع منها.

٥,٤. تأثير نوع الركام على قابلية امتصاص الخرسانة :

يتبين من النتائج المدونة في جدول رقم (4) ان قابلية امتصاص الخرسانة المنتجة بركام كسر حجر الحلان وكسر الطابوق الطيني اكبر من مثيلتها في الخرسانة المرجعية بمقدار (8.9 %) ويعود السبب في ذلك الحجم الكبير للفجوات الموجودة بين حبيبات الركام المكسر مما يؤدي الى فقدان الخاصية الشعرية للماء في هذا النوع من الخرسانة والتي بدورها تمنع خاصية سحب الماء فيها.

الاستنتاجات :

استنادا الى النتائج المستحصلة من هذا البحث فقد تم التوصل الى الاستنتاجات التالية :

١. بالامكان استخدام كسر الحجر الجيري وكسر الطابوق الطيني كبديلين عن الرمل والحصى النهري الطبيعي على التوالي بشكل ناجح ومقبول في انتاج بلوكات خرسانية بأبعاد (١٥ * ٢٠ * ٤٠) سم ذات مقاومة انضغاطية مقبولة

مقارنة مع المواصفات القياسية ، وتساهم هذه الطريقة في حل مشكلة المناطق التي تفتقر الى وجود ركام نهري طبيعي يالاضافة الى الحصول على فائدة تقليل الوزن الميت للمنشأ.

٢. ان استعمال هذا النوع من الركام المكسر يساعد في انتاج خرسانة ذات كثافة جافة اقل بنسبة (22.6 %) ، توصيلة حرارية اقل بنسبة (48.5 %) ، وعزل صوتي اعلى بنسبة (25 %) عند مقارنتها مع مثيلاتها من الخرسانة المنتجة بالركام النهري الطبيعي.

٣. من المفضل استخدام هذا النوع من البلوكات الخرسانية في بناء القواطع الداخلية (غير الحاملة للاثقال) والتي لا تكون عرضة للرطوبة الشديدة والظروف الجوية القاسية وذلك لكون قابلية الامتصاص لها اعلى بنسبة (8.9 %) من البلوكات المصنعة بالخرسانة الاعتيادية.

٤. يساعد هذا البحث في تخليص المناطق الصناعية والمناطق المجاورة لها من تلوث البيئة كونه يعمل على ازالة كميات كبيرة من مخلفات الحجر الجيري المتراكمة في المواقع الصناعية (المنطقة الملوثة) الواقعة في شمال شرق مدينة الموصل ، ناتجة من تقطيع حجر الحلان. ان هذه المخلفات نحتاج الى مساحات واسعة جدا لتجميعها ، وبهذا تسبب ازعاج لاصحاب هذه المصانع.

المصادر :

1.Neville , A.M., *"Properties of concrete"* , 3rd Ed., Pitman Publishing Company, pp. 605-615 , (1996).

2. Jassim K.A., " *Investigation the use of Crushed Limestone Rock Sand in Concrete*", M.Sc. thesis , University of Baghdad , (1980).

3. Abdoca M.M., " *Investigation the use of Crushed Limestone Rock ggregate in Concrete*", M.Sc. thesis , University of Baghdad , (1980).

4.Thanon, T.A.,"*Industrial Evaluation of Limestone with Particular Reference to the Sinjar Limestone Formation"*, NW Iraq , PhD. Dissertation , University of Hull , England (1984).

5.Thanon, T.A.,"Assessment of Shiranish Formation from Sinjar Area" , NW Iraq for Portland cement manufacture, *4th International Conference on Geochemistry* , Alex. University , Egypt , pp. 237 – 343 (1999).

6.Thanon, T.A. , "Natural Calcium Carbonate Filler Production at Hammam Al-Alil , Iraq", *Iraqi Journal of Earth Science* , Vol. (1) , No. (2) , pp. 52- 58, (2001).

٧. ذنون ، ذنون عبد الرحمن ، والجبوري ، علي عبدالله . " الخواص الجيوتكنيكية للصخور الجيرية المستغلة لاغراض البناء في محافظة نينوى – العراق" *المجلة الجيولوجية العراقية* ، المجلد (٣) ، العدد (٢) ، ص ٣٧ – ٤٦ ،(١٩٩٧) .

8. Mazin T H , Mohammad A K , and Ali H A ,"Crushed Bricks as Coarse Aggregate in Constructional Concrete", *Al-Taqani Journal for Engineering Researches, Foundation of Technical Education* , No. 6 , pp 3-27, (1990).

9. Ali A A , and Abul-Hasnat ,"Properties of Concrete using Crushed Bricks as Aggregate", *Concrete International ,* pp 58-63 , February (1983).

10. Mazin T H , Ali H A , and Eman A Q ,"Crushed Limestone as Coarse Aggregate in Concrete Blocks", Certification of testing industrial specimens No. 2/12/1/3644 on 20/12/2004 issued by the Ministry of Planning and Central Measurement & Quality Control Office , Construction Department.

11. Thanoon A T , Mazin T H , and Eman A Q ,"Utilization of By-Products from Cutting Limestones as Fine Aggregate in Mortars" *Al-Taqani Journal for Engineering Researches, Foundation of Technical Education ,* Vol. 18 , No.2 , pp 15-21 , (2005).

12. المواصفة العراقية رقم (٥) لسنة (١٩٨٤) الخاصة بفحوصات السمنت.

13. BS 882 : 1992, "Tests for Aggregates from Natural Sources for Concrete".

14. ASTM C127 & C128 (1978), "Test for Specific Gravity and Absorption Capacity of Fine and Coarse Aggregates".

15. ASTM C124-39, "Test for Flow of Portland Cement Concrete by Use of the Flow Table".

16. BS 1881: Part (111 , 114 , 116) / 1983, "Methods of Making , Curing and Testing Concrete for Strength".

17. ACI Committee 523 ,"*Guide for Cast- in-Place Low-Density Concrete*", Journal of ACI , Vol. 83, pp 830-837, September-October (1986).

١٨. الجيلاوي ، ندى مهدي نوري ، "*خواص الخرسانة خفيفة الوزن بالاشارة الى العزل الحراري والمعاوقة الصوتية*"، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة بغداد ، بغداد ، العراق (١٩٩٧).

19. BS 1881 : Part 122 : 1983, "Methods of Testing Concrete for Absorption Capacity".