دراسة الخرسانة الخفيفة محليا

اعداد : ا.فتحية عامر الهادي الجدال

الملخص

أصبح استخدام الخرسانة الخفيفة الوزن من الأمور الضرورية في ليبيا لتخفيف الضغط على مواد البناء التقليدية مثل البلوك والكتل الخرسانية. وهذه الخلطة الخرسانية سهلة الصنع والاستعمال وغير ملوثة للبيئة وذات الانتشار الواسع في العالم, وكذلك فأنها تفي بالمتطلبات المعمارية والإنشائية الفيزيائية. وهي مصنوعة من الأسمنت والرمل فقط المتوفران محليا مع إضافة بعض المواد الكيماوية.

وتكمن أهمية البحث في هذا الوقت تماما حيث الظروف الصعبة التي تمر بها بلادنا, إذ أن معظم البني التحتية مدمرة وهناك حاجة ماسة إلى الأعمار والبناء فالامر يحتاج الي تقليل التكلفة ,وزمن ألانجاز ,والاستفادة من المواد المحليةبقدر الإمكان.

فقد استخدمت الخرسانة الخفيفة بكثرة في أماكن كثيرة من العالم وتتناسب مقاومتها تقريباً وزنها مع مقاومة الخرسانة العادية.ومن مزاياها الوفرة في أحجام الأساسات نتيجة خفة وزنها ومقاومتها للحريق وعزلها للحرارة والصوت ومن عيوبها زيادة الحرص في صبها وزيادة مسامي وانكماش جفافها عن الخرسانة العادية. وتصنع الخرسانة الخفيفة من الركام الخفيف الوزن مع إضافة مواد أخرى منها إضافة مواد لعمل رغاوى مثل الألمنيوم التي تعمل على تكوين خرسانة خفيفة الوزن نتيجة تكون الغازات في الخرسانة اللدنة .ويتراوح وزن المتر المكعب من الخرسانة الخفيفة بين 1400إلى 1900كجم لكل متر مكعب .وفي هذا البحث تم دراسة خاصية مقاومة ضغط الخرسانة الخفيفة الوزن باستخدام الركام الخفيف من خلال عمل خلطات خراسانية ومقارنتها بالخرسانة العادية المستخدم فيها الركام العادي.

الكلمات المفتاحية : الخرسانة الخفيفة, الخرسانة العادية, الركام الخفيف, مقاومة ضغط الخرسانة.

المقدمة

ان تقليل من وزن الخرسانة والحصول علي خرسانة ذات مقاومة جيدة،هي تقنيات تعتبر جديدة في مجال البناء والتشييد , حيث يمكن الاستفادة من هذه التقنية في عدة تطبيقات مما يشجع علي اعتماد هذا النوع في تنفيذ مشاريع البنية التحتية في ليبيا والمباني والمشاءات الخراسانية.

والخرسانة الخفيفة هي عبارة عن خليط من عدة مواد وهي الاسمنت والماء كمادتين أساسيتين والركام بنوعية الناعم والخشن كمادة مالئة بالإضافة لوجود إضافات أخرى تختلف حسب الغرض المراد استخدامها فيه .وعلية فان الخرسانة الخفيفة التي تكون حاوية علي فجوات داخلية بحيث تؤدى إلي الحصول علي كثافة قليلة بالمقارنة مع المواد البنائية الأخرى,

وبسبب وجود هذه الفجوات فأنها تتمتع بقابلية العزل الحراري والصوتي مع تميزها بقابلية التحمل للأثقال وشكل 1 يبين صورة لبعض المباني المتية كاملة من الخرسانة الخفيفة.

ومن الممكن تخفيض وزن الخرسانة بعدة طرق ومنها :

1-أيجاد فراغ بين حبيبات الركام (خرسانة خالية من المواد الرفيعة).

2- إيجاد فراغ داخل الركام (خرسانة ركام خفيف).

شكل 1 صورة لمباني منفذة من الخرسانة الخفيفة كاملاً.

ولاهمية استخدام الخرسانة الخفيفة في الأعمال الإنشائية ولتوسع الأبحاث الخاصة بها وخاصة في مجال تقنيات تصنيعها وانتشار استخدامها .وسعياً إلي وضع انطلاقة لاستعمال الخرسانة الخفيفة محلياً كان لا بد من إجراء العديد من التجارب المعملية لاعدادها ودراسة خواصها. .وقد ثم إجراء العديد من الاختبارات لمقاومة الضغط و اختبارات الامتصاص علي العينات لبيان مدى تأثير المتغيرات والإضافات على الخرسانة وقد كانت المتغيرات في هذه الدراسة هي استبدال الركام العادي بالركام الخفيف.

التجارب المعملية لدراسة الخلطات الخرسانية في تكوينها ودراسة خصائصها :

1- **دراسة خواص المواد المستخدمة :** تتكون خلطة الخرسانة الخفيفة في هذه الدراسة من الأسمنت والركام الخشن والركام الخفيف والركام الناعم ومادة مسحوق الألمنيوم والماء.

- **الأسمنت:**
- يعتبر الأسمنت واحداً من أهم المواد الإنشائية التي تعمل علي ربط مكونات خلطة الخرسانة الخفيفة .حيث تم استخدام الاسمنت البورتلاندى العادي من مصنع البرج للأسمنت (زليتن) طبقاً للمواصفات البريطانية (1992-BS 12) في جميع الخلطات التجريبية وكما هو موضح بالجدول(1)

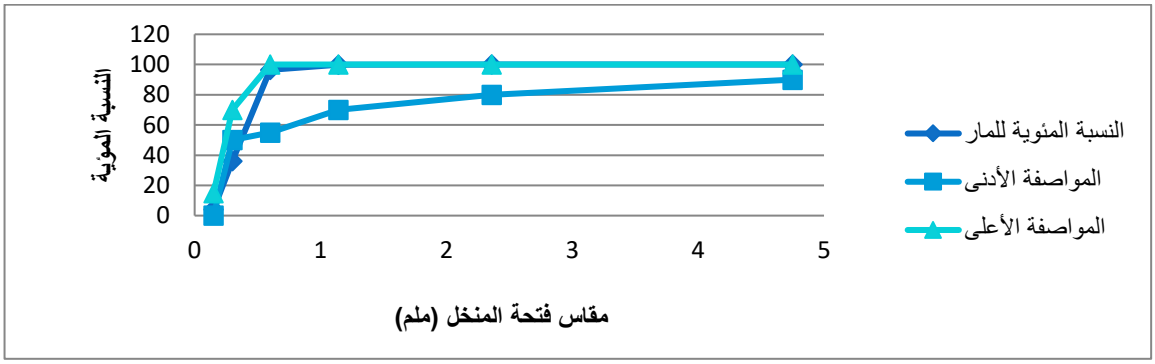
2- الركام الناعم:

الركام الناعم الذي تم استخدامه في إعداد الخلطات الخرسانية الخفيفة هو عبارة عن رمل طبيعي وجاف وهو نظيف خالي من الشوائب ولا يحتوى على مواد ضارة بالخرسانة. ومورد محلى من مدينة (العجيلات).علماً بأن الركام

جدول(1) الخواص الفيزوميكانيكية للأسمنت البورتلاندي العادي المستخدم.

الاختبارات	النتائج	المواصفات البريطانية (1992-12 BS)
نسبة الماء اللازمة لتحضير عجينة إسمنتية ذات قوام قياسي	%27.5	%32-27
زمن الشك الابتدائي	دقيقة ساعة 16:2	لا يقل عن45 دقيقة
زمن الشك النهائي	دقيقة ساعة 36:4	لا يزيد عن 10ساعات
ثبات الحجم	0.33مم	لا يزيد عن 10مم
مقاومة الضغط بعد 3 أيام	16.2نيوتن/متر2	لا تقل عن 21نيوتن/متر2
مقاومة الضغط بعد 28يوم	23.6نيوتن/متر2	لا تقل عن 39 نيوتن /متر2

الناعم له تأثير مهم علي خواص الخلطة الخرسانية وعلي الأخص مقاومة الضغط . وقد أجريت عليه اختبارات التحليل المنخلي للركام الناعم ويبين منحنى التدرج الحبيبي للركام الناعم و الحدود حسب المواصفات البريطانية (BS 12-1992) كما هو موضح بالشكل (2) , وبالجدول(2)، والجدول (3).



الشكل(2) التدرج الحبيبي للركام الناعم .

الجدول (2) يبن الخواص الفيزيائية للركام الناعم (الرمل).

الاختبارات	نتيجة الاختبار	رقم المواصفة	المواصفات البريطانية (BS12-1992)
الوزن النوعي	2.64	ASTM C128	2.6-2.7
وزن وحدة الحجوم	1493كجم/م3	ASTM C29	1800-1400كجم/م3

الجدول (3) يبين التحليل المنخلي للركام الناعم.

رقم المنخل	قطر المنخل (ملم)	نسبة المار %	الحدود المسموح بها حسب المواصفات الليبية (رقم251 /2002)
1	4.75	100	100-90
2	2.36	100	100-80
3	1.14	99.8	100-70
4	0.6	96.4	100-55
5	0.3	36	70-50
6	0.15	4	15-0

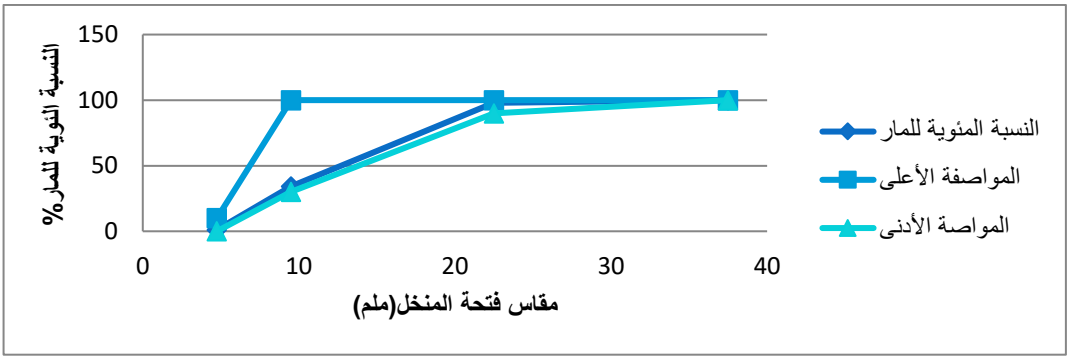
3- **الركام الخشن:** اختيار الركام والسيطرة علي تدرجه عامل مهم يؤثر في جودة وخواص الخرسانة الخفيفة حيث يعتبر الركام الخشن ذو أهمية كبيرة في الخرسانة ويؤثر بشكل كبير علي مقاومة الضغط . الركام المستخدم تم جلبة من أحد محاجر مدينة (العجيلات) ذو شكل غير منتظم وهو ركام خالي من الشوائب والطين والطمي التي تعمل علي إضعاف التماسك بين العجينة الأسمنتية **والركام**. وقد أجريت عليه التجارب المعملية حسب المواصفات البريطانية (BS12-1992) .كما هو موضح بالجداول (4) , والجدول (5) والنتائج بالشكل (3) .

جدول(4) نتائج الاختبارات الفيزيائية و المكانيكية للركام الخشن .

الاختبارات	النتائج	المواصفات البريطانية (BS12-1992)
الوزن النوعي	2.6	الحد الأقصى 2.7
نسبة الامتصاص	%2.67	الحد الأقصى 3%
وزن وحدة الحجوم	1492.5كجم/م3	1400-1800كجم/م3

الجدول (5) يوضح التحليل المنخلي للركام الخشن .

قطر المنخل (ملم)	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المئوية للمار %	المواصفات البريطانية (BS12-1992)
37.5	0	100	100
22.5	*2*	*98*	*100-90*
9.5	*65.67*	*34.33*	*100-30*
4.75	*98.84*	*1.16*	*10-0*



الشكل (3) التدرج الحبيبي للركام الخشن.

4- الركام الخفيف المصنع يدوياً:

تم توريد الطين من جبال مدينة (غريان) وهى طينه ذات لون احمر وتم نقع الطين في الماء لمدة يومين ،بعد ذلك تم أخراجه من الماء ليجف لمدة يومين وبعدها ثم تدويره يدوياً حتى أصبح شبه دائري تقريباً وبعد ذلك نشر ليجف لمدة يومين وبعدها تم إدخاله في فرن درجة حرارته تصل ما بين (1000-1100) درجة مئوية لمدة أربعة ساعات وترك ليبرد وبعدها تم الاحتفاظ به بعيدا عن الرطوبة. و لغرض التأكد من مطابقته للمواصفات القياسية العالمية ثم فحص الركام كما هو موضح بالجداول رقم (6)، (7)،(8) والشكل رقم (4) .

الجدول رقم (6) وزن حبيبات الطين قبل وبعد وضعها في الفرن.

وزن حبة الطين قبل وضعة في الفرن(جم)	وزن حبة الطين بعد وضعة في الفرن(جم)
1.642	*1.327*
1.453	*1.169*

الجدول رقم (7) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الخفيف.

الاختبارات	النتائج	المواصفات البريطانية (1992-12 BS)
الوزن النوعي	1.96	الحد الأقصى 2
نسبة الامتصاص	%2.9	الحد الأقصى 3%
وزن وحدة الحجوم	1492.5كجم/م3	1400-1800كجم/م3

الجدول (8) يوضح التحليل المنخلي للركام الخفيف المصنع .

قطر المنخل (ملم)	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المئوية للمار%	*المواصفات البريطانية (1992-12 BS)*
25	*0*	*100*	*100*
22.5	*2*	*98*	*100-90*
9.5	*65.67*	*34.33*	*100-30*
5	*98.84*	*1.16*	*10-0*

5- **الماء:** أي مياه طبيعية صالحة للشرب وليس لها طعم أو رائحة وخالية من الأملاح والمواد العضوية يمكن استخدامها كماء خلط للخرسانة وعلي أية حال فأن المياه غير الملائمة للشرب قد تكون مناسبة لاستخدامها في الخرسانة. وفي

الشكل(4)التدرج الحبيبي للركام الخفيف المصنع.

هذه الدراسة تم استخدام مياه نقية في خلطة الخرسانة الخفيفة و كان التحليل الكيميائي لها كما هو موضح في الجدول رقم(9).

الجدول رقم (9)نتيجة التحليل الكيميائي للماء المستخدم

الاختبار	*النتيجة (ملليجرام/لتر)*
الأس الهيدروجين	*pH 7.3*
مجموع الأملاح المذابة	*TDS 100*

تحديد نسب مكونات الخلطة:

من خلال هذه الدراسة المعملية التي تم أجراؤها علي الخرسانة الخفيفة أبتداء من التعرف على مميزات وخواص هذه التقنية إلي عمل خلطات تجريبية من الخرسانة الخفيفة .حيث ثم تصميمها باستخدام مفاهيم نسب الخلط للمواد

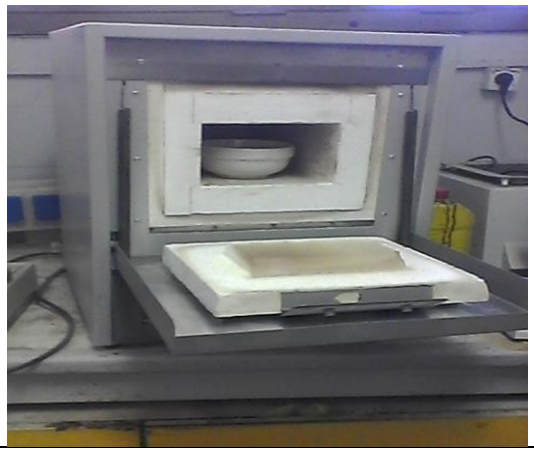
إعداد المواد اللازمة لخلط الخرسانة:-

أ. تم غمر الركام الخشن بالماء لمدة يوم كامل , ثم يتم أخراجه ويجفف سطحه الخارجي ليكون مشبع جاف السطح .
ب. توزن المواد اللازمة لأعداد خلطة خراسانية .

المعدات المستعملة:

تم استخدم الأجهزة المستخدمة في معمل الخرسانة وهى كما هي موضحة بالشكل (5) كالأتي:-

1- الميزان:- تم استخدام الميزان الكهربائي.	
2- المخبار المدرج: - تم استخدام مخبار مدرج سعته 1 لتر.	
3- القوالب المكعبة تم استخدام مكعبات قياسية أبعادها (100 *100*)100(ملم) .	
4- جهاز قياس مقاومة الضغط:تم استخدام آلة ضغط هيدروليكي لتعين مقاومة الضغط للعينات .	

5- فرن كهربائي :ثم استخدام فرن كهربائي تصل حرارته بين (1000-1100درجة مئوية) .	

شكل (5) يبين صور للمعدات المستخدمة في التجارب المختلفة علي الحرسانة

طريقة خلط وصب الخرسانة:-

أ) الخلطة الخرسانية

ثم تحضير المواد المختلفة بنسبها الحجمية و أتبعت طريقة الخلط الاعتيادية المستعملة مع الركام خفيف الوزن والتي تعتبر الأسهل من الناحية العملية والأحسن في أعطاء الخواص المفضلة للخرسانة من حيث الكثافة .

حيث ثم البدء أولاً بخلط الركام مع نصف ماء الخلط لمدة دقيقة واحدة ثم يضاف الأسمنت وباقي ماء الخلط إلي الركام ويخلط لمدة دقيقتين إضافيتين وأجريت بعد ذلك عملية الخلط باستخدام المزج اليدوي لحين الحصول علي خلطة خرسانية لدنة متماسكة وبدون انسيابية مفرطة .وبعد الانتهاء من عملية الخلط تم صب الخرسانة في القوالب المعدنية بعد طلاء الجدران الداخلية لها بالدهن وتم صب الخرسانة علي مرحلتين ثم أجريت عملية الرص وبعد أتمام عملية الصب جري تسوية السطح الخارجي للنماذج بشكل جيد حيث قد ثم أعداد 108مكعب كما هو موضح بالشكل (6) والجدول (10) يبين اوزان المواد اللازمة لخلطة الخرسانة.

شكل (6) يوضح مكعبات الخلطة الأولي.

جدول(10) يبين أوزان المواد اللازمة لخلطة الخرسانة الأولى .

خلطة	*وزن الأسمنت (كجم)*	*وزن الماء(لتر)*	*وزن الركام الخشن(كجم)*	*وزن الركام الناعم(كجم)*

(ركام اعتيادي)	*7*	*3*	*10*	*7*
(ركام خفيف)	*7*	*3*	*10*	*7*

عملية المعالجة:

تم معالجة المكعبات وذلك بفتح القوالب بعد يوم واحد من صبها وذلك بغمرها بالماء . وتم تعريض المكعبات إلي ظروف اقرب للواقع العملي من حيث درجات الحرارة.

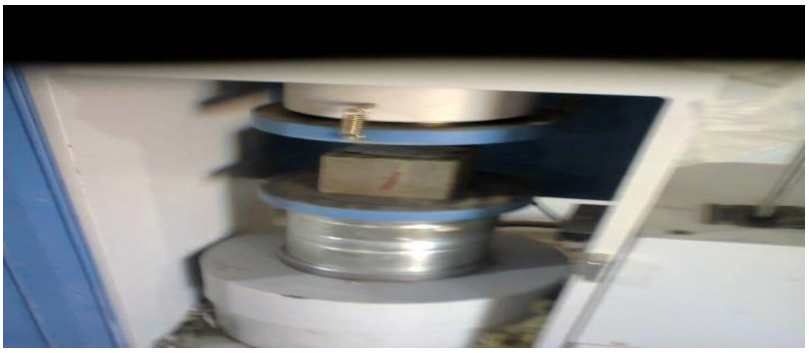
الاختبارات التي أجريت علي الخرسانة الخفيفة: حيث تمث الاختبارات بعد سبعة أيام وثمانية وعشرين يوماً وهي:

- **اختبار الكثافة.**
- **اختبار نسبة الامتصاص .**
- **اختبار مقاومة الضغط**

العوامل المؤثرة على مقاومة الضغط .

1. المواد المكونة ونسب الخلط .
2. طرق صناعة الخرسانة من خلط ونقل وصب ودمك.
3. ظروف المعالجة .
4. العمر وظروف الاختبار.

ولقد تم أجراء هذا الاختبار علي العينات المكعبة التي تم خلطها عمليا بهدف تحديد أجهاد الضغط للخرسانة الخفيفة .وفي هذه الدراسة تم اختبار العينات بتسليط الحمل علي العينة تدريجياً حتى تنهار بتأثير الحمل النهائي .وقد تم أجراء هذا الاختبار علي ثلاث عينات من كل خلطة ويتم حساب مقاومة الضغط للقالب الخراساني.والشكل(7) يوضح عينة مكعبة من الخرسانة الخفيفة خلال إجراء اختبار مقاومة الضغط.



شكل (7) يوضح المكعب في آلة الضغط.

عرض ومناقشة النتـــــائج

نتائج الاختبارات المعملية لكل من الوزن والمقاومة والامتصاص على شكل جداول ورسومات بهدف المقارنة والاستنتاج كما هي منبينة في الجداول (11و12و13و14) والاشكال (8و9و10و11و12و13)ز

جدول (11) نتائج متوسط ثلاث مكعبات لخلطة بعد مرور 7 أيام (ركام عادى)

العينة	الوزن(جرام)	المقاومة (نيوتن / متر2)	الامتصاص %

الأولة	2048.5	34.42	2.503
الثانية	2114.5	33.38	2.422
الثالثة	1998.5	37.87	2.695

جدول(12) نتائج متوسط ثلاث مكعبات لخلطة بعد مرور 7 أيام (ركام خفيف)

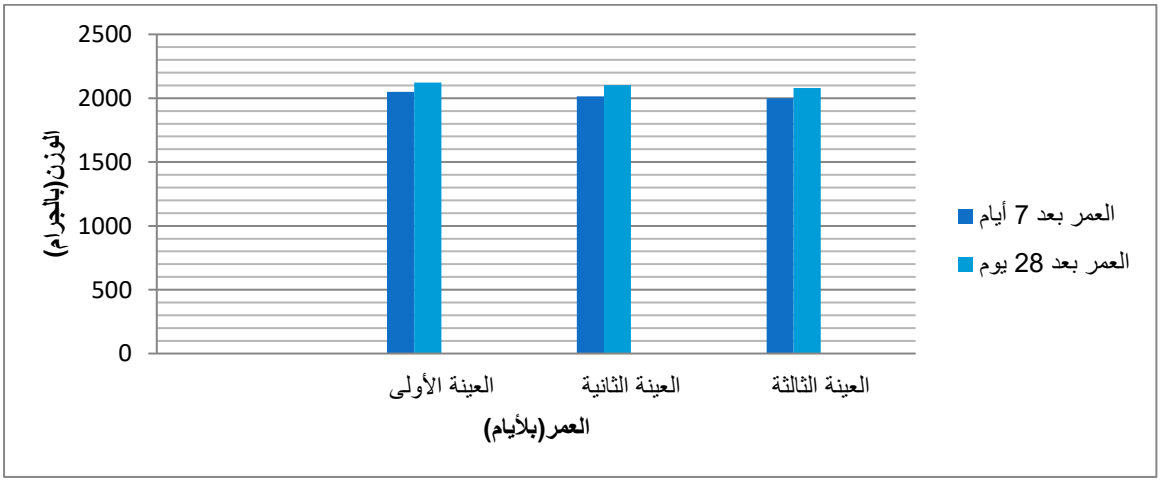
العينة	*الوزن(جرام)*	*المقاومة (نيوتن / متر2)*	*الامتصاص %*
الأولة	*1689.5*	*22.58*	*7.488*
الثانية	*1685.5*	*25.4*	*6.425*
الثالثة	*1574.5*	*29.3*	*6.162*

جدول (13) نتائج متوسط ثلاث مكعبات لخلطة بعد مرور 28 يوم (ركام عادى)

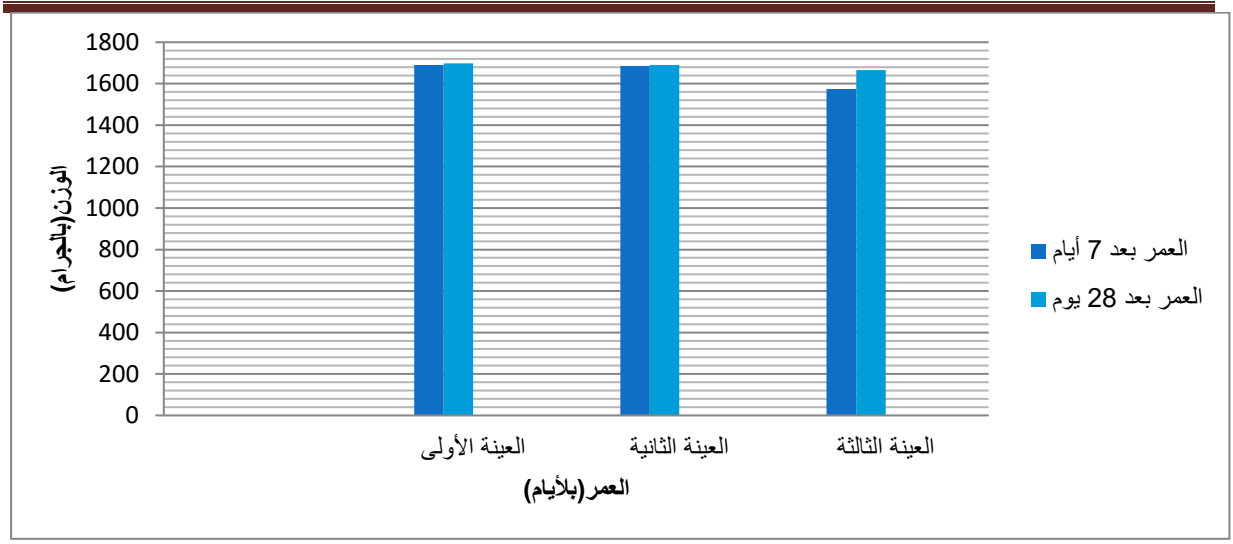
العينة	الوزن(جرام)	المقاومة (نيوتن / متر2)	الامتصاص %
الأولة	2122.5	44.7	5.229
الثانية	2103.5	48.7	5.277
الثالثة	2081	39.1	5.334

جدول (14) نتائج متوسط ثلاث مكعبات لخلطة بعد مرور 28 يوم (ركام خفيف)

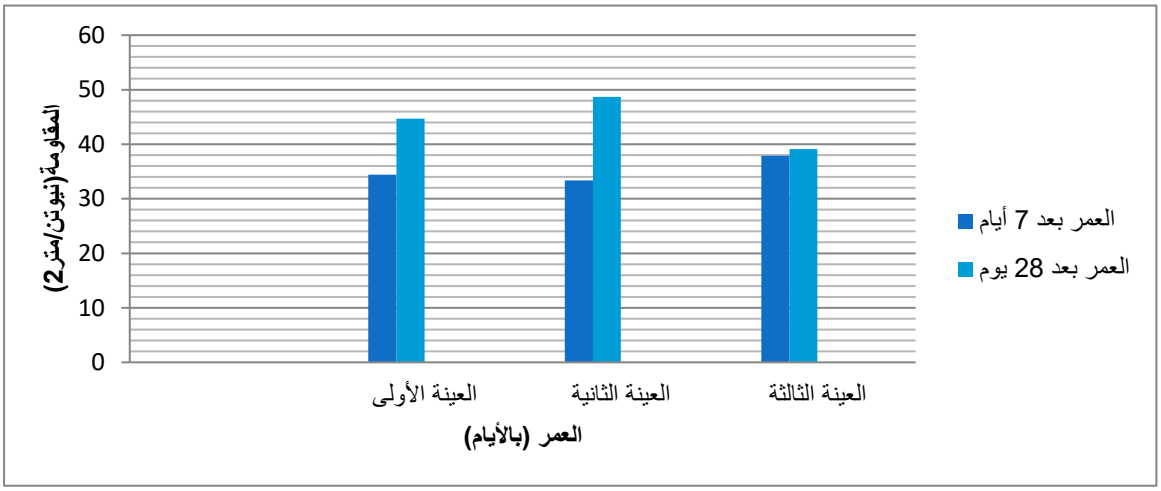
العينة	الوزن(جرام)	المقاومة (نيوتن / متر2)	الامتصاص %
الأولة	1698	38.2	4.920
الثانية	1690	38.4	4.697
الثالثة	1666	37.9	4.926



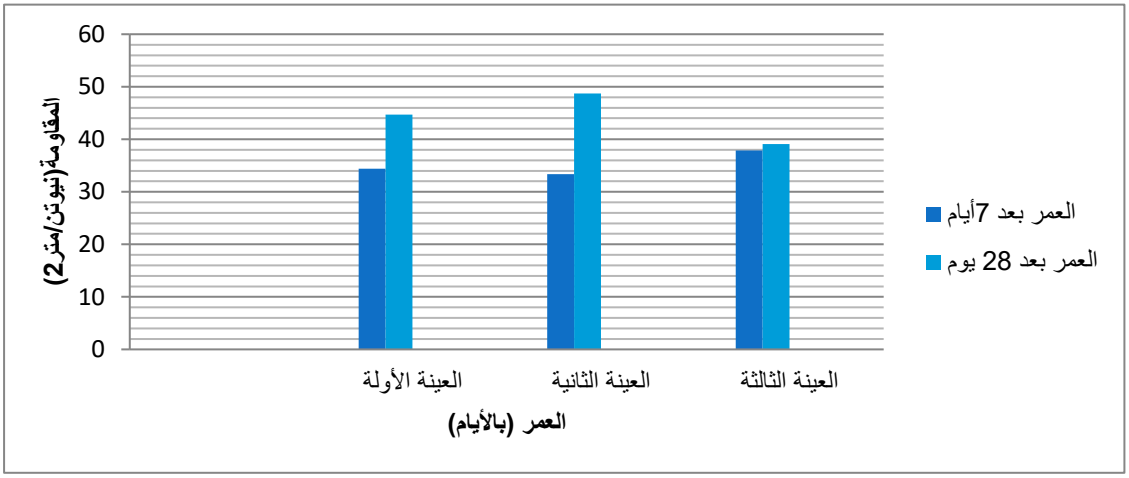
الشكل(8) العلاقة بين العمر والوزن لخرسانة الركام العادي.



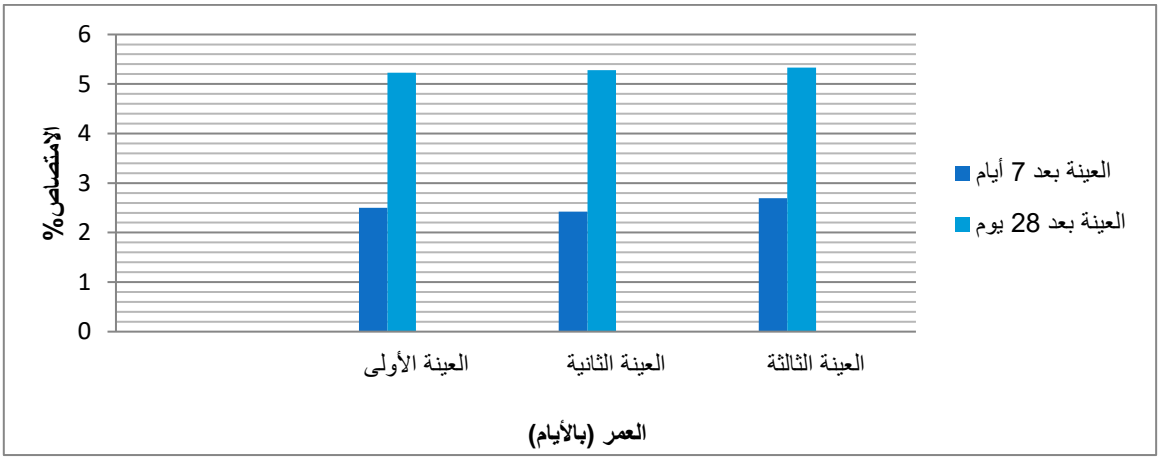
الشكل (9) العلاقة بين العمر والوزن لخرسانة الركام الخفيف.



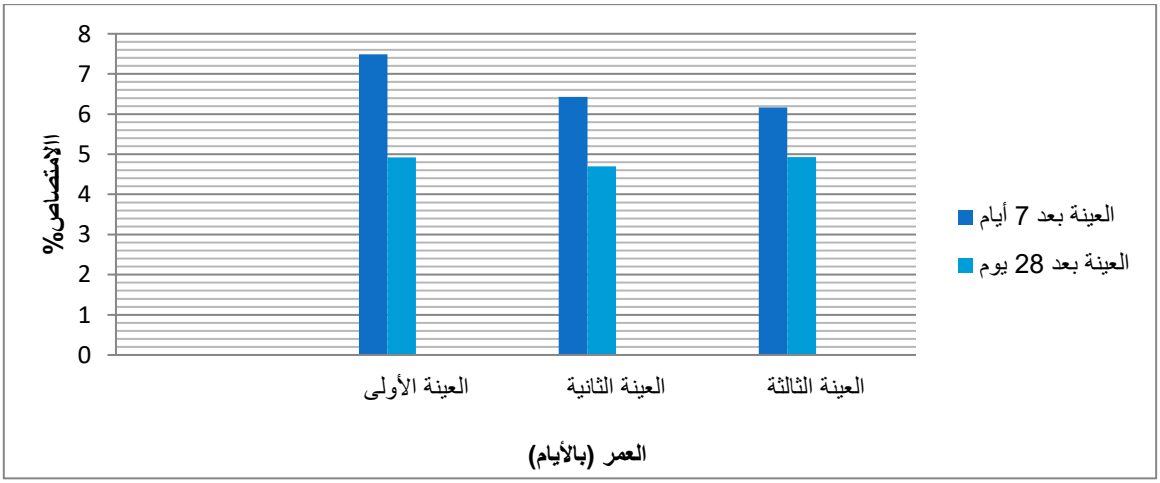
الشكل (10) العلاقة بين العمر والمقاومة لخرسانة الركام العادي



الشكل (11) العلاقة بين العمر والمقاومة لخرسانة الركام الخفيف.



الشكل (12) العلاقة بين العمر والامتصاص لخرسانة الركام العادي.



الشكل (13) العلاقة بين العمر والامتصاص لخرسانة الركام الخفيف.

مناقشة النتائج:

تنتائج الاختبارات المعملية للأعمار7 و28 يوماً للمكعبات الخرسانية .

أ- الاشكال (8) و(9) يوضحان نتائج وزن خرسانة الركام العادي و الركام المصنع خفيف الوزن.حيث يلاحظ بأن وزن خرسانة الركام المصنع الخفيف المستخدم في هذه الدراسة تقدر بحولي 1684كجم/م**3** بينما الوزن للخرسانة العادية بحوالي 2102كجم/م**3** والفرق يقدر بحوالي1.25% أي ان وزن خرسانة الركام الخفيف أقل من وزن الخرسانة العادية.

ب- الاشكال (10) و(11) يوضحان نتائج مقاومة ضغط خرسانة الركام العادي و الركام المصنع خفيف الوزن. حيث يلاحظ زيادة المقاومة مع الزمن التي تتوافق مع الخرسانة العادية فيما يتعلق بمعدل اكتساب المقاومة قياساً مع الزمن. بالنسبة لخرسانة الركام المصنع الخفيف

ج- الاشكال (12) و(13)يوضحان نتائج الامتصاص لكل من لركام العادي والركام المصنع خفيف الوزن حيث يلاحظ نسبة الامتصاص للخرسانة الركام العادي علي الغالب تكون أقل من نسبة الامتصاص للخرسانة الركام المصنعة من الركام الخفيف الوزن وذلك لطبيعة الركام المحتوي علي فجوات هوائية في بعض الأحيان مما يساعدها علي امتصاص الماء بكميات كبيرة وحيث أن نسبة الامتصاص لمكعبات الركام الخفيف كانت جيدة بالرغم من خفة وزنه وقوة تحمله .

-الاستنتاجات:-

ومن خلال النتائج المتحصل عليها ثم التوصل إلي الاستنتاجات التالية:

تتمتع تقنية الخرسانة الخفيفة بمميزات ومرونة عالية التي تعملا على تنفيذ تطبيقات هذا النوع من الخرسانة.
ثم التحصل علي قيم جيدة جداً بالنسبة للكثافة نتيجة استخدام ركام مصنع
ثم الحصول علي قيم جيدة بالنسبة للامتصاص للخرسانة الخفيفة.
باستخدام المواد المحلية في تجارب معملية للخرسانة الخفيفة ثم الحصول علي قيم جيدة لمقاومة الضغط.

التوصيـــــــــــــات:-

بناء علي نتائج الدراسة المتحصل عليها يتم اقتراح جملة من المقترحات و التوصيات الآتية:
1- نوصي مزيداً من البحث في دراسة خواصها الأخرى المتعلقة بديمومتها وتحملها مع الزمن وقابلية التشغيل وغيرها من الخواص.
2- العمل علي أيجاد عدد من البدائل العملية لمواد البناء من خلال تشجيع الباحثين والمؤسسات العملية للقيام بالبحوث والدراسات التي من شأنها تخفيض كلفة البناء وتخصيص الأموال اللازمة لذلك .

3- تطوير استخدام مواد البناء المحلية ومنتجاتها.

4- توفير الأيدي العاملة المدربة وتأهيلها.

5- تطوير صناعة وتكنولوجيا البناء.

المراجـــــــــــع

[1] م. فتحية عامر 2010الهادي الجال جزء من رسالة مقدمة إلي قسم الهندسة المدنية والمعمارية .2015 - 2016

[2] نادية سالم إسماعيل وعد محمد داؤد. "تصنيع ركام خفيف الوزن لإنتاج خرسانة خفيفة عازلة" WWW.Pdffactory.COM - 12 -6

[3]محمد حمزة حسين و ندى مهدي فوزي و زين العابدين محمد رءوف. "تطوير خرسانة خفيفة الوزن عازلة للحرارة" مجلة الهندسة والتكنولوجيا .المجلد28 العدد13-2010. جامعة بغداد-العراق.

[٤] ابوبكر محمد بارحيم "مقاومة ضغط الخرسانة باستخدام الركام الخفيف (السكوريا-ألطف البركاني) 30مارس 2009م.جامعة عدن– اليمن.

[٥]الخرسانة الخفيفة/ شركة صفاوه لتقنية البناء العالمية C: /w/

@AII Rights Reserved. Desigued bY Safawa IT Ahmed EIantY

[٦]المواصفات القياسية الليبية (رقم 2002/251)

[٧]المواصفة (ASTN C150)

[٨]المواصفة البريطانية (BS12-1992)