SEBHA UNIVERSITY CONFERENCE PROCEEDINGS, VOL.03 NO. 3 2024
DOI: 10.51984/SUCP.V3I3.3746

المؤتمر السادس للعلوم الهندسية والتقنية
The Sixth Conference for Engineering Sciences and Technology (CEST-6)
Confrence Proceeeding homepage: https://cest.org.ly

تأثير إحلال مخلفات الإطارات المطاطية كبديل للركام على بعض خواص الخرسانة

*أيمن هدية الكوت و سالم فرج البربار

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، الجامعة الأسمرية الإسلامية، زليتن، ليبيا

الملخص

يُعتبر استخدام المخلفات الناتجة عن إعادة تدوير الإطارات المطاطية في الخرسانة إحدى الوسائل للتخلص من التلوث البيئي الناجم عن نفايات الإطارات المتراكمة أمام المكبات وورش تصليح السيارات، من الناحية الاقتصادية يعتبر استخدام المطاط المعاد تدويره في الخرسانة خياراً منخفض التكلفة مقارنة بالمواد التقليدية، خاصة في المناطق التي تتوفر فيها كميات كبيرة من نفايات الإطارات، ويمكن أن يسهم هذا الحل في تقليل تكاليف التخلص من النفايات والحد من الاعتماد على الموارد الطبيعية المستخرجة مما يحقق توفيرًا اقتصاديًا ملحوظًا على المدى الطويل. وتهدف هذه الدراسة إلى استخدام المخلفات الناتجة عن إعادة تدوير الإطارات المطاطية كبديل عن الركام الناعم والخشن بنسب إحلال مختلفة وهي: (10%، 15%، 20%) من الركام الناعم، وبنسبة (10%، 20%، 30%) من الركام الخشن، وركام المطاط الخليط بنسب (20 %، 30 %) من الركام الناعم والخشن . وقد أظهرت النتائج أن إحلال المطاط بنسبة 10% و15% من الركام الناعم يقلل من مقاومة الخرسانة للضغط والشد بشكل مقبول، بينما إحلال بنسبة 20% يخفض المقاومة بشكل كبير، وبالنسبة للركام الخشن أظهرت النتائج أن إحلال المطاط يقلل من مقاومة الخرسانة للضغط والشد مقارنة بالخلطة المرجعية، وهذا يدل على أنه كلما زادت نسبة إحلال المطاط الخشن تقل المقاومة بنسبة كبيرة عن الخلطة المرجعية، وإن استخدام 20% و30% كركام خليط يؤخر التصلب ويضعف المقاومة، وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أنه كلما زادت نسبة إحلال المطاط الخشن في الخرسانة كلما زاد مقدار الهبوط؛ ويرجع إلى أن الحجم الكبير لحبيبات المطاط يسمح بتغلغل الهواء والماء مما يجعل مقدار الهبوط يزيد، وإن زيادة نسبة ركام المطاط يؤدي إلى تقليل كثافة الخرسانة؛ مما يقلل من وزنها.

الكلمات المفتاحية:

الخرسانة
المطاط
مخلفات الإطارات
مقاومة الضغط

The effect of replacing rubber tire waste as an alternative to aggregate on some properties of concrete

*Ayman Hadiya AlKut, Salem Faraj Al-Barbar

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Alasmarya Islamic University, Zliten, Libya

ABSTRACT

The use of waste resulting from recycling rubber tires in concrete is considered one of the means to get rid of environmental pollution resulting from waste tires accumulated in front of landfills and car repair shops. From an economic standpoint, the use of recycled rubber in concrete is considered a low-cost option compared to traditional materials, especially in areas where It contains large quantities of waste tires, This solution can contribute to reducing waste disposal costs and reducing dependence on extracted natural resources, which achieves noticeable economic savings in the long term. This study aims to use waste resulting from rubber tire recycling as an alternative to fine and coarse aggregate with different replacement ratios: (10%, 15%, 20%) of fine aggregate, and (10%, 20%, 30%) of coarse aggregate. Mixed rubber aggregate with percentages of (20% and 30%) of fine and coarse aggregate. The results showed that replacing the fine aggregate with rubber by 10% and 15% reduces the concrete's resistance to compression and tension to an acceptable extent, while replacing it by 20% significantly reduces the resistance. As for the coarse aggregate, the results showed that replacing the rubber reduces the concrete's resistance to compression and tension

Keywords:

Concrete
Rubber
Tire waste
Pressure resistance

*Corresponding author:
E-mail addresses: a.elkut@asmarya.edu.ly ,(S. F. Al-Barbar) salemabarbar@gmail.com

Article History : Received 14 March 2024 - Received in revised form 29 August 2024 - Accepted 21 October 2024

compared to the reference mix. This indicates that as the percentage of replacement of rough rubber increases, the resistance decreases by a large percentage compared to the reference mixture. The use of 20% and 30% as mixture aggregate delays hardening and weakens the resistance. The results obtained showed that the greater the percentage of replacement of rough rubber in the concrete, the greater the amount of slump. This is due to the large size of rubber granules allowing the penetration of air and water, which increases the amount of slump. Increasing the percentage of rubber aggregate leads to reducing the density of concrete. Which reduces its weight.

1. المقدمة

تتعرض الموارد الطبيعية للاستنزاف بينما تتزايد كميات النفايات الصناعية، لذلك تركز الأبحاث في مجال الهندسة الإنشائية على استخدام مواد بديلة تحقق التنمية المستدامة دون التأثير على خصائص المواد الأصلية، ومن هذه المواد البديلة هي المواد الإسمنتية، والمخلفات الصناعية التي تساعد في تقليل التأثير البيئي لصناعة الخرسانة، بحيث استخدام هذه المخلفات يمكن أن يحافظ على الطاقة، ويحمي البيئة، ويحفظ الموارد الطبيعية، ومنذ منتصف القرن العشرين تزايد الاهتمام بترشيد استهلاك الطاقة، واستخدام المواد الاقتصادية في إنتاج الخرسانة، ومن بين هذه المواد: الركام من مصادر غير تقليدية، مثل: مخلفات الإطارات، أو بقايا مواد البناء، والنفايات البلاستيكية . وتشير الأبحاث إلى أن استخدام هذه النفايات كبديل للركام يمكن أن يكون له فوائد بيئية كبيرة، حيث إن الخرسانة تتكون بشكل أساسي من الركام والعجينة الإسمنتية (المصنوعة من الإسمنت والماء)، ويشكل الركام 60-75% من حجمها، ولأن الركام يؤثر بشكل كبير على خصائص الخرسانة؛ يجب أن يكون نظيفًا وخالياً من الشوائب، مثل: الأتربة، والطين، والمواد العضوية. [1]

إن الإطارات المطاطية تعتبر من النفايات غير قابلة للتحلل، لذا فإن إعادة تدويرها يعد حلاً بيئيًا، لذلك أجريت العديد من الدراسات والتجارب ومشاريع التخرج في عدة بلدان لتقييم تأثير إضافة المطاط إلى الخرسانة على خصائصها، وتستخدم المخلفات المطاطية كبديل للركام الناعم أو الخشن في الخرسانة بنسب مختلفة، حيث إن المطاط الطبيعي هو مادة الخام الرئيسية المستخدمة في صناعة الإطارات، على الرغم من استخدام المطاط الصناعي. [2]

وتعتبر الخرسانة ثاني أكثر المواد استخدامًا في العالم، واستبدال الركام التقليدي بركام المطاط الناتج من نفايات الإطارات يمكن أن يقلل من التأثير البيئي لهذه النفايات [3]، وفي القرن العشرين بدأت تبرز مواد جديدة من صنع الإنسان اكتشفت لها استعمالات في عدة مجالات جعلتها تنافس المواد الطبيعية [4]، واستخدام ركام المطاط في الخرسانة يمكن أن يساهم في تحسين خصائصها الميكانيكية والبيئية، ويُستخرج المطاط من عصارة الأشجار، مثل: شجرة الهيفيا، ويُستخدم في تصنيع العديد من المنتجات، مثل: الممحاة، والألعاب، وتغليف إطارات السيارات، ويزرع المطاط بشكل رئيسي في مزارع كبيرة، حيث بلغ إنتاج المطاط أكثر من 28 مليون طن في عام 2017، منها حوالي 47٪ مطاط طبيعي؛ نظرًا لأن المطاط الصناعي يعتمد بشكل كبير على البترول. [5،6]

وقد درس الباحث Cordelia O. Osasona وآخرون [7]، إمكانية استخدام ركام مخلفات المطاط كبديل للركام الطبيعي الناعم والخشن لإنتاج خرسانة ذات خواص جيدة، حيث تضمنت هذه الدراسة مقارنة خصائص قوة الخرسانة باستخدام نفايات الإطارات، والمطاط كبديل جزئي للركام الخشن في البناء الخرساني مع الخرسانة التقليدية، وتم إنتاج العينات بنسبة بدائل للركام الخشن بلغت 5%، 10%، و15% من ركام المطاط، وكذلك تم إجراء اختبارات مثل اختبارات قوة الانضغاط، قوة الشد، ومقاومة الانثناء، حيث أظهرت النتائج انخفاضًا في مقاومة الانضغاط بنسبة 12.69%، 17.75%، و25.33% على التوالي، وفقداناً في مقاومة الشد بنسبة 13.01%، 20.12%، و24.76% على التوالي، كما انخفضت قوة الانحناء بنسبة 0.1%، 0.15%، و0.2% على التوالي عند استبدال الركام الخشن بنسبة 5%، 10%، و15% بعد المعالجة لمدة 28 يومًا، ومع ذلك تم العثور على بعض الخصائص المرغوبة للخرسانة المطاطية، مثل: الكثافة المنخفضة، الليونة، وزيادة طفيفة في قوة الانحناء في فئات الخرسانة ذات مقاومة الانضغاط المنخفضة، وأظهرت النتائج الإجمالية أنه يمكن استخدام الإطارات المطاطية المعاد تدويرها في خرسانة البناء كبديل جزئي للركام الخشن.

وأيضاً قام Jesse Ruby وآخرون [8] بدراسة فتات المطاط الناتج من إعادة تدوير الإطارات التالفة كبديل جزئي من الركام الخشن، حيث تم صب 12 منشور عن طريق استبدال 5 ، 10 ، 15 ، 20 ، 25 % من ركام الإطارات بالركام الخشن ومقارنة بالخرسانة العادية، وتم تحديد خصائص الخرسانة الطازجة وقوة الانحناء للخرسانة الصلبة، وقد لوحظ أنه خلال 7 أيام من قوة الانحناء، لا يوجد اختلاف كبير بين الخرسانة التقليدية والخرسانة المطاطية، وأن قابلية التشغيل تزيد مع زيادة النسبة المئوية للمطاط، وهذا بسبب عدم وجود رابطة بين جزيئات المطاط والطبيعة الكلية والمضادة للماء للمطاط، وكذلك يمكن تحسين قوة الخرسانة المطاطية عن طريق تحسين خصائص الترابط لمجموعات المطاط، وأيضاً يمكن استخدام المطاط لإنتاج خرسانة خفيفة الوزن.

وقد استنتج الباحث Helme وآخرون [9] في دراسة سابقة أن الاستبدال بنسبة 25٪ يظهر أن قوة الضغط للخرسانة ضمن النطاق المسموح به لمعظم تطبيقات الخرسانة.

وقام مصطفى الطيب وآخرون [10] بدراسة لإنتاج الخرسانة المطاطية باستخدام 10% من المطاط الناعم المعاد تدويره كبديل للرمل، وفي هذه الدراسة تمت إضافة الملدن المتفوق بنسب مختلفة (0.25%، 0.50%، 0.75%، 1%) إلى الخرسانة، مع الحفاظ على نسبة الماء إلى الإسمنت ثابتة، وتم اختبار العينات بعد 28 يومًا لدراسة تأثير الملدن المتفوق على خصائص الخرسانة، حيث أظهرت النتائج أن الخرسانة المطاطية التي تحتوي على 0.50% من الملدن المتفوق أنتجت أفضل النتائج في اختبارات قوة الضغط، وقوة الشد الانقسامي، وقوة الانثناء، وسرعة النبض فوق الصوتي.

2. الجانب العملي

1.2 مكونات الخرسانة

لقد تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي من إنتاج مصنع البرج للإسمنت التابع لشركة الاتحاد العربي للمقاولات زليتن، وخواصه الفيزيائية مطابقة للمواصفات البريطانية [11] BS812:1996.

وتم توريد الركام الناعم من مدينة زليتن، وهو عبارة عن رمل طبيعي خالٍ من الشوائب، وقد أظهرت نتائج الاختبارات المعملية التي أُجريت عليه في معمل الخرسانة بكلية الهندسة- الخمس بأن خواصه الفيزيائية مطابقة للمواصفات البريطانية، والجدول رقم (1) يُبين نتائج التركيب الكيمائي والجدول رقم (2) يبين نتائج الخواص الفيزيائية والجدول رقم (3) يبين نتائج التحليل المنخلي حسب المواصفات البريطانية BS812:1992 [12].

الجدول (1): التركيب الكيميائي للركام الناعم.

التركيب الكيمائي	النسبة المئوية %
SiO2 أكسيد السليكون	20.14
Fe2O3 أكسيد الحديد	2.99
Al2O3 أكسيد الألومنيوم	5.91

الجدول (2): الخواص الفيزيائية للركام الناعم.

الاختبار	نتائج الاختبار	حدود المواصفات **BS 812:1996**
الوزن النوعي	2.64	2.7 – 2.5
نسبة المواد الناعمة %	2.55%	لا تزيد عن 4 %
الكثافة الظاهرية	1650 kg/m3	1800 – 1400

الجدول (3): التحليل المنخلي للركام الناعم وفق المواصفات البريطانية.

مقاس المنخل **(mm)**	وزن المحجوز **(g)**	الوزن التراكمي المحجوز **(g)**	النسبة المئوية للمحجوز **(%)**	النسبة المئوية المارة (%)	حدود المواصفات **BS.812:1992**
2.36	0	0	0	100	**80 – 100**
1.18	0	0	0	100	**70 – 100**
0.6	2.8	2.8	0.56	99.44	**55 – 100**
0.3	261.3	264.1	52.82	47.18	**5 – 70**
0.15	221.3	485.4	97.08	2.92	**0 – 5**
0.075	10.9	496.3	99.26	0.74	-
الوعاء	3.7	500	100	0	-

والركام الخشن تم توريده من كسارة (برينقو) بمدينة زليتن، وهو عبارة عن ركام تفجير زاوي الشكل، حسب المواصفات البريطانية المعتمدة [12] BS882:2002، والجدول رقم (4) يوضح نتائج التحليل المنخلي للركام.

الجدول (4): التحليل المنخلي للركام الخشن وفق المواصفات البريطانية

مقاس المنخل **(mm)**	وزن المحجوز **(g)**	الوزن التراكمي المحجوز **(g)**	النسبة المئوية للمحجوز **(%)**	النسبة المئوية المارة (%)	حدود المواصفات البريطانية **(BS.882:2002)**
37.5	0	0	0	100	**100**
19	66	66	1.65	98.35	**100-85**
14	1658	1724	43.1	56.9	**70-0**
10	1712	3436	85.9	14.1	**0-25**
4.75	560	3996	99.9	0.1	**5-0**
الوعاء	4	4000	-	-	-

الماء المستخدم في الخلط بمعمل الخرسانة بكلية الهندسة خالٍ من المواد العضوية وفقاً لحدود المواصفات الليبية (م.ق.ل 294) [13].

وركام المطاط الخشن تم تصنيعه من مخلفات إطارات السيارات بمصنع (شبام) لتدوير الإطارات التالفة بمدينة مصراتة، حيث تم نخله على المناخل القياسية، وتجميع المحجوز على كل منخل، وبعد ذلك تم خلطه حسب التدرج الحبيبي لحدود المواصفات البريطانية (BS882:2002) [14]، والشكل رقم (1) يوضح مقارنة بين ركام المطاط الخشن ومخلفات المطاط في المكبات.

الشكل (1): عينة ركام المطاط الخشن المستخدم والإطارات التالفة في المكبات.

الجدول(5): التحليل المنخلي للركام المطاط الخشن وفق المواصفات البريطانية.

مقاس المنخل **(mm)**	وزن المحجوز **(g)**	الوزن التراكمي المحجوز **(g)**	النسبة المئوية للمحجوز **(%)**	النسبة المئوية المارة (%)	حدود المواصفات البريطانية **(BS.882:2002)**
14	0	0	0	100	**100**
10	288	288	14.4	85.6	**85-100**
5	1371	1659	82.95	17.05	**0-25**
2.36	320	1979	98.95	1.05	**0-5**
الوعاء	21	2000	100	0	-

والركام المطاط الناعم تم تصنيعه من مخلفات إطارات السيارات بمصنع (شبام) لتدوير الإطارات التالفة بمدينة مصراتة، وذلك بفرم مخلفات إطارات السيارات التالفة ونخله على المناخل القياسية، وتجميع المحجوز على كل منخل، وبعد ذلك تم خلطه بنسب حسب حدود المواصفات البريطانية [15] (BS812:1992)، والشكل رقم (2) يوضح ركام المطاط الناعم و مخلفات المطاط في المكبات.

الجدول (6): التحليل المنخلي لركام المطاط الناعم وفق المواصفات البريطانية.

مقاس المنخل **(mm)**	وزن المحجوز **(g)**	الوزن التراكمي المحجوز**(g)**	النسبة المئوية للمحجوز **(%)**	النسبة المئوية المارة (%)	حدود المواصفات البريطانية **(BS.882:1992)**
2.36	0	0	0	100	**80 – 100**
1.18	15.6	15.6	3.12	96.88	**70 – 100**
0.6	206.2	221.8	44.36	55.64	**55 – 100**
0.3	221.2	443	88.6	11.4	**5 – 70**
0.15	53.7	496.7	99.34	0.66	**0 – 5**
الوعاء	3.3	500	100		-

شكل (2): عينة ركام المطاط الناعم المستخدم والإطارات التالفة في المكبات.

2.2. الخلطات الخرسانية.

استخدمت الخلطات الخرسانية الموضحة في الجدول رقم (7) والتي تبين كميات المواد المستخدمة لإنتاج متر مكعب من الخرسانة، حيث تم إحلال ركام المطاط الناعم بنسب مختلفة هي (10%،15%،20%) في الخلطة وكذلك تم إحلال ركام المطاط الخشن بنسب (10%، 20%، 30%) من

حجم الركام موضح في جدول رقم (8).

الجدول 7: نسب مكونات كل خلطة

الخلطة	الاسمنت Kg/m3	الماء L	مطاط خشن Kg/m3	مطاط ناعم Kg/m3	الركام الخشن Kg/m3	الركام الناعم Kg/m3	W/C
M0	350	175	0	0	1280	640	0.5
M1	350	175	0	64	1280	576	0.5
M2	350	175	0	96	1280	544	0.5
M3	350	175	0	128	1280	512	0.5
M4	350	175	128	0	1152	640	0.5
M5	350	175	256	0	1024	640	0.5
M6	350	175	384	0	896	640	0.5
M7	350	175	384	128	896	512	0.5

جدول (8): نسب إحلال المطاط من الركام.

الخلطة	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
نسبة المطاط الناعم	%0	10 %	15 %	20 %	%0	%0	%0	20 %
نسبة المطاط الخشن	%0	%0	%0	%0	10 %	20 %	30 %	30 %

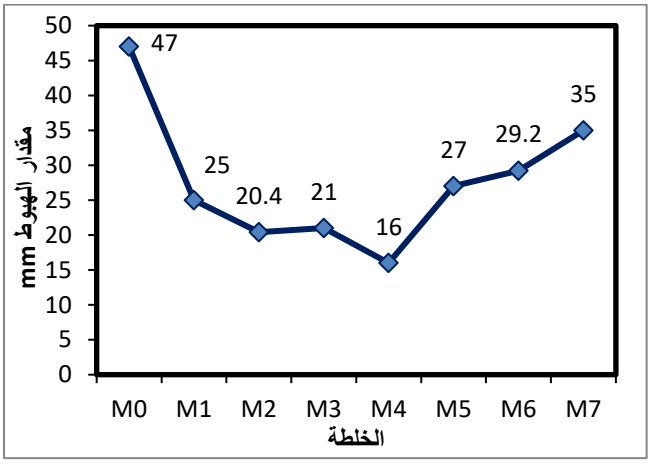
وقد تمت عملية الخلط داخل معمل الخرسانة بكلية الهندسة زليتن - الجامعة الاسمرية الإسلامية، وذلك باستخدام خلاطة سعتها 0.15 م³، والخطوات التالية توضح طريقة الخلط وإعداد العينات:

بدايةً تم غمر الركام لمدة 24 ساعة، ثم تجفيف السطح الخارجي للحصول على ركام مشبع جاف السطح، وتم إعداد القوالب القياسية ذات أبعاد 150×150×150مم، وأسطوانات ذات أبعاد 150×300 مم، وتم أيضاً تنظيف السطح الداخلي للقوالب جيداً لمنع التصاق الخرسانة بها، وبعد ذلك تم وَزنُ مكونات الخلطة الخرسانية اللازمة لإعداد العينات الخرسانية. ثم وُضعت مواد الخلطة الخرسانية في الخلاطة الميكانيكية وخلطها على الجاف لمدة دقيقة واحدة، بعد ذلك أُضيف ماء الخلط تدريجياً حتى تجانست الخلطة، وأصبحت جاهزة للصب داخل القوالب القياسية، وكان ذلك في زمن أربع دقائق تقريباً. واستُخدمت المكعبات الخرسانية في اختبار مقاومة الضغط والكثافة، واختبار سرعة الموجات فوق الصوتية، واستُخدمت الأسطوانات لاختبار الشد الغير مباشر، حيث تم صب الخرسانة الطازجة مباشرة في القوالب، ودمك الخرسانة جيداً للتخلص من الهواء المحصور داخل الخرسانة، وذلك إلى منسوب أعلى من سطح القالب 2مم، وبعد نصف ساعة تم تسوية السطح الخارجي للعينات، ووضعت داخل المعمل لمدة 24 ساعة قبل فك القوالب، وتم ترقيم العينات حسب الخلطة الخرسانية. وأخيراً تم فك القوالب وترقيمها، وتم معالجة العينات بالغمر في الماء إلى حين موعد الاختبار، والشكل (3) يوضح العينات في حوض المعالجة .

الشكل (3) حوض المعالجة.

3. النتائج والمناقشة

تم إجراء الاختبار وفق المواصفات البريطانية (BS1881: Part 102:1983) [16].



شكل رقم (5) يوضح مقدار الهبوط

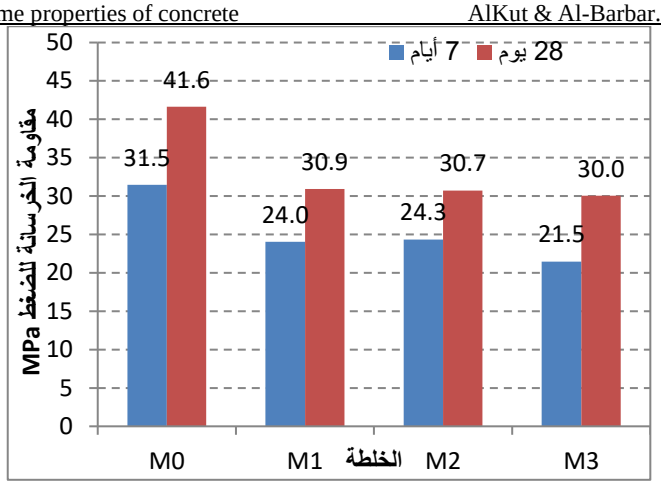
من خلال الشكل السابق نلاحظ أن قيمة الهبوط تتراوح ما بين 16 و47 مم، وإن قيمة الهبوط للخلطات المحتوية على المطاط الناعم قلت بنسبة 46.8%، 56.6% و55.3% على التوالي عن الخلطة المرجعية، بينما الخلطات الحاوية على المطاط الخشن قلت قيم الهبوط بنسب 65.9%، 42.5%، 37.8% على التوالي عن الخلطة المرجعية, وتبين أنه كلما زاد حجم حبيبات المطاط ارتفعت قيمة الهبوط؛ وهذا يرجع إلى أن الحجم الكبير لحبيبات المطاط يسمح بتغلغل الهواء والماء؛ بسبب عدم وجود رابطة بين جزيئات المطاط والطبيعة الكلية والمضادة للماء.

2.3 نتائج اختبارات الخرسانة المتصلدة.

1.2.3 نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط.

تم إجراء الاختبار وفقاً للمواصفات البريطانية [BS EN 12390-part3:2009) 17]).

1.1.2.3 تأثير نسبة ركام المطاط الناعم على مقاومة الخرسانة للضغط :

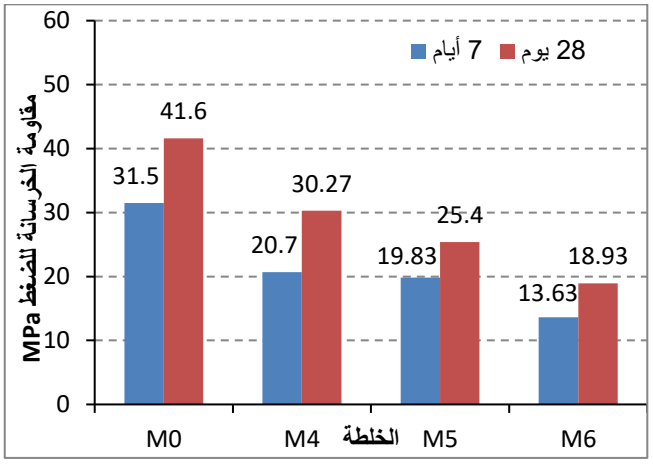


شكل (6) مقاومة الخرسانة للضغط عند إضافة المطاط كركام ناعم

من خلال الشكل رقم (6) نلاحظ أن مقاومة الضغط قلت بنسب 7.5% و7.2% و10% ، وذلك بعد 7 أيام للعينات التي تحتوي على نسبة ركام المطاط بنسبة إحلال10% و15% و20% على التوالي، بالمقارنة مع العينات المرجعية, وعند 28 يوم قلت المقاومة بنسبة 10.7% و10.9% و11.6% للعينات التي تحتوي على نسبة إحلال 10% و15% و20% على التوالي، بالمقارنة مع العينات المرجعية, ونلاحظ من خلال هذه النتائج تقليل إمكانية استخدام ركام المطاط بنسب إحلال عالية؛ بسبب حدوث انخفاض في مقاومة الضغط وخاصة مع زيادة عمر العينات.

2.1.2.3 تأثير نسبة ركام المطاط الخشن على مقاومة الخرسانة للضغط.

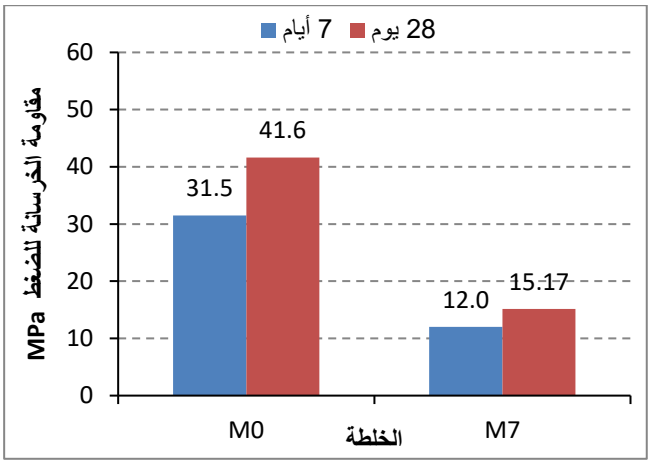
إن الشكل رقم (7) يوضح نسبة تأثير ركام المطاط الخشن على مقاومة الضغط، ومن خلال الشكل نلاحظ أن مقاومة الضغط بعد 7 أيام قلت بإضافة ركام المطاط الخشن، حيث قلت بنسبة 34.2% من مقاومة الخلطة القياسية لنسبة مطاط 10%، وقلت بنسبة 37% لنسبة مطاط 20% بينما قلت المقاومة لنسبة مطاط 30% بمقدار 56.7 % من مقاومة الخلطة القياسية، ونلاحظ أن مقاومة الضغط للخلطات المحتوية على ركام مطاط خشن في نقصان ملحوظ مع الزمن.



شكل (7) مقاومة الخرسانة للضغط عند إضافة المطاط كركام خشن.

3.1.3.4. تأثير نسبة ركام المطاط الناعم والخشن على مقاومة الخرسانة للضغط.

إن الشكل رقم (8) يوضح نسبة تأثير ركام المطاط الخشن والناعم على مقاومة الضغط للخرسانة، ومن خلال الشكل نلاحظ أن مقاومة الضغط عند 7 أيام قلت بإضافة ركام المطاط، بحيث قلت بنسبة 61.9 % من مقاومة الخلطة القياسية لنسبة مطاط ناعم 20%، ومطاط خشن 30%، وعند 28 يوم قلت بإضافة ركام المطاط، حيث قلت بنسبة 61.9 % من مقاومة الخلطة القياسية؛ وذلك بسبب قلة الفراغات داخل الخرسانة بسبب إحلال نسب المطاط كركام ناعم وخشن.



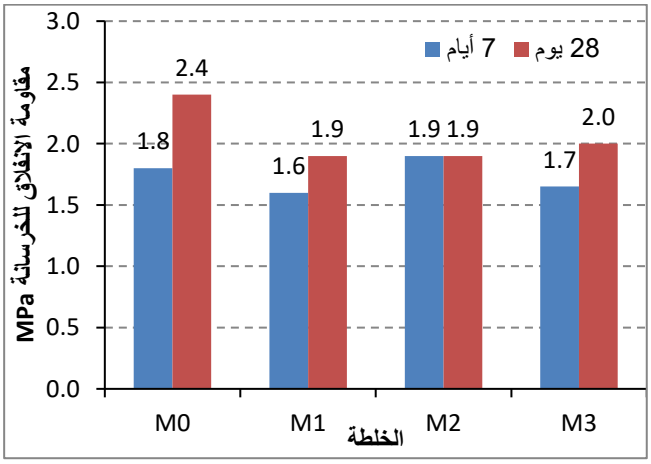
شكل (8) مقاومة الخرسانة للضغط عند إضافة المطاط كركام ناعم وخشن.

2.3.4 نتائج اختبار مقاومة الشد الغير مباشر للأسطوانات.

تم هذا الاختبار وفقاً للمواصفات البريطانية [(BS1881:Part117:1983) [18]

1.2.3.4 تأثير نسبة ركام المطاط الناعم على مقاومة الشد الغير مباشر.

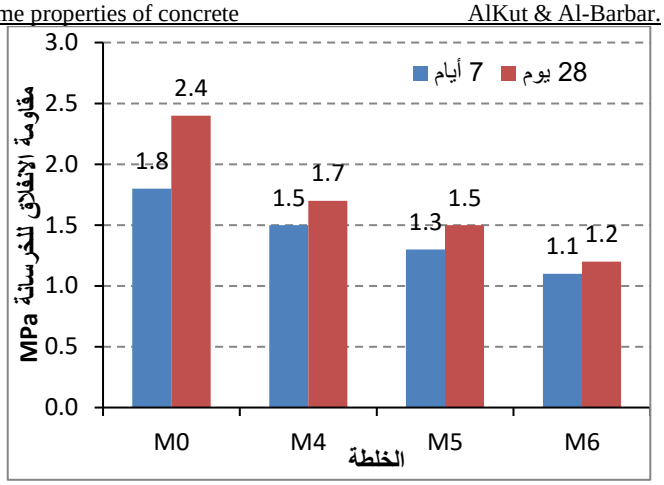
الشكل رقم (9) يوضح تأثير نسبة ركام المطاط الناعم على مقاومة الخرسانة للشد الغير مباشر، حيث نلاحظ أن مقاومة الشد عند 7 أيام للعينات التي تحتوي على نسبة ركام المطاط بنسبة إحلال 10% قلت بنسبة 11.11%، وزادت بنسبة 5.26% للعينات التي تحتوي على 15% ركام مطاط ناعم، وقلت بنسبة 5.55% للعينات التي تحتوي نسبة إحلال 20% ركام مطاط ناعم بالمقارنة مع العينات المرجعية, وعند 28 يوم قلت المقاومة بنسبة 34.48% و34.48% و16.66% للعينات التي تحتوي على نسبة إحلال 10% و15% و20% على التوالي، بالمقارنة مع العينات المرجعية.



شكل (9) مقاومة الشد الغير مباشر عند إضافة المطاط كركام ناعم

2.2.3.4 تأثير نسبة ركام المطاط الخشن على مقاومة الشد الغير مباشر:

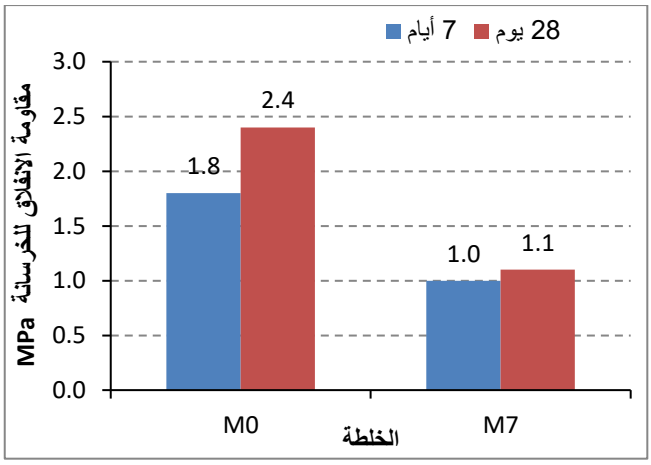
الشكل رقم (10) يوضح تأثير نسبة ركام المطاط الخشن على مقاومة الخرسانة للشد الغير مباشر ومن خلال الشكل نلاحظ من خلال النتائج أن استخدام ركام المطاط بنسب إحلال عالية يسبب حدوث انخفاض في مقاومة الشد.



شكل (10) مقاومة الشد الغير مباشر عند إضافة المطاط كركام خشن.

3.2.3.4 تأثيرنسبة ركام المطاط الناعم والخشن على مقاومة الشد الغير مباشر.

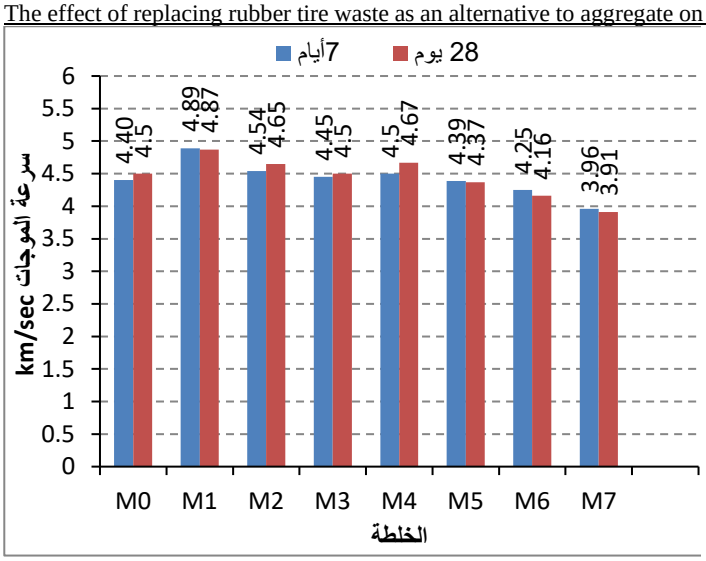
الشكل رقم (11) يوضح تأثير نسبة ركام المطاط الخشن والناعم على مقاومة الضغط للخرسانة، ومن خلال الشكل نلاحظ أن مقاومة الضغط عند7 أيام قلت بإضافة ركام المطاط، حيث قلت بنسبة 44.4% من مقاومة الخلطة القياسية لنسبة مطاط ناعم 20%، ومطاط خشن30%، وعند 28 يوم قلت بنسبة 54.16% من مقاومة الخلطة القياسية.



شكل (11) مقاومة الشد الغير مباشر عند إضافة المطاط كركام ناعم وخشن.

3.3.4 نتائج اختبار الموجات فوق صوتية.

لقد تم إجراء الاختبار بالطريقة المباشرة وفقا للمواصفات البريطانية [19] BS1881:Part203:1986 ، حيث كانت المسافة بين المرسل والمستقبل 15 سم, والشكل رقم (12) يوضح نتائج سرعة الموجات الصوتية عند 7 و28 يوم، ونلاحظ أن الخلطات المحتوية على مطاط زادت من سرعة الموجات مقارنة بالخلطة المرجعية؛ وذلك بسبب قلة الفراغات داخل الخرسانة بسبب إحلال نسب المطاط كركام ناعم وخشن.



شكل (12) سرعة الموجات فوق الصوتية.

4. الاستنتاجات.

نتائج الاختبارات المعملية المتعلقة بخصائص الركام المدروس أظهرت قبول ركام مخلفات الإطارات المطاطية لتكوين الخلطات الخرسانية العادية بنسب معينة، حيث وُجد أن:

- قيمة الهبوط تنخفض بزيادة نسب إحلال المطاط مقارنة بالخلطة المرجعية.
- كلما زادت نسبة إحلال المطاط الخشن كلما زاد مقدار الهبوط، ويرجع إلى أن الحجم الكبير لحبيبات المطاط يسمح بتغلغل الهواء والماء، مما يجعل مقدار الهبوط يزيد.
- النسبة العالية من المطاط الخليط (30/20%) أظهرت تأخر في التصلب وضعف في المقاومة.
- إضافة ركام المطاط الخشن بنسبة (10%) تقلل مقاومة الضغط، ومقاومة الشد الغير مباشر عن الخلطة المرجعية، وزيادة ركام المطاط الخشن بنسبة إحلال (20%) تقلل المقاومة أكث،ر ومن ثم تنخفض وتضعف المقاومة لنسبة مطاط خشن (30%)، وهذا يدل على أن كلما زادت نسبة إحلال المطاط الخشن تقل المقاومة بنسبة كبيرة عن الخلطة المرجعية.
- بإضافة ركام المطاط الناعم وركام المطاط الخشن تزيد سرعة الموجات فوق الصوتية مما يدل على تحسين العزل الحراري والصوتي.

5. قائمة المراجع

[1]- Sidney Mindess, Young JF, David Darwin.Concrete, 2nd ed., New Jersey: Prentice hall; 2003.
[2]- Kovac FJ. Tire technology. Goodyear Tire and Rubber Co.; 1978.
[3]- Muhammad B. Waris, Nehal N. Ali, Khalifa S. Al-Jabri. Use of recycled tire in concrete for partial aggregate replacement. International Journal of Structural and Civil Engineering Research. 2016;5(4):273–276.
[4]- Parton, G.M. and shendy-EL- Barbary, M.E. " Poly styrene – bead concrete properties and mix design ", Journal Of Cement Composite And Light weight Concrete, Vol.4, No.3, Aug. pp.153-161,1982.
[5]- نظرة عامة على أسباب تقلب أسعار المطاط الطبيعي " En.wlxrubber.com" فبراير 2010 .

[6]- ملخص إحصائي لوضع المطاط في العالم. (PDF) "مجموعة دراسة المطاط الدولية. ديسمبر 2018

[7]- Effect of Waste Tyre-Rubber Aggregate on the Strength Properties of Concrete Adetoye T. Oyebisi' and Cordelia O. Osasona" "Department of Civil Engineering, University of ibadan, Ibadan, Nigeria 25 September 2018.

[8]- Studies on the mechanical properties of rubber tire concrete Sulagno Banerjee', Aritra Mandal'Dr. Jesse Ruby and Tamil Nadu are researchers at the Department of Civil Engineering, Hindustan University, Padur, Chennai, Tamil Nadu.SSRG International Journal of Civil Engineering (SSRG - 1JCE) - volume 3 Issue 7 - July 2016.

[9]- جينا لي هيلمي ، "الخرسانة ، استخدام الإطارات" مشاريع.2010 cssf

[10]- تأثير الملدن المتفوق على قابلية تشغيل الخرسانة المحتوية على فتات المطاط . مصطفى ماهر الطيب، حسن حمودة كلية الهندسة التطبيقية والتخطيط العمراني ، جامعة فلسطين ، ص.ب 1075 ، غزة ، فلسطين 2015.

[11]- المواصفات الليبية القياسية رقم (340) الإسمنت البورتلاندي لسنة 1997 م.

[12]- المواصفات القياسية البريطانية رقم (BS:882) حدود النتائج للتحليل المنخلي للركام لسنة 1992.

[13]- المواصفات القياسية الليبية رقم (294) المياه المستعملة في الخرسانة وحدود المواصفات سنة 1988.

[14]- المواصفات القياسية البريطانية رقم (BS 812_1992) خواص الخرسانة للركام الناعم.

[15]- المواصفات القياسية البريطانية رقم (BS 882:2002) طريقة إجراء اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن.

[16]- المواصفات القياسية البريطانية رقم (BS 1881 _102) طريقة إجراء اختبار الهبوط للخرسانة طازجة.

[17]- المواصفات القياسية البريطانية رقم (BS _EN 12390_Part3) طريقة إجراء اختبار مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة.

[18]- المواصفات القياسية البريطانية رقم (BS 1881 Part 117) طريقة إجراء اختبار الشد غير المباشر.

[19]- المواصفات القياسية البريطانية رقم (BS 1881_ Part 203) طريقة إجراء اختبار الموجات فوق الصوتية للمكعبات.