Journal of Technology Research (JTR)
Volume 3, Special Issue, (2025), pp 298-307, ISSN 3005-639X
The 7th Conference of Engineering Sciences and Technology
(CEST-2025)

Study of the Effect of Mechanical Properties of Concrete Mixtures Containing Steel Fibers and Tire Fibers

Abulgasem Y. Abuisbuya[1*], Mosab M. Al-Jedi[1]

[1]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Sabratha, Sabratha, Libya.
*Corresponding author email: Abulgasem.abusbuea@sabu.edu.ly.

Received: 14-10-2025 | Accepted: 22-11-2025 | Available online: 25-12-2025 | DOI:10.26629/jtr.2025.31

ABSTRACT

For several decades now, used tires have become a global and local environmental problem for waste management worldwide. The massive increase in the number of cars has caused various problems, the most important of which is environmental pollution resulting from the burning of hundreds of tons of used tire waste, which has generated many toxic gases This research aims to study the mechanical behavior of concrete containing steel fibers and fibers extracted from used tires, and their effect on the compressive and tensile strength and workability of the concrete, as well as to determine the optimal mixing ratios. In this laboratory study, tests were conducted on the concrete mix materials, and they met the required specifications. a concrete mix was designed, including the preparation of a fiber-free reference mix. Three concrete mixes containing mixed proportions of steel fibers and tire fibers were prepared in the followingrations (0.25% steel + 0.5% tires), (0.5% steel + 0.25% tires), and (0.25% steel + 0.25% tires) for curing periods of 28 days, 56 days, and 90 days, with three concrete cubes for each period The study concluded that incorporating steel fibers, along with fibers extracted from tires, improves the long-term mechanical properties of concrete.

Keywords: Compressive resistance of concrete, fibers, tire fibers, tensile resistance.

دراسة تأثر الخواص الميكانيكية للخلطات الخرسانية المحتويه على الألياف الفولاذية وألياف الاطارات

ابوالقاسم يحي ابوصبيع[1]، مصعب محمد الجدي[1]

[1]اقسم الهندسة المدنية ، كية الهندسة صبراته ، جامعة صبراته ، صبراته، ليبيا

ملخـــــص البحـــــث

منذ عدة عقود مضت أصبحت الإطارات المستهلكة مشكلة بيئية عالمية ومحلية وذلك بالنسبة لإدارة التحكم بالنفايات في العالم كله ، سببت الزيادة الهائلة في اعداد السيارات مشاكل مختلفة كان أهمها التلوث البيئي الناجم من احتراق مئات الاطنان من نفايات الاطارات المستهلكة والتي ولدت العديد من الغازات السامة ، مما يستدعي التخلص بكفاءة من هذه الكميات من الإطارات وتطوير وسائل لتحويلها الى مواد مفيدة ، وهكذا فإن الالياف المستخرجة من الاطارات المستهلكة تعتبر خطوة هامة في التخلص من النفايات الصلبة بطرق مجدية تخفض من التلوث البيئي وخطوة تدفع نحوها المعنيين في صناعة البناء والتشييد.

"Articles published in *J Technol Res* are licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License."

يهدف هذا البحث الى دراسة السلوك الميكانيكي للخرسانة المحتوية على الألياف الفولاذية وألياف المستخرجة من الإطارات المستهلكة. وتأثيرها على مقاومة الضغط والشد وقابلية التشغيل للخرسانة. وتحديد أفضل النسب للخلط، تم في هذه الدراسة المعملية عمل اختبارات مواد الخلطة الخرسانية وكانت ضمن المواصفات المطلوبة، وتصميم الخلطة الخرسانية ومنها عمل الخلطة المرجعية بدون ألياف، وثلاث خلطات خرسانية تحتوي على نسب مختلطة من الألياف الفولاذية وألياف الإطارات بنسب (0.25% فولاذ + 0.5% إطارات)، (0.5% فولاذ + 0.25% إطارات)، و(0.25% فولاذ + 0.25% إطارات) للفترات الزمنية 28يوم و56يوم و90يوم بعدد ثلاث مكعبات خرسانية لكل فترة؛ خلصت الدراسة إلى أن دمج الألياف الفولاذية، مع ألياف المستخرجة من الإطارات ، يُحسّن الخواص الميكانيكية للخرسانة على المدى الطويل ، حيث أظهرت النتائج أن أفضل الخلطات المختلطة عند نسبة 0.5% ألياف فولاذية مع 0.25% ألياف إطارات، حيث تحقق توازن جيد في الأداء الميكانيكي .ويُسهم في تقليل التأثيرات البيئية الناتجة عن تراكم الإطارات المستهلكة ، مما يدعم مفاهيم البناء المستدام.

الكلمات الدالة: مقاومة الضغط للخرسانية ,الالياف الفولاذية ,الياف الاطارات, مقاومة الشد.

1. المقدمـة

أصبحت الإطارات المستهلكة منذ عدة عقود مشكلة بيئية متفاقمة على المستويين العالمي والمحلي كما موضح بالشكل رقم (1)، خصوصًا في مجال إدارة النفايات الصلبة ، وفي ليبيا أدّت الزيادة الكبيرة في أعداد المركبات إلى تراكم هائل في كميات الإطارات التالفة ،حيث ان الاطارات المستعملة تعتبر مشكلة بيئية كبري تعاني منها الكثير من الدول العالم وتكدس الاطارات المستعملة اصبح في تزايد يوم بعد يوم نتيجة للتطور الهائل في النقل والزيادة الكبيرة في أعداد السيارات والذي نتج عنه مشاكل مختلفة اهمها التلوث البيئي الناتج عن الاطارات المستعملة .ووفق لبعض الاحصائيات السابقة تبين ان الولايات المتحدة الامريكية تتخلص من حوالي 273 مليون من الاطارات المستهلكه سنوياً وفي الهند يتم التخلص من حوالي من حوالي مليار اطار مستهلك سنوياً أي مايقارب اطار كل شخص . مع العلم ان انتاج العالم من الاطارات سنوياً يصل الى مليار اطار ومتوقع في سنة 2030 يصل الى مليار ومائتان مليون [1] ، مما أسهم في تفاقم التلوث البيئي نتيجة حرق هذه الإطارات أو تركها مكشوفة في الطبيعة ، وما يصاحب ذلك من انبعاث غازات سامة وضارة بالصحة والبيئة. وتوجد عدة طرق لتدوير الإطارات المستعملة، والناتج يكون عبارة عن حبيبات مطاط بأبعاد وأحجام مختلفة. ويمكن الاستفادة من المطاط المعاد تشكيله في استخلاص المطاط الصناعي؛ حيث ثبت أن الخامة التي يتم تدويرها تحتفظ بنحو 86% من موادها الأساسية. وهناك بعض الدول بدأت بالفعل في تنفيذ أول تجربة لرصف الشوارع باستخدام الإطارات التالفة، وقد سجلت نجاحاً مبدئياً، ولكن لا يمكن الحكم عليها بشكل نهائي في الوقت الحالي. وتقوم هذه الطريقة على استخراج أسلاك النحاس وأية مواد صلبة من الإطارات، ومن ثم يتم تقطيعها في آلات كبيرة، ويضاف إليها مادة كيميائية بالإضافة إلى مواد شمعية ومواد لاصقة؛ ويتم بعد ذلك خلط المزيج ليصبح جاهزاً، ثم يتم استخدامه في رصف الشوارع.

وبناءً على ذلك ، أصبحت الحاجة مُلحّة لإيجاد حلول مستدامة لإعادة تدوير هذه النفايات ، بحيث تخدم مجالات حيوية مثل صناعة الخرسانة وتحسين أدائها الإنشائي ، لا سيما مقاومتي الضغط والشد.

تُعد مقاومة الخرسانة التقليدية (عادية) من أهم خصائصها الهندسية ، إذ ترتبط بشكل مباشر بصفات مثل الديمومة ، ومقاومة الضغط والشد و النفاذية ، وتحمل العوامل الجوية والكيميائية . كما تُعد مؤشرًا جوهريًا على جودة

الخرسانة ، نظرًا لعلاقتها الوثيقة ببنية عجينة الإسمنت المتصلبة . وتبرز أهمية هذه الخاصية في مختلف التطبيقات ؛

ومع ذلك ، فإن هذا النوع من الخرسانة قد يكون أكثر عرضة للتشقق الناتج عن الجفاف أو نقص قابلية التمدد ، مما يستدعي تحسينًا في سلوكها الميكانيكي . ومن هنا، اتجهت الأبحاث الحديثة نحو إدخال الألياف كإضافات داخل الخلطة الخرسانية ، نظرًا لدورها في الحد من الشروخ ، وزيادة مقاومة الشد ، وتحسين الليونة ومقاومة الصدمات.

وتُعد الألياف الفولاذية من أبرز هذه الإضافات ، لما لها من قدرة عالية على تعزيز مقاومة الخرسانة للشد والقص ، وتحسين متانتها بشكل عام . في المقابل ، برز استخدام ألياف الإطارات المستهلكة كخيار بيئي واقتصادي ، يهدف إلى تحويل النفايات إلى مواد مفيدة تُسهم في الاستدامة ، دون التأثير سلبًا على الخصائص الإنشائية. وبناءً عليه ، جاءت فكرة هذه الدراسة لتقييم ومقارنة السلوك الميكانيكي للخرسانة المسلحة بالألياف الفولاذية ، وتلك المدعّمة بألياف الإطارات المستهلكة ، بهدف معرفة مدى كفاءة كل نوع في تحسين أداء الخرسانة ، واستكشاف إمكانية استخدام هذه البدائل المستدامة في التطبيقات المختلفة.

2- الدراسات السابقة والألياف

2.1 دراسات سابقة

اجري دراسة تأثير اضافة الياف الحديد الصناعية على خواص الخرسانة عالية المقاومة [2](2012) بنسب حجمية من الياف الفولاذ (0.25-0.5-0.75-1)% ودراسة قابلية التشغيل والكثافة ومقاومة الضغط والشد والانحناء وكانت النتائج كما بالجدول رقم (1)

جدول 1. يبين اهم نتائج الاختبارات.

الاختبار	%0	0.25	%0.5	0.75
مقاومة الضغط MPa	59	60	61	61
الهبوط مم	50	50	40	35
مقاومة الشد MPa	4.2	4.5	4.9	5.8
الكثافة	2385	2390	2394	2401

حيث اظهرت النتائج المعملية ان اضافة الياف الحديد ليس لها تأثير فعال على مقاومة الضغط بينما لها تأثير ملحوظ على مقاومة الشد وجد ايضا في اختبار الانحناء للعتبات ان عرض التشقق يقل بشكل كبير بزيادة الالياف وتصل نسبة التقلص الى 90%. وقابلية التشغيل تقل تدريجياً مقارنة بالمرجعية النسبة بين اعلى واقل قيمة 40% .

واجريت دراسة (2019)المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح والتعزيز بألياف [3] لعدد عشر خلطات بالألياف الفولاذية بأنواع مختلفة من الرمل مع نسبة الياف فولاذية 1% و1.5%حيث تم تعزيز الالياف الفولاذية بطول 30مم وقطر 0.5بالخلطة الخرسانية واظهرت النتائج ان للألياف دورا مهما في مقاومة الانحناء وضم التشققات اما بالنسبة لمقاومة الضغط اظهرت النتائج تحسناً عن المقاومة المرجعية وكانت نسبة التحسين واضحة حيث بلغت الزيادة 42.17% .اما بالنسبة الامتصاص تم التوصل ان الخرسانة التي تحتوي على قدر اكبر من الالياف كانت نسبة الامتصاص بها اقل .واذا كانت الخرسانة لاتحتوي على الياف فقد تمكنت من امتصاص كميات اكبر من الماء التي بها الألياف ويرجع السبب الى تعويض حجم الرمل ذات المسامات بالالياف لهذه المسامات مما يقل من اجمالي الفراغات والمسام في حجم الخرسانة

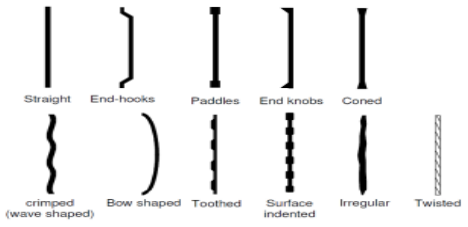
واجريت دراسة تأثير إضافة الالياف الفولاذية المستخرجة من إطارات السيارات المستهلكة على مقاومة

الضغط للخرسانة [4] ، حيث تم تحضير عينات لثلاثة خلطات من الخرسانة بعيارات اسمنت 300–350–400 كغ/م3 ، وأضيفت الالياف االمعاد تدويرها بقطر 0.8 مم بنسب حجمية تساوي (1.5% – 1– 0.5) وبأطوال 30–40–60 مم بالإضافة الى عينات مرجعية بدون الياف ، بينت النتائج ان مقاومة الضغط ازدادت بزيادة نسب الخلط الحجمية بالألياف ووصلت الى 18.37 % من أجل نسبة خلط بالألياف 1,5% للخلطة عيار اسمنت 350 كغ/م3 ، بمعنى بينت النتائج تحسنا في سلوك الخرسانة.

شكل 1: يبين الاطارات التالفة في العالم.

2.2 الألياف الفولاذية الصناعية:

عبارة عن عناصر تسليح صغيرة الطول ذات خصائص محددة ومصنفة. وهناك العديد من أنواع الالياف متوفرة للاستخدامات كما بالشكل رقم(2) لكل منها خواصه المميزة من اهم مواصفات هذه الالياف: [4] مقاومة والشد والمرونة مطاوعة كافية لليفا بحيث لا ينقطع .



شكل 2. يبين انواع الالياف الفولاذية المستخدمة.

2.3 الألياف المستخرجة من الإطارات

يتم استخراج هذه الألياف من الإطارات بعد إعادة تدويرها ، كما في الشكل(4) . وتشمل مواد إطارات السيارات المطاط الطبيعي ، ومركبات المطاط الاصطناعية ، وألياف فولاذية ، وألياف بوليميرية ، ومنسوجات قماشية . وألياف الإطارات عامة عبارة عن أسلاك فولاذية رفيعة مدمجة أصلاً داخل الإطار لإعطائه المتانة. خصائصها تتفاوت حسب طريقة الاستخلاص لكن عموماً:

القطر: من 0.2 – 0.4 ملم

الطول: يتراوح بين 10 – 40 **مم**

والجدول رقم (1) يبين خصائص الالياف الفولاذية والياف الاطارات المعاد تدويرها بشكل عام

شكل 3. يبين الياف الاطارات.

2.4 التماسك بين الالياف والخرسانة

تعمل الالياف على نقل وتوزيع الاجهادات ضمن جسم الخرسانة كغيرها من مكونات الخلطة الخرسانية الا أنها من حيث الية النقل تمتاز عن غيرها حيث يسيطر على ادائها مقاومتها للإجهادات المماسية، بينما تحل مقاومتها على الشد في درجة لاحقة حيث لوحظ انهيار الخرسانة قبل انقطاع الالياف الفولاذية. يمكن فهم ظاهرة المقاومة على السحب من حالة الخرسانة قبل الانهيار حيث يبرز دور الالياف في تأثير العزم المتلازمة مع تطور الشقوق في الخرسانة حيث تعمل الالياف على نقل القوى الداخلية بين طرفي الشق وهنا تبرز اهمية التلاصق والتماسك بين الالياف ومكونات الخلطة. [5]

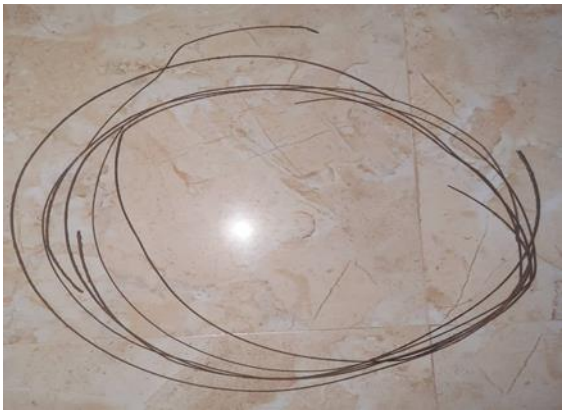
جدول 1. الفرق بين خصائص الالياف الفولاذية والياف الاطارات[6].

الخاصية	الالياف الفولاذية	الالياف الاطارات المستعملة
الطول مم	30	40-10
القطر مم	0.8	0.4-0.2
مقاومة الشدMpa	1000-2500	حتي 1500او اكثر
الشكل	انواع مختلفة	غير منتظم
الكثافة gm/cm3	7.8	7.8-7.5
التماسك داخل الخرسانة	ممتاز	جيد

3. الجانب العملي والمنهجية

3.1 استخراج وتحضير الألياف من الإطارات واختبارات المواد

تم الحصول على الإطارات المستهلكة من أحد محال إصلاح وبيع الإطارات، حيث تم اختيار الإطارات التالفة التي تحتوي على أسلاك فولاذية مدعّمة، تمت عملية استخراج ألياف الإطارات المستهلكة بطريقة يدوية باستخدام أدوات قطع بسيطة مثل سكين حاد وقطّاعة حديد، حيث تم أولاً شق الإطار من الجوانب بعناية حتى الوصول إلى الطبقة الداخلية المحتوية على الأسلاك الفولاذية ، بعد ذلك تم سحب الأسلاك بشكل تدريجي من جسم الإطار، كما هو موضّح في الشكل رقم (4)



شكل4. الاسلاك المستخرجة من الاطار.

عقب استخراج الألياف تم تنظيفها جيدًا من بقايا المطاط والزيوت باستخدام فرشاة سلكية ومذيب بسيط عند الحاجة ثم تُركت لتجف تمامًا ، بعد التنظيف تم تقطيع الألياف إلى أطوال 30 مم باستخدام مقص معدني ، وذلك لضمان التجانس في توزيع الألياف داخل الخلطة الخرسانية خلال عملية الخلط مع الالياف الفولاذية الصناعية معكوفة . وطولها 30 مم وقطر 0.5مم وتصنع من سلك فولاذي عالي الاداء تعزيز الخرسانة وكثافتها 7850 كجم /م3 ومعامل النحافة 60 ومقاومة الشد اكبر من 1150MPaكما بالشكل رقم (6)

شكل 6. الالياف الفولاذية بالخلطة

يبدأ البرنامج العملي بالحصول علي المواد الخاصة بالخلطة الخرسانية من الركام الناعم والخشن والاسمنت والماء. واجراء الاختبارات عليها لضمان جودة المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية وكانت نتائج الاختبارات كما بالجدول رقم(2-أ) وجدول رقم (2-ب) للركام الناعم والخشن جدول رقم (2-ج).

جدول 2–أ. اختبارات الاسمنت.

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة	المواصفة
نسبة الماء	29%		م ق ل341–2005–2
زمن الشك الابتدائي	138دقيقة	لا يقل عن 45دقيقة	م ق ل 341–2005–3
زمن الشك النهائي	دقيقة378	لا يزيد عن 10 ساعات	م ق ل 341–2005–3
نعومة الاسمنت	المتبقي 8%	الحد الاقصي للمتبقي 10%	BS EN196–3

جدول رقم 2–ب. اختبارات الركام الناعم .

الاختبار	الوزن النوعي	الامتصاص	نسبة المواد الناعمة	وزن وحدة الحجوم
نتائج الاختبار	2.68	%1.02	%2.11	1690.5
حدود المواصفة	2.6–2.7	لا تزيد عن3%	لا تزيد عن3%	1400–1800
المواصفة	م ق ل 256/2006	م ق ل 256/2006	ASTM C117–04	م ق ل 250/82

جدول رقم (2–ج): اختبارات الركام الخشن.

الاختبار	الوزن النوعي	الامتصاص	الصدم	وزن وحدة الحجوم/kg m3
نتائج الاختبار	2.58	%2.45	11.2% 1	1503.4
حدود المواصفة	2.6–2.7	لا تزيد عن3%	لا تزيد عن3%	1400–1800
المواصفة	م ق ل 256/ 2006	م ق ل 256/2006	م ق ل 255–2006	م ق ل 250–2006

وتم استخراج ألياف الإطارات قُطّعت الألياف إلى أطوال موحدة مقدارها 30 مم باستخدام مقص معدني، كما شكل رقم(7) لضمان التجانس عند خلطها مع الخرسانة.

شكل7. الالياف المقطعة من اطار مستهلك

3.2 تصميم الخلطة الخرسانية

ثم تم تصميم الخلطة الخرسانية بالطريقة البريطانية[7] بمقاومة ضغط للخرسانة 30 ميغا بسكال وتم تحديد كميات الخلطة من الاسمنت الركام الماء كما بالجدول رقم(4)وتم إعداد خلطة خرسانية مرجعية خالية من الألياف A–0، وثلاث خلطات أضيفت إليها ألياف فولاذية مع الياف الاطارات بنسب حجميه من الاسمنت كل نوع و بنسب مختلفة هي: A–1(0.25% فولاذية + 0.5% إطارات)،A–2 (0.5% فولاذية + 0.25% إطارات)، وA–3(0.25% فولاذية + 0.25% إطارات) وكانت كميات المواد للخلط كما بالجدول رقم (4)،

جدول 4. كمية المواد للخلطات الخرسانية لكل م^3

الخلطة	A-0	A-1	A-2	A-3
الاسمنت	450	450	450	450
ناعم.	701	701	701	701
خشن	1561	1561	1561	1561
ماء	247	247	247	247
الالياف الفولاذية	0	1.125	2.25	1.125
الياف الاطارات	0	2.25	1.125	1.125

A-1(0.25% فولاذية + 0.5% إطارات)

A-2(0.5% فولاذية + 0.25% إطارات)

A-3(0.25% فولاذية + 0.25% إطارات)

3.3 اختبارات الخلطة الخرسانية

تم تنفيذ عدد من الاختبارات لتقييم الخواص الفيزيائية والميكانيكية للخرسانة المنتجة حيث يتم اعداد خلطة مرجعية خالية من الالياف وعمل عدد ثلاث مكعبات خرسانية لكل فترة زمنية 28يوم و56يوم و90يوم، شملت اختبار الهبوط (Slump Test) [8] لتحديد قابلية التشغيل وكانت النتائج كما بالجدول رقم (5)وكانت قيمة الهبوط بالخلطة المرجعية (A-0)8سم كما بالشكل رقم (8) والخلطة المشتركة 0.5الياف اطارات مع 0.25 الياف فولاذية (A-1) كانت قيمة الهبوط 7سم كما بالشكل رقم (9) .اما الخلطة المشتركة0.5الياف فولاذية مع 0.25 الياف اطارات (A-A-2)فكانت قيمة الهبوط للخلطة الخرسانية 6.5سم كما بالشكل رقم (10)،والخلطة المشتركة 0.25من الياف الاطارات و0.25 الياف الفولاذية (A-3)كانت قيمة الهبوط خرسانة 6سم وكما بالشكل رقم (11) .

جدول5. نتائج اختبار الهبوط للخلطات.

الخلطة	A-0	A-1	A-2	A-3
قيمة الهبوط mm	80	70	65	60

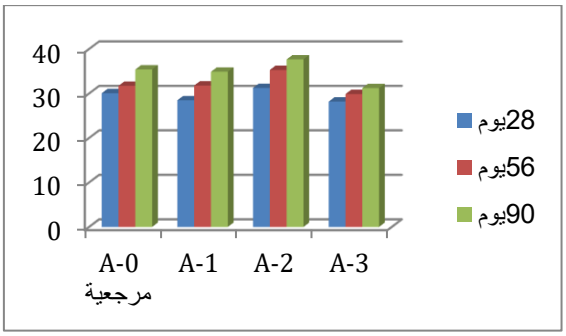
شكل 8. اختبار الهبوط للخلطة المرجعية.

شكل 9: الهبوط للخرسانة مع 0.25الياف فولاذ +0.25والياف اطارات.

شكل 10. الهبوط للخرسانة مع 0.25الياف فولاذ +0.5الياف إطاراتز

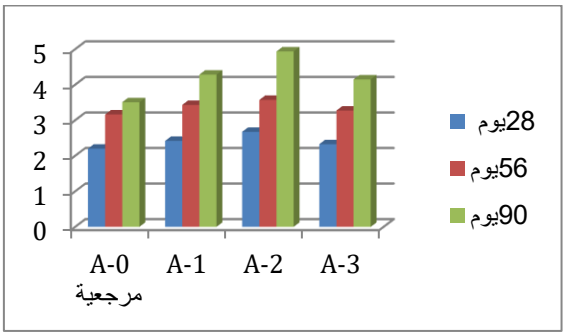
شكل 9. الهبوط للخرسانة مع 0.5الياف فولاذ +0.25الياف اطارات.

اجري اختبار مقاومة الضغط[9] للخرسانة للخلطة المرجعية وعمل ثلاث مكعبات خرسانية لكل الازمنه28يوم و56يوم و90يوم وكانت النتائج للخلطة الخرسانية المرجعية وكذلك للخلطات المشتركة للنسب الثلاث في ازمنة 28 يوم و56 يوم و90يوم كما بالشكل(12)، وشكل الكسر بالعينة كما بالشكل رقم (13)وتم اجراءاختبار مقاومة الشد[10] للخلطة المرجعية للازمنة 28 يوم و56يوم و90 يوم ،وكانت للخلطات المشتركة للازمنة 28يوم و56 يوم و90يوم وكانت النتائج كما بالشكل رقم (14)وشكل الاختبار كما بالشكل رقم (15) واجراء الاختبار و كثافة الخرسانة لكل الخلطات كافة الازمنة كانت كما بالجدول رقم (6) ، بالإضافة إلى اختبار نسبة الامتصاص ونتائجه كما بالشكل رقم (17). وهذه الاختبارات لتقييم الأداء عند أعمار مختلفة هي 28 و90 يومًا، بهدف تتبع تطور خصائص الخرسانة بمرور الزمن، وتحديد مدى تأثير الألياف المختلفة على الأداء طويل الأمد للخلطات الخرسانية.حيث انخفاض امتصاص الخرسانة المرجعية الى 53% من 28 يوم الي 90يوم وانخفاض A-1الى 52%من 28 الى 90يوم وهذا الانخفاض يدل على اغلق المسامات وكذلك الامر في A-2 و A-3



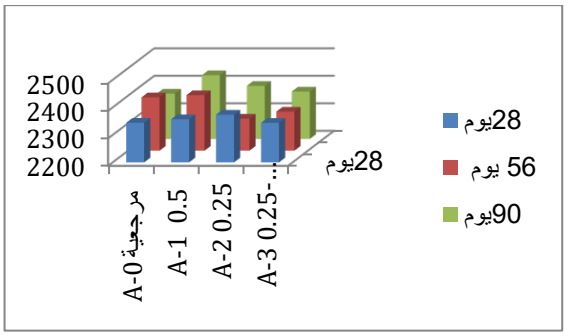
شكل12. نتائج مقاومة الضغط للخلطة المرجعية.

شكل 13. شكل الكسر للمكعب.

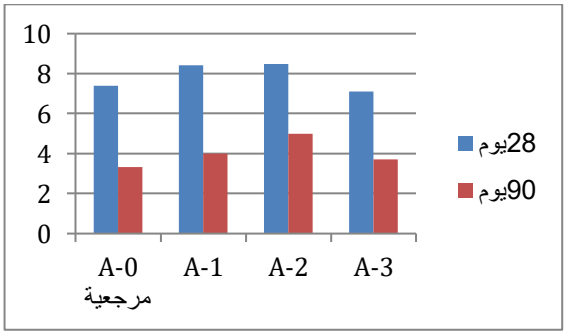


شكل 14. اختبار الشد للخلطات.

شكل 15. لاختبار الشد.



شكل16. الكثافة في جميع الخلطات.



شكل17. اختبار نسبة الامتصاص.

4. مناقشة النتائج

من اختبار الهبوط للخلطات الخرسانية يتبين ان الالياف المشتركة تعطي قابلية تشغيل جيدة حيث لم يحدث لها انفصال خلال اجراء الاختبار. ويتبين من نتائج ان مقاومة الضغط للخرسانة تزيد للخلطات المشتركة كلما زادت نسبة الألياف الفولاذية عن نسبة الالياف المعاد تدويرها من الاطارات حيث وصلت قيمة زيادة المقاومة عن المرجعية 5% وهذا يبين ان المقاومة تتأثر بشكل مباشر بنوع الالياف المستخدمة ونسبة النحافة وعندما تقل الالياف الفولاذية وتزيد الياف الاطارات انخفضت المقاومة بنسبة 2.8% عن المرجعية. اما بالنسبة لمقاومة الشد فقد زادت المقاومة عند كل النسب المستخدمة وصلت نسبة زيادة المقاومة عن المرجعية الى حوالى 41% لنسبة 0.5 الياف فولاذية +0.25الياف الاطارات وعند زيادة نسبة الياف الاطارات 0.5 مع 0.25 الياف فولاذية وصلت نسبة زيادة مقاومة الشد الى 22%. وتظهر النتائج زيادة في الكثافة عند اضافة الالياف للخلطة الخرسانية A–2 بزيادة مدة الغمر بالماء وذلك لان الألياف الفولاذية تزيد الكثافة الكلية طردياً مع زيادة الحجم النسبي للألياف . حيث ذكر هذا في دراسة سابقة اجرها Y.mohod (2012) [11]توصل فيها الى ان زيادة محتوي الالياف يودي الى زيادة طفيفة في الكثافة مع تحسين الشد والانحناء وكذلك دراسة اخر اجرها A.M.shende (2012)[12] اظهرت النتائج ان الكثافة زدات بنسبة 1–2% عند نسب الياف بين 0.5–1.5%وبسبب استمرار عملية الاماهة للإسمنت وبالتالي يودي الى زيادة مقاومة على المدي الطويل كما جاء في نتائج المقاومة في A–2.اما بالنسبة للنتائج الأخرى فكانت زيادة طفيفة للكثافة في الخلطة A–3 وهذا راجع الى نحافة الالياف المعاد تدويرها لان الالياف المعاد تدويرها اكثر في الخلطة من الالياف الفولاذية الصناعية .وكذلك بالمضاف لها الالياف بنسبة متساوية 0.25% .وكانت نسبة الامتصاص للخلطات المشتركة وصلت الى 8.5% اعلى من نسبة الامتصاص للخلطة المرجعية مدة 28يوم ولكن كانت نسبة الامتصاص الاعلى بعد 90يوم 5%وهي للخلطة A–2 وهذا راجع الى ان عمية الاماهة لا تكتمل بعد28يوم بالخرسانة التي تحتوي على الياف ومع مرور الوقت تستمر الاماهة مما يوي الى تقليل حجم المسام داخل الخرسانة وبالتالي ينخفض الامتصاص لان الماء يجد صعوبة في التغلغل داخل الخرسانة .وبالتالي كلما قل الامتصاص كلما تزيد مقاومة الضغط وتزيد المتانة للخرسانة .حيث توصل ماني (2017)[3] ان الخرسانة التي تحتوي على قدر اكبر من الألياف تكون نسبة الامتصاص بها اقل .

5. الخاتمة

5.1 الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة بعد إجراء كل الإختبارات وتوضيح نتائجها ومناقشتها تم التوصل الى الاستنتاجات الآتية

1–اظهرت النتائج ان النسبة المثلي المشتركة من الياف الاطارات المعاد تدويرها مع الالياف الفولاذية هي 2:1

2- نلاحظ أن هناك تطور في مقاومة الضغط والشد من 28 الى 90 يوم ، حيث أظهرت النتائج تحسنا في الخواص الميكانيكية للخرسانة على المدى الطويل حيث تزداد المقاومة عند إضافة الألياف الفولاذية مع الألياف المستخرجة من السيارات .

3- الألياف المختلطة (فولاذية +الياف إطارات) أظهر فعالية جيدة في تحسين تماسك المزيج الخرساني وتوزيع الإجهادات بشكل متوازن ، مما قد يقلل من احتمالية حدوث فشل مفاجئ في العناصر الخرسانية.

4-تبين أن قابلية التشغيل تقل مع إضافة الألياف (الفولاذية مع المستخرجة من الإطارات) المختلطة ويرجع السبب الى تماسك العجينة الخرسانية مع زيادة نسبة الألياف التي بدورها تقلل قيمة الهبوط .

5-قابلية التشغيل لم يحدث بها انفصال خلال إجراء الإختبار عند إضافة الألياف حيث كانت بين المتوسطة والعالية .

6-تبين من هذه النتائج الى ان معامل النحافة (نسبة الطول الى القطر) له دور كبير في خفض النتائج بالنسبة للخلطات التي بها نسبة للألياف المستخرجة من السيارات اكبر .ويرجع ذلك سمك الياف الاطارات صغير جداً ومختلف السطح وبالتالي تقل تشابك الألياف مع بعض تسبب الزيادة في الانسيابيه.

7-يتضح من النتائج تحسن سلوك الخرسانة على مقاومة الشد للألياف(المستخرجة من الإطارات مع ألياف فولاذية) عند كل النسب المشتركة .

8-عند الجمع بين الألياف الفولاذية وألياف الإطارات المستهلكة تحسنت نسبة الامتصاص ، مما يدل على إمكانية الجمع بينهما للحصول على خصائص جيدة من حيث الكثافة والاستدامة.

5.2 التوصيات

-يوصي بأجراء دراسات وابحاث بزيادة طول الياف الاطارات المعاد تدويرها بالخلطات الخرسانية.

-يوصي بدراسة بزيادة نسبة الالياف الفولاذية بالنسبة لألياف الاطارات بالخطة الخرسانية.

المراجع

[1] محمد احمد .د.عبدالعالي بشير "دراسة استخدام المخلفات المطاطية (مخلفات الاطارات)في انتاج الخرسانة الاسمنتية المحلية" بحث ماجستير ,قسم الهندسة وعلوم البيئة ,الاكاديمية الليبية ,مصراته, ليبيا2017

[2] عمر رمضان ,واخرون "تاثير اضافة الياف الحديد على خواص الخرسانة عالية " المؤتمر الاردني الدولي السابع للهندسة المدنية ,الاردن ,2017

[3] ماني محمد.د.كريكر عبدالوحد "المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالألياف " بحث دكتوراه ,قسم الهندسة المدنية ,جامعة قاصدي ومرباح ورقلة ,الجزائر ,2019

[4] عفيف رحمة ، د ريم حافظ (2014) " دراسة تأثير إضافة الالياف الفولاذية المستخرجة من إطارات السيارات المستهلكة على مقاومة الضغط للخرسانة " مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية مجلة (36) العدد (4) 2014

[5] الامين صالح السريح وآخرون (2019) "تأثير إضافة الياف الحديد على سلوك الانحناء في الكمرات الخرسانية المسلحة " المؤتمر الثاني للعلوم الهندسية والتقنية 29-31 ، صبراتة – ليبيا 2019

[6] Atoyebi OO, et al. Waste tires steel fiber in concrete: A review. ResearchGate; 2021.

[7] British Standards Institution. BS 8500-1:2023. Design of concrete. BSI; 2023.

[8] ASTM International. ASTM C143. Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete.

[9] British Standards Institution. BS EN 12390-3:2019. Testing hardened concrete – Part 3: Compressive strength of test specimens. BSI; 2019.

[10] ASTM International. ASTM C496/C496M-23. Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens.

[11] Performance of steel fiber reinforced concrete. International Journal of Engineering and Science. 2012;1(12).

[12] Shende AM, et al. Experimental study on steel fiber reinforced concrete for M-40. International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES). 2012.