

تأثير اختلاف مصادر الإسمنت والركام الخشن علي مقاومة الضغط للخرسانة المصنعة من مواد محلية

أ. منير سلطان محمد سلطان¹ عبدالفتاح ميلاد دعباج² محمد احمدودة الفاندي² حسين علي البلعزي²
1- محاضر بقسم التقنية المدنية
1- المعهد العالي للعلوم والتقنية ترهونة
Monertan1988@gmail.com
2 - مهندسين بقسم التقنيات المعمارية والمدنية
2 - المعهد العالي للعلوم والتقنية الخمس
gogomorad15374@gmail.com

الملخص

الخرسانة تتكون من ركام متدرج من حبيبات صغيرة وحبيبات كبيرة متماسكة مع بعضها البعض بمادة لاحمة هي عجينة الإسمنت. أي أن الخرسانة عبارة عن ركام وإسمنت وماء، وفي هذه الدراسة تمت المقارنة بين عدة أنواع من مصادر الإسمنت البورتلاندي العادي والركام الخشن من مصادر محلية. وركزت هذه الدراسة علي أخذ عينات من الركام الخشن من محجرين من مناطق مختلفة وهما شركة طريق الجبل لإنتاج الزلط العمامره بالخمس وشركة طلاله المتميز زليتن لتحديد الخواص الطبيعية والميكانيكية للركام الخشن، وكذلك تم إستجلاب إسمنت من مصادر متعددة من المصانع المتوفرة بمنطقة الدراسة وهي مصنع إسمنت المرقب الخمس ومصنع إسمنت لبدة سوق الخميس ومصنع البرج للإسمنت (الإتحاد) زليتن. نتائج هذه الدراسة وفرت بعض البيانات يمكن من خلالها فهم تأثير اختلاف مصادر الاسمنت والركام الخشن علي خاصية التشغيلية للخرسانة الطرية وتأثيرها علي مقاومة الخرسانة للضغط. وبعد تحليل ومناقشة النتائج تبين أن إختبار الهبوط للخلطات الستة اتضح أن الخلطة الثالثة التي تحتوي علي إسمنت المرقب وركام الخمس أعطت أعلى قيمة للهبوط (105مم) وكانت أقل قيمة للهبوط للخلطة الخامسة التي تحتوي علي إسمنت الإتحاد وركام زليتن (90مم)، أما نتائج إختبار مقاومة الضغط أظهرت أن أعلى قيمة لمقاومة الضغط كانت للخلطة الرابعة التي تحتوي علي إسمنت لبدة وركام زليتن بعد 7 و28 يوم من المعالجة في الماء، وأقل قيمة لمقاومة الضغط كانت للخلطة الثانية التي تحتوي علي إسمنت الإتحاد وركام الخمس لنفس فترات المعالجة.

الكلمات المفتاحية

الركام الخشن ، الإسمنت ، التشغيلية ، مقاومة الخرسانة للضغط.

1- المقدمة

تتكون الخرسانة من ركام متدرج من حبيبات صغيرة وحبيبات كبيرة متماسكة مع بعضها البعض بمادة لاحمة هي عجينة الإسمنت. أي أن الخرسانة عبارة عن ركام وإسمنت وماء، ومع أن الإسمنت متفاعلا مع الماء مكونا عجينة الإسمنت المتصلدة والمسؤولة بشكل كاف عن المقاومة إلا أنه يصعب عمل وتصنيع الخرسانة من الإسمنت والماء فقط لسببين أساسيين هما التكلفة العالية والتغير الحجمي العالي لعجينة الإسمنت (الإنكماش والزحف)، ولذلك يمكن التغلب علي هذه المشاكل بإستخدام الركام كعنصر أساسي متحدا مع عجينة الإسمنت ومكونا الخرسانة. ويستخدم ركام الخرسانة كمادة مألثة نسبيا لا يدخل في تفاعلات كيميائية معقدة مع الماء^[1] والغرض من هذه الدراسة معرفة اختلاف مصادر الإسمنت والركام الخشن علي مقاومة الضغط للخرسانة.

2- مشكلة الدراسة

يعتبر تحديد أفضل مصدر للإسمنت البورتلاندي العادي والركام الخشن من المراحل الهامة والأساسية في صناعة الخرسانة من حيث متطلبات الجودة وذلك لأهميتها البالغة في تحديد الخواص النهائية للخرسانة المنتجة. وحيث أن لمصدر الإسمنت والركام الخشن تأثير علي خواص الخرسانة تم دراسة تأثير اختلاف مصادر الإسمنت والركام الخشن علي مقاومة الضغط للخرسانة المنتجة من مواد محلية وتحديد المصدر الأفضل من بين المصادر المتوفرة بمنطقة الدراسة.

3- أهداف الدراسة

- 1- التحقق من تأثير اختلاف مصادر الإسمنت والركام الخشن علي التشغيلية ومقاومة الضغط للخرسانة.
- 2- مساعدة المهندس المصمم والمنفذ من الإستخدام الأمثل لهذه المواد في أعمال الخرسانة.

4- الدراسات السابقة

الخرسانة مجموعة غير متجانسة من المواد المختلفة وتتكون أساسا من جزئين رئيسيين هما الركام وهو المادة المألثة وعجينة الإسمنت وهي المادة اللاصقة، ومن أهم ما تتميز به الخرسانة بصفة عامة بأنها مادة سهلة التشغيل والتشكيل ويمكن استخدامها في كافة المنشآت المختلفة من مباني وأساسات ومنشآت مائية وتستخدم أيضا في الطرق، وتختلف درجة جودة الخرسانة علي عدة عوامل من أهمها الخواص المرغوبة منها القابلية للتشغيل ومقاومة الضغط والتحمل مع الزمن والنفاذية وغيرها.^[2]

كما تتوقف درجة جودتها علي مصادر وجودة المواد المستخدمة والتكاليف وأخيرا درجة صناعتها وضبط انتاجها.^[2]

تشير الدراسات السابقة على ان الركام يشكل ما بين 60% الى 80% من الحجم الكلي للخرسانة. لذلك فان خواص الخرسانة المتصلبة تتأثر بنوعية وحجم الركام بشكل كبير. الخواص الميكانيكية للركام المستخدم لا يمكن تحسينها، ويرجع ذلك الي الاصل الجيولوجي المكون لهذه المادة لهذا السبب يجب ان يتم اختيار الركام الخاص بالخرسانة بحرص شديد من بين مجموع الصخور سواء كانت النارية او الرسوبية.^[3]

5- البرنامج العملي

أجريت هذه الدراسة علي عدد من العينات لخلطات خرسانية مختلفة وتم إجراء إختبار مقاومة الضغط لتلك العينات بعد معالجتها لفترات زمنية مختلفة بالغمر في الماء. وتم إعداد هذه الخلطات الخرسانية من مواد محلية أجريت عليها الإختبارات الأولية اللازمة للتأكد من جودتها ومطابقتها للمواصفات البريطانية والليبية. معظم الإختبارات أجريت بمعمل تكنولوجيا الخرسانة بكلية الهندسة جامعة المرقب، وبعض الإختبارات الأخرى أجريت في المكتب الوطني للأعمال الهندسية بمصراته، والنتائج التي تم الحصول عليها تمت مقارنتها بالمواصفات البريطانية BS882.^[4]

تم اعتماد عدد من المتغيرات المهمة في هذه الدراسة لمعرفة تأثير اختلاف مصادر الإسمنت البورتلاندي العادي والركام الخشن علي مقاومة الخرسانة للضغط وبناء علي ذلك تم تقسيم العينات إلي ستة مجموعات

رئيسة تم تصميمها وإعدادها من خلطات خرسانية مختلفة في مصادر كلاً من الإسمنت البورتلاندي العادي و الركام الخشن والجدول رقم (1) يوضح مصادر الإسمنت البورتلاندي العادي والركام الخشن المستخدم في كل خلطة.

جدول رقم (1): مصادر الإسمنت والركام الخشن المستخدم في كل خلطة

ت	إسم الخلطة الخرسانية	مصادر الإسمنت والركام الخشن
1	الخلطة الأولى	إسمنت لبدة + ركام الخمس
2	الخلطة الثانية	إسمنت الإتحاد + ركام الخمس
3	الخلطة الثالثة	إسمنت المرقب + ركام الخمس
4	الخلطة الرابعة	إسمنت لبدة + ركام زليتن
5	الخلطة الخامسة	إسمنت الإتحاد + ركام زليتن
6	الخلطة السادسة	إسمنت المرقب + ركام زليتن

6- مكونات الخلطات الخرسانية

1.6 الإسمنت

الإسمنت البورتلاندي العادي المستخدم في هذه الدراسة عبارة عن ثلاث أنواع إسمنت بورتلاندي عادي من مصادر محلية متعددة وهي :-

1- إسمنت بورتلاندي عادي من إنتاج الشركة الأهلية للإسمنت المساهمة مصنع لبدة.

2- إسمنت بورتلاندي عادي من إنتاج شركة الإتحاد العربي للمقاولات مصنع البرج زليتن.

3- إسمنت بورتلاندي عادي من إنتاج الشركة الأهلية للإسمنت المساهمة مصنع المرقب.

النتائج التي تم الحصول عليها من معمل مراقبة الجودة بالمصانع الثلاثة كانت جميعها تقع ضمن الحدود

المسموح بها في المواصفات البريطانية BS12:1996^[5] والمواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة 1997

م^[6] والجدول رقم (2) يوضح الخواص الفيزيائية للإسمنت كما يبين الجدول رقم (3) التركيب الكيميائي

والمعدني للإسمنت.

جدول رقم (2) : الخواص الفيزيائية للإسمنت المستخدم في هذه الدراسة

حدود المواصفات	حدود المواصفات				

الاختبار	نتيجة إسمنت لبدة	نتيجة إسمنت الاتحاد	نتيجة إسمنت المرقب	البريطانية BS12:1996	الليبية رقم 340 لسنة 1997م
زمن الشك الابتدائي	165 دقيقة	218 دقيقة	142 دقيقة	لا يقل عن 45 دقيقة	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن الشك النهائي	270 دقيقة	250 دقيقة	257 دقيقة	لا يزيد عن 10 ساعات	لا يزيد عن 10 ساعات
النعومة	3109	3201	3119	لا تقل عن 2500	لا تقل عن 2500
التمدد	0.55 مم	0.9 مم	1.20 مم	لا يزيد عن 10 مم	لا يزيد عن 10 مم
مقاومة الضغط بعد 3 أيام MPa	25.20	37.2	30.59	لا تقل عن 21	لا تقل عن 21
مقاومة الضغط بعد 28 يوم MPa	50.01	58.33	48.86	لا تقل عن 39	لا تقل عن 39

2.6- الركام الخشن

تم توريد الركام الخشن من شركة طريق الجبل لإنتاج الزلط العمارة بالخمسة وشركة طلاله المتميز زليتن، تم

إختبار التحليل المنخلي للركام الخشن وهو ضمن الحدود والمواصفات البريطانية المعتمدة BS1992:882

^[4] والمواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م^[7] والجدول رقم (4) يبين نتائج التحليل المنخلي للركام الخشن

والجدول رقم (5) يبين نتائج الإختبارات الفيزيائية للركام الخشن المستخدم في هذه الدراسة والشكل رقم (1)

يوضح منحنى التدرج الحبيبي للركام الخشن .

جدول رقم (3) : التركيب الكيميائي والمعدني للإسمنت المستخدم في هذه الدراسة

التركيب	نسبة اسمنت لبدة	نسبة اسمنت الاتحاد	نسبة اسمنت المرقب	حدود المواصفات الليبية رقم 340 لسنة 1997 م
السيليكا SiO ₂	% 21.39	% 21.9	% 20.82	-
الألومينا Al ₂ O ₃	% 4.43	% 4.91	% 5.55	-
أكسيد الحديد Fe ₂ O ₃	% 3.32	% 3.40	% 3.53	-
أكسيد الكالسيوم CaO	% 62.09	% 62.91	% 64.56	-
أكسيد الماغنيسيوم MgO	% 2.44	% 1.76	% 1.01	% 5.0 >
ثالث أكسيد الكبريت SO ₃	% 2.16	% 2.38	% 2.90	% 2.5 >
الكلوريدات CL	% 0.010	% 0.035	% 0.030	% 0.1 >
الفاقد بالحرق L.O.I	% 0.97	% 0.30	% 1.72	% 3.0 >
سيليكات ثلاثي الكالسيوم C ₃ S	% 52..63	% 43.73	% 53.74	-
ألومينات ثلاثي الكالسيوم C ₃ A	% 6.12	% 5.83	% 8.75	-
أكسيد الكالسيوم الحر F.CaO	% 1.24	% 1.10	% 1.69	-
المواد الغير قابلة للذوبان I.R	% 0.41	% 0.39	% 0.20	% 1.5 >

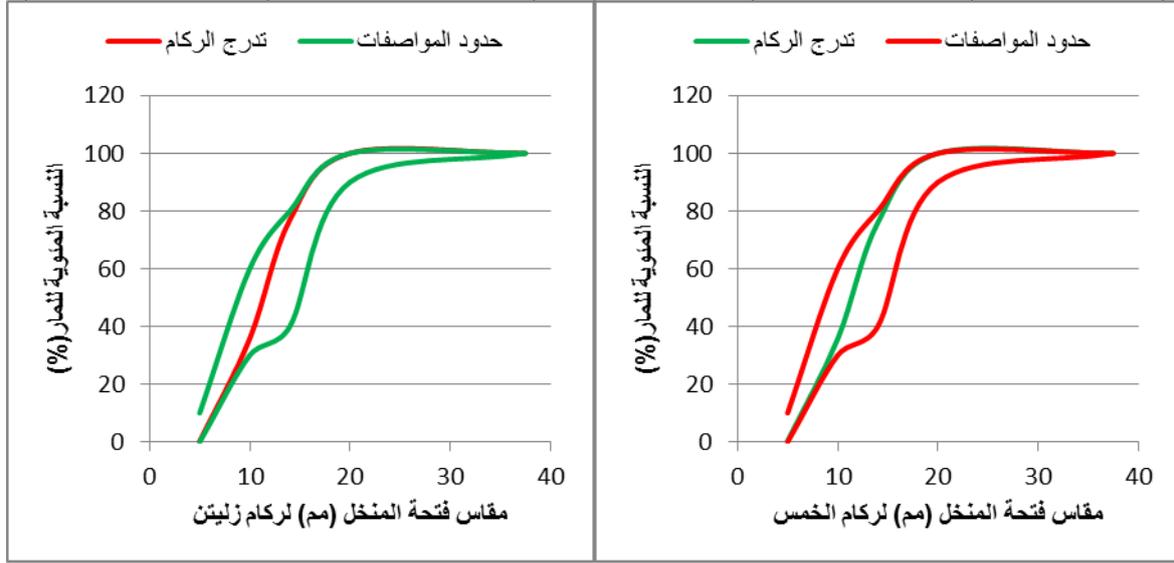
جدول رقم (4) : التحليل المنخلي للركام الخشن

رقم المنخل ملم	نسبة المار % للركام المورد من الخمس	نسبة المار % للركام المورد من زليتن	حدود المواصفات البريطانية BS882:1992	حدود المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م
37.5	100	100	100	100

100-90	100-90	100	100	20
80-40	80-40	76.97	75.98	14
60-30	60-30	35.80	35.7	10
10-0	10-0	0.19	0.32	5

جدول رقم (5) : نتائج الإختبارات الفيزيائية للركام الخشن

حدود المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م	حدود المواصفات البريطانية BS882:1992	نتيجة الركام المورد من زليتين	نتيجة الركام المورد من الخمس	الإختبار
2.75 > S.G > 2.50	2.75 > S.G > 2.50	2.67	2.67	الوزن النوعي
% 3.0 >	% 3.0 >	% 3.11	% 3.61	نسبة الامتصاص
% 4.0 >	% 3.0 >	% 0.22	% 1.12	نسبة المواد الناعمة
% 45 >	% 45 >	% 19.0	% 19.6	معامل الصدم
% 45 >	% 25 >	% 21.0	% 20.7	معامل التهشيم
% 50 >	% 50 >	% 22.85	% 23.9	لوس انجلوس



الشكل رقم (1): يوضح منحنى التدرج الحبيبي للركام الخشن المستخدم في هذه الدراسة

3.6- الركام الناعم

الركام الناعم المستخدم في هذه الدراسة تم توريده من محاجر منطقة زليتين ، والجدول رقم (6) يبين نتائج التحليل المنخلي للركام الناعم كما يبين الجدول رقم (7) نتائج إختبارات الخواص الفيزيائية للركام الناعم والتي تقع ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات البريطانية BS882:1992^[4] والمواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م.^[7]

جدول رقم (6): نتائج التحليل المنخلي للركام الناعم

حدود المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م	حدود المواصفات البريطانية BS882:1992	النسبة المئوية المارة (%)	قطر فتحة المنخل (مم)
100	100	100	5
100-80	100-80	100	2.36
100-70	100-70	99.66	1.18
100-55	100-55	95.48	0.6
70-5	70-5	59.10	0.3

15-0	15-0	6.29	0.15
------	------	------	------

جدول رقم (7): نتائج إختبارات الخواص الفيزيائية للركام الناعم

الاختبار	نتيجة الاختبار	حدود المواصفات البريطانية BS882:1992	حدود المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م
الوزن النوعي Specific Gravity	2.70	2.75 > S.G > 2.50	2.75 > S.G > 2.50
نسبة الامتصاص Absorption Ratio	% 0.56	% 3.0 >	% 3.0 >

4.6 الماء

تم استخدام ماء صالح للإستخدام في إعداد الخلطات الخرسانية، والجدول رقم (8) يبين نتائج التركيب المعدني لماء الخلط وهو ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات الليبية رقم 294 لسنة 1988 ف^[8].

جدول رقم (8): نتائج التركيب المعدني للماء المستخدم في هذه الدراسة

إسم الاختبار	الكمية الموجودة بالماء (ملغ/لتر)	حدود المواصفات الليبية رقم 294 لسنة 1988م الحد الأقصى المسموح به (ملغ/لتر)
الكبريتات So ₄	09	1000
الكلوريدات Cl	28	500
مجموعة الأملاح الذائبة T.D.S	99	2000
الأس الهيدروجيني PH	6.5	8 – 6

7- تصميم الخلطة الخرسانية

اعتمدت في هذه الدراسة طريقة الحجم المطلق في تصميم الخلطات الخرسانية. والجدول رقم (9) يوضح مكونات ونسب الخلط لكل متر مكعب.

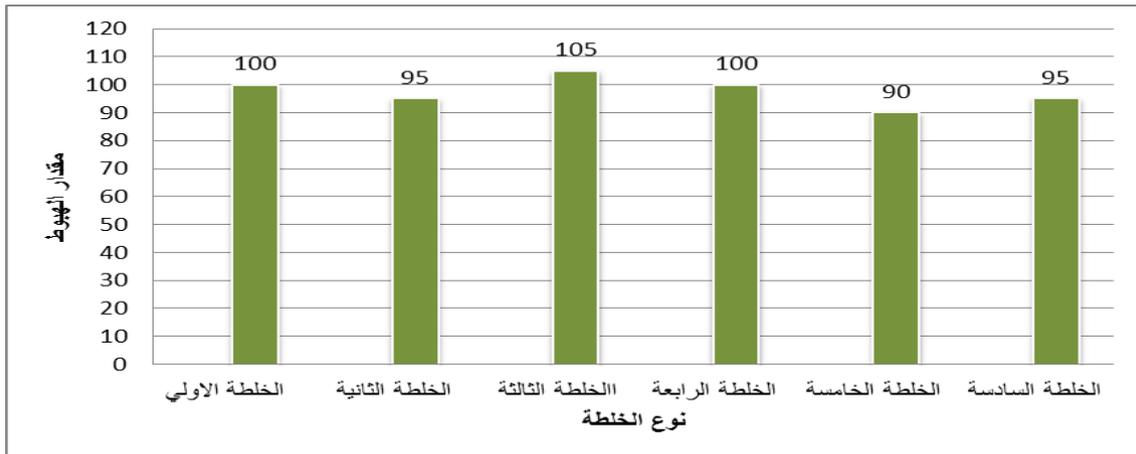
جدول رقم (9): مكونات ونسب الخلطة الخرسانية المستخدمة لكل متر مكعب

0.5	نسبة الماء للإسمنت
350	وزن الإسمنت كج/م ³
175	وزن الماء كج/م ³
637.97	وزن الركام الناعم كج/م ³
1275.94	وزن الركام الخشن كج/م ³
1913.91	وزن الركام الكلي كج/م ³

8- مناقشة النتائج

1.8 التشغيلية

تم تعيين قابلية التشغيل للخرسانة الطازجة بإختبار مقدار الهبوط حسب المواصفات القياسية البريطانية BS1881: Part 2:1970^[9] تم إجراء إختبار الهبوط لجميع الخلطات الخرسانية المعتمدة في هذه الدراسة وقد تراوح مقدار الهبوط لجميع الخلطات المستهدفة ما بين (90-105مم) وهو ضمن الهبوط التصميمي للخلطات (50-120مم). الشكل رقم (2) يوضح نتائج إختبار الهبوط للخلطات الستة والذي يبين أن أعلى قيمة هبوط كانت للخلطة الثالثة التي تحتوي على إسمنت المرقب وركام الخمس والتي كانت 105 ملم، وكانت أقل قيمة للهبوط للخلطة الخامسة التي تحتوي على إسمنت الإتحاد وركام زليتين وهي 90 ملم.



الشكل رقم (2): نتائج إختبار الهبوط

2.8 مقاومة الخرسانة للضغط

تم تحديد مقاومة الخرسانة للضغط ومقارنة النتائج والتغيرات التي طرأت في هذه المقاومات لعدد 36 مكعب تمت معالجتها في الماء ومدة المعالجة كانت 7 و 28 يوم، وتم أخذ متوسط عدد 3 مكعبات لكل خلطة من الخلطات الستة المستهدفة في هذه الدراسة. تم إجراء هذا الإختبار وفق المواصفات البريطانية: BS1881 Part 116:1983^[10]، والجدول رقم (10) يبين نتائج إختبار مقاومة الضغط للعينات المعالجة في الماء.

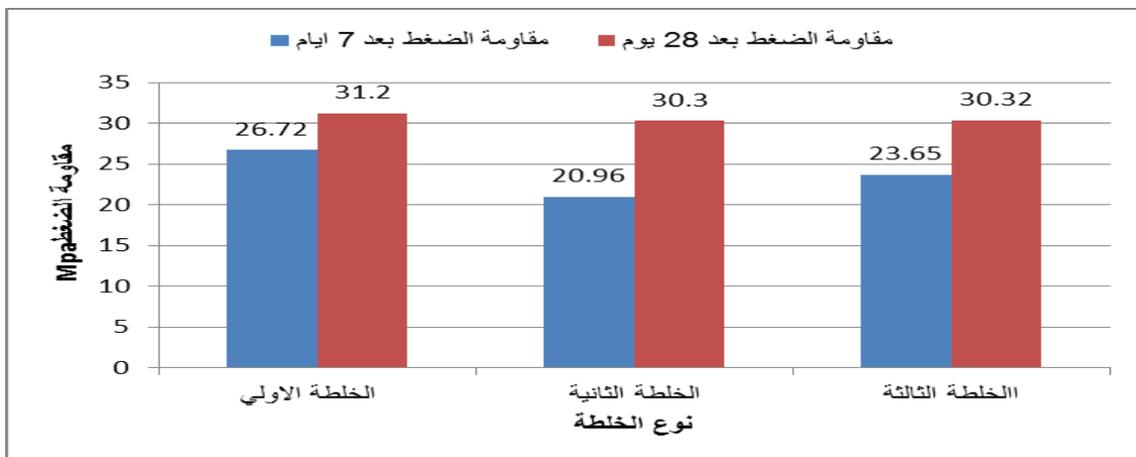
جدول رقم (10) : نتائج إختبار مقاومة الضغط

مقاومة الضغط للعينات المعالجة في الماء (Mpa)	مصادر الإسمنت والركام الخشن	إسم الخلطة
--	-----------------------------	------------

يوم 28	7 أيام		
31.2	26.72	إسمنت لبدة + ركام الخمس	الخلطة الأولى
30.30	20.96	إسمنت الإتحاد + ركام الخمس	الخلطة الثانية
30.32	23.65	إسمنت المرقب + ركام الخمس	الخلطة الثالثة
36.71	27.61	إسمنت لبدة + ركام زليتن 131	الخلطة الرابعة
30.55	21.60	إسمنت الإتحاد + ركام زليتن	الخلطة الخامسة
31.55	22.15	إسمنت المرقب + ركام زليتن	الخلطة السادسة

1.2.8 تأثير اختلاف مصادر الإسمنت لخلطات ركام الخمس علي مقاومة الضغط للخرسانة

الشكل رقم (3) يوضح نتائج إختبار مقاومة الخرسانة للضغط بعد 7 وبعد 28 يوم من المعالجة في الماء حيث يلاحظ من الشكل أن الخلطة الأولى التي تحتوي علي إسمنت لبدة وركام الخمس أعطت أعلى قيمة لمقاومة الضغط للخرسانة بعد 7 وبعد 28 يوم من المعالجة والتي كانت (26.72 Mpa و 31.2 Mpa)، حيث زادت فيها قيمة مقاومة الضغط بنسبة 27.48% عن الخلطة الثانية التي تحتوي علي إسمنت الإتحاد وركام الخمس وبنسبة 12.98% عن الخلطة الثالثة التي تحتوي علي إسمنت المرقب وركام الخمس بعد 7 ايام. وكذلك زادت فيها قيمة مقاومة الضغط بنسبة 2.97% عن الخلطة الثانية التي تحتوي علي إسمنت الإتحاد وركام الخمس وبنسبة 2.90% عن الخلطة الثالثة التي تحتوي علي إسمنت المرقب وركام الخمس بعد 28 يوم من المعالجة.



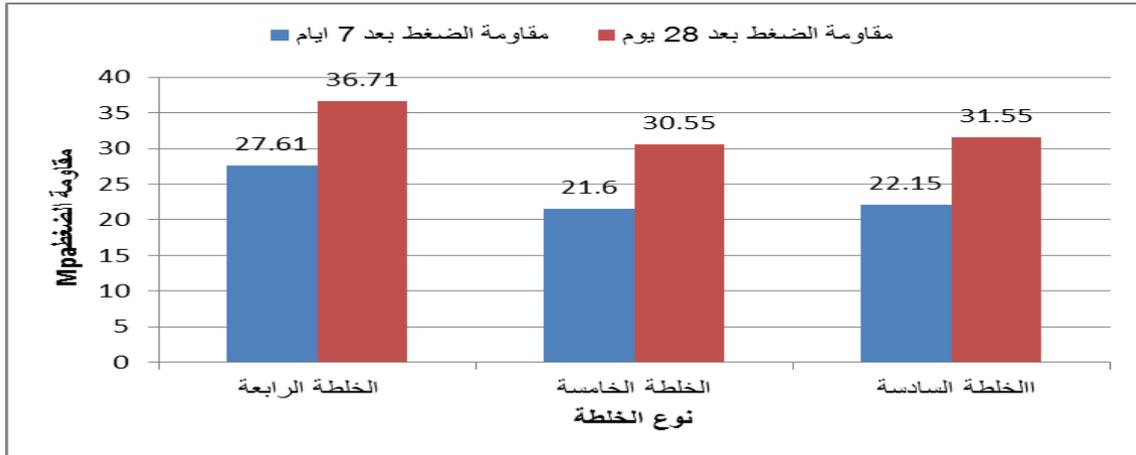
الشكل رقم (3): نتائج إختبار مقاومة الضغط لخلطات ركام الخمس بعد 7 وبعد 28 يوم من المعالجة

2.2.8 تأثير اختلاف مصادر الإسمنت لخلطات ركام زليتين علي مقاومة الضغط للخرسانة

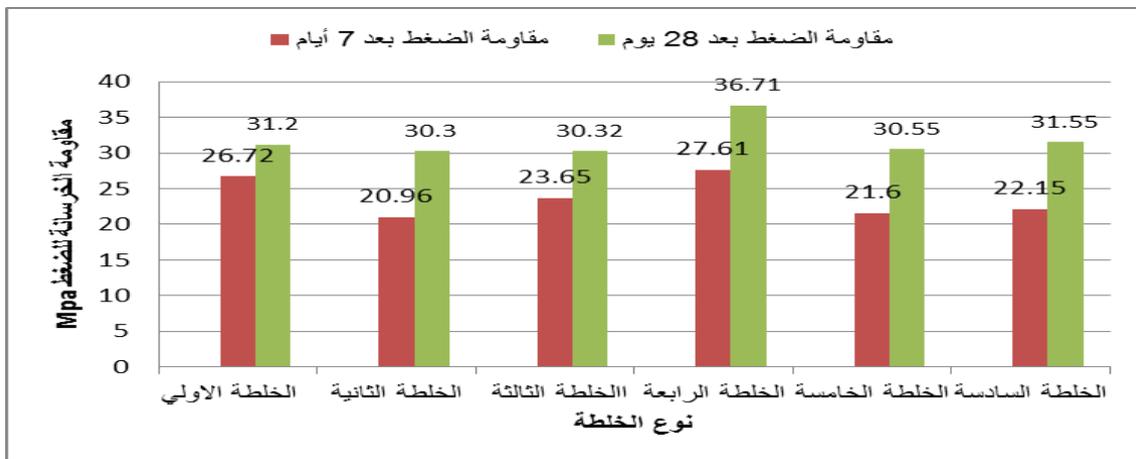
الشكل رقم (4) يوضح نتائج إختبار مقاومة الخرسانة للضغط بعد 7 وبعد 28 يوم من المعالجة في الماء حيث يلاحظ من الشكل أن الخلطة الرابعة التي تحتوي علي إسمنت لبدة وركام زليتين أعطت أعلى قيمة لمقاومة الضغط للخرسانة بعد 7 و28 يوم من المعالجة والتي كانت (27.61 Mpa و 36.71 Mpa)، حيث زادت فيها قيمة مقاومة الضغط بنسبة 27.82% عن الخلطة الخامسة التي تحتوي علي إسمنت الإتحاد وركام زليتين وبنسبة 24.65% عن الخلطة السادسة التي تحتوي علي إسمنت المرقب وركام زليتين بعد 7 أيام. بينما زادت فيها قيمة مقاومة الضغط بنسبة 20.16% عن الخلطة الخامسة التي تحتوي علي إسمنت الإتحاد وركام زليتين وبنسبة 16.35% عن الخلطة السادسة التي تحتوي علي إسمنت المرقب وركام زليتين بعد 28 يوم من المعالجة.

3.2.8 تأثير اختلاف مصادر الإسمنت والركام الخشن للخلطات علي مقاومة الضغط للخرسانة

الشكل رقم (5) يوضح نتائج إختبار مقاومة الخرسانة للضغط بعد 7 وبعد 28 يوم من المعالجة في الماء حيث أظهرت نتائج إختبار مقاومة الضغط للخلطات الستة أن أعلى قيمة لمقاومة الضغط كانت للخلطة الرابعة التي تحتوي علي إسمنت لبدة وركام زليتين بعد 7 و28 يوم من المعالجة والتي كانت (27.61 Mpa و 36.71 Mpa) علي التوالي، وأقل قيمة كانت للخلطة الثانية التي تحتوي علي إسمنت الإتحاد وركام الخمس لنفس فترات المعالجة والتي كانت (20.96 Mpa و 30.30 Mpa) علي التوالي. والجدول رقم (11) يوضح مقاومة الضغط لجميع الخلطات خلال فترة المعالجة في الماء.



الشكل رقم (4): نتائج اختبار مقاومة الضغط لخلطات ركام زليتين بعد 7 وبعد 28 يوم من المعالجة



الشكل رقم (5): نتائج اختبار مقاومة الضغط لجميع الخلطات بعد 7 وبعد 28 من المعالجة

جدول رقم (11) : نتائج مقاومة الضغط لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة في الماء

رقم الخلطة	نوع الإسمنت	مقاومة الضغط للعينات المعالجة في الماء (Mpa)		التزايد في قيمة مقاومة الضغط من 7 إلى 28 يوم (%)
		7 أيام	28 يوم	
الخلطة الأولى	إسمنت لبدة + ركام الخمس	26.72	31.2	16.76
الخلطة الثانية	إسمنت الإتحاد + ركام الخمس	20.96	30.30	44.56
الخلطة الثالثة	إسمنت المرقب + ركام الخمس	23.65	30.32	28.20
الخلطة الرابعة	إسمنت لبدة + ركام زليتين	27.61	36.71	32.95
الخلطة الخامسة	إسمنت الإتحاد + ركام زليتين	21.60	30.55	41.43
الخلطة السادسة	إسمنت المرقب + ركام زليتين	22.15	31.55	42.43

9- التوصيات

يوصي الباحث بدراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لأنواع الإسمنت المتوفرة في السوق قبل استخدامها،

وإجراء اختبارات الامتصاص، والمسامية للخلطات الخرسانية وذلك لتأثيرها بنوعية الركام والاسمنت.

10- المراجع

- [1] محمود إمام، محمد أمين (2007)، "خواص المواد واختبارها" كلية الهندسة-جامعة المنصورة.
- [2] أ. د. حمدي شهاب الدين ، تكنولوجيا الخرسانة، قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة - جامعة الزقازيق.
- [3] Neville, Adam M.: Aggregate Bond and Modulus of Elasticity of Concrete. ACI Materials Journal, V. 94, No. 1, January-February 1997, pp. 71-74.
- [4] BS 882, (1992) "Specification for aggregates from natural sources for concrete". British Standards Institution, 389 Chiswick high road, London, W4 4AL, UK, 1992.
- [5] BS 12:1996 Specification for Portland Cement, British Standards Institution, 389 Chiswick high road, London, W4 4AL, UK, 1996.
- [6] المواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة (1997 ف) الخاصة بالإسمنت البورتلاندي، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية- طرابلس.
- [7] المواصفات القياسية الليبية رقم 49 لسنة (2002 ف) لركام الخرسانة من المصادر الطبيعية، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية- طرابلس
- [8] المواصفات القياسية الليبية رقم 294 لسنة (1988 ف) الخاصة بالمياه المستعملة في الخرسانة، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية - طرابلس.
- [9] BS 1881:Part 2:1970 Method for Determination of Slump, Her Majesty's Stationary Office: London, United Kingdom.
- [10] BS 1881:Part 116:1983 Method for determination of compressive strength of concrete cubes, British Standards Institution, 2 park street, London, W1A 2BS, UK, 1983.