First Libyan International Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

تأثير إختلاف نسب الخلط للخرسانة الخفيفة الخالية من الركام الناعم علي الخواص الميكانيكية

أ.عبدالمجيد عبدالسلام عبدالله البركي أ. ادم الصديق مسعود عبدالقادر أ.منير سلطان محمد سلطان
قسم الهندسة المدنية، المعهد العالي للعلوم والتقنية ترهونة، ليبيا
a.alburki74@gmail.com e.gadrana@gmail.com monertan1988@gmail.com

الملخص

الخرسانة الخفيفة الخالية من الركام الناعم هي أحد أنواع الخرسانة الخفيفة، فهي عبارة عن خرسانة مصنوعة من الإسمنت والماء والركام الخشن بدون ركام ناعم وبالتالي ستتشكل فراغات بين حبيبات الركام الخشن وستعطي هذه الفراغات للخرسانة خصائصها العازلة، بالإضافة إلي تقليل وزن المنشأ. تناولت هذه الدراسة المقارنة بين ثلاث مجموعات من الخلطات الخرسانية التي تم خلطها بنسب مختلفة من الإسمنت إلي الركام الخشن (2:1)،(5:1)،(8:1) وخالية من الركام الناعم وبنسبة ماء إلي إسمنت (0.42 ، 0.48، 0.54) علي التوالي للمحافظة علي قيمة هبوط ثابتة لكل الخلطات. تمت معالجة جميع العينات في الماء لمدة 7-28 يوم. ولتحقيق النتائج تم صب وإعداد وتجهيز العينات بعدد 27 مكعب مقاس(150mm×150×150) لقياس الكثافة ومقاومة الضغط ونسبة الإمتصاص ومعدل المسامية. نتائج الكثافة الجافة لجميع العينات بعد معالجتها في الماء لمدة 28 يوم بينت أنه بزيادة نسبة الركام الخشن في الخلطة تقل كثافة الخرسانة حيث كانت أقل قيمة كثافة للخلطة الثالثة ($2071.67Kg/m^3$)، وأظهرت نتائج إختبار مقاومة الضغط للعينات بعد 28 يوم من المعالجة أن الخلطة الاولي أعطت أعلي قيمة لمقاومة الضغط بقيمة (47.53Mpa) وأقل قيمة للخلطة الثالثة بقيمة (09.25Mpa). كما بينت نتائج إختبار نسبة الامتصاص أن الخلطة الأولي كانت نسبة الإمتصاص فيها أقل من الخلطتين الثانية والثالثة بنسب مختلفة بمعدل إمتصاص بلغ للعينات الثلاثة (0.98، 1.80، 2.51 %) علي التوالي. وكذلك بالنسبة لإختبار معدل المسامية والذي نستنتج منه أن معدل المسامية للخلطة الأولي أقل من الخلطة الثانية والثالثة بنسب مختلفة متزايدة بزيادة محتوي الركام الخشن في الخلطة.

الكلمات المفتاحية
الخرسانة الخفيفة، الكثافة، مقاومة الضغط، نسبة الإمتصاص، معدل المسامية.

1. مقدمة

الخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم هي أحد أنواع الخرسانة الخفيفة فمكوناتها الأساسية من الإسمنت والماء والركام الخشن وعدم إحتوائها علي الركام الناعم جعل كتلتها ذات فراغات كثيرة وتلك الفراغات تلعب دوراً كبيرا في تحديد خواص الخرسانة فهي تتميز بخفة الوزن(تقليل الحمل الميت) وخاصية العزل الحراري بتقليل تسرب الحرارة الى الخارج من الأبنية عند تدفئتها وتقليل تسرب الحرارة الى داخل الأبنية عند تبريدها. وتمتاز أيضا بعزل صوتي أفضل من الخرسانة العادية. كما أن مقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم تكون أقل بكثير من مقاومة الخرسانة الاعتيادية. وتعتمد كثافة الخرسانة الخالية من الركام الناعم بصورة أساسية على تدرج الركام. وبما أن طقس بلادنا حار صيفاً وبارد شتاءاً ونظراً لإنقطاع الطاقة الكهربائية في أوقات الذروة للحرارة والبرودة نتيجة شدة الطلب عليها لأغراض التدفئة والتبريد الأمر الذي يستوجب توفير عزل حراري في السطوح والجدران يقلل

من التوصيل الحراري لهذه المنشأت ولعل أهم هذه الحلول هو إستخدام الخرسانة خفيفة الوزن. وتستخدم هذه الخرسانة غالبا في أعمال الأرضيات ومواقف السيارات والطرقات وغيرها.

وللحصول على خرسانة خفيفة الوزن ذات مقاومة مقبولة، يتطلب الأمر الاهتمام بنوعية ونسب مكوناتها، ونسبة الماء إلى الإسمنت التي تلعب دوراً مهماً في خفض و رفع المقاومة للخرسانة وكذلك إستخدام الإضافات.

اهتم الباحثون في مجال الخرسانة بدراسة خواص الخرسانة خفيفة الوزن من حيث مقاومتها للضغط وكذلك نسبة الإمتصاص والكثافة والتوصيل الحراري والعزل الصوتي. ففي إحدي الدراسات السابقة قام الباحث[1] بتحضير خلطات خرسانية من مواد خفيفة الوزن للحصول على خرسانة ذات كثافة قليلة تتراوح بين ($350 – 880Kg/m^3$)بحيث توفر عزلا حراريا جيدا ومعاوقة صوتية مناسبة. وقد قسم الجانب العملي من هذه الدراسة إلى مجموعتين, المجموعة الأولى تم فيها استخدام الإسمنت وحبيبات البولي ستايرين لإنتاج خرسانة خفيفة الوزن ذات كثافة تتراوح بين ($350–600Kg/m^3$). اما المجموعة الثانية فقد تم فيها استخدام ركام مخلوط متكون من البولي ستايرين وركام ناعم من البورسلينايت خفيف الوزن لإنتاج خرسانة خفيفة الوزن ذات كثافة تتراوح بين ($880-630Kg/m^3$). نتائج فحص الموصلية الحرارية للنماذج الخرسانية المستخدمة في هذه الدراسة أظهرت أن هذه الخرسانة لها عزلا حراريا جيدا يؤهل استخدامها لأغراض العزل الحراري. كما أستنتجت الدراسة أن لنسبة الركام إلي الإسمنت تأثيرا واضحاً علي التوصيل الحراري فزيادة هذه النسبة تؤدي إلي نقصان معامل التوصيل الحراري. وبالنسبة لمقاومة الضغط فتزداد مع ازدياد كثافة خرسانة البولي ستايرين للمجموعتين الأولى والثانية. وبينت نتائج هذه الدراسة أيضاً أن المعاوقة الصوتية تزداد خطيا مع ازدياد مقاومة الانضغاط ويمكن اعتبار المعاوقة الصوتية كمؤشر جيد لتخمين مقاومة الانضغاط.

وفي دراسة أخري حول الخرسانة خفيفة الوزن قام الباحثون[2] بدراسة إمكانية إنتاج خرسانة خفيفة الوزن باستخدام مواد محلية باستعمال ثلاثة أنواع من الركام الخشن ذو الوزن الخفيف ودراسة تأثير ذلك على بعض خواص الخرسانة وتأثير استخدام الملدن المتفوق على خواصها ومقارنتها بالخرسانة المرجعية. في هذه الدراسة تم استعمال نوعين من الخلطات وهما خلطة مرجعية بنسب خلط مختلفة يتغير فيها معدل(w/c) والركام الخشن والناعم وخلطة أخري باستعمال الملدن المتفوق بنسبة (4%) من وزن الإسمنت, وعمل منها النماذج المكعبة بأبعاد (100×100×100mm) استخدمت لفحوصات مقاومة الانضغاط والامتصاص والكثافة والأسطوانية (150×300mm) لفحوصات مقاومة الشد. أجريت فحوصات مقاومة الانضغاط للأعمار (1, 7, 14, 28, 60 يوماً) للعينات وهى رطبة جافة السطح، و فحوصات مقاومة الشد للأعمار (14, 28, 60 يوماً).

استنتجت هذه الدراسة أن استخدام الملدنات الفائقة أدى إلى خفض معدل (w/c) و ارتفاع مقاومة الخرسانة للانضغاط و الشد و زيادة الكثافة، كما أظهرت النتائج الدور الايجابي لإستخدام هذه الإضافات على خواص الخرسانة، حيث عمل على رفع المقاومة للخرسانة بشكل ملحوظ في الأعمار المبكرة. وأشارت النتائج إلى أن خصائص الخرسانة تتأثر باختلاف نوع الركام الخشن والناعم. عند استبدال الركام الناعم ذو الوزن العادي بالركام الناعم ذو الوزن الخفيف لوحظ انخفاض الكثافة و مقاومة الانضغاط والشد[2].

كما بينت النتائج أيضاً أن أقل كثافة تم الحصول عليها هي ($865Kg/m^3$). للخرسانة غير الحاوية على مضاف

الملدن المتفوق، و($972Kg/m^3$) للخرسانة الحاوية على مضاف الملدن المتفوق وأعلى مقاومة انضغاطية تم الحصول عليها(17Mpa) للخرسانة غير الحاوية على مضاف الملدن المتفوق، و **(**19.9Mpa**)** للخرسانة الحاوية على مضاف الملدن المتفوق[2].

في دراسة أخري [3] تمت دراسة تأثير نسب الخلط علي خواص الخرسانة الخفيفة الخالية من الرمل بإستخدام ثلاثة نسب خلط مختلفة (4:1 و 6:1 و 8:1) ودراسة تأثيرها علي قابلية التشغيل ومقاومة الإنضغاط ونسبة الإمتصاص ومقاومة الشد الإنشطاري بعمر 3، 7، 28 يوم .تم دمك القوالب الخرسانية في هذه الدراسة بإستخدام المنضدة الهزازة.

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مقاومة الضغط والشد الإنشطاري للخرسانة الخالية من الرمل تزداد بزيادة نسبة الإسمنت إلي الركام. وأن الكثافة الطرية والجافة تقل كلما زادت نسبة (الركام/الإسمنت) والتي تؤدي أيضا إلي زيادة نسبة الإمتصاص للماء بالنماذج الخرسانية. إستنتجت هذه الدراسة أيضا أن مقاومة الإنضغاط والشد تقل بزيادة الإمتصاص للماء وتتأثر المقاومة بشكل كبير بنسب الخلط[3].

وفي دراسة أخري[4] قام الباحثون بدراسة تأثير نوع الدمك علي مقاومة الضغط للخرسانة الخفيفة الوزن الخالية من الرمل بإستعمال نسب خلط مختلفة لكلا من الإسمنت والركام الخشن. أظهرت نتائج هذه الدراسة أنه بزيادة محتوي الإسمنت داخل الخلطة تزداد مقاومة الضغط بغض النظر عن طريقة وزمن الدمك.

وفي دراسة أخري [5] اهتمت بتحديد مقاومة الإنضغاط والشد الإنشطاري ومقاومة الإنحناء للخرسانة الخالية من الرمل إستخدم الباحثون أربع خلطات خرسانية بنسب خلط مختلفة لكلا من الإسمنت والركام الخشن (5:1، 7:1 ، 9:1، 11:1) ومع كل خلطة تم إستخدام أربع نسب من الإسمنت إلي الماء (0.4، 0.42، 0.44، 0.46). أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مقاومة الإنحناء أعلي من مقاومة الشد الإنشطاري، وكانت قيم مقاومة الشد تقدر بحوالي 20% من مقاومة الضغط.

وفي دراسة أخري تهتم بالخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم قام الباحث[6] بدراسة الخواص الميكانيكية للخرسانة الخالية من الركام الناعم والمسلحة بألياف البولي بروبيلين وألياف الكربون والتي تحتوي علي نسب مختلفة من هذه الألياف. وقد بينت نتائج هذه الدراسة أن إضافة الألياف إلي الخرسانة الخالية من الركام الناعم لم يؤثر بشكل كبير علي مقاومة الإنضغاط بينما تحسنت مقاومة شد الإنشطار بشكل ملحوظ.

تهدف هذه الدراسة إلي التحقق من مدي التغير في الخواص الميكانيكية للخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم كمقاومة الضغط والكثافة ونسبة الإمتصاص ومعدل المسامية عند إستعمال نسب مختلفة من الإسمنت إلي الركام الخشن، وكذلك من الماء إلي الإسمنت.

2. البرنامج العملي

تم اعتماد عدد من المتغيرات المهمة في هذه الدراسة لمعرفة تأثير اختلاف نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن ونسبة الماء إلي الإسمنت علي الخواص الميكانيكية للخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم، وبناء علي ذلك تم تقسيم العينات الي ثلاثة مجموعات رئيسة تم تصميمها وإعدادها من خلطات خرسانية موحدة من حيث مصادر المواد وطريقة المعالجة ومختلفة في نسب الخلط وكل مجموعة قسمت الي مجموعتين فرعيتين حسب فترة المعالجة 7 – 28 يوم ولتطبيق هذه المتغيرات تم تقسيم عينات الاختبار لكل نوع من انواع الخلطات كما موضح بالجدول رقم 1 ، والجدول رقم 2 يوضح الخلطات المعتمدة في هذه الدراسة.

جدول (1): تقسيم العينات لكل خلطة

فترة المعالجة	عدد العينات
7 ايام	3 مكعبات
28 يوم	6 مكعبات

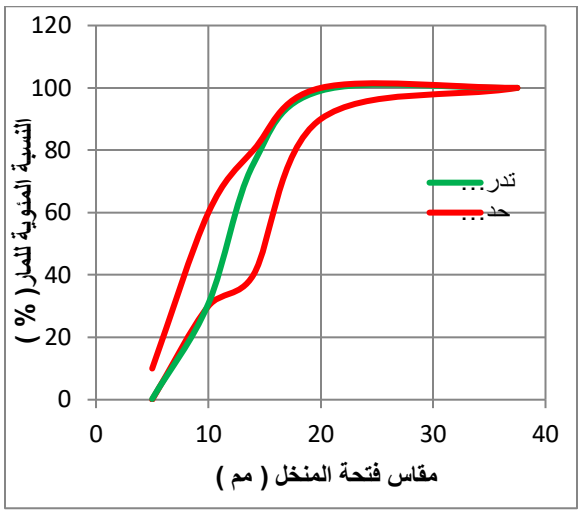
جدول (2): الخلطات المعتمدة في هذه الدراسة

ت	اسم الخلطة الخرسانية	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	نسبة الماء إلي الإسمنت
1	الخلطة الاولي	2 : 1	0.42
2	الخلطة الثانية	5 : 1	0.48
3	الخلطة الثالثة	8 : 1	0.54

3. مكونات الخلطات الخرسانية

1.3 الركام الخشن

تم توريد الركام الخشن من كسارات منطقة سوق الخميس الخمس وتم إجراء إختبار التحليل المنخلي للركام الخشن وبعض الإختبارات الفيزيائية ومقارنتها بالحدود والمواصفات البريطانية المعتمدة BS 882: 1992 [7] والمواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م [8] . الشكل رقم1 يوضح منحني التدرج الحبيبي للركام الخشن. والجدول رقم 3 يبين نتائج الإختبارات الفيزيائية للركام الخشن المستخدم في هذه الدراسة.



شكل رقم (1): منحني التدرج الحبيبي للركام الخشن

جدول (3): نتائج الإختبارات الفيزيائية للركام الخشن

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفات البريطانية BS882:1992
الوزن النوعي	2.625	2.75 > S.G > 2.50
نسبة الامتصاص	%2.038	% 3.0 >

2.3 الإسمنت

الاسمنت البورتلاندي العادي المستخدم في هذه الدراسة عبارة عن اسمنت بورتلاندي عادي نوع (42.5N) من انتاج مصنع سوق الخميس امسيحل. النتائج التي تم الحصول عليها من معمل مراقبة الجودة بالمصنع كانت جميعها ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات البريطانية [9] BS12:1996 والمواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة 1997 م[10]

3.3 الماء

في هذه الدراسة تم استخدام ماء صالح للشرب في اعداد الخلطات الخرسانية المستهدفة.

4. خلط مكونات الخرسانة

تم استعمال الميزان الحساس لضبط نسب الخلط بدقة لمكونات الخرسانة، وتم الخلط باستعمال خلاطة ميكانيكية افقية ذات سعة تتناسب مع الكمية المطلوبة لصب قوالب العينات الخرسانية. في كل خلطة تم وضع نصف كمية الركام الخشن في الخلاطة ومن ثم نصف كمية الإسمنت ثم وضع باقي كمية الركام الخشن والإسمنت بالترتيب وخلطها في الخلاطة أولا علي الجاف لمدة 30 ثانية، ثم أضيفت كمية الماء إلي الخليط واستمر الخلط لمدة اضافية قدرها 150 ثانية. تم إجراء إختبار الهبوط ومن ثم صب القوالب ودمكها بإستخدام الهزاز الكهربائي وتسويتها وتركها في درجة حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة بنفس الطريقة لضمان عدم حدوث أي متغيرات.

5. إعداد العينات

تم فك العينات من القوالب بعد 24 ساعة من الصب وترقيمها ووضعها في حوض مملوء بالماء في درجة حرارة الغرفة لحين موعد الاختبار وهو 7 و28 يوم من تاريخ الصب. الشكل رقم 2 يوضح كيفية معالجة العينات بالغمر في أحواض المعالجة قبل موعد الاختبار، والشكل رقم 3 يوضح إحدي عينات الخلطة الأولي بنسبة (2:1) بعد إخراجها من أحواض المعالجة وتجهيزها لإجراء إختبار مقاومة الضغط عليها، والشكل رقم 4 يوضح إحدي عينات الخلطة الثانية بنسبة (5:1) بعد غمرها في الماء لمدة 28 يوم، والشكل رقم 5 يوضح إحدي عينات الخلطة الثالثة والتي أستخدم فيها نسبة إسمنت إلي ركام خشن (8:1).

شكل رقم (2): معالجة العينات بالغمر في أحواض المعالجة

شكل رقم (3): إحدي عينات الخلطة الأولي بعد إخراجها من حوض المعالجة

شكل رقم (4): إحدي عينات الخلطة الثانية بعد إخراجها من حوض المعالجة

شكل رقم (5): إحدي عينات الخلطة الثالثة بعد إخراجها من حوض المعالجة

6. مناقشة النتائج

1.6 نتائج اختبار الهبوط للخرسانة الطازجة

في هذه الدراسة تم إستخدام ثلاث نسب خلط (الإسمنت/الركام الخشن) وهي (2:1) (5:1) (8:1)، وللحصول علي قيمة هبوط ثابتة لجميع الخلطات فقد تم إستخدام ثلاث نسب (ماء/إسمنت) وهي (0.42 ، 0.48 ، 0.54) بالترتيب للحفاظ علي قابلية تشغيل ثابتة لكل خلطة من الخلطات المعتمدة في هذه الدراسة. فكلما زادت نسبة الركام الخشن في الخلطة زادت نسبة الماء إلي الإسمنت للحفاظ علي قيمة الهبوط. حيث أن زيادة نسبة الركام ينتج عنه زيادة في كمية امتصاص الركام للماء. ومن خلال نتائج إختبار الهبوط للخلطات الثلاثة كانت قيمة الهبوط لجميع الخلطات ثابتة وهي (160mm). الشكل رقم 6 يوضح الهبوط لإحدي الخلطات الثلاثة.

شكل رقم (6): الهبوط لإحدي الخلطات

2.6 الكثافة الجافة

تعتمد كثافة الخرسانة الخفيفة الخالية من الركام الناعم علي نوع الركام الخشن وكميته وكذلك كثافته، بالإضافة إلي محتوي الإسمنت والماء داخل الخلطة. نسبة الإسمنت إلي الركام أيضا لها تأثيراً واضحاً علي كثافة الخرسانة الخفيفة الخالية من الركام الناعم حيث أن الكثافة تقل كلما قلت نسبة (الإسمنت/الركام) وذلك نتيجة الزيادة في حجم الفجوات والفراغات بسبب الزيادة في كمية الركام الخشن داخل الخلطة، وبالعكس تماماً فكلما زادت كمية الإسمنت داخل الخلطة الخرسانية كلما زادت كثافتها. تحدد المواصفات القياسية عمر 28 يوم لإيجاد الكثافة الجافة للكتل الخرسانية. الجدول رقم 4 يوضح قيم الكثافة لكل خلطة من الخلطات الثلاثة المعتمدة في هذه الدراسة.

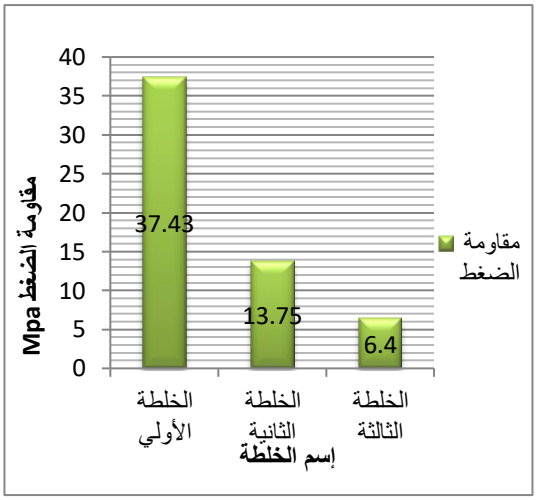
جدول (4): قيم الكثافة لكل خلطة من الخلطات المعتمدة

ت	اسم الخلطة الخرسانية	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	قيمة الكثافة الجافة كجم/ م^3
1	الخلطة الاولي	2 : 1	2337.21
2	الخلطة الثانية	5 : 1	2164.10

3	الخلطة الثالثة	8 : 1	2071.67

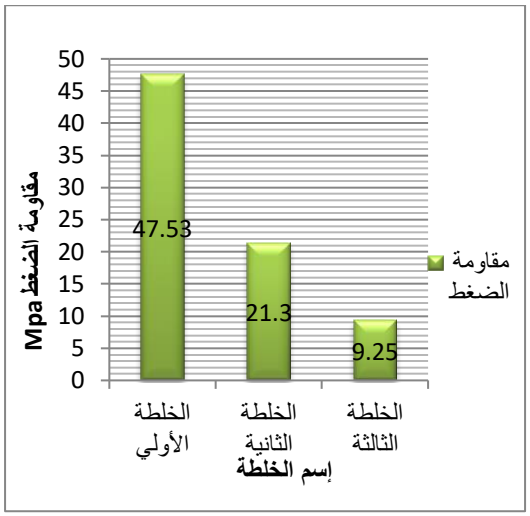
3.6 نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط

الشكل رقم 7 يوضح نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط لجميع الخلطات بعد 7 أيام من المعالجة. نلاحظ من الشكل أن الخلطة الاولي التي كانت فيها نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن (2:1) أعطت أعلي قيمة لمقاومة الضغط للخرسانة والتي كانت (37.43Mpa)، بينما كانت قيمة مقاومة الضغط (13.75Mpa) للخلطة الثانية التي تحتوي علي إسمنت وركام خشن بنسبة (5:1)، وكانت (06.45Mpa) للخلطة الثالثة والتي كانت نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن فيها (8:1).



شكل رقم (7): نتائج اختبار مقاومة الضغط لجميع الخلطات بعد 7 أيام من المعالجة

الشكل رقم 8 يوضح نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط لجميع الخلطات بعد 28 يوم من المعالجة، ونلاحظ من الشكل أن الخلطة الاولي التي كانت فيها نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن (2:1) أعطت أعلي قيمة لمقاومة الضغط للخرسانة والتي كانت (47.53Mpa)، وكانت قيمة مقاومة الضغط (21.93Mpa) للخلطة الثانية التي تحتوي علي إسمنت وركام خشن بنسبة (5:1)، بينما كانت (09.25Mpa) للخلطة الثالثة بنسبة إسمنت إلي ركام خشن (8:1). الجدول رقم 5 يبين التزايد في قيمة مقاومة الضغط لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة، والشكل رقم 9 يوضح إحدي عينات الخلطات المعتمدة في هذه الدراسة بعد تعريضها لمعدل تحميل ثابت حتي الكسر.



شكل رقم (8): نتائج إختبار مقاومة الضغط لجميع الخلطات بعد 28 يوم من المعالجة.

جدول (5): التزايد في قيمة مقاومة الضغط لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة.

إسم الخلطة	مقاومة الضغط للعينات (Mpa)		التزايد في قيمة مقاومة الضغط من7 الى28 يوم (%)
	7 أيام	28 يوم	
الخلطة الاولي	37.43	47.53	26.98
الخلطة الثانية	13.75	21.30	54.90
الخلطة الثالثة	06.40	09.25	44.53

شكل رقم (9): إحدي العينات المعتمدة بعد الكسر

4.6 نتائج اختبار تحديد نسبة الإمتصاص

تم تحديد نسبة الإمتصاص لعدد ثلاث عينات من كل خلطة بعد معالجتها بالغمر في الماء لمدة 28 يوم وأخذ متوسط القيم ومقارنة النتائج والتغيرات التي طرأت عليها. الجدول رقم 6 يوضح نتائج اختبار معدل الامتصاص لكل الخلطات المعالجة في الماء لمدة 28 يوم والذي نستنتج منه أن نسبة الامتصاص للخلطة الأولي أقل من الخلطة الثانية والثالثة بنسب مختلفة، وقد أعلي قيمة لمعدل الإمتصاص للخلطة الثالثة بنسبة (7.08%).

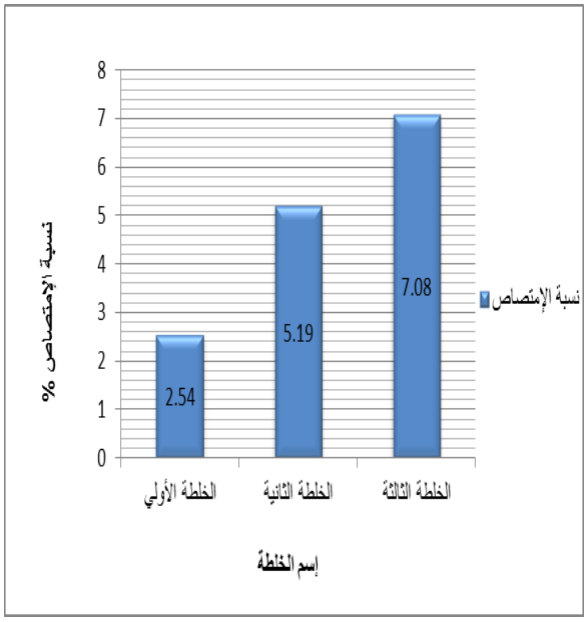
جدول (6): نتائج اختبار معدل الامتصاص

إسم الخلطة	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	النسبة المئوية للامتصاص (%)
الخلطة الاولي	2 : 1	02.54
الخلطة الثانية	5 : 1	05.19
الخلطة الثالثة	8 : 1	07.08

الجدول رقم 7 يبين نسب الزيادة في معدل الامتصاص للخلطتين الثانية والثالثة مقارنة بالخلطة الأولي، والشكل رقم 10 يوضح نتائج معدل الامتصاص لكل المجموعات المعتمدة في هذه الدراسة.

جدول (7): نسب الزيادة لمعدل الإمتصاص مقارنة بالخلطة الاولي

رقم الخلطة	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	نسبة الزيادة(%)
الخلطة الاولي	2 : 1	00.00
الخلطة الثانية	5 : 1	104.33
الخلطة الثالثة	8 : 1	178.74



شكل رقم (10): نتائج اختبار نسبة الامتصاص

5.6 نتائج اختبار تحديد المسامية

تم تحديد معدل المسامية لعدد ثلاث عينات من كل خلطة بعد معالجتها بالغمر في الماء لمدة 28 يوم وأخذ متوسط القيم ومقارنة النتائج والتغيرات التي طرأت عليها. الجدول رقم 8 يوضح نتائج معدل المسامية لكل المجموعات

المعالجة في الماء لمدة 28 يوم. حيث نستنتج من الجدول أن معدل المسامية للخلطة الأولي أقل من الخلطة الثانية والخلطة الثالثة بنسب مختلفة.

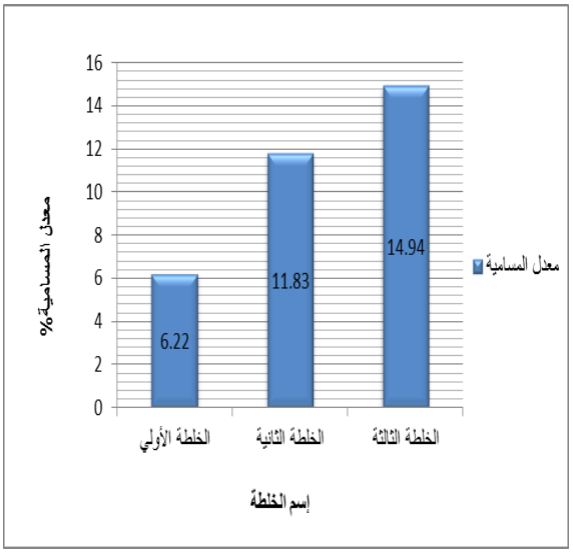
جدول (8): نتائج اختبار معدل المسامية

إسم الخلطة	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	معدل المسامية (%)
الخلطة الاولي	2 : 1	06.22
الخلطة الثانية	5 : 1	11.83
الخلطة الثالثة	8 : 1	14.94

الجدول رقم 9 يبين نسب الزيادة في معدل المسامية للخلطة الثانية والثالثة مقارنة بالخلطة الأولي، والشكل رقم 11 يوضح نتائج اختبار معدل المسامية لكل المجموعات المعتمدة في هذه الدراسة.

جدول (9): نسب الزيادة لمعدل المسامية مقارنة بالخلطة الأولي

رقم الخلطة	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	نسبة الزيادة(%)
الخلطة الاولي	2 : 1	00.00
الخلطة الثانية	5 : 1	90.19
الخلطة الثالثة	8 : 1	140.19



شكل رقم (11): نتائج اختبار معدل المسامية

7. الخاتمة

من خلال النتائج المتحصل عليها من إجراء اختبار مقاومة الخرسانة للضغط نلاحظ أن نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن كان لها تأثيراً واضحاً علي مقاومة الخرسانة للضغط، فكلما زادت كمية الركام الخشن كلما انخفضت قيمة مقاومة الضغط بشكل واضح ويرجع هذا إلي زيادة حجم الفراغات بسبب قلة المواد الناعمة والتي تؤدي إلي خرسانة ذات كثافة أقل، وهذا ما تم التأكد منه أيضا من خلال نتائج اختبار نسبة الامتصاص ومعدل المسامية حيث زادت نسبة الامتصاص ومعدل المسامية للخلطة الثانية والثالثة عن الخلطة الأولي نتيجة الزيادة في حجم الفراغات بسبب تقليل محتوي الإسمنت فيهما. هذه الفراغات ستؤدي حتما إلي توغل الرطوبة داخلها وبالتالي فإنه بزيادتها ستزداد نسبة الإمتصاص وكذلك المسامية. وبما أن الخرسانة خفيفة الوزن الخالية من المواد الناعمة مقاومتها أقل بشكل واضح من الخرسانة العادية فإنه من الممكن تجاوز هذه المشكلة بزيادة محتوي الإسمنت في الخلطة وهذا ما تم إستنتاجه من إختبار مقاومة الضغط للخلطة الأولي. وعلي العكس تماماً فكلما زادت نسبة الفراغات بسبب تقليل محتوي الإسمنت

وزيادة محتوي الركام الخشن بالخلطة فإن معدل التوصيل الحراري للخرسانة يقل ونفسر ذلك لأن الفجوات الهوائية الموجودة داخل الركام ستؤدي إلى إعاقة انتقال الحرارة.

8. التوصيات

من خلال الدراسة المعملية والنتائج التي تم الحصول عليها نوصي بمواصلة البحث بإجراء:-

1- دراسة مشابهة بإستخدام إضافات الملدنات الفائقة وبنسب مختلفة من الإسمنت وتقليل كمية الماء والتأكد من مدي فعاليتها للتقليل من حجم الفراغات الناتجة عن المحتوي المختلف للإسمنت داخل الخلطة.

2- دراسة إستبدال الركام الخشن في الخلطة الخرسانية بركام خفيف وتأثيره علي التقليل من وزن الخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم.

9. المراجع

[1] مهدي فوزي الجيلاوي، خواص الخرسانة الخفيفة بالإشارة إلي العزل الحراري والمعاوقة الصوتية، جامعة بغداد، (أغسطس1997).

[2] د.حسان سعد عبدالمغني، أ.د.محمود محمد كليب، إمكانية إنتاج خرسانة خفيفة الوزن بإستخدام مواد محلية، جامعة صنعاء، (أكتوبر2008).

[3] د.عمر رمضان الزروق، د.أحمد جميل إبراهيم، تأثير نسب الخلط علي خواص الخرسانة الخفيفة الخالية من الرمل، جامعة عمر المختار(فبراير 2018).

[4] م.مؤيد الخلف، م.هناء يوسف، تكنولوجيا الخرسانة، مركز التعريب والنشر، الجامعة التكنولوجية(1984).

[5] Abdelgader, H, and El-baden,A, (2016). "Mechanical Properties of No-finesConcrete"MateriahyBudowlane (2016),

[6] Hussam A. A. Rehman, SOME PROPERTIESOF FIBER REINFORSED NOFINECONCRETE"WasitUniversity(2012).

[7] BS 882, (1992) "Specification for aggregates from natural sources for concrete". British Standards Institution, 389 Chiswik high road, London, W4 4AL, UK, 1992.

[8] المواصفات القياسية الليبية رقم 49 لركام الخرسانة من المصادر الطبيعية. المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية. سنة 2002ف.

[9] BS 12:1996 Specification for Portland Cement, British Standards Institution, 389 Chiswik high road, London,

[10] المواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة (1997 ف) الخاصة بالإسمنت البورتلاندي، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية- طرابلس.