مجلة الكوفة الهندسية
الرقم الدولي الموحد
٢٠٧١ -٥٥٢٨
طبع في العراق

المجلد الرابع، العدد الأول ، صفحات البحث (١ - ١٥) ، ٢٠١٢

صلاحية الحصى الصحراوي للأعمال الخرسانية

د. علي عبد الحسين مجبل
المركز القومي للمختبرات الإنشائية

د. عبد الكاظم جيثوم العابدي
جامعة الكوفة- كلية الهندسة
alabidi2004@yahoo.com

م. رفاه موسى
المركز القومي للمختبرات الإنشائية

(استلم بتاريخ ٦ /٧/ ٢٠١١ ; قبل بتاريخ شباط/ ٢٠١٢)

الخلاصة

يتضمن البحث دراسة هندسية جيولوجية لإمكانية استخدام الحصى الصحراوي الرسوبي الاصل في صناعة الخرسانة لغرض توفير مصادر للركام المستخدم في الأعمال الإنشائية لاسيما المنفذة في المناطق الصحراوية .

أظهرت فحوصات العينات اليدوية للحبيبات والمجهرية الدقيقة ل(٢٤) شريحة ان الحصى الصحراوي يتكون بشكل أساسي من معدن الكالسايت المتباين في حجم البلورات أو من الكالسايت المتدلمت قليلا مع وجود بعض المتضمنات ، وتبين كذلك وجود انواع من المتحجرات حصل لبعضها احلال كامل بواسطة معدن الكالسايت .

بينت نتائج الفحوصات على الركام والخرسانة إمكانية إنتاج خرسانة بنوعية جيدة باستخدام الحصى الصحراوي كركام خشن وعند مقارنة خصائصها مع الخرسانة المستخدم في إنتاجها الحصى النهري السيليكي الأصل فان خصائصهما كانت متقاربة ، وان تكسير الحصى الصحراوي يحسن من خصائص الخرسانة ولاسيما مقاومة الانضغاط والشد.

أظهرت النتائج ان تعرض الخرسانة المستخدم فيها الحصى الصحراوي ولمدة طويلة الى ظروف مشجعة للتفاعل بين القلويات الموجودة في السمنت والكربونات الداخلة في تركيب الركام لم تؤدي الى حصول تأثيرات ضارة للخرسانة ولم تظهر اية فروقات محسوسة عن تصرف الخرسانة المنتجة باستخدام الحصى النهري.

Suitability of Desert Gravel for concrete production

Abstract:
Engineering and geological study for using sedimentary desert gravel in concrete production was performed, so as to provide resources for aggregate used in construction works, especially in desert regions.

Hand specimens test in addition to examining of(24) slides showed that desert gravel consist mainly of Calcite mineral with deferent crystal sizes ,showing recrystalization and dolomitization . Some inclusions and fossils showing Calcite replacement where founded.

Tests on aggregate and on concrete proved that good quality concrete can be obtained using desert gravel as coarse aggregate. The properties of this concrete were found to be nearly similar to those properties when river gravel was employed. Crushing of desert gravel enhanced properties especially its compressive and tensile strength.

Long term exposure to humid environment did not indicate any deterioration due to alkali-aggregate reaction of concrete production using desert gravel. Similar results were noticed when river gravel used.

١ ـ المقدمة

نتيجة للانتشار السريع و الواسع لاستخدام الخرسانة في بناء المنشآت المختلفة لما لها من خصائص مشجعة من ناحية الاستخدام و المقارنة والديمومة وإعطاء الشكل المطلوب عند صبها في القوالب ، وحيث ان الركام يشغل مابين ٧٠-٨٠ % من حجم الخرسانة بسبب دوره في تقليص انكماش الخرسانة ولكونه ارخص موادها ثمنا ؛ فقد زاد استهلاك الركام بدرجة كبيرة ، وأصبح البحث عن مقالع اضافية ومصادر جديدة للركام أحد الأهداف المهمة للمنتجين المختصين بصناعة الخرسانة .

يمثل توفير الركام لإنتاج الخرسانة في المناطق الصحراوية جزءا مهما ومكلفا من مراحل الإنتاج ، ويتطلب استخدام الركام بنوعيه الخشن والناعم من الأصل النهري او الصناعي نقل كميات الركام الهائلة من مواقع تواجده في المقالع البعيدة الى مواقع العمل في المناطق الصحراوية مع ما يرافق ذلك من زيادة في تكاليف العمل والوقت المستهلك في عمليات النقل. وهذه الاسباب تشجع البحث عن مصادر لتوفير الركام من المناطق الصحراوية نفسها ، حيث يحقق ذلك مكسبين حقيقيين الأول معالجة شحة توفر الركام والثاني تقليص كلفة الإنشاء بدرجة كبيرة .

يهدف هذا البحث الى دراسة صلاحية الحصى الصحراوي للاستخدام كركام خشن في انتاج الخرسانة وذلك بالتحقق من توفر الخصائص الفيزياوية والكيمياوية المطلوبة في صناعة خرسانة تمتلك اداءا جيدا وديمومة مضمونة ومطابقة للمواصفات المعتمدة عالميا .

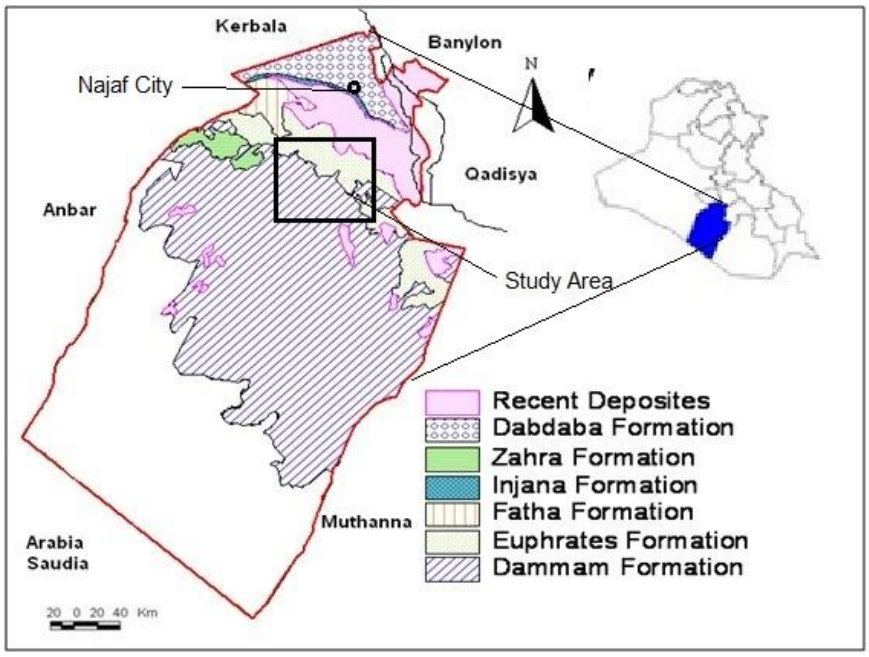
تضمن البحث اجراء دراسات جيولوجية وكيمياوية وهندسية على نماذج من الحصى الصحراوي ذي الاصل الرسوبي والذي يمكن الحصول عليه من غربلة وغسل الترسبات المالئة للوديان والمنخفضات في المناطق الصحراوية وحافات الصحراء وقد جلبت النماذج المستخدمة لهذا البحث من ترسبات منطقة بحر النجف الواقعة جنوب غرب مدينة النجف الاشرف حيث يحتمل تواجد مثل هذه الترسبات في الصحراء الواقعة غرب وجنوب العراق والممتدة الى المنطقة الشمالية الشرقية للملكة العربية السعودية شكل (رقم ١).

اجريت فحوصات على نماذج مختلفة من الخرسانة المصنوعة باستخدام الحصى الصحراوي ذي الاصل الكلسي والمتواجد في ترسبات تعد جزءا من الترسبات الحديثة (بلايستو – هولوسين Plesto-Holocene) المالئة للوديان والمنخفضات المنكشفة في منطقة الدراسة المؤشرة في الشكل رقم (١) ، وتتصف هذه الترسبات بكونها غير منسقة تتباين في احجامها من الطين الى الجلاميد .تقع هذه المنطقة من الناحية البنيوية (التكتونية) ضمن نطاق السلمان (Alsalman Zone) التابع للرصيف المستقر وفق التقسيمات التكتونية للعراق شكل رقم (٢). اجريت الفحوصات كذلك على نماذج مشابهة من الخرسانة المستخدم فيها الحصى النهري السليكي الاصل اذ استخدم اسلوب فحص النماذج بعد تعريضها لظروف قاسية ولمدد طويلة حيث تراوحت اعمار النماذج عند فحصها من سبعة أيام الى سبع سنوات.

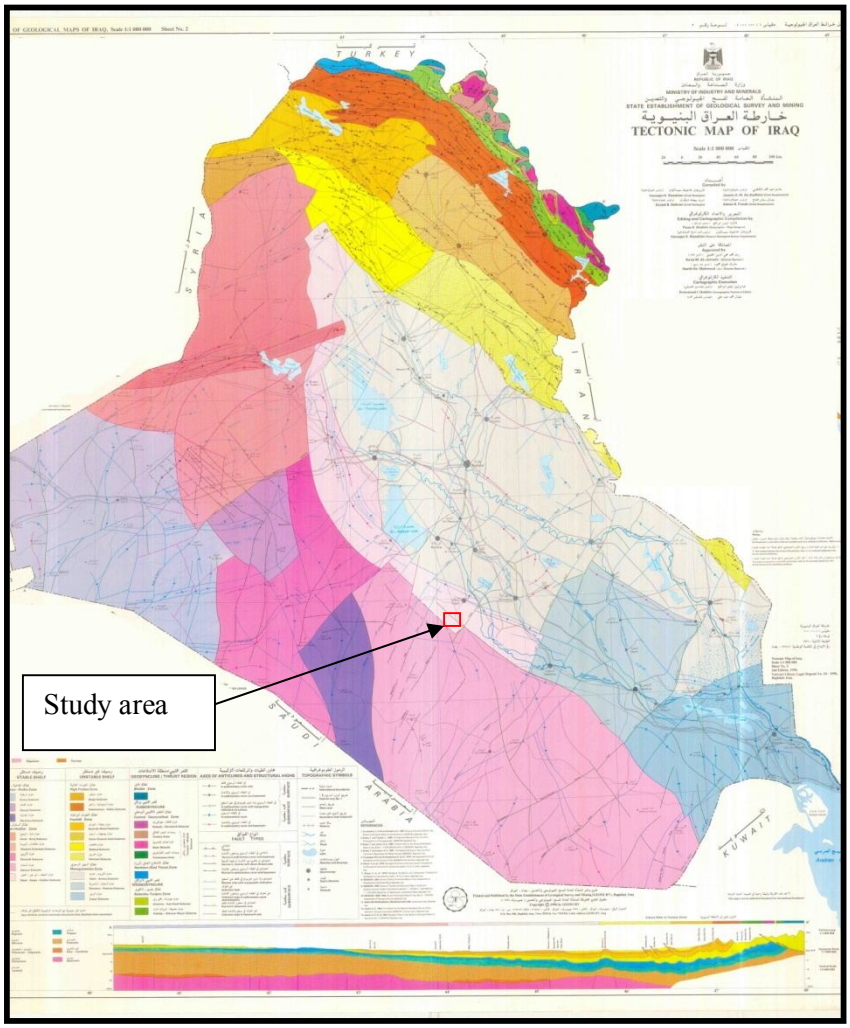
٢- خواص الركام وتأثيرها على نوعية الخرسانة

يمكن تعريف الركام على انه جسيمات (حبيبات)متباينة الاحجام من الصخور الطبيعيةاو الصناعية التي عندما تجمع ويتم ربطها بمونة سمنتية ينتج عنها مادة بنائية تسمى الخرسانة .

ان استخدام اي نوع من الركام لمدة طويلة مع توفر البيانات الاحصائية عن خصائص الخرسانة التي استخدم فيها ذلك النوع يعطي قاعدة مناسبة لتحديد مدى ملائمة الركام والنتائج المتوقعة عند استخدامه . عند عدم توفر قاعدة بيانات كافية عن خصائص الركام (وهذا ماينطبق على الحصى الصحراوي) يكون اجراء الفحوصات ضروريا لدراسة خواص الركام التي تؤثر بدجة كبيرة على نوعية الخرسانة وعلى ديمومتها اذ ينبغي للركام ان يبقى مستقرا داخل الخرسانة خلال عمرها التصميمي دون ان يساهم في تدهورها . تنقسم خواص الركام الطبيعي الى قسمين الاول مرتبط بنوعية الصخور التي تكون منها الركام كالتركيب الكيمياوي والمعدني والصلابة والوزن النوعي والمقاومة والثبات ولون الركام اما القسم الثاني فيعتمد على طبيعة التجوية التي تعرضت لها الصخور وعلى طريقة تصنيع الركام ومن تلك الخصائص شكل الركام وتدرجه وشكل نسجة السطح ومقدار امتصاص الماء وكذلك مقدار تلوثه بالمواد الكيمياوية (٣)،(٤).



شكل رقم ١ : الخارطة الجيولوجية لمحافظة النجف مؤشر عليها منطقة الدراسة عن(١)



شكل رقم ٢ :الخارطة التكتونية للعراق مؤشر عليها منطقة الدراسة عن (٢)

٣- قابلية الركام للتفاعل مع القلويات

يعتبر تفاعل بعض انواع الركام النشيط كيمياويا مع القلويات الموجودة في عجينة السمنت –أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم – أحد اسباب تدهور الخرسانة بسبب اجهادات الشد المتولدة عن تكون هلام السليكا القاعدي الناتج عن ذلك التفاعل ، حيث اظهرت فحوصات الاشعة السينية لنواتج تفاعل القلويات مع الركام ان سبب التمدد يعود الى عمليات اعادة البلمرة التي يصاحبها زيادة في حجم المواد الناتجة عن التفاعل (٥).

تصنف الصخور الكاربونية مثل حجر الكلس الدولومايتي الحاوي على نسبة من الطين (ولاسيما المكشوفة منها) والحجر الكلسي السليكوني ضمن انواع الركام التي يحتمل حصول التفاعل التمددي بين القلويات و الكاربونات عند استعمالها (٦)،(٧).

يعتبر توفر الرطوبة امرا ضروريا لحصول واستمرار التفاعل بين الركام والقلويات ، كما ان هنالك عوامل اخرى تؤثر على فعالية التفاعل منها نوعية الركام ونسبة المادة الفعالة فيه وحجم بلورات المادة المتفاعلة اضافة الى نسبة القلويات (٣)،(٧).

ان اللجوء الى الفحوصات ولاسيما الفحوصات المعدنية يعتبر مفيدا في كثير من الاحيان عند عدم توفر بيانات كافية وعلى الرغم من عدم وجود فحص موثوق عالميا يجيب عن كافة التساؤلات بخصوص هذا التفاعل (٥)،(٨).

٤- الاعمال المختبرية

٤-١ الفحوصات المختبرية للركام

٤-١-١ **الفحوصات الفيزياوية للركام** : تم استعمال نوعين من الحصى الصحراوي احدهما حصى مكسر والاخر حصى غير مكسر وكذلك تم استخدام حصى نهري غير مكسر اما الرمل فكان من النوع النهري السيليكي . أختيرت تدرجات أنواع الحصى والرمل لتكون مطابقة لمتطلبات المواصفات القياسية العراقية (م ق ع ٤٥ لسنة ١٩٨٤) لركام ذي مقاس أقصى ١٩ ملم . أجريت الفحوصات التي تعين الكثافة الكلية والوزن النوعي ونسبة الامتصاص وكذلك نسبة السحج لأنواع الركام المستخدمة حيث نتائجها في الجدول رقم ١ .

فيما يخص شكل الركام ونسجة السطح فيه فقد أشارت الفحوصات الى ان حبيبات الحصى الصحراوي لمختلف الاحجام كانت غير منتظمة الشكل وشبه مدورة الى شبه زاوية وتحوي أسطحها على جيوب وأخاديد تملئها الترسبات الناعمة والطينية .

جدول رقم ١ نتائج الفحوصات الفيزياوية للركام

نوع الركام	الكثافة الكلية (ك نت /م ٣)		الوزن النوعي	نسبة امتصاص الماء%	نسبة السحج %
	مرصوصة	غير مرصوصة			
حصى صحراوي غير مكسر	١٦,٧٥	١٤,٩٠	٢,٦٥	٣,٢	٢٩
حصى صحراوي مكسر	١٦,٩٠	١٥,١٠	٢,٦٨	٣,٨	٣٠
حصى نهري	١٧,١٥	١٦,٠٥	٢,٧٦	٠,٨	١٧
رمل	-----	١٦,٥٠	٢,٦٥	٢,٣	---

٤-١-٢ الفحوصات الكيمياوية للركام

أجريت الفحوصات الكيمياوية على عدة نماذج من الحصى الصحراوي بعدة تدرجات من قياس ٥ ملم لغاية ٥. ٣٧ وعلى نماذج الحصى النهري كذلك . لم تظهر نتائج التحاليل لأنواع الحصى الصحراوي المختلفة الاحجام أختلافا في التركيب الكيمياوي فيما بينها ويتضمن الجدول ٢ نتائج تلك الفحوصات للأحجام المستخدمة في المزجات الخرسانية .

تراوحت نسبة الجبسوم الملوثة للحصى مابين ٠,٠٨-٠,١% من وزن الركام .

جدول رقم ٢ نتائج الفحوصات الكيمياوية للركام

المركب	النسبة المئوية%		
	حصى صحراوي غير مكسر	حصى صحراوي مكسر	حصى نهري
SiO2	٠,٦٨	٢,٩٦	٥٧,٠٩
R2O3	٢,٣٠	٢,٤٠	٢٥,٩
CaO	٥٤,٧	٥٣,١٢	١٢,٥
MgO	١,١١	---	٢,٤
L.O.I.	٤١,٩٠	٤١,١٤	٢,٥

٤-١-٣ الفحص البتروكرافي والتركيب المعدني

اجريت فحوصات العينات اليدوية الاولية على الاحجام المختلفة لنماذج الحصى الصحراوي حيث لوحظت اثار الفواصل والكسور الموجودة اصلا في الصخور الرسوبية التي تكون منها الركام وعند اضافة حامض الهيدروكلوريك المخفف الى القطع المكسورة حديثا من الحصى حصل تفاعل بين الحصى والحامض مما يشير الى احتواء الحصى على معدن الكالسايت بنسبة كبيرة . ثم اجريت الفحوصات

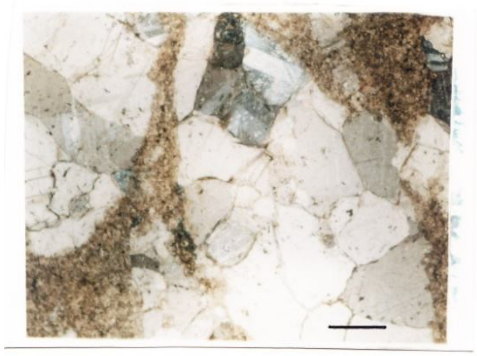
المجهرية الدقيقة على ٢٤ شريحة من عينات مختلفة الاحجام من الحصى الصحراوي وتظهر اللوحات ٤،٣،٢،١ بعضا من تلك النتائج .

٤-١-٤ فحص الاشعة السينية لنماذج الحصى

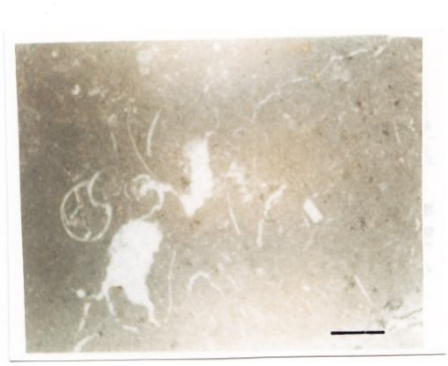
استخدم فحص الاشعة السينية (X-Ray) لتحديد انواع المعادن الداخلة في تركيب انواع الحصى وقد ادرجت نتائج هذا الفحص في الجدول رقم ٣ .

جدول رقم ٣ نتائج فحوصات الأشعة السينية للركام

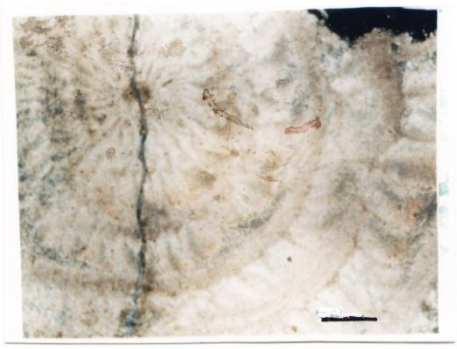
نوع الحصى	المعادن السائدة
حصى صحراوي	معدن الكالسايت + معدن الكوارتز
حصى نهري	معدن الكوارتز+ معدن الكالسايت +معادن طينية (معادن الفلدسبار والكاؤولينايت والايلايت)



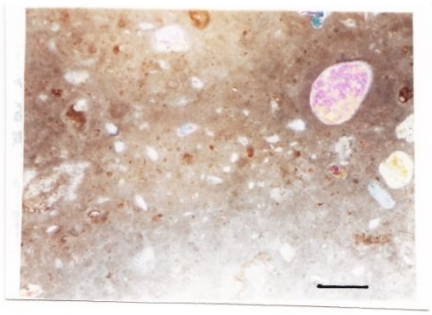
لوحة ١: بلورات كبيرة من الكالسايت تظهر التوأمة ضمن وسط ميكرايت ، ـــــ = ٥٠ مايكرون



لوحة ٢: شريحة تمثل حصاة مكونة من الميكرايت بشكل كامل ، ـــــ = ٥٠ مايكرون



لوحة ٣: شريحة تمثل هيكل متحجر يقطعه عرق صغير من الحديد ، ـــــ = ٥٠ مايكرون



لوحة ٤: شريحة تظهر حبيبات الكوارتز ضمن ضمن وسط من الميكرايت ،ـــــ = ٥٠ مايكرون

٤-١-٥ فحص قابلية الركام للتفاعل مع القلويات

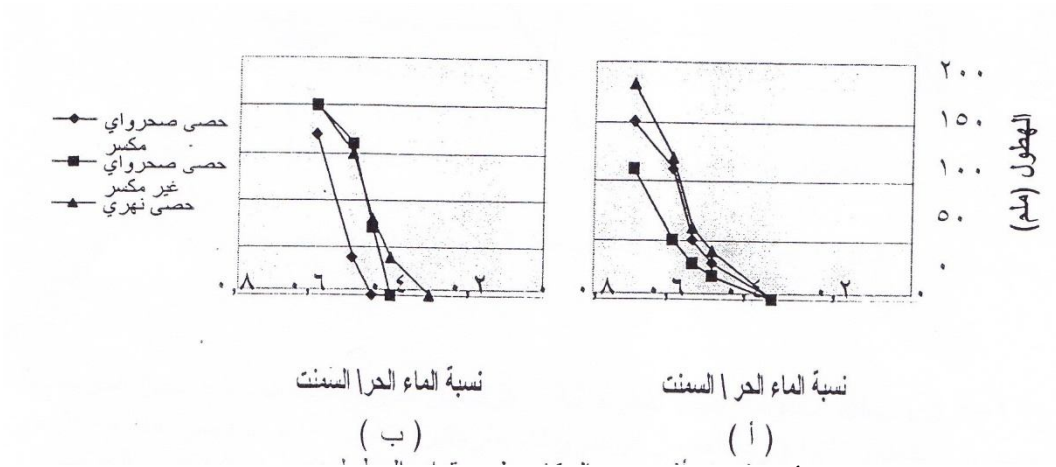
لغرض تحديد فعالية الحصى الصحراوي مع القلويات الموجودة في عجينة السمنت ، استخدمت طريقتان للفحص ، الاولى باتباع قضيب المونة بموجب المواصفات الامريكية ASTM C٢٧٧-٨١ لتحديد التمدد الطولي لقضبان المونة المستخدم فيها الركام الصحراوي بعد مدة ٦ أشهر ، حيث كان معدل التمدد بحدود ٠,٠٥% . أما الطريقة الثانية فهي طريقة استنباطية حيث تم تقويم نتائج الفحوصات الخاصة بمقاومة الانضغاط ومقاومة الشد والكثافة للنماذج المغمورة بالماء لمدد طويلة .

٤-٢ الخلطات الخرسانية

تم عمل خلطات خرسانية بنسبتين وزنيتين شائعتين هما ١:٢:٤ و ١:١,٥:٣ سمنت : رمل : حصى لجميع أنواع الحصى ، واستعمل الرمل السيليكي كركام ناعم في جميع تلك الخلطات .

٤-٢-١ قابلية التشغيل

أجريت عدة مزجات تجريبية باستخدام نسب ماء / سمنت متعددة وللانواع المختلفة من الركام حيث جرى فحص قابلية التشغيل للخرسانة لكل مزجة بقياس مقدار الهطول لمقارنة تأثير الانواع المختلفة من الركام على قابلية التشغيل المبينة نتائجها بالشكل ٣ . تم اختيار نسبة الماء/ السمنت الملائمة للحصول على قابلية تشغيل معتدلة (١٠٠-١٥٠) ملم والمبينة في الجدول رقم ٤ لاستخدامها في الخلطات الخرسانية المطلوبة .



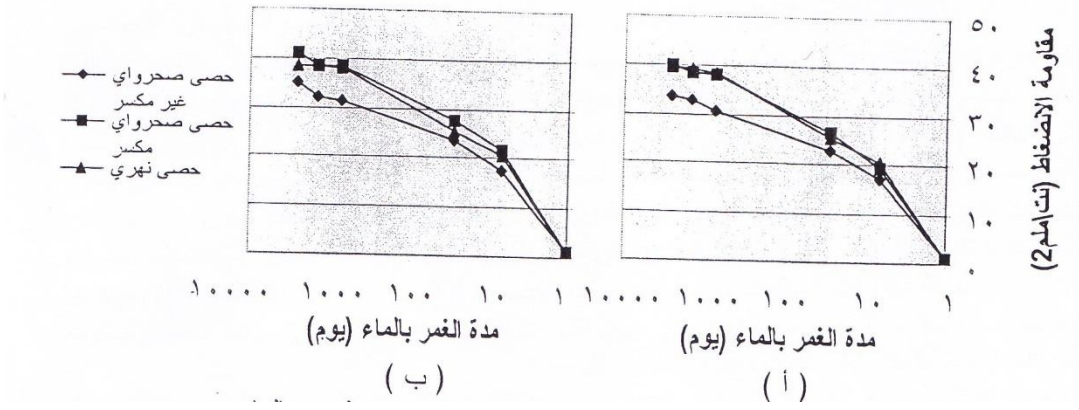
شكل ٣ تأثير نوع الركام على مقدار الهطول :
(ا) لنسب مزج ١:٢:٤ (ب) لنسب مزج ١:١,٥:٣

جدول رقم ٤ يبين نتائج نسبة الماء الحر / السمنت للخلطات الخرسانية المختلفة

نوع الحصى / نسبة المزج	حصى صحراوي غير مكسر	حصى صحراوي مكسر	حصى نهري
٤:٢:١	٠,٦	٠,٦٥	٠,٦
٣:١,٥:١	٠,٤٧	٠,٥٥	٠,٤٦

٤-٢-٢ فحص مقاومة الانضغاط والكثافة للخرسانة

أجريت فحوصات مقاومة الانضغاط والكثافة على نماذج مكعبات خرسانية بأبعاد ١٥٠×١٥٠×١٥٠ ملم بأعمار ٧ يوم و ٢٨ يوم بالاضافة الى ذلك تركت النماذج الاخرى مغمورة في الماء بدرجة حرارة الجو لغرض اجراء الفحوصات عليها بأعمار طويلة حيث اجريت الفحوصات اللاحقة على النماذج بعد سنتين ، أربع سنوات وسبع سنوات من الغمر المستمر بالماء ؛ وقد حصلت زيادة بسيطة في كثافة الخرسانة مع العمر حيث زادت الكثافة من ٢٣,٨ ك نت/م٣ بعمر ٢٨ يوم الى ٢٤,٣ ك نت / م٣ بعمر أربع سنوات للخرسانة المستخدم فيها حصى صحراوي غير مكسر بنسب مزج (٤:٢:١) في حين زادت الكثافة لنفس الاعمار باستخدام الحصى المكسر من ٢٣,٨ ك نت / م٣ الى ٢٤,٧ ك نت/م٣ . اما عند استخدام الحصى النهري فقد زادت كثافة الخرسانة من ٢٣,٧ ك نت /م٣ الى ٢٤,٦ ك نت /م٣ ، وكانت النتائج لنسب المزج(٣:١,٥:١) مقاربة للنتائج الوارده آنفا . ويوضح الشكل رقم ٤ تطور مقاومة الانضغاط للخرسانة مع مدة الغمر بالماء .



شكل رقم ٤ يبين تطور مقاومة انضغاط الخرسانة مع مدة الغمر بالماء:
(أ) لنسب مزج(٤:٢:١) (ب) لنسب مزج (٣:١,٥:١)

٤-٢-٣ فحوصات مقاومة الشد للخرسانة

تم فحص مقاومة الشد لنماذج من الخرسانة المصبوبة باستخدام الانواع المختلفة من الركام وذلك بطريقتين الاولى باجراء فحص مقاومة الثني للخرسانة بموجب الدليل الاسترشادي العراقي رقم ١٩٩١/٢٩١ على نماذج من البلاطات الخرسانية ؛ والثاني بفحص مقاومة الانشطار نتيجة الشد لنماذج خرسانية اسطوانية بموجب الدليل الاسترشادي العراقي ١٩٩٥/٢٨٣ . نتائج الفحوصات بموجب الطريقتين المذكورتين آنفا للاعمار المختلفة مذكورة في الجدول رقم ٥ .

جدول رقم ٥ نتائج فحص مقاومة الشد للخرسانة للمزجات المختلفة

نوع الركام	نسب المزج	مقاومة الشد (نت /ملم ٢)			
		مقاومة الانشطار بعمر		مقاومة الثني بعمر	
	سمنت : رمل : حصى	٢٨ يوما	٧ سنوات	٢٨يوما	٢ سنة
حصى صحراوي غير مكسر	١:٢:٤	٢,٥	٢,٧	٥,٥	٧
	١:١,٥:٣	٢,٦	٣,١	٦,٤	٩,٤
حصى صحراوي مكسر	١:٢:٤	٣,١	٣,٢	٦	٨
	١:١,٥:٣	٣,٣	٣,٨	٧,٤	٩,٧
حصى نهري	١:٢:٤	٢,٩	٣,٥	٦,٤	٨,٢
	١:١,٥:٣	٣,٢	٣,٦	٦,٥	٩,٦

٥- مناقشة النتائج

٥-١ نتائج فحوصات الركام

٥-١-١ مناقشة نتائج التركيب المعدني

بينت الدراسة المجهرية للشرائح بأن الحصى الصحراوي المستخدم يمثل احجارا كلسية رسوبية (Limestone) إذ أن التركيب المعدني للحصى يتألف بشل اساسي من معدن الكالسايت المتباين في حجم بلوراته من البلورات الكبيرة (Spar Calcite) الى الدقيقة (Micrite) مع وجود نمو بلوري وإعادة تبلور واضحة بالاضافة الى وجود بعض المتضمنات الاخرى وحصول عمليات الدلمتة المحدودة .

توضح اللوحة ١ نموذجا من وجود بلورات كبيرة للكالسايت وكذلك ظاهرة التوأمة (Twinning)التي تحصل أحيانا ضمن وسط من الكالسايت الدقيق التبلور (الميكرايت) المتباين في حجم بلوراته ويعزى هذا التباين الى عملية اعادة التبلور الحاصلة لبلورات الميكرايت. تمثل البلورات الكبيرة

قوالب حياتية (Biomold) لهياكل متحجرات كاملة اولاجزاء منها احيانا ، في حين أظهرت العديد من الشرائح أن حبات الحصى متكونة من الميكرايت بشكل كامل كما توضح ذلك لوحة ٢.

وجدت المتحجرات في (١٠) عشر شرائح من مجموع الشرائح المدروسة وبنسب تواجد متباينة حيث شكلت المتحجرات في بعضها معظم حجم الشريحة ويمكن لذلك اعتبارها من صنف Biomicrite حسب التصنيف المعتمد من قبل المصدر[٩] وكانت شرائح أخرى بالكامل عبارة عن متحجر واحد ظهرت فيه مراحل الاحلاح وإعادة التبلور كما هو مبين في لوحة ٣ .

أظهرت بعض الشرائح وجود آثار لاكاسيد الحديد او عروق الحديد المالئة للكسور المنتشرة في العديد من الشرائح المدروسة (لوحة ٣) في حين وجدت حبيبات الكوارتز في وسط من الكالسايت الدقيق التبلور في شريحتين فقط (لوحة٤).

جاءت نتائج الفحوصات الكيمياوية لنماذج الحصى المبينة في الجدول رقم ٢ وكذلك نتائج فحص الاشعة السينية الواردة في الجدول رقم ٣ مؤكدة لدراسة التركيب المعدني .

يمكن الاستدلال على ان الرواسب التي تواجد ضمنها الحصى الصحراوي نقلت من مواقع قريبة وذلك من ملاحظة عدم الفصل بين الاحجام المختلفة للرواسب حيث انها تتواجد على شكل مزيج من الجسيمات المتباينة في الحجم من الناعمة جدا كالاطيان الى الركام الخشن بحجم الجلمود وكذلك فان عدم انتظام او صقل اوجه الحصى واحتوائه على أخاديد رغم أنه مكون من الصخور الكلسية المعروفة بضعف مقاومتها النسبية لعمليات التجوية والتعرية يعطي دليلا اضافيا على ان مسافة النقل لهذه الرواسب كانت قليلة .

ان عدم وجود اختلافات جوهرية في نتائج التحليل الكيمياوي والمعدني بين أحجام الحصى الصحراوي الكبيرة والصغيرة يدل على ان تباين احجام الحصى يمكن ان يعزى الى عوامل التجوية و التعرية التي جرت على احجام متباينة من قطع الصخور المصدرية التي تكون منها الحصى وليس الى التباين المعدني بينها .

كانت نتائج التحليل الكيمياوي للحصى الصحراوي متطابقة مع نتائج التحليل الكيمياوي للصخور الكلسية المنتشرة في مناطق العراق المختلفة الواردة في المصدر [٦] مما يؤكد الاستنتاج السابق حول قرب مصدر الصخور المكونة للحصى .على أية حال فقد أثبتت دراسات سابقة [١٠] و[١١] صلاحية الحجر المكسر من انواع اخرى من صخور الكالسايت المتدلمت الموجودة قريبا من منطقة الدراسة للاعمال الخرسانية رغم ان التحليل الكيمياوي لتلك الصخور أشار الى وجود اوكسيد المغنيسيوم فيها بنسبة أعلى مما موجود في الحصى الصحراوي .

٥-١-٢ الفحوصات الفيزياوية

تشير النتائج الواردة في الجدول ١ الى مطابقة خصائص الحصى الصحراوي للمتطلبات الخاصة بالاعمال الخرسانية ، وكانت نتائج فحوصات الكثافة للحصى الصحراوي متقاربة نوعا ما مع نتائج فحوصات الحصى النهري الشائع استعماله في صناعة الخرسانة اما مايخص نتائج نسبة السحج فان احتواء التركيب المعدني للحصى الصحراوي على نسبة عالية من معدن الكالسايت الضعيف نسبيا مقارنة مع معدن السيليكا يجعل مقاومته للسحج اقل من مقاومة الحصى النهري السيليكي التركيب كذلك فان قابلية الحصى الصحراوي لامتصاص الماء كانت اكبر من امتصاص الحصى النهري للماء ومع ذلك فان النتائج كانت مقبولة بموجب المواصفات الخاصة بالاعمال الخرسانية .

بينت الفحوصات وجود مواد ناعمة ملتصقة داخل الاخاديد الموجودة على سطح الحصى الصحراوي وحيث أن تلك المواد يمكن ان تشكل طبقة عازلة على سطح الركام تسبب ضعف ارتباطه مع عجينة السمنت لذا يتطلب استخدام طريقة الغربلة والغسل الجيد لضمان التخلص من تلك المواد.

٥-١-٣ قابلية التفاعل مع القلويات

على الرغم من ان نتائج الفحوصات الخاصة بالتمدد الطولي لقضيب المونة المصبوب من مادة الحصى الصحراوي كانت بحدود ٠,٠٥% وهي أقل من الحدود المسموحة بالمواصفات الامريكية ١٩٨١ C٢٢٧ ASTM البالغة ٠,١% بعد ستة اشهر من الغمر بالماء الا أن ذلك لم يكن كافيا للتحقق من عدم وجود خطر التفاعل بين الحصى الصحراوي والقلويات في عجينة السمنت .

ان انكشاف ترسبات الحصى الصحراوي واحتواءه على نسبة عالية من معدن الكالسايت كما بينت الفحوصات الكيمياوية والمعدنية تزيد من الشكوك في احتمالية حصول التفاعل بين الكاربونات والقلويات ، بالاضافة الى ذلك فان عدم مرور مدة كافية على استخدام الحصى الصحراوي في الاعمال الخرسانية لايوفر قاعدة بيانات يمكن الاعتماد عليها في تقويم أداءه فيما يخص هذا التفاعل .

ان عدم الثقة في الفحوصات المتعلقة بالتفاعل بين القلويات والركام والمعروفة في الوقت الحاضر [٥]،[٨] اضطر البحث لإتباع الوسيلة الاصعب بتعريض النماذج الخرسانية الى ظرف قاس مستمر لمدة طويلة،حيث تم غمر النماذج بالماء لمدة وصلت الى سبع سنوات ومراقبة التغيرات المهمة الحاصلة على خواص الخرسانة ،وهي مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد والكثافة.

تبين من نتائج الفحوصات أن التعرض الى ظرف مشجع لحصول التفاعل القلوي ولمدة طويلة لم يؤثر على خواص الخرسانة المستخدم فيها الحصى الصحراوي بل على العكس من ذلك حصل تطور مستمر في مقاومة الخرسانة وكثافتها مما يزيل المخاوف من استخدامه في انتاج الخرسانة .

٥-٢ نتائج فحوصات الخرسانة

٥-٢-١ قابلية التشغيل

نظرا لطبيعة شكل الحصى الصحراوي غير المنتظمة ونسجة سطحه فانه يتوقع أن تزداد الحاجة الى الماء لغرض تحقيق قابلية تشغيل معينة ، الا أن النتائج المبينة في الشكل ٣ تشير بوضوح الى عدم وجود فروقات كبيرة في نتائج الهطول عند استخدام الحصى الصحراوي مقارنة بالنتائج التي تم الحصول عليها باستخدام الحصى النهري خصوصا في المزجات الغنية بالسمنت وكذلك يوضح الشكل ان استخدام الحصى الصحراوي المكسر ادى الى نقصان قليل في قابلية تشغيل الخرسانة .

٥-٢-٢ فحوصات مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد

تشير النتائج الموضحة بالشكل ٤ الى حصول تطور مستمر في مقاومة الخرسانة للانضغاط والشد مع زيادة مدة الغمر بالماء للخرسانة الحاوية على نوعي الحصى الصحراوي المكسر وغير المكسر وكذلك الحصى النهري ولجميع المزجات . ان عدم تأثر خصائص الخرسانة ولاسيما مقاومة الشد المعروف تأثرها بالتفاعل بين الركام والقلويات [٥] يدل بوضوح على عدم حصول تفاعلات ضارة للخرسانة رغم التعرض الدائم للماء وعلى العكس من ذلك كانت نتائج تفاعلات الركام مع السمنت مفيدة في زيادة كثافة الخرسانة كما ورد في الفقرة ٤-٢-٢ وكذلك في زيادة قابلية الخرسانة على مقاومة اجهادات الانضغاط والشد المسلطة عليها .

يبدو واضحا من الشكل ٤ ان تكسير الحصى الصحراوي كان مفيدا في تحسين خصائص مقاومة الخرسانة حيث ان نتائج فحوصات الخرسانة باستخدام الحصى الصحراوي المكسر كانت قريبة جدا من النتائج المستخلصة عند استخدام الحصى النهري كركام خشن . علي أية حال فان القيم التي تم الحصول عليها كانت مشجعة وتشير الى قابلية الخرسانة المستخدم فيها الحصى الصحراوي كركام خشن على اكتساب مقاومة أعلى عند استمرار التعرض للجو الرطب وربما يعود ذلك الى تغلغل نواتج تفاعل الركام مع السمنت بوجود الرطوبة داخل المسامات الموجودة في بنية هلام السمنت خصوصا لقيم ماء /سمنت تزيد على ٠,٥ مما يساعد على تحسين خواص الخرسانة . بالاضافة الى ذلك فان طبيعة الاخاديد الموجودة في سطح الركام تسمح باستيعاب التبدلات البعدية الناتجة عن التفاعلات التمددية لهلام السمنت مع الركام دون ان يكون لتلك التفاعلات تأثير ضار على الخرسانة .

٦-الاستنتاجات

على ضوء نتائج الفحوصات التي أجريت على الحصى الصحراوي وعلى الخرسانة التي أستخدم فيها كركام خشن يمكن التوصل الى الاستنتاجات الآتية :

١- الحصى الصحراوي الذي تمت دراسته يمثل أحجارا كلسية مؤلفة بشكل اساسي من معدن الكالسايت المتباين في حجم بلوراته من الكبيرة الى الدقيقة والحاوية على المتحجرات مع وجود متضمنات اخرى وكسور في حبيباته ويمتاز بشكله غير المنتظم واحتوائه على الاخاديد .

٢- تم الاستدلال على ان الرواسب التي يتواجد ضمنها الحصى الصحراوي كانت منقولة من مسافات ليست بعيدة وان الصخور المصدرية لها هي صخور رسوبية .

٣- يتطلب الغربلة والغسل الجيد للحصى الصحراوي عند اسخدامه في صناعة الخرسانة بسبب عدم انتظام اسطح حبيباته ووجود الاخاديد التي يحتمل التصاق المواد الطينية الناعمة به داخل تلك الاخاديد .

٤- أثبتت النتائج ان خصائص الحصى الصحراوي كانت مطابقة لمتطلبات المواصفات العالمية الخاصة بالاعمال الخرسانية .

٥- لم تظهر فروقات كبيرةعلى قابلية تشغيل الخرسانة عند استخدام الحصى الصحراوي كركام خشن بديلا عن الحصى النهري لاسيما في المزجات الغنية بالسمنت .

٦- أظهرت النتائج حصول تطور مستمر في مقاومة الخرسانة للانضغاط والشد باستخدام الحصى الصحراوي بنسب مزج مختلفة والغمر بالماء لمدد طويلة ، كما ان استخدام الحصى الصحراوي المكسر يحسن كثيرا من خواص الخرسانة .

٧- لم يظهر اي تأثير ضار ناتج عن التفاعل بين الركام والقلويات على الخرسانة المستخدم فيها الحصى الصحراوي كركام خشن رغم تعرضها المستمر الى ظروف مشجعة لحصول التفاعل ولمدد تصل اى سبع سنوات .

٨- يمكن التوصية بثقة كبيرة باستخدام حصى صحراوي مكسر مغسول جيدا للحصول على نتائج مرضية في حقل إنتاج الخرسانة .

المصادر :

1- GEOSURV (State Company of Geological Survey and Mining), (2001),"Geological map of Iraq".

2- Al Kadhimi ,F. ,Sissakian,V.and Diekran, D.,1996 ; Tectonic map of Iraq , GEOSURVE, Baghdad , Iraq.

3- Neville ,A.M.,(1995),Properties of Concrete, Pitman Pub.

4- Abdul Majed ,N.Z. , (2000), "The influence of aggregate properties on strength of concrete", Series on K-Economy in Malaysia ,www. Geocities .com / nikzzafri/conagg. Html.

5- Kuris, K.E, Monterio ,P.J.M., Brown,J.T.and Meyer-11sf, W.,(1997), "Effect of chemical additives on the alkali-silica reaction product examined by transmission soft X-ray microscopy", Emaile : monterio@cf.Berkeley .Edu.

٦- القرة غولي ،ناهدة عبد الكريم ،(١٩٧٩)، جيوكيميائية الصخور والمعادن الصناعية ، شركة التايمس للطبع والنشر المساهمة، بغداد.

7- CCANZ : Engineers section ,(2000), "Alkali-Aggregate Reaction", New Zealand ,www. cca. Org. nz/engineers/alkali.htm.

8- REMR, (1996), "Site inspection and sampling concrete damaged by alkali-silica reaction", technical notes CS-ES-1,13.

9- Folk, R.L., (1974), Petrology of Sedimentary Rocks , Hempill pub.Co.,Austin,Texas.

10-Elizzi,M.A.S., Abdul Hussin , A.M.and Fadhil ,P., (1994),"The use of Al-Malih crushed limestone as coarse aggregate in concrete produvtion",7th International IAEG Congress ,Lisboa,Portugal,3333-3338.

11-Al-Baldawi T.A. and Al-Naib ,S.B., (1986), "The use of Al-Rahba crushed dolomitic limestone as aggregate in concrete", Jr.Bld.Res.,5 (2),1-28.