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

دراسة تأثير إضافة الألياف الفولاذية المستخرجة من إطارات السيارات المستهلكة على الخواص الميكانيكية للخرسانة العادية

سعاد ابوالقاسم سالم تليش[1] ، نور فرج السريتي[2]، عادل الأمين أحمد[2]
[1]استاذ مساعد / جامعة صبراته ، رقدالين، ليبيا
[2]جامعة صبراته ، رقدالين، ليبيا
sosoly2015@yahoo.com[1]

الملخص:

تعتبر الخرسانة بطبيعتها الفيزيائية والميكانيكية من المواد غير المتجانسة، حيث تتصرف مكوناتها والأسلاك الفولاذية ضمنا كمجموعة من المكونات الجزئية وفق قوانينها الفيزيائية والميكانيكية الموضعية وشروطها الحدية الخاصة حيث تحتوي إطارات السيارات على (14-15)% من وزنها أليافا فولاذية، يعتبر استخدام الألياف في مواد البناء لتحسين سلوكها مفهوما قديما ومعروفا، لذلك تستخدم في العصر الحديث مجموعة من الألياف لتحسين خصائص المواد الهندسية مثل قوة الشد والضغط ومعامل المرونة ومقاومة التشققات والتحكم بها والديمومة ومقاومة الصدم وتحسين الخصائص الحرارية ومقاومة الحرائق. يأتي هذا البحث ضمن منظور توظيف البحث العلمي ونتائجه التطبيقية في عملية تنمية المجتمع، حيث يسلط الضوء على مدخل لاستثمار أحد مواد النفايات (الألياف الفولاذية المعاد تدويرها من الإطارات المطاطية المستهلكة) لإنتاج خرسانة نوعية. اهتمت الأبحاث باستخدامها في الخرسانة، حيث ان امكانية استخدامها في ليبيا هو موضوع لم يدخل حيز الدراسات أو التطبيق العملي لذلك فان الدراسات حول هذا الموضوع مازالت واعدة وفي مراحل مبكرة مما شكل حافزا لإجراء البحث، وفي سبيل اعطاء قيمة مضافة للأبحاث الجارية لاسيما استخدام الاضافات للخرسانة حيث استخدمت ألياف بأطوال مختلفة (15-60)مم وبقطر0.1 مم وبنسب حجمية (0.5،1،1.5)% واختبرت الخرسانة في الحالة اللدنة والمتصلدة (مقاومة الضغط والشد الغير مباشر والكثافة) لعمر(7،28) يوم، بينت النتائج تحسنا في خصائص الخرسانة بالإضافة الى زيادة في مقاومتها للضغط والشد بزيادة نسب المزج بالألياف مقارنة مع الخلطة المرجعية، ولذلك يتم استعمالها في تطبيقات هندسية عديدة مثل رصف المهابط في المطارات وأرضيات المعامل والمنشآت المائية نظرا لمقاومة هذه الخرسانة للتآكل بسبب جاريان الماء وغيرها من التطبيقات.

الكلمات المفتاحية: (الخرسانة العادية، الألياف الفولاذية ، قابلية التشغيل, الخصائص الميكانيكية).

1. المقدمة

تعتبر الخرسانة مادة غير متجانسة حيث انها تحتوي على ركام خشن وناعم موزع عشوائيا ضمن العجينة الإسمنتية مما يجعل سلوكها يختلف كثيرا عن سلوك المواد المتجانسة كالمعادن، تصنف الخرسانة كمادة هشة ذات مقاومة ضعيفة على الشد ولها سعة تشوهات قليلة وذات متانة منخفضة، يتشكل التسليح التقليدي للخرسانة من قضبان تسليح مستمرة في أماكن محددة لمقاومة تأثيرات الشد والقص فمنذ العام 1960 بدأت الأبحاث لاستخدام الألياف كنوع آخر من التسليح في الخرسانة والألياف هي عناصر منقطعة غير مستمرة موزعة عشوائيا ضمن الخلطة الخرسانية فتستخدم للخرسانة عدة أنواع من الألياف منها الطبيعي والصناعي والمعدني.

من الناحية الصناعية هي خرسانة معززة بالألياف المعدنية تحمل من المواصفات الميكانيكية ما يسمح باستخدامها في تطبيقات هندسية متعددة، حيث سالمتها الإنشائية مشروطة بمطاوعتها العالية نسبيا، ومن الناحية الاقتصادية هي

مدخل لإنتاج خرسانة تلبي في بنائها وتشكيلها معيار التوفير في كلفة الإنتاج على مستوى الإنفاق الخاص والإنفاق العام كما أظهرت الأبحاث أن استخدام الألياف الفولاذية المستخرجة من الإطارات المستهلكة في الخرسانة يطور سلوك الانكسار لاسيما فيما يتعلق بالمتانة وسلوك الخرسانة بعد التشقق، وهكذا فإن استخدام هذه الألياف يؤمن فوائد إضافية مثل الكلفة المنخفضة للمواد الخام والاستفادة منها، بالإضافة إلى التخلص من النفايات الصلبة .أما أهم تطبيقات الخرسانة المعززة بالألياف المعدنية المعاد تدويرها فأظهرت الدراسات إمكانية استخدامها في مجالات متعددة منها (أرضيات المعامل للحد من الأضرار الناجمة عن الاهتراء والصدم، أساسات الآلات للحد من الأضرار الناجمة عن الاهتزازات والأحمال الديناميكية، انشاء الطرق ومهابط المطارات كطبقة تغطية للحد من التشققات).

تتمثل مشكلة البحث بان الزيادة الهائلة في اعداد السيارات ولدت مشاكل مختلفة ومن أهمها التلوث البيئي الناتج من احتراق ملايين الاطنان من نفايات الإطارات المستهلكة والتي ولدت العديد من الغازات الكيماوية السامة التي تشكل خطر كبير.

تتمثل أهمية البحث في الحصول على أفضل خصائص للخرسانة العادية وذلك بأجراء الاختبارات اللازمة لها على حسب المواصفات المتبعة في البحث، وكذلك التخلص من التلوث الناتج من الإطارات المستهلكة والحصول على خرسانة صديقة للبيئة ذات خصائص عالية.

يهدف البحث للتعرف على توظيف أبعاد التنمية المستدامة والتقليل من التلوث والأثر البيئي الناتج عن الإطارات المستهلكة وقد اثبتت الدراسات ان افضل الطرق لتحقيق التنمية المستدامة هي(إعادة التدوير)، وكذلك تطوير وسائل لتحويل مخلفات الإطارات المستهلكة لمواد مفيدة.

مع بداية القرن العشرين كانت الخرسانة تجاهد لكي تقف بين مواد البناء الأخرى وكانت مقاومة الضغط تصل الى $140Kg/m^2$، وتعتبر قيمة كبيرة ولها اعتبارها، أكدت عدة دراسات ان هناك كميات كبيرة ومتنوعة من النفايات الصلبة وبالإمكان استعمالها كعامل مزدوج أي لتحسين خواص الخرسانة حيث اثبتت نتائج الدراسات التي أجريت لغرض دراسة تأثير إضافة الألياف على الخواص الميكانيكية للخرسانة أن إضافتها أدى إلى زيادة مقاومة الضغط و الشد بنسب وصلت إلى (25،75،80)% علي التوالي[1-3].

قام الباحث [4] بدراسة تأثير إضافة ألياف الحديد على سلوك تشقق الانحناء في الكمرات الخرسانية حيث اختبرت عينات ذات ابعاد(100×200×1000) مم اظهرت النتائج مدى التأثير الإيجابي لإضافة هذا النوع من الالياف على تقليل عدد التشققات واتساعها في منطقة الانحناء بالإضافة الى زيادة حمل التشقق الأول و تقليل قيم الترخيم. اما الباحث[5] قام بدراسة سلوك الانحناء للكمرات الخرسانية المسلحة بألياف الحديد حيث أظهرت النتائج حدوث زيادة من 30% الى 200% في مقاومة الانحناء و المتانة و ذلك عند إضافة الياف الحديد بنسبة حجمية بمقدار0.5% ،0.75% على التوالي، كما قام الباحث[6] باختبار الضغط على عينات مكعبية 150مم، وعينات اسطوانية 150×300مم، والياف فولاذية معكوفة بطول22 مم ومقاومة شد (350-400) ميغا باسكال ونسبة نحافة 40 وبنسب مزج حجمية(1-6)، (1-3)% بالإضافة الى عينات مرجعية، حيث أظهرت النتائج إن إضافة الألياف بنسبة1% تزيد من مقاومة الضغط مقاومة الشد. اجري الباحث[7] بجامعة شيفيلد البريطانية اختبار على عينات مكعبية مسلحة بألياف فولاذية وفقا للمواصفة البريطانية(BS121996) حيث استخدمت خمس أنواع من الألياف الفولاذية منها مستخرج من اطارات السيارات المستهلكة وألياف فولاذية تقليدية بنسب ألياف وزنية تتراوح من (0.5،6)% بينت النتائج زيادة في المقاومة للعينات المسلحة بها، كما أدى إضافة الألياف الى نقصان هبوط المخروط من 200مم الى 140مم لنسبة ألياف6% وزنا.

قام الباحث[8] بتجارب على عينات خرسانية بنسبة اسمنت $350Kg\backslash m^3$ ومسلحة بألياف من اطارات السيارات المستهلكة بالطريقة الجرارية وازدادت المقاومة من (31.63 الى 39.68)ميغا باسكال أي بمقدار 21%لنسبة ألياف% 0.46 حجما، أما هبوط المخروط فقد انخفض من 215 الى 210 مم، بالمقابل فإن البحوث التي قام بها كل من الباحثين [9]،[10] فقد بينت أن إضافة الألياف له تأثير محدود على مقاومة الخرسانة. أما الباحث [11]فقد قام بتحليل تأثير نسبة الألياف وأطوالها وتوصل الى انه فيه زيادة ملحوظة، قام الباحث [12] باختبارات على ألياف فولاذية لاطارات السيارات المستهلكة بطريقة الحرق باطوال (20،40،60) مم وبنسب اسمنت (340،430،550) $kg\backslash m^3$ ، ازدادت مقاومة الخرسانة بنسب مختلفة وفقا لنسب مزج الألياف وطولها وبعضها أعطى مقاومات اقل من العينات المرجعية حوالي 1%و وصلت أكبر زيادة في المقاومة الى 11.77% للخلطة بنسبة اسمنت $340\ kg\backslash m^3$ وألياف بنسبة 1.5 %وبطول 40 مم.

2. البرنامج العمـــــــــــلي

اعتمدت الدراسة المعملية في البداية على إجراء اختبارات المواد الأولية ثم إجراء خلطات تجريبية للوصول إلى خلطة ذات خواص جيدة سواء في الحالة اللدنة أو المتصلدة.

1.2 المواد المستخدمـــــــة:

استخدمت المواد المحلية لتنفيذ الخلطات الخرسانية وفيما يلي يتم التعرف على خواص هذه المواد:

الإسمنت: استخدم الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج محلياً (مصنع زليتن) يبين الجدول (1)خواص الاسمنت.

الشكل(1) يوضح شكل الاسمنت المستخدم

الجدول (1) الخواص الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت

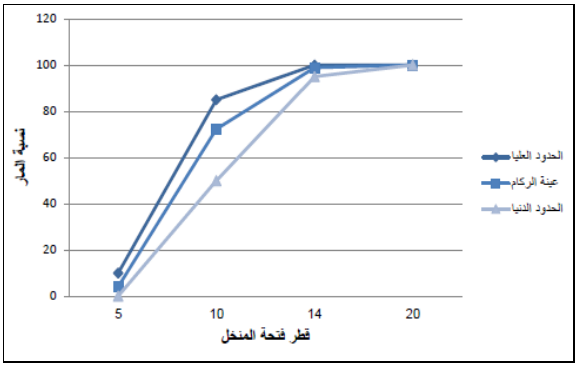
الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة	المواصفة
نسبة الماء القياسية	%29	-	[13]
زمن الشك الابتدائي	155 دقيقة	لا تقل عن 45 دقيقة	[14]
زمن الشك النهائي	290 دقيقة	لا تزيد عن 10 ساعات	
نعومة الإسمنت	%8	الحد الأقصى للمتبقي على منخل 170 (%10)	[15]
مقاومة الضغط للمونة 3 أيام	23.09 MPa	لا تقل عن 21MPa	[16]
مقاومة الضغط للمونة 28 يوم	39.91 MPa	لا تقل عن 39MPa	
ثبات الحجم للإسمنت	0	لا تزيد عن 10mm	[17]

الركام الخشن: استخدم للدراسة ركام خشن متدرج مقاسه الاعتباري الأكبر(20mm) تم جلبه من منطقة رأس اللفعة[18]. يوضح الجدول(2) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام المستخدم ويوضح الشكل (1)منحنى التدرج الحبيبي للركام الخشن.

الجدول(2) يبين ملخص لنتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن.

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة	مواصفة الاختبار
الوزن النوعي	%2.57	2.7-2.5	المواصفة الليبية [19]
نسبة الامتصاص	%2.6	لا تزيد عن %3	
معامل الصدم	%9.76	لا يزيد عن %45	المواصفة الليبية [20]
معامل التهشيم	%20.46	لا يزيد عن %45	المواصفة الليبية [21]
نسبة الطين و الطمي	%2.88	لا تزيد عن %4	المواصفة الامريكية [22]
وزن وحدة الحجوم	1589.3 Kg/m^3	1400-1800Kg/m^3	المواصفة الليبية [23]

الشكل(2) يوضح اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن

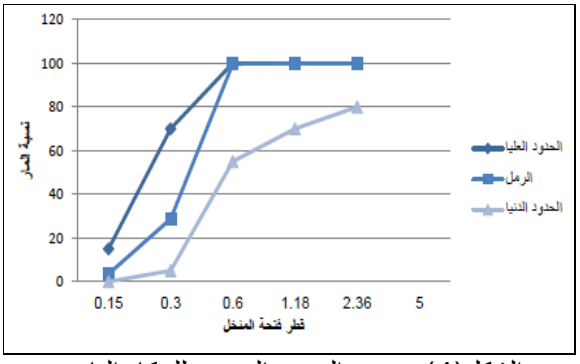


الشكل(3) منحنى التدرج للركام الخشن

الركام الناعم: استخدم للدراسة ركام ناعم (الرمل الطبيعي) تم إحضاره من منطقة زليتن، وتم إجراء العديد من الاختبارات لهذه العينة من الرمل. يوضح الجدول(3) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام المستخدم بينما يوضح الشكل (4) منحنى التدرج الحبيبي للركام الناعم وحدود المواصفة.

الجدول (3) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الناعم.

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة	مواصفة الاختبار
الوزن النوعي	%65.2	2.7-2.6	المواصفة الليبية [19]
نسبة الامتصاص	%0.967	لا تزيد عن 3%	
نسبة المواد الناعمة	%2	لا تزيد عن 3%	المواصفة الأمريكية [22]
وزن وحدة الحجوم (كجم/م^3)	1746.5	1400- 1800	المواصفة الليبية[23]



الشكل(4) منحنى التدرج الحبيبي للركام الناعم

ماء الخلط: استخدم لتنفيذ الخلطات الخرسانية ماء اعتيادي خالي من المواد العضوية (ماء شرب)، المواصفة [24].

الإضافات الكيميائية: تم استخدام نوع واحد من الملدنات الفائقة (Super plasticizer) كإضافة كيميائية من إنتاج شركة (SIKA) واسمها التجاري (Sikament-163)، وهي عبارة عن مادة سائلة تستعمل كإضافة عالية الكفاءة لخفض محتوى الماء وكعامل ملدن قوي يزيد قابلية التشغيل بدرجة فائقة لإنتاج نوع من الخرسانة ذات جودة عالية في المناخ الحار ويؤدي التأثير المزدوج لمادة السيكامنت الى تحسين سرعة التصلد وزيادة الاجهادات المبكرة كما موضح بالشكل(5).

الشكل(5) الملدن Sikament-163

الألياف الفولاذية:

استخدم في هذه الدراسة الألياف الفولاذية المستخرجة من إطارات السيارات المستهلكة الموردة من شركة شبام لتدوير الإطارات التالفة بمنطقة مصراته. تم استخدام اطوال مختلفة (15-60)مم وقطر0.1 مم بنسب حجمية (0.5،1،1.5)% الشكل(6) يوضح شكل الالياف الفولاذية.

الشكل (6) يوضح شكل الالياف الفولاذية

2.2 تصميم الخلطات الخرسانية:

اســـتخدمت الطريقة الحجمية لتصـــميم جميع الخلطات الخرسانية لهذه الدراسة [25] ، وذلك باستخدام مواد محلية وملـدن فـائق ويوضـــح الجـدول (4) اوزان المواد المستخدمة لتنفيذ الخلطات.

الجدول(4) يوضح أوزان المواد المستخدمة لتنفيذ الخلطات

رقم الخلطة	w/c	الماء Kg/m	الاسمنت Kg/m	الركام		نسبة الألياف الفولاذية %	الملدن %
				الركام الخشن	الركام الناعم		
1	0.42	168	400	1080.97	743.08	0	-
2	0.42	168	400	1080.97	743.08	0.5	-
3	0.42	168	400	1080.97	743.08	1	-
4	0.42	168	400	1080.97	743.08	1.5	-
5	0.42	168	400	1080.97	743.08	0	1.2
6	0.42	168	400	1080.97	743.08	0.5	1.2
7	0.42	168	400	1080.97	743.08	1	1.2
8	0.42	168	400	1080.97	743.08	1.5	1.2

3.2 الخلط والصـب والمعالجة للخرسـانة : تعتبر عملية تجهيز المواد وخلطها أمراً مهماً جداً بالنسـبة للخرسـانة، حيث ان التفاوت في أعمال الخلط والصـــب وغيرها من الإجراءات يترتـب عنــه اختلاف في الحــالــة اللــدنــة والمتصـلدة للخرسـانة، ويوضـح الشـكل (7) العينات بعد صبها ومعالجتها.

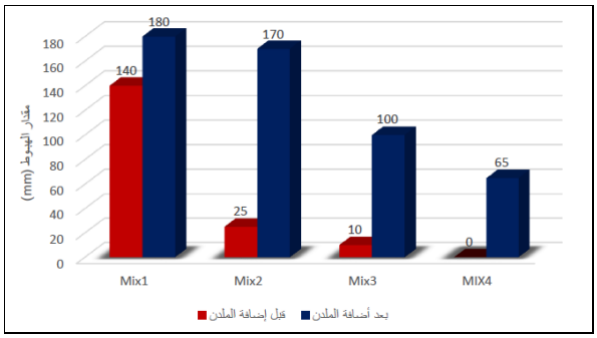
الشكل(7) يوضح العينات بعد صبها ومعالجتها.

4.2 اختبارات الخرسانة

1.4.2 اختبارات الحالة اللدنة

تم اجراء اختبار الهبوط (slump test) على الخرسانة لقياس خاصية قوام الخلطة الخرسانية وذلك لتعيين مدى هبوطها والتأكد من نسب مكونات الخلطة الخرسانية، الشكل(8)،(9) يوضح طريقة الاختبار والنتائج.

الشكل (8) طريقة قياس الهبوط للخلطات.

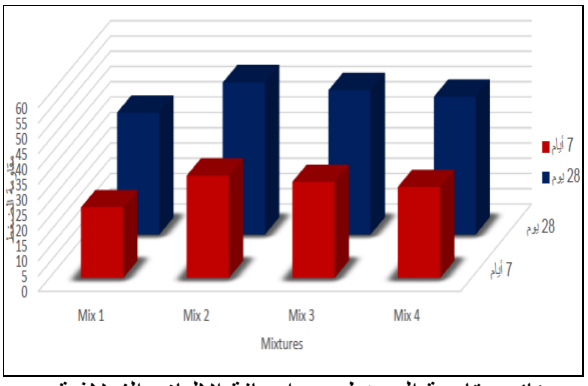


الشكل(9) نتائج اختبار الهبوط مقارنة بالخلطة المرجعية

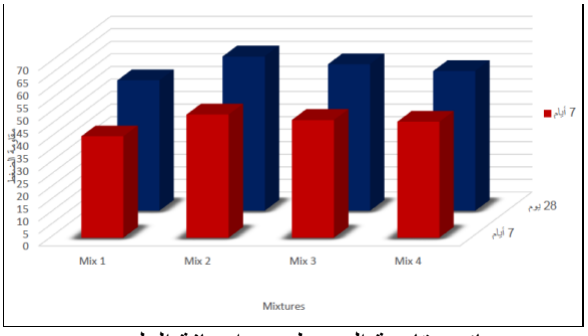
2.4.2 اختبارات الحالة المتصلدة

اختبار مقاومة الضغط: تعتبر مقاومة الضغط من أهم المتطلبات الأساسية للخرسانة، حيث تم إجراء الاختبار طبقاً للمواصفات البريطانية [19]على عينات مكعبة ذات أبعاد (150×150×150)ملم، وتم اختبارها عند أعمار (7-14-28) يوم، يوضح الشكل(10)،(11) طريقة اختبار مقاومة الضغط والنتائج المتحصل عليها.

الشكل(10) يوضح طريقة اختبار مقاومة الضغط



نتائج مقاومة الضغط عند إضافة الالياف الفولاذية



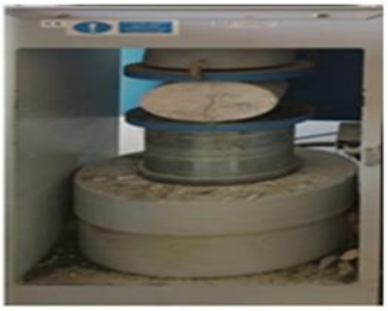
نتائج مقاومة الضغط عند إضافة الملدن

الشكل(11) يوضح مقاومة الضغط بالمقارنة بالخلطة المرجعية عند عمر (7-14-28) يوم

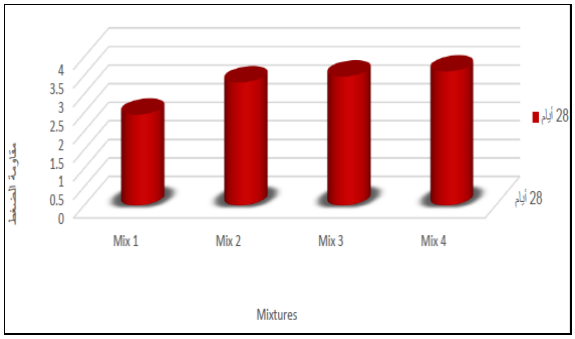
اختبار الشد غير المباشر(الطريقة البرازيلية):

أجرى الاختبار على عينات اسطوانية الشكل ذات أبعاد(150×300)ملم، وتم اختبارها لعمر28 يوم وذلك لمعرفة مقاومة الشد للخرسانة بإضافة الالياف الفولاذية،

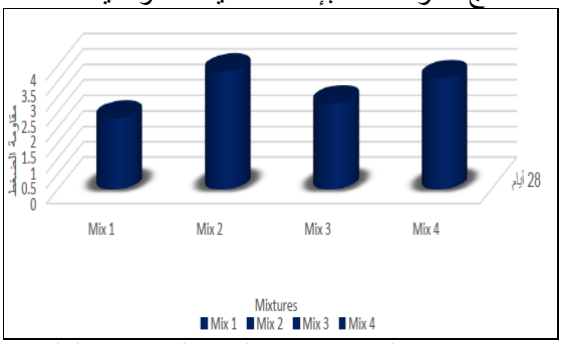
الشكل(12)،(13) يوضح طريقة اختبار مقاومة الشد ونتائجه مقارنة بالخلطة المرجعية.



الشكل(12) اختبار مقاومة الشد للاسطوانات



نتائج مقاومة الشد بإضافة الالياف الفولاذية فقط



نتائج مقاومة الشد بإضافة الالياف الفولاذية والملدن

الشكل(13) نتائج اختبار مقاومة الشد بالمقارنة بالخلطة المرجعية

اختبار الكثافة: تم اجراء هذا الاختبار على الخرسانة والحصول على نتائج الاختبار كما موضح بالجدول(5)

الجدول(5) يوضح نتائج اختبار الكثافة للخلطات الخرسانية

Samples (Num)	Steel Fiber %	Plasticizer %	Operating age	Weight (Kg)	Density ($Kg\backslash m^3$)
MIX 1	0.0	%1.2	7	8231.5	2.43
			28	8365	2.48
MIX 2	%0.5	%1.2	7	8608	2.55
			28	8721	2.58
MIX 3	%1	%1.2	7	8537	2.53
			28	8417	2.5
MIX 4	%1.5	%1.2	7	8483	2,51
			28	8382	2,5

3. الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة نستنتج الاتي:

1. لوحظ تناقص في اختبار الهبوط كلما زادت نسب المزج بالألياف لذلك تم استخدام الملدنات لتحسين قابلية التشغيل.
2. إضافة الملدن يضفي تأثيرات إيجابية على الخرسانة الطرية مثل زيادة الهبوط دون الحاجة الي كمية ماء إضافية وتقليل نسبة (W\C) لقيمة هبوط ثابتة، وتحسين قابلية التشغيل وتسهيل عملية الضخ للخرسانة.
3. ان سلوك الخرسانة المسلحة بألياف الحديد يماثل سلوك الخرسانة المسلحة بالألياف الفولاذية من حيث تحسن مقاومة الضغط ومقاومة الشد مقارنة بدراسة الباحث[5] مما يبرر اضافة هذه الألياف للخرسانة.
4. زادت مقاومة الضغط بزيادة نسب الألياف مقارنة بالخلطة المرجعية حيث وصلت المقاومة الى MPa 49.73 عند إضافة الياف بنسبة 0.5% للخلطة.
5. ان اعلي مقاومة ضغط للخرسانة تم الحصول عليها عند إضافة الالياف والملدن معا حيث سجلت المقاومة 61.47MPa عند عمر 28 يوم.
6. تزداد مقاومة الشد للخرسانة بإضافة الالياف مما يؤدي الي منع حدوث تشققات الانكماش.

7. إضافة الألياف الفولاذية أدت إلى زيادة كثافة الخرسانة لجميع نسب الألياف مقارنة بالخلطة المرجعية.
8. زيادة نسبة الألياف الفولاذية إلى 1.5% لها تأثير على انخفاض مقاومة الضغط للعينات .
9. استخدام الالياف الفولاذية المستخرجة من الإطارات المستهلكة يؤمن فوائد إضافية مثل الكلفة المنخفضة للمواد الخام والاستفادة منها بالإضافة الي التخلص من النفايات الصلبة.

4. التوصيـــات

مـن خـلال نتـائج البحـث والاطـلاع علـى الدراسـات والبحوث التي تخص الدراسة نوصي بما يلي:

1. اجـراء بحـوث مسـتقبلية بإضـافة نسـب اخـرى مـــن الاليـــاف الفولاذيـــة المســـتخرجة مـــن الإطـــارات المســـتهلكة وبأحجـــام مختلفـــة الـــى الخرسـانة.
2. اجـراء اختبـارات اخـرى علـى الخرسـانة مثـل (مقاومـــة الانحنـــاء، التوصـــيل الحـــراري) وغيرها من الاختبارات.
3. نوصـي بدراسـة سـلوك تـأثير الأليـاف الفولاذيـة على سلوك الانحناء في الكمرات الخرسانية.

5. الشكر

الحمـد لله علـى توفيقـه.. نتقـدم بجزيـل الشـكر لادارة مصـنع شـبام لتـدوير الاطـارات التالفـة بمدينـة مصـراته على حسن تعاونهم وتشجيعهم.

6. المراجع

1. ACI COMMITTEE 544. Design Considerations for Steel Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.4 R-09). American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan,2009 .
2. THOMAS,job; RAMASWAMY, Ananth. Mechanical properties of steel fiber-reinforced concrete. journal of materials in civil engineering,2007,19.5;385-392 .
3. SOUTSOS, M.N.; LE, T.T; LAMPROPOULOS, A.P, Flexural performance of fiber reinforced concrete made with steel and synthetic fibres. Construction and building materials, 2012 , 36 ;704 – 710
4. ABDALKADER, Ashraf; ELZAROUG, Omer; ABUBAKER, Farhat. Flexural cracking behavior of steel fiber reinforced concrete beams, international journal of scientific & technology research, volume 6, issue 08,2017,273-27 .
5. KANG, Thomas HK, et al. shear-flexure coupling behavior of steel fiber – reinforced concrete beams. ACI structural journal, 2012, 109.4.
6. BENCARDINO, F., RIZZUTI, L., SPADEA, G. Experimental tests vs. theoretical modeling for FRC in compression. In Proc. 6th Int. Conf. on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures - FraMCoS-6, Catania, Italy, 2007.
7. TLEMAT, H., PILAKOUTAS, K., NEOCLEOUS, K. Stress-strain characteristic of SFRC using recycled fibers, Materials and Structures, (2006), 39 (3), pp. 365-377 .
8. AIELLO; LEONE: steel fibers from waste tires as reinforcement in concrete:amechanical characterization. department of innovation engineering, university of salento, via monteroni, 73100, lecce, Italy .
9. OLIVITO R.S., ZUCCARELLO F.A. "An experimental study on the tensile strength of steel fiber reinforced concrete", Composites Part B: Engineering, (2010)41 Issue 3, 246-255.
10. BURATTI N., MAZZOTTI C., SAVOIA M.,"Post-cracking behavior of steel and macro synthetic fiber-reinforced concretes", Construction and Building Materials, (2011), 25 Issue 5,2713-2722.
11. MOHAMMADI Y., SINGH S. P., KAUSHIK S.K., Properties of steel fibrous concrete containing mixed fibers in fresh and hardened state, Construction and Building Materials, (2008),22 Issue 5, 956-965.
12. NASIR BEDEWI; steel fiber reinforced concrete made with fibers extracted from used tires. Addis Ababa University. Master. 2009
13. المواصفة القياسية الأوروبية BS EN 196-3:1995 لإختبار القوام القياسي وزمن الشك الابتدائي والنهائي للعجينة الإسمنتية
14. المواصفة القياسية الليبية رقم 341-3 طرق اختبارات الفيزيائية للإسمنت – زمني الشك 2005.
15. المواصفة القياسية الأوروبية BS EN 196-6:1992 للإختبار تعيين نعومة الإسمنت باستخدام منخل رقم 170.
16. المواصفة القياسية الليبية رقم 341-6 "طرق الاختبارات الفيزيائية للإسمنت – مقاومة الضغط "، 2005.
17. المواصفة القياسية الليبية رقم 341-4 "طرق الاختبارات الفيزيائية للإسمنت– ثبات الحجم"، 2005.
18. المواصفات القياسية البريطانية BS 882 : 1992 لاختبار التحليل المنخلي للركام .

19. المواصفة القياسية الليبية رقم 256 ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية – طريقة تعيين الوزن النوعي و الامتصاص 2006
20. المواصفة القياسية الليبية رقم 255 ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية – طريقة تعيين معامل الصدم 2006 .
21. المواصفة القياسية الليبية رقم 253 ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية– طريقة تعيين معامل التهشيم 2006 .
22. المواصفة القياسية الامريكية ASTMC117-04 لاختبار تعيين نسبة الطين والمواد الناعمة للركام .
23. المواصفة القياسية الليبية رقم 250/82 - طريقة تعيين وزن وحدة الحجوم 2006 .
24. المواصفة القياسية الليبية رقم 294- المياه المستعملة في الخرسانة – 1988 .
25. كتاب تكنولوجيا الخرسانة للدكتور محمود إمام 2011 .