خواص الركام المنتج من عدة محاجر بمحافظة الجبل الأخضر (ليبيا)

د. عمر رمضان الزروق
جامعة عمر المختار ، قسم الهندسة المدنية
ليبيا
omerelzaroug@yahoo.com

د. احمد جميل إبراهيم
الجامعة العراقية ، كلية الهندسة
العراق
ajssea57@yahoo.com

الملخص—**إن إستخدام الخرسانة كمادة إنشائية ساعد على التقدم السريع في التطور والتجديد العمراني للدول المتقدمة والنامية ، وتعتمد دولة ليبيا على مادة الخرسانة في معظم المشاريع الإنشائية (المباني ، الكباري ، المطارات ، المدارس ، المستشفيات ، خزانات المياه). يتكون الركام من حبيبات صخرية متدرجة في الحجم منها حبيبات صغيرة تسمى بالركام الناعم (الرمل) وحبيبات كبيرة تعرف بالركام الخشن (الحصى). ان نوع و خواص الركام المستخدم في الخلطات الخرسانية له تأثير كبير على خواص الخرسانة الطرية والصلبة لكونه يشكل تقريبأمن 60 الى 70% من حجم الخرسانة. يتطلب أن يتوفر في الركام الخشن القوة والمتانة لأنه هو المادة الأساسية في تحمل اجهادات الضغط ويعطي للكتلة الخرسانية استقرارها ومقاومتها للعوامل الجوية المختلفة (الحرارة ، الرطوبة ، الانجماد) و يقلل ايضاً من التغيرات الحجمية الناتجة عن تجمد وتصلب عجينة الاسمنت.**

يتضمن البحث دراسة صلاحية الركام الخشن والناعم المستخدم في تنفيذ الاعمال الانشائية و المنتج من عدة محاجر تقع ضمن محافظة الجبل الاخضر في ليبيا. حيث تضمنت الدراسة تجميع عدد 15عينة من الركام الخشن و 5 عينات من الركام الناعم وتم اجراء الاختبارات المعملية عليها وهي التدرج الحبيبي ، الوزن النوعي ، امتصاص الماء ، معامل الصدم ، معامل التهشيم ، محتوى المواد الناعمة (الطين والطمى) ، محتوى الاملاح الكبريتية والكلوريدية.

اظهرت نتائج الاختبارات المعملية ان اغلب خواص العينات للركام الخشن كانت ضمن حدود المواصفات الليبية والبريطانية بالنسبة للوزن النوعي والامتصاص ومعامل الصدم والتهشيم ومحتوى المواد الناعمة ومحتوى الاملاح الكبريتية ماعدا محتوى الاملاح الكلوريدية كانت خارج حدود المواصفات او قريب من حدها الاعلى. اما بالنسبة لعينات الركام الناعم فكانت جميع خواصها الفيزيائية (الوزن النوعي والامتصاص ومحتوى المواد الناعمة) ضمن حدود المواصفات الليبية والبريطانية. التدرج الحبيبي لمعظم عينات الركام الخشن كانت خارج نطاق المواصفات ، اما التدرج الحبيبي للركام الناعم فكانت جميع العينات ضمن نطاق التدرج للمواصفات الليبية والبريطانية

الكلمات المفتاحية : **الركام الخشن ، الركام الناعم ، الامتصاص ، الوزن النوعي ، التدرج الحبيبي ، معامل الصدم ، معامل التهشيم**

1. المقدمة

تعتبر الخرسانة من مواد الإنشاء الاساسية والشائعة الاستخدام في مجالات الهندسة المدنية لتشيد المباني متعددة الطوابق والجسور والمعابر والجدران الساندة والأنفاق وخزانات المياه والمنشآت القشرية والطرق وغيرها. الخرسانة تتكون من خلط المواد الأولية مع بعضها وهي الاسمنت والماء والركام ، ويمثل الركام الجزء الاكبر ويتماسك مع بعضه بفعل المونة الاسمنتية المغلفة للركام والتي تتصلد نتيجة التفاعل الكيمائي (الاماهة) بين الاسمنت والماء مما يؤدي الى اكتساب الخرسانة المقاومة المطلوبة [1]. يقسم الركام من حيث المنشأ الى ركام طبيعي وصناعي ، ويتكون الركام الطبيعي من ركام الانهار والوديان (الحصى والرمل) او من تكسير الصخور او الحمم البركانية المتصلبة ، بينما الركام الصناعي يمكن الحصول عليه من مخلفات الخرسانة ، خبث الافران ، حرق التراب او الطين. يتكون الركام من حبيبات طبيعية حصى او حجارة (مكسرة او غير مكسرة) متدرجة في الحجم منها حبيبات صغيرة مقاسها اقل من 5 مم تسمى بالركام الناعم (الرمل) وحبيبات كبيرة مقاسها اكبر من 5 مم تعرف بالركام الخشن (الحصى).وفي بعض الاحيان يتم أضافة بعض المضافات أثناء عملية الخلط التي تحسن خواص الخرسانة الطرية او الصلبة.

الركام هو مادة مالئة في الخرسانة ويعتبر خامل كيميائياً لا يتفاعل مع الاسمنت والركام ، وهو المكون الاساسي للخرسانة حيث يشغل 60 – 70% من حجم الخرسانة بينما عجينة الاسمنت تمثل 30 – 40% و1 – 2% حجم الفراغات داخل جسم الخرسانة [1]. ان نوع وشكل الركام وملمسه السطحي من العوامل الرئيسية التي تؤثر على خواص الخرسانة لكونه يشغل حوالي (60-70%) من حجم الخرسانة. مقاومة الانضغاط للخرسانة تتاثر بنوع الركام حيث وجد ان الحجر الجيري او الدولوميت يعطي مقاومة اكبر من الزلط ، وتزداد مقاومة الانضغاط بزيادة قيمة معيار النعومة للركام الشامل ولكن تقل بزيادة المساحة السطحية للركام ، والتي تعتمد على نسبة الركام الصغير الى الكبير وكذلك على نعومة او خشونة الركام المستخدم [1]. بالاضافة الى ضرورة خلو الركام من الطين والمواد الناعمة والعضوية والتي قد تتفاعل مع الاسمنت او تقلل من التماسك بين حبيبات الركام او تؤخر زمن الشك وتصلد العجينة مما يؤثر على المقاومة والثبات لعجينة الأسمنت وكذلك عدم احتواء الركام على املاح الكبريتات والكلوريدات.

التدرج الحبيبي للركام من الخواص المهمة الاخرى للخرسانة ، حيث يجب ان يكون تدرج الركام مناسباً وذلك بتحديد نسبة الركام الناعم الى الخشن في الخلطة الخرسانية لكونه عامل مهم في السيطرة على قابلية تشغيل الخرسانة الطرية. كما يؤثر الركام على التكلفة الكلية للخرسانة ، فكلما كانت كمية الركام المستخدمة اكثر كلما كانت الخرسانة الناتجة اقل تكلفة وذلك لان الركام ارخص من الاسمنت [2].

يستخدم الركام في مكونات الخلطات الخرسانية لاستخدامها في الاعمال الانشائية ، اعمال البياض ، في صناعة الطوب الاسمنتي ، في اعمال الرصف حيث يشغل نسبة 70 – 75% من الحجم الكلي لمكونات قطاع الرصف [3] ، بالاضافة الى تحسين التربة باستخدام الرمل.

الجدول 1 و2 يوضح حدود المواصفات للتدرج الحبيبي للركام الناعم والخشن على التوالي ، والجدول 3 يبين حدود المواصفات للخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيمائية للركام الخشن والناعم المستخدم في الخرسانة بموجب المواصفات الليبية [4] والتي تكون متطابقة مع المواصفات البريطانية [5].

جدول 1. التدرج الحبيبي للركام الناعم (تدرج ناعم) بموجب المواصفات الليبية والبريطانية

فتحة الغربال (مم)	5.0	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
حدود المواصفة الليبية	-	100 -80	100 -70	100 -55	70 -5	15 -0
حدود المواصفة البريطانية	-	100 -80	100 -70	100 -55	70 -5	-

استلمت الورقة بالكامل في 25 اكتوبر 2019 وروجعت في 10 نوفمبر 2019 وقبلت للنشر في 21 ديسمبر 2019

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 22 ديسمبر 2019

جدول 2. التدرج الحبيبي للركام الخشن مقاس (5-20) مم

فتحة الغربال (مم)	20	14	10	5	2.36
حدود المواصفة الليبية	100- 90	40 - 80	60-30	10-0	-
حدود المواصفة البريطانية	100 - 90	-	60 -30	10 -0	-

اجرى سليم واخرون [6] دراسة معملية لتحديد تأثير ثلاثة انوع من الركام الخشن (البازلت ، الدولوميت والزلط) على خواص الخرسانة عالية المقاومة. استنتج الباحثون بان هناك تأثير واضح لنوع الركام على خواص الخرسانة ، فكانت قيم ركام الدولوميت افضل واعلى من باقي انواع الركام. بحث محسن [7] تأثير امتصاص الركام الكبير للماء على مقاومة الانضغاط للخرسانة. وجد الباحث أن نسبة امتصاص الركام الكبير للماء اثناء الخلطات الخرسانية تقل بنسبة معينة عن نسبة الامتصاص الكلية للركام الكبير والتى ادت الى تقليل مقاومة الانضغاط للخرسانة. اجراء غصن وبلسم (2013) [8] اختبارات معملية لدراسة خواص الركام الكبير ، منتج من ثلاثة كسارات مختلفة بمدينة سرت وهي الجفرة ، القرضابية و الشاوش ، على خواص الخرسانة. اظهرت نتائج الاختبارات بوجود اختلاف في خواص الركام وتميزركام الجفرة بخواص افضل بينما ركام القرضابية اعطى نتائج افضل في مقاومة الانضغاط والشد الانشطاري والانحناء. درس الباحثان مصباح وحاتم [9] الخواص الفيزيائية للركام الناعم لعدد 8 محاجر بمدينة مصراته وذلك لتحديد صلاحية استخدامها في الاعمال الانشائية والردم والرصف. اظهرت النتائج المعملية أن هنالك تقارب في تصنيف عينات الرمل ، بينما هناك اختلاف في مقدار زاوية الاحتكاك الداخلي ونسبة الامتصاص. واستنتج الباحثان بان الرمل جيد الاستخدام في اعمال الطرق والردم واعمال الخرسانة باستثناء ارضيات الخدمة الشاقة. قام سالم واخرون [10] بدراسة تاثير استخدام ثلاثة انواع مختلفة من الرمل من الجنوب الليبي مع الاحتفاظ بنفس نوع الاسمنت والركام الخشن ونسبة الماء على خواص الخرسانة. اظهرت النتائج بان هناك اختلاف في مقاومة الانضغاط والشد.

ولكي يتم انتاج خرسانة تفي بالمتطلبات التي صممت من اجلها من مقاومة ومتانة يجب التأكيد اولا على صلاحية المواد الأولية الداخلة في تكوينها والتي يجب ان تكون ضمن حدود المواصفات المعتمدة. يتضمن البحث دراسة صلاحية الركام الخشن والناعم والمنتج من المحاجر الواقعة ضمن محافظة الجبل الاخضر لغرض إستعمالها في تنفيذ الأعمال الخرسانية.

جدول 3 . الخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية للركام الخشن والناعم

نوع الركام	الخواص الفيزيائية			الخواص الميكانيكية		الخواص الكيميائية	
	الوزن النوعي	الإمتصاص	المواد الناعمة	معامل الصدم	معامل التهشيم	الكبريتات	الكلوريدات
	%	%	%	%	%	%	%
الركام الخشن	2.5 - 2.7	3 >	4 >	45 >	45 >	0.5 >	0.05 >
الركام الناعم	2.5 – 2.7	3 >	4 >			0.5 >	0.05 >

2. البرنامج العملي

تم إختيار15 عينة ركام خشن مقاس (5-20) مم و 5 عينات رمل مقاس (0-5) مم من مختلف مصادر الركام (المحاجر) الواقعة ضمن محافظة الجبل الأخضر(ليبيا). جهزت عينات الاختبار عن طريق قاسمة النماذج وكان الوزن لكل عينة من الركام الخشن في حدود 50 كجم و30 كجم لعينات الرمل. أجريت الإختبارات المعملية بمختبر قسم الهندسة المدنية – جامعة عمر المختار (البيضاء) لغرض تحديد صلاحية الركام وهي التدرج الحبيبي ، الوزن النوعي ، امتصاص الماء ، محتوى المواد الناعمة ، معامل الصدم ، معامل التهشيم ، محتوى املاح الكبريتات و الكلوريدات [11-17]. بعد تحديد عينات الاختبار وقبل اجراء الاختبارات المعملية على الركام تم تجفيف العينات إما بدرجة حرارة الغرفة أو عن طريق الفرن الكهربائي

نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية للركام الخشن والناعم موضحة بالجدول (4 - 7).

3. النتائج والمناقشة - الركام الخشن

أ. التدرج الحبيبي

يعتبر التدرج الحبيبي للركام الخشن من الخواص المهمة للركام ومن العوامل الاساسية في تحديد مقاومة انضغاط الخرسانة. ويجب ان يحتوي الركام على مقاسات مختلفة ومتدرجة ضمن حدود المواصفات للتقليل من الفراغات داخل جسم الخرسانة مما يؤدي الى خرسانة ذات كثافة ومقاومة انضغاط عالية ، بالاضافة الى تقليل كمية الاسمنت والماء وزيادة قابلية التشغيل.

جدول 4 . نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية للركام الخشن

رقم العينة	الوزن النوعي	الامتصاص	المواد الناعمة	معامل الصدم	معامل التهشيم	الكبريتات	الكلوريدات
			%				
1	2.59	1.80	1.2	19.3	23.0		
2	2.59	1.54	1.7	20.2	23.2		
3	2.53	2.45	1.4	25.6	27.6		
4	2.60	1.40	1.8	18.0	26.0	0.008	0.044
5	2.61	1.16	1.8	18.0	26.0	0.008	0.044
6	2.57	1.48	0.9	25.5	28.8		
7	2.57	1.70	2.1	23.4	26.7	0.008	0.09
8	2.50	2.70	2.6	21.5	24.3	0.06	0.07
9	2.57	1.70	2.1	23.4	26.7	0.09	0.05
10	2.58	1.30	2.5	19.8	26.7		
11	2.63	0.80	1.0	20.3	25.3		
12	2.59	2.40	2.2	22.9	31.2	0.06	0.07
13	2.59	1.75	0.9	20.4	26.8		
14	2.50	2.80	0.7	20.1	23.2		
15	2.59	2.40	2.2	22.9	31.2	0.06	0.07

جدول 5. نتائج الاختبارات الفيزيائية والكيميائية للركام الناعم

رقم العينة	الوزن النوعي	الامتصاص	المواد الناعمة	الكبريتات	الكلوريدات
			%		
1	2.62	0.9	1.2	0.017	0.031
2	2.65	0.6	0.9	0.006	0.039
3	2.69	0.5	0.4	0.004	0.11
4	2.70	0.5	0.6	0.005	0.031
5	2.70	0.6	1.5	0.006	0.05

جدول 6 . نتائج اختبارات التدرج الحبيبي للركام الخشن

رقم العينة	النسبة العابرة (%)				
	20	14	10	5	2.36
1	99	75.2	27.5	3.4	1.1
2	91.6	47.3	10.4	1.7	1.5
3					
4	100	66.8	20.4	1.7	1
5	100	100	86.3	8.7	0.1
6	99.1	68.7	16.6	0.7	0.6
7	93.8	38.9	2.1	0.2	0.2
8	99.0	45.4	7.1	0.8	0.7
9	100	100	86.7	11.9	0.3
10	100	100	93.9	28.4	4.3
11					
12	100	99.2	82.5	3	0.3
13	83	30	3.6	0.8	0.7
14					
15	96.2	35.4	2.3	0.8	0.7

جدول 7 . نتائج اختبارات التدرج الحبيبي للركام الناعم

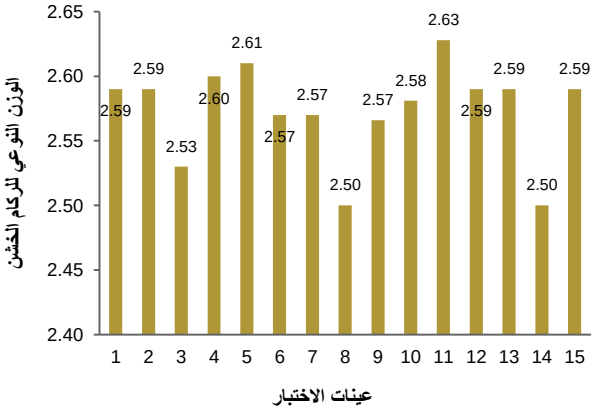
رقم العينة	النسبة العابرة (%)					
	5.0	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
1	100	100	99.8	93.5	47	1.5
2	100	100	99.9	94.3	50.2	3.4
3	99.7	99.7	99.6	98.8	69.6	2.1
4	100	100	99.9	64.8	38.5	2
5	100	100	99.9	92	67.2	3.7

من الجدول 6 نلاحظ ان جميع عينات الركام الخشن غير مطابقة لحدود التدرج للمواصفات الليبية والبريطانية (جدول 2). النسبة المئوية لحبيبات الركام العابرة من الغربال مقاس 10 مم واقعه خارج حدود المواصفة (30 – 60)% مما يدل على احتواء عينات الركام على الجزء الاكبر من حبيبات ركام مقاس 10 مم ، وهذا يؤثر على خواص الخرسانة.

بصورة عامة فان عدم تطابق التدرج الحبيبي لعينات الركام مع المواصفة يمكن ان يكون ناتجاً من عدم اتباع الخطوات الهندسية اللازمة لعملية خلط الاحجام القياسية لحبيبات الركام مما يسبب انحراف في التدرج الحبيبي. ومن الممكن معالجته بإضافة ركام اخشن من نفس المحجر.

ب. الوزن النوعي

يستخدم الوزن النوعي في تصميم الخلطات الخرسانية بطريقة الحجم المطلق لتحديد حجم الركام في الخلطة الخرسانة وكذلك لتحديد نسبة الفراغات للركام ، وكلما زادت قيمة الوزن النوعي كلما كان الركام قوي ومتين. الشكل 2 يبين قيم الوزن النوعي لجميع عينات الركام الخشن وتتراوح مابين 2.5 الى 2.63 وهي مطابقة لحدود المواصفات الليبية والبريطانية (جدول 3) ، وإن النسبة بين أعلى القيم وأقلها حوالي 0.52%. من الشكل نلاحظ ان عينات الركام رقم 3 و 8 و 14 لها اقل قيم للوزن النوعي. ويرجع التفاوت في قيم الوزن النوعي الى الاختلاف في التركيب والتكوين الجيولوجي للصخور والاحجار المكونة للركام.



شكل 1. الوزن النوعي لعينات الركام الخشن

ج. امتصاص الماء

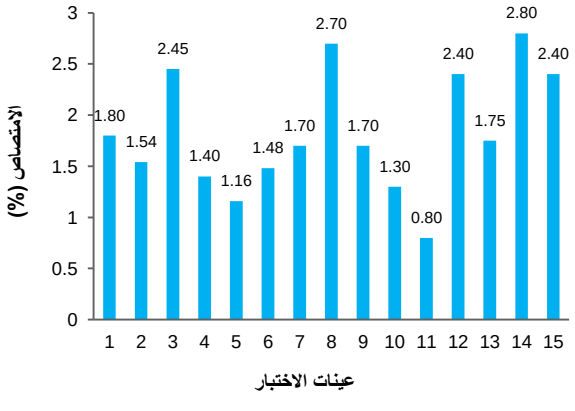
الامتصاص هو قابلية الخرسانة على سحب الماء داخل فجواتها ويسبب ذلك انتفاخ الخرسانة بالإضافة الى تفتتها عند تعرضها لدورات التجمد والذوبان وهي مشبعة بالماء او تعرضها لدورات التجفيف والترطيب. يجب ان يكون امتصاص الماء للركام ضمن الحدود المسموح بها بالمواصفات (جدول 3) ، فعندما تكون نسبة امصتاص الماء عالية تؤثر على خواص الخرسانة الطرية والصلبة. وتتوقف نسبة امتصاص الماء على نوع الركام ، التركيب الكيميائي ، الكثافة ، المسامية.

الشكل 2 يبين نتائج نسبة امتصاص الماء لجميع عينات الركام وتتراوح القيم مابين 0.8 الى 2.8% وهي ضمن حدود المواصفات الليبية والبريطانية ، وإن نسبة الزيادة بين أعلى قيمة لعينة رقم 14 وأقلها (عينة رقم 11) حوالي 250%. تعتبر نسة امتصاص الركام للماء للعينات رقم 3 و 8 و 12 و 14 و 15 عالية نسبياً وتتراوح النسبة من 80 الى 93% مقارنة بحدود المواصفة ، وتزداد نسبة امتصاص الركام للماء كلما قل الوزن النوعي (شكل 1).

د. محتوى المواد الناعمة

المواد الناعمة هي المواد التي تمر من غربال مقاس 75 ميكرون ، وهي مواد ضارة بالخرسانة اذا زادات عن 4% من الوزن الكلي (جدول 3). يتميز الطين والطمي بمساحة سطحية نوعية كبيرة مما يسبب في امتصاص الماء وبالتالي يؤثر على قابلية التشغيل وخواص الخرسانة الاخرى. تكون المواد الناعمة على شكل غشاء يغطي سطح حبيبات الركام وتكون ايضاً اجسام ضعيفة داخل جسم الخرسانة نتيجة التصاقة بالمونة الاسمنتية مما ينتج عنه ضعف قوى الترابط بين حبيبات الركام والمونة الاسمنتية وهذا يقلل من مقاومة الانضغاط وزيادة نفاذية الماء للخرسانة.

الشكل 3 يبين نسبة المواد الناعمة لجميع عينات الركام. من الشكل نلاحظ ان النسب تتراوح مابين 0.7 الى 2.6% وهي ضمن حدود المواصفات الليبية والبريطانية ، وإن نسبة الزيادة بين أعلى قيمة لعينة رقم 8 وأقلها (عينة رقم 14) هي271%.



شكل 2. نسبة الامتصاص لعينات الركام الخشن

شكل 3. نسبة المواد الناعمة بالركام الخشن

هـ. معامل الصدم

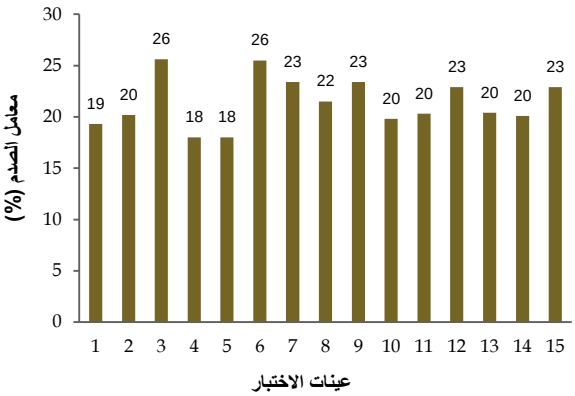
يستخدم اختبار معامل الصدم للركام وذلك لتحديد صلابة الركام. فى هذا الاختبار يتم تعريض عينة مختارة من الركام لعدد من الصدمات المتتالية بواسطة مطرقة قياسية تسقط بشكل حر من ارتفاع محدد ، ثم تحسب النسبة المئوية بالوزن من عينة الركام التي تمر من غربال مقاس 2.36 م.

الشكل 4 يوضح قيم معامل الصدم لعينات الركام المستخدم فى هذه الدراسة. نلاحظ من الشكل ان جميع القيم واقعة ضمن حدود المواصفة القياسية الليبية وتتراح النسبة بين 18- 26%. جميع عينات الركام صالح للاستخدام فى اعمال الرصف المقاوم للبري والاعمال الخرسانية وكذلك الاستخدام في أرضيات الخدمة الشاقة باستثناء العينة رقم 3 و 6 لتجاوز معامل الصدم (26%) حدود المواصفة وهي 25%.

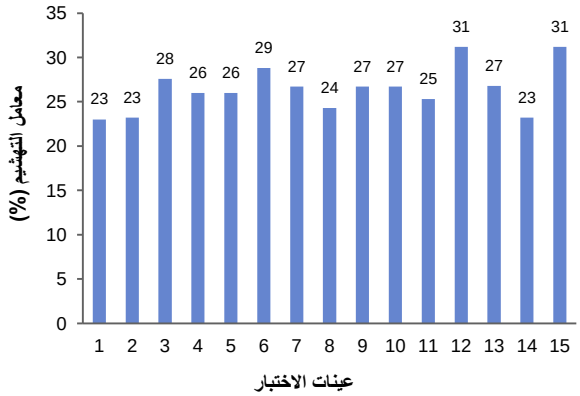
و. معامل التهشيم

يعتبر هذا الاختبار مقياس لمقاومة الركام للتهشيم تحت تأثير حمل انضغاط مسلط عليه بصورة تدريجية ، وكلما كانت مقاومة انضغاط حبيبات الركام أعلى كلما ادى الى تحسن مقاومة الانضغاط للخرسانة.

الشكل 5 يوضح قيم معامل التهشيم لعينات الركام المستخدم فى هذه الدراسة. نلاحظ من الشكل ان جميع القيم واقعة ضمن حدود المواصفة القياسية الليبية وتتراح النسبة بين 23- 31% وإن نسبة الزيادة هي 35%. جميع عينات الركام صالح للاستخدام فى اعمال الرصف المقاوم للبري والاعمال الخرسانية ، اما العينات رقم 1 و 2 و 8 و 11 و14 صالحة للاستخدام في أرضيات الخدمة الشاقة لعدم تجاوزها لحدود المواصفة وهي 25%.



شكل 4. معامل الصدم للركام الخشن



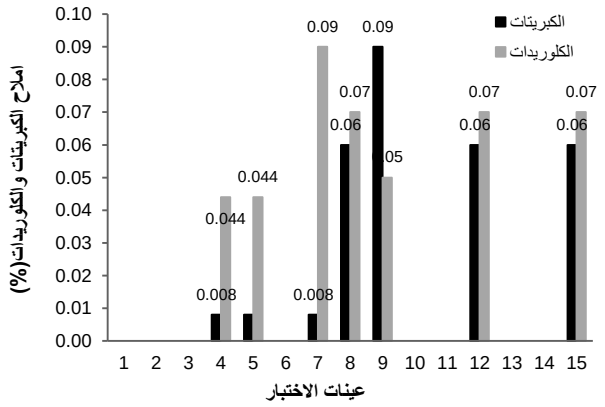
شكل 5. معامل التهشيم للركام الخشن

ز. محتوى املاح الكبريتات والكلوريدات

تعتبر الكلوريدات من اكثر المواد المسببة لصدا وتآكل قضبان حديد التسليح في الخرسانة ، ويمكن ان تتواجد في الخرسانة من بداية خلط مكونات الخرسانة (الركام او الماء او الاضافات المحتوية على كلوريد الكالسيوم) او بعد استخدام المنشاحيث يكون تاثيرها من مصدر خارجي (مياه البحر او المياه الجوفية) [1]. ولتجنب قضبان التسليح من الصدا والتآكل يجب الايزيد تركيز الكلوريدات الذائبة في الخرسانة عند عمر 28 يوم عن 0.05% ، بالاضافة الى عدم نفاذية الخرسانة للماء واستخدام غطاء خرساني مناسب.

املاح الكبريتات تعمل على تفتيت الخرسانة مما يؤثر على خواص وسلوك الخرسانة. يمكن ان تهاجم الكبريتات الخرسانة داخلياً عن طريق مواد الخلطة الخرسانية (الركام الخشن والناعم والاسمنت والماء والاضافات) او عن طريق مصدر خارجي منها المياه الجوفية والسطحية وتربة التأسيس او التربة المحيطة بالخرسانة. املاح الكبريتات تتفاعل مع عجينة الاسمنت وينتج عنها زيادة حجمية كبيرة في عجينة الاسمنت المتصلبة تؤدي الى تولد اجهادات شد في العجينة الاسمنتية المتصلبة مما يتسبب في ظهور تشققات في جسم الخرسانة ونقصان في مقاومتها [18].

الشكل 6 يوضح نسب املاح الكبريتات القابلة للذوبان واملاح الكلوريدات في الركام المستخدم في اعمال الخرسانة المسلحة. من الشكل نلاحظ ان نسب املاح الكبريتات الذائبة لجميع عينات الركام الخشن واقعة ضمن حدود المواصفات الليبية والبريطانية وهي 0.5%. نسب املاح الكلوريدات لعينات الركام رقم 4 و 5 و 9 (المستخدم في الخرسانة المسلحة مع الاسمنت البورتلاندي من النوع الاول او الثالث او الرابع) تعتبر واقعة ضمن شرط المواصفة وهي 0.05%. اما العينات رقم 7 و 8 و 12 و 15 فان نسبة الكلوريدات تجاوزت الحد الاعلى في المواصفات الليبية والبريطانية (0.05%) وتعتبر غير صالحة للاستخدام في الخرسانة الا اذا غسلت جيداً او خلطت مع ركام اخرى لتقليل نسبة املاح الكلوريدات بها.

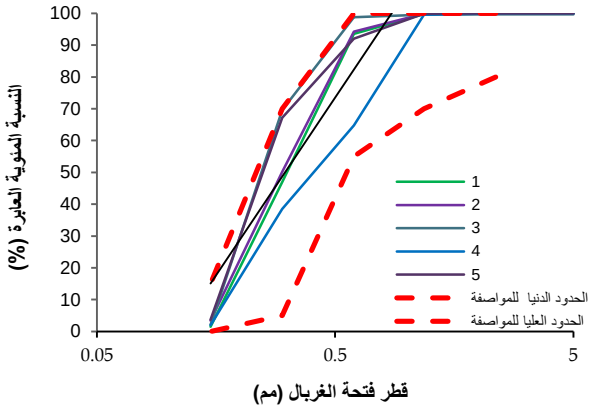


شكل 6. املاح الكبريتات والكلوريدات في الركام الخشن

4. النتائج والمناقشة - الركام الناعم

أ. التدرج الحبيبي

من الشكل 7 نلاحظ ان جميع عينات الركام الناعم تقع ضمن حدود المواصفة القياسية الليبية والبريطانية للتدرج نوع الناعم ، وتنص المواصفة بعدم استخدام هذا النوع من التدرج في أرضيات الخدمة الشاقة.



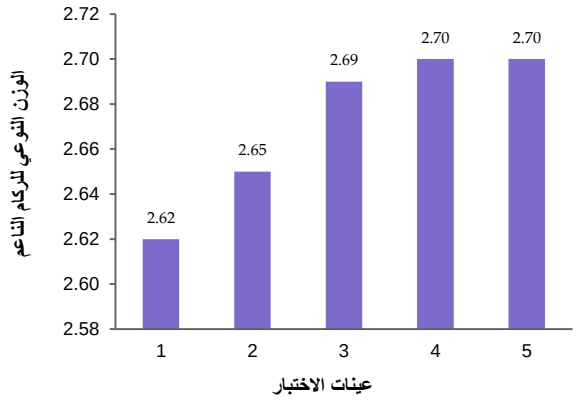
شكل 7. التدرج الحبيبي للركام الناعم

ب. الوزن النوعي

الشكل 8 يبين قيم الوزن النوعي لجميع عينات الركام الناعم وتتراوح مابين 2.62 الى 2.70 وهى واقعة ضمن حدود المواصفات الليبية والبريطانية (جدول 3) ، وإن النسبة بين أعلى القيم وأقلها حوالي 3%.

ج. امتصاص الماء

الشكل 9 يبين نتائج نسبة امتصاص الرمل للماء وتتراوح القيم من 0.5 الى 0.9% وهى ضمن حدود المواصفات (جدول 3). إن نسبة الزيادة بين أعلى قيمة للعينة رقم 1 وأقلها (عينة رقم 3) حوالي 80% ، و تعتبر نسة امتصاص للماء للعينات منخفضة مقارنة بالمواصفة (3%). عينة الرمل رقم 1 لها اقل قيمة امتصاص (0.9%) وكذلك اقل قيمة وزن نوعي 2.62 (شكل 8).

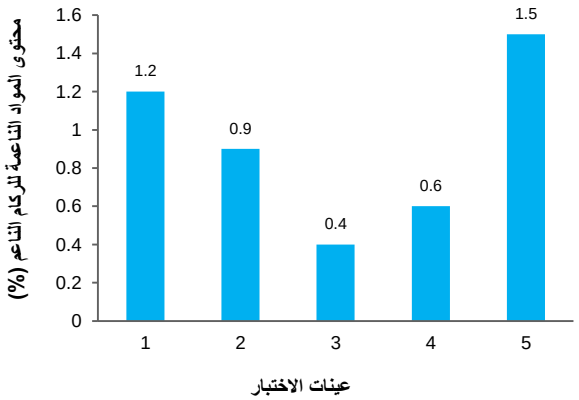


شكل 8. الوزن النوعي لعينات الركام الناعم

شكل 9. نسبة الامتصاص لعينات الركام الناعم

د. محتوى المواد الناعمة

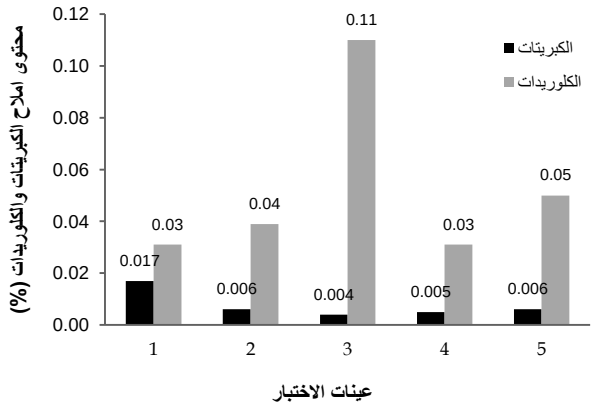
الشكل 10 يوضح نسبة المواد الناعمة لجميع عينات الرمل. من الشكل نلاحظ ان النسب تتراوح من 0.4 الى 1.5% وهي ضمن حدود المواصفات (جدول 3) ، وإن نسبة الزيادة بين أعلى قيمة لعينة رقم 5 وأقلها للعينة رقم 3 هي 275%.



شكل 10. نسبة المواد الناعمة للركام الناعم

هـ. محتوى املاح الكبريتات والكلوريدات

الشكل 11 يوضح نسب املاح الكبريتات القابلة للذوبان واملاح الكلوريدات في الركام المستخدم في اعمال الخرسانة المسلحة. من الشكل 11 نلاحظ ان نسب املاح الكبريتات الذائبة لجميع عينات الرمل واقعة ضمن حدود المواصفات وهي 0.5% كحد اعلى. نسب املاح الكلوريدات لعينات الرمل رقم 1 و 2 و 4 و 5 والمستخدم في الخرسانة المسلحة مع الاسمنت البورتلاندي من النوع الاول او الثالث او الرابع تعتبر واقعة ضمن شرط المواصفة وهي 0.05%. اما العينة رقم 3 فان نسبة الكلوريدات تمثل 0.11% وقد تجاوزت شرط المواصفة وتعتبر غير صالحة للاستخدام في الخرسانة الا اذا غسلت او خلطت مع رمل اخر لتقليل نسبة املاح الكلوريدات بها.



شكل 11. املاح الكبريتات والكلوريدات في الركام الناعم

5. الاستنتاجات

من النتائج المعملية التي تم الحصول عليها لعينات الركام الخشن والناعم يتبين ما يلي:

1. التدرج الحبيبي لمعظم عينات الركام الخشن كانت خارج نطاق المواصفات الليبية والبريطانية وهذا من الممكن معالجته بإضافة ركام من نفس المحاجر ذو تدرج اخشن. اما بالنسبة للتدرج الحبيبي للركام الناعم فكانت جميع العينات ضمن نطاق التدرج للمواصفات الليبية والبريطانية.
2. أن معظم خواص العينات للركام الخشن كانت ضمن حدود المواصفات الليبية والبريطانية بالنسبة للوزن النوعي والامتصاص ومعامل الصدم والتهشيم ومحتوى المواد الناعمة ومحتوى الاملاح الكبريتية باستثناء محتوى الاملاح الكلوريدية كان خارج حدود المواصفات او قريب من حدها الاعلى.
3. عينات الركام الناعم كانت جميع خواصها الفيزيائية (الوزن النوعي والامتصاص ومحتوى المواد الناعمة) وكذلك محتوى الكبريتات ضمن حدود المواصفات الليبية والبريطانية باستثناء عينة واحدة كان محتوى الاملاح الكلوريدية اعلى من الحد المسموح.

شكر وتقدير

نتقدم بالشكر والعرفان للسيد محمد عبدالوهاب أدريس فني بمعامل قسم الهندسة المدنية لما بذله من جهد ووقت لإتمام هذا المشروع. الدعم المقدم من كلية الهندسة – جامعة عمر المختار (البيضاء – ليبيا) هو أيضا محل تقدير وإمتنان.

المراجع

1. محمود إمام (2002)، "الخرسانة : الخواص - الجودة – الاختبارات" ، جامعة المنصورة ، مصر.
2. Neville, A. M., (2011), "*Properties of Concrete",5th* Edition, Trans-Atlantic Publication Inc,.
3. محمد عمران امبارك و محمد خليفة علي (2004) ، "هندسة الطرق" ، الطبعة الاولى ، منشورات مكتب البحوث والاستشارات الهندسية ، كلية الهندسة ، جامعة طرابلس ، ليبيا ، ص 236.
4. المواصفة القياسة الليبية رقم 49 (2002) ،"ركام الخرسانة من المصادر الطبعية".
5. British Standard Institution: BS 882: 1992: Aggregate from natural source for concrete.
6. سليم صالح السيد ، نوري محمد الباشا و عبدالله مصطفي السبع (2010) "تأثير نوع الركام الكبير على السلوك الميكانيكي للخرسانة عالية المقاومة" ، المؤتمر الوطني الخامس لمواد البناء والهندسة الانشائية ، مدرسة العلوم التطبيقية والهندسية ، اكاديمية الدراسات العليا ، طرابلس ، ليبيا ، ص 39-47.
7. محسن عبدالسلام بن حسونه (2013) "تأثير امتصاص الركام الكبير للماء على مقاومة الضغط للخرسانة" المؤتمر العربي الثاني عشر للهندسة الانشائية ، جامعة طرابلس ، ليبيا ، ص 480 – 485.
8. غصن الكفري و بلسم فريد (2013) " خواص الركام من مصادر محلية وتأثيرها على خواص الخرسانة" المؤتمر العربي الثاني عشر للهندسة الانشائية ، جامعة طرابلس ، ليبيا ، ص 530 – 538.
9. مصباح مصطفي فلاقي و حاتم حسن القصير (2016) " تقييم محاجر الركام الناعم (الرمال) بمدينة مصراتة" ، المجلة الدولية المحكمة للعلوم الهندسية وتقنية المعلومات ، المجلد 3 ، العدد 1، ص 1 – 7.
10. عبدالمجيد محمد سالم ، احمد محمد بلاش و فيصل عبداللطيف العطشان (2016) ، "دراسة تغير مواصفات الخرسانة باختلاف مصادر الرمل المستخدم في الجنوب الليبي" ، المؤتمر الوطني السادس لمواد البناء والهندسة الانشائية ، كلية الهندسة ، جامعة الجبل الغربي ، غلايان ، ليبيا ، ص 45 – 54.
11. British Standard Institution: BS812: Part2: 1995: Methods for determinations of density and absorption.
12. American Society for Testing Materials: ASTMC117-95: Test for materials finer than 75 micron (No.200) sieve in mineral aggregate by washing.
13. British Standard Institution: BS 812: Part 103: 1992: Method for determination of particle size distribution.
14. British Standard Institution: BS812: Part110: 1990: Method for determination of aggregate impact.
15. British Standard Institution: BS812: Part112: 1990: Method for determination of aggregate crushing value.
16. British Standard Institution: BS812:Part 117:Method for determination of water soluble chloride salts.
17. British Standard Institution: BS812:Part 118:Method for determination of sulphate content.
18. خالد حسن حاوي ، (2014) "تأثير هجوم الاملاح الكبريتية الخارجية على الخرسانة" ، مجلة جامعة بابل ، العلوم الهندسية ، العدد 3 المجلد 22.

BIOGRAPHY

Omer Ramadan Elzaroug
1967, Al Bayda, Libya
Associate Professor in Structures
B.Sc. (1992) (Hons) Civil Engineering, Tripoli University, Tripoli – Libya
MSc. (1999) Reinforced concrete, Concordia University, Montreal, Canada
PhD (2008) Reinforced concrete, Leeds University, Leeds – UK
Area of expertise: Reinforced Concrete, FRP reinforced concrete, concrete materials
Coordinator (2017), Engineering Unit for Laboratory Tests & Consultations

Ahmad Jamil Ibrahim
1956, Dyala, Iraq
Associate Professor
B.Sc.(1978) Civil Engineering, Baghdad University,
Baghdad- Iraq.
PhD. (1990), Concrete Technology, The Hungarian Academy of Science,
Budapest-Hungary