دراسة تأثير إضافة الألياف البلاستيكية على الخواص الميكانيكية للخرسانة.

محمد فرج محمد المقرحي.
محاضر / كلية التقنية و العلوم-قمينس/ ليبيا.
E-mail: mohamedbaleid79@gmail.com
فيصل علي محمد.
محاضر/ المعهد العالي للمهن الشاملة –بنات /بنغازي.

الملخص:
جميع دول العالم ومنها البلدان النامية الان تتجه الى تقوية الخرسانة ضد التشقق واعادة تأهيلها، وذلك باستخدام الالياف المصنعة من المخلفات الصناعية او الطبيعية وذلك بتطبيق مبدأ التنمية المستدامة بصناعة البناء و التشييد. من هذا المنطلق تم بهذا البحث انتاج خرسانة خضراء ليفية بمواد محلية و ألياف من مخلفات البلاستك التي اضيفت الى الخلطة الخرسانية بنسب من وزن الاسمنت (% 0.0,0.25,0.50,0.75,1.0,1.25,1.50). وخلطت الخرسانة بنسبة ماء للإسمنت (0.5) بمقاومة مستهدفة للخرسانة (30-35 MPa). حيث اظهرت نتائج الاختبارات التي اجريت على الخرسانة الليفية، ان مقاومتها للانضغاط تنخفض بزيادة نسبة الألياف حتى تصل الي 8.9% بما يقابل نسبة الياف% 1.5 مقارنة مع الخلطات المرجعية، اما مقاومتها للشد تزداد بزيادة نسبة الالياف بمقدار 30.2%. اي امكن انتاج خرسانة ليفية ومقاومة للشد واقل اتساع للشروخ والتشققات، لتعود بالفائدة البيئية بالتخلص من مخلفات البلاستيك التي تنتج من المواد المستخدمة في حياتنا اليومية ذات مزايا و كلفة منخفضة .

الكلمات المفتاحية: خرسانة ليفية، مقاومة الخرسانة للشد، الياف مخلفات البلاستيك، الخرسانة الخضراء، تقوية الخرسانة ضد الشروخ.

1. المقدمة :

الخرسانة الليفية هي خرسانة مصنوعة من الاسمنت والركام و الياف غير مستمرة و موزعة توزيعاً عشوائياً خلال الكتلة الخرسانية. فبصورة عامة ان اهم المشاكل التي تواجها الخرسانة هي:

1- انها مادة هشة ومقاومتها للانثناء ضعيفة.
2- يحدث بها انكماش لدن وتشققات في الاعمار المبكرة و تشققات انكماش الجفاف في الاعمار المتأخرة.
3- تميل الى الانفجار والتشظي عند التعرض للحرارة العالية والحرائق.

كل هذه الاسباب تضعف اداء الخرسانة [1].

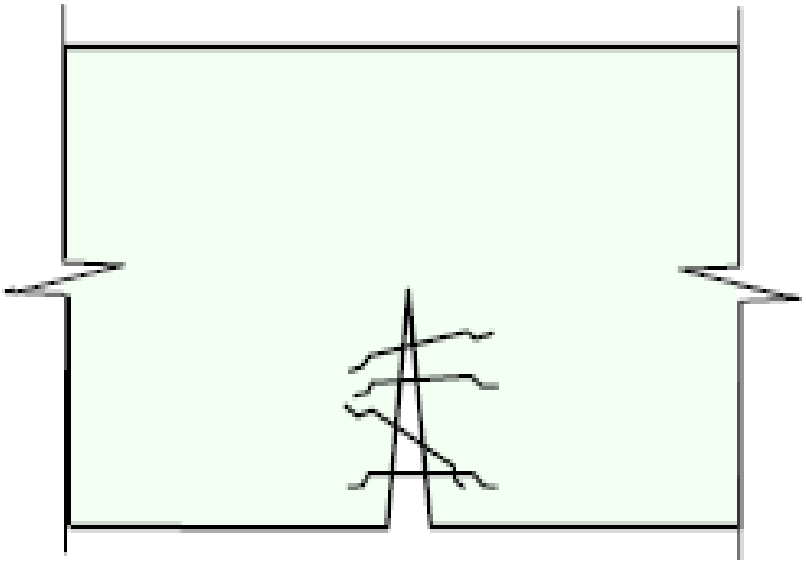
يعتبر انتاج الخرسانة الليفية احد المجالات الحديثة التي تعنى بتحسين ديمومة الخرسانة اذ ان تقنية استخدام الالياف المصنعة للتسليح هي افضل وسيلة للتعويض عن الحديد والمشبكات الحديدية حيث تحسن الالياف من متانة الخرسانة وتقلل من قابلية التشقق وتزيد مقاومة الحرائق. كما انها تعطي ترابط جيد للخرسانة وتساعد في حل مشكلة تكون الشقوق في وقت مبكر في مرحلة اللدونة للخرسانة، حيث تعمل الالياف بثلاث اتجاهات لمقاومة السحب للأسفل بفعل الجاذبية وبهذا تحافظ على الركام في الخليط وتعطي نضح منتظم. كما ان الشد العالي الذي تتمتع به الالياف يوفر للخرسانة مستوى اعلى من المتانة و السيطرة على حدوث التشققات دون الخوف من مشاكل الصدأ المرافقة لحديد التسليح انظر شكل 1. ايضاعند استخدام الالياف المصنعة في تطبيقات ضخ الخرسانة فإنها تزيد التلاصق بحيث تساعد في اضافة طبقات خرسانية اسمك دون الخوف من حدوث التشقق [1]. خلال العقود الماضية شهد مجال تطبيقات الخرسانة الخضراء الصديقة للبيئة نمواً وخاصة في مجال اضافة الالياف إلى الخرسانة. بحيث بات إنتاج الخرسانة المعززة بألياف من المخلفات الصناعية واسع الانتشار بسبب توفرها ورخص ثمنها هذا بالإضافة إلى الفائدة البيئية المتمثلة بالتخلص من المخلفات الصناعية، كما عرض بالشكل 2 امثله من اعادة تدوير مخلفات المصنعات البلاستيكية لإنتاج الياف تستخدم بتقوية الخرسانة.

مؤخرا اجريت عدة دراسات للنظر في الاستفادة من مخلفات البلاستيك لتعزيز وتقوية الخرسانة ومنها :

الحديثى، و علي، 2018، عملا ببحثهما علي اضافة الياف من البلاستيك عن طريق تقطيع قناني المشروبات البلاستيكية بحيث تضاف الى الخرسانة العادية بنسب (0.25,0.5,0.75,1,1.25,1.5%) لتحسين مقاومة القص و الشد للعتبات الخرسانة المسلحة. وفق النتائج المتحصل عليها ببحثهما وجد ان تأثير الالياف من البلاستيك على قابلية التشغيل و مقاومة الانضغاط بالنقصان، اما مقاومة الشد و معامل المرونة بالزيادة [2].

الحديثي، و حمه،2017، درسا ببحثهما بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة المعززة بألياف من فضلات البلاستيكية. حيث اظهرت النتائج ببحثهما تحسن في الخواص الميكانيكية للخرسانة مع زيادة نسبة الالياف وكان التحسن الاكثر وضوحا هو لمقاومة الانثناء بعمر 28 يوم لنسبة الياف حجمية قدرها 3.25% في حين كان مقدار الزيادة لمقاومة الانضغاط 1.4%، كما أظهرت النتائج عدم وجود تأثير واضح على كثافة الخرسانة بزيادة نسبة الالياف [3].

الحديثي، و العاني،2015، ببحثهما قاما بدراسة التغيير في الخواص الميكانيكية للخرسانة العادية العالية الاداء والمضاف اليها مخلفات من البلاستيك. حيث قام الباحثان باستبدال (2.5%، 5%، 7.5%) من حجم الركام الناعم بنسب من الركام البلاستيكي الذى تم الحصول عليه من مخلفات قناني البلاستيك. وايضا قاما بتقييم الخواص الميكانيكية للخرسانة من حيث مقاومة الانضغاط و الشد، حيث اظهرت النتائج التي تحصلوا عليها انخفاضا في مقاومة الانضغاط وزيادة لمقاومة الشد مقارنه بالخرسانة المرجعية وذلك عند زيادة نسبة الاستبدال للركام اما بالنسبة للكثافة للخرسانة فنقصت عند زيادة الاستبدال[4].



شكل 1 دور الألياف في تقليل الشروخ و التحكم بها.

شكل 2 أشكال الالياف من مخلفات البلاستيك.

في هذه الدراسة تم إنتاج خرسانة ليفية لها القدرة علي مقاومة الشد و الشروخ و التشققات، وذلك بإضافة الياف من مخلفات البلاستك بنسب من وزن الاسمنت (0.0,0.25,0.5,0.75,1.0,1.25,1.50) لدراستها كمادة رابطة مع الاسمنت. وتم التحقق من جودة الخرسانة المنتجة بمقارنة نتائج الكسر للشد الغير مباشر و الضغط للخرسانة الليفية مع نتائج الخرسانة المرجعية الخالية من المضافات.

2. المواد المستخدمة بالدراسة :

- **ماء الخلط:** تم استخدام ماء الشرب المطابق للمواصفات بخلوه من مواد العضوية او الملوثات او الاملاح في إعداد خلطات، كذلك تم استخدام الماء نفسه لمعالجة العينات.
- **الياف البلاستيك :**

الالياف المستخدمة هي من اكياس البلاستك التي تستعمل بالمتاجر عند شراء البضائع و المتوفرة بالأسوق المحلية. وتم اعداد الالياف بصنع شرائط طويلة ثم قصها كألياف بطول يتراوح من 1.2 الى 1.5مم. والوزن النوعي للبلاستك المستخدم بصنع هذا النوع من الاكياس هو 1.28 و هي غير ممغنطة و غير قابلة للصدأ و خاملة كيميائيا ولا تمتص الماء وتلتصق بشكل تام مع خليط الاسمنت انظر الشكل3.

شكل .3 الالياف المستخدمة من مخلفات اكياس البلاستيك.

- **الإسمنت:** اسمنت بورتلاندي عادي من إنتاج مصنع زليتن للإسمنت و متوفر بالسوق المحلية (شكل4)

ويوضح الجدول 1 خواصه الطبيعية ومقارنتها مع المواصفات البريطانية.

جدول 1 الخواص الإسمنت.

الاختبار	النتائج	**BS 12 : 1978** حدود المواصفات
زمن الشك الابتدائي (ساعة)	2:10	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن الشك النهائي (ساعة)	2:45	لا يزيد عن 10 ساعات
القوام القياسي (mm)	6.3	5 ← 7 mm
الوزن النوعي	3.15	مطابق
مقاومة الانضغاط MPa		
3 أيام	16.2	الحد الادنى 15 MPa
7 أيام	25.5	الحد الادنى 23 MPa

شكل 1 الاسمنت المستخدم بالدراسة.

- **الركام الكبير و الصغير:**

الركام الكبير المستخدم بالدراسة مصدره من كسارات مدينة اجدابيا اما الركام الصغير تم التحصل عليه من موقع شط البدين. الجداول 2 و3 تعرض خصائص الركام الكبير و الصغير(شكل5) ومقارنتها مع حدود المواصفات و توضح الاشكال6 و7 منحنى التدرج الحبيبي للركام و الذي يوضح انه جيد التدرج.

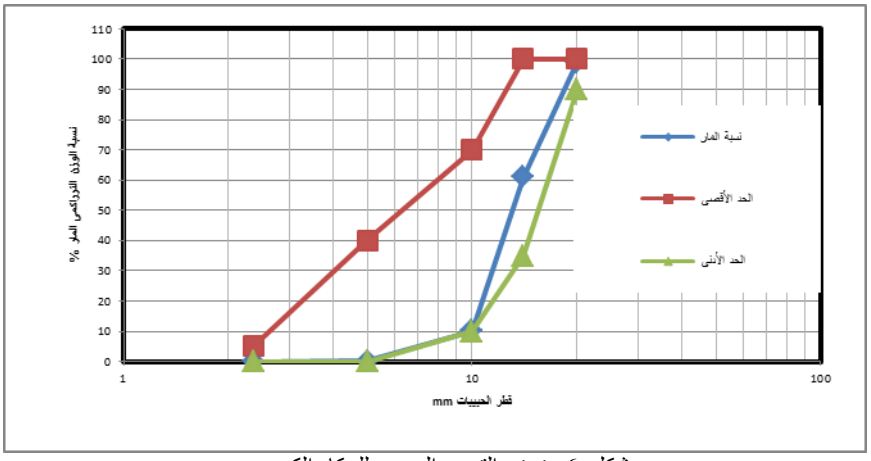
جدول 2 نتائج اختبارات الركام الكبير .

الاختبار	نتائج الاختبار	**BS 812: PART 2:1975**
الوزن النوعي	2.69	2.75 ← 2.5
نسبة الامتصاص	%1.2	3>
نسبة المواد الناعمة	%0.38	الحد الأعلى 3 %
محتوى الرطوبة	%0.40	
وزن وحدة الحجوم Kg/Cm^3	1680	1800←1600

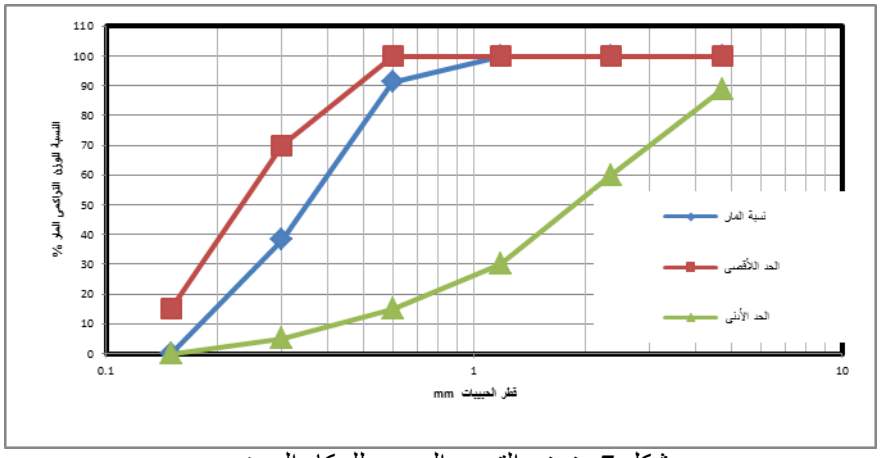
جدول 3 نتائج اختبارات الركام الصغير.

الاختبار	نتائج الاختبار	**BS 812:PART 2:1975**
الوزن النوعي	2.75	2.75 ← 2.5
نسبة الامتصاص	%1	%2 ← 0.5
وزن وحدة الحجوم Kg/cm^3	1730	1850 ← 1500

شكل 5 عينات من الركام الكبير و الصغير المستخدم بالخلط.



شكل .6 منحنى التدرج الحبيبي للركام الكبير.



شكل 7 منحنى التدرج الحبيبي للركام الصغير.

3. تصميم الخلطة الخرسانية:

اعتمد بتصميم الخلطة الخرسانية المعايير (قابلية التشغيل بمقادر هابط 25-100mm، مقاومة الانضغاط بعمر28 يوم 30-35 Mpa، و لا تحتوي علي هواء و نسب الماء الي الاسمنت هي 0.5 %) ولم تستخدم ملدنات وذلك لتفي بمتطلبات طريقة معهد الخرسانة الامريكي ACI بتصميم الخلطات. اوزان مكونات الخلطات للمتر المكعب من الخرسانة عرضت بجدول 4.

جدول 4 .اوزان الخلط للمتر مكعب.

W_W Kg/m^3	W_C Kg/m^3	W_{Cag} Kg/m^3	W_{Fag} Kg/m^3	نسبة الإلياف%
204	407.00	1088.04	661.01	0
	405.98		659.78	0.25
	404.97		658.56	0.50
	403.95		657.33	0.75
	402.93		656.10	1.0
	401.91		654.87	1.25
	400.90		653.64	1.50

4. اعداد الخلطات و العينات

تم خلط المواد الجافة اولا (الركام الكبير و الصغير والاسمنت والياف البلاستيك) في خلاط سعته $0.07m^3$، ومن ثم اضافة الماء حتى يتم تجانس. حيث تم اعتماد صب4 مكعبات بمقاس (15×15×15cm) و 4 اسطوانات بمقاس (30×15cm). بعد إتمام عملية صب تترك العينات في الهواء بدرجة حرارة المعمل حتى اكتمال تصلبها لمدة يوم واحد، ثم معالجتها في الماء لمدة 28 يوم كما يظهر شكل8 خلط و صب العينات.
اعتمد بحساب مقاومة الضغط و الشد الغير مباشر على المواصفة BS 1881: part 116 وفق المعادلات التالية :

مقاومة الشد:

(2)
$$ft = \frac{2P}{\pi DL}$$

مقاومه الضغط :

(3)
$$fc = \frac{P}{A}$$

حيث:
P= حمل الكسر.
A= مساحة المعرضة للتحميل.
L = طول الاسطوانة ،D= قطر الاسطوانة.

شكل 8 خلط الخرسانة و اعداد وصب العينات.

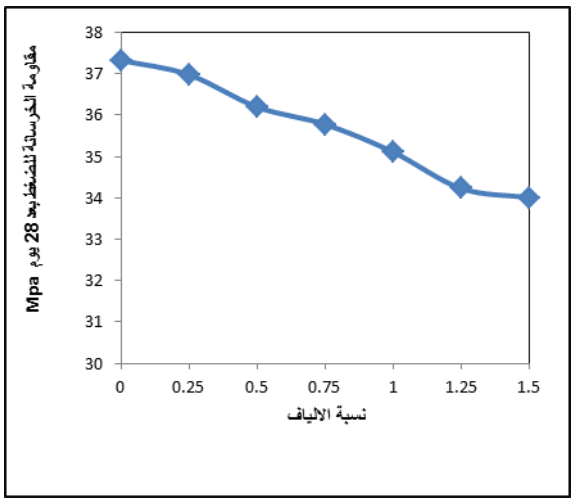
5. مناقشة النتائج

بالنظر الى نتائج اختبارات مقاومة الشد الغير مباشر و الانضغاط على الخرسانة الليفية التي عرضت بجدول 5، نجد ان مقاومة الانضغاط للخرسانة الليفية الحاوية على الياف اكياس البلاستك تقل بزيادة نسبة الالياف حتى نسبة مضاف 1.5% بمقدار8.9% عن تلك الخالية من الالياف. فمقاومة الضغط كانت للخرسانة المرجعية 37.33MPa واصبحت تتناقص حتى 34.01MPa وذلك يرجع كون ان زيادة الألياف تجعل الخرسانة ذات تشغيلية ضعيفة ناهيك عن صعوبة الخلط و تولد فراغات تضعف من مقاومة الخرسانة، غير ان الياف البلاستك لم تصنع لهذا الغرض من حيث الانتشار و التوزيع و التجانس مع الخرسانة مقارنه مع غيرها من الياف المصنعة للخرسانة الليفية مع ملاحظة ان النقص الذي حدث ليس بالمقدار الكبير المدمر للخرسانة. حيث عمد بهذا البحث ان لا تضاف أي ملدنات وذلك لتبيان اثر استخدام الياف البلاستيك على مقاومة الخرسانة للضغط و الشد دون تدخل أي مواد مضافة اخرى. اما مقاومة الشد للخرسانة الليفية مقارنة مع الخرسانة المرجعية نجد أنها تزداد بزيادة نسبة الالياف حتي نسبة مضاف 1.5% حيث ان مقاومة الخرسانة المرجعية للشد والانشطار 2.65 MPa بزيادة الألياف تصل عند نسبة مضاف 1.5% الى MPa 3.45. ذلك كون ان اكياس البلاستك لها ممطوليه عالية ومقاومة للشد كبيرة حتى تؤدي الغرض من صنعها. المخططات 10، 11، 12 تعرض المقارنة بين نتائج الاختبارات على العينات الخالية من الألياف مع تلك المضافة اليها، فنجد ان افضل نسبة الياف تضاف الى الخرسانة وتعزز مقاومتها ضد الشد و ايضا بمقاومة ضغط عالية هي نسبة مضاف 1.5%، بالإضافة الى ملاحظة تفاوت بسيط في كثافة الخليط المحتوي على الالياف و يعود سبب ذلك الى كون كثافة الالياف البلاستيك قليلة جدا مقارنة بكثافة مكونات الخرسانة الأخرى بسبب قلة وزنها مع العلم بانها احتسبت كمضاف من وزن الاسمنت. عملت الياف البلاستيك علي تماسك الخرسانة بشكل جدا ملحوظ حالت دون تفتتها اثناء اجراء الاختبار حتى بعد الكسر وهو واضح بصور العينات قبل و بعد التكسير بشكل 13.

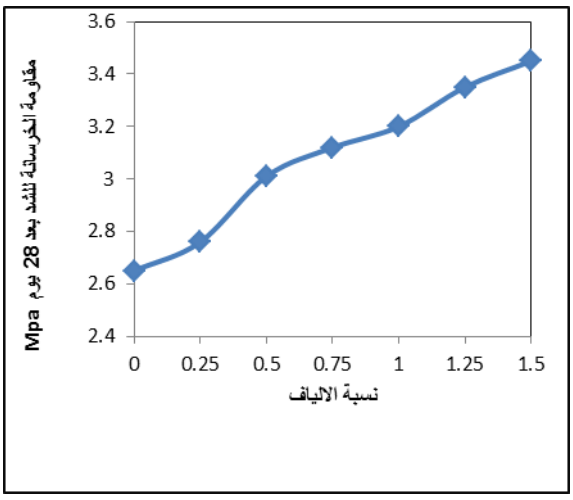
جدول 5 نتائج اختبارات الكسر للمكعبات و الاسطوانات للخرسانة مضاف اليها الياف.

نسبة الالياف من الاسمنت%	اجهاد الضغط بعد 28 يوم MPa	اجهاد الشد بعد28 يومMPa	كثافة الخرسانة Kg/m^3	مقدار النقصان بمقاومة الضغط	مقدار الزيادة بمقاومة الشد	مقدار النقصان بكثافة الخرسانة
0	37.33	2.65	2340.99	---	---	---
0.25	36.98	2.76	2338.67	0.9	4.2	0.1
0.5	36.2	3.01	2337.04	3.0	13.6	0.2
0.75	35.78	3.12	2336.48	4.2	17.7	0.2
1	35.11	3.20	2334.52	5.9	20.8	0.3
1.25	34.23	3.35	2331.52	8.3	26.4	0.4
1.5	34.01	3.45	2330.56	8.9	30.2	0.4

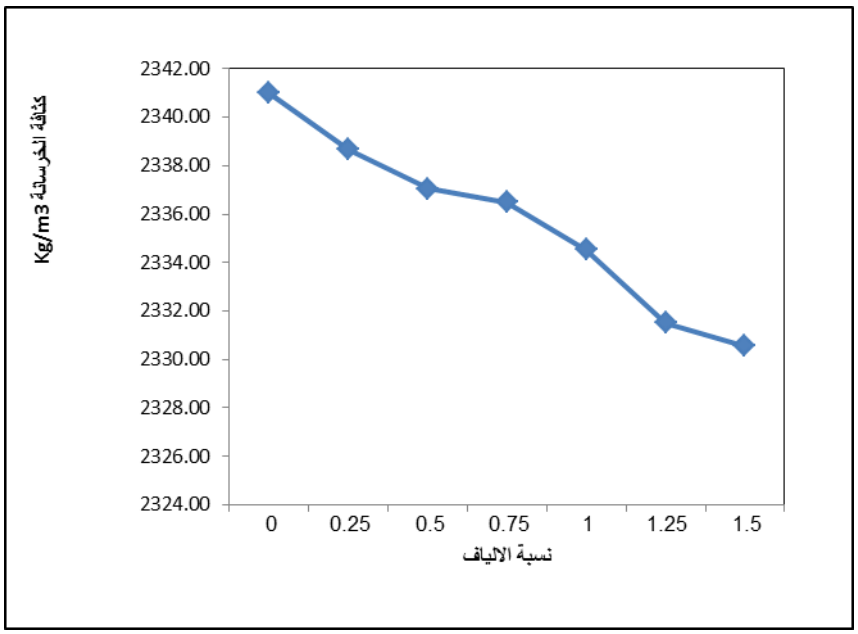
شكل 9 شكل العينات عند اجراء اختباري الضغط و الشد الغير مباشر.



شكل 10 مخطط نتائج مقاومة الخرسانة للضغط حسب النسب المضافة من الياف .



شكل 11 مخطط نتائج مقاومة الخرسانة للضغط حسب النسب المضافة من الياف .



شكل 12 مخطط بين نسبة مضاف من الياف مع كثافة الخرسانة.

1. الخلاصة و الاستنتاجات

بعد اتمام البحث تم التمكن من انتاج خرسانة صديقة للبيئة و مقاومة للشروخ و التشققات الناتجة من قوي الشد او القص التي تتعرض لها بإضافة الياف من مخلفات البلاستك. و تبين النتائج ان افضل نسبة للأليف البلاستيك تضاف للخرسانة العادية ذات مقاومة 35 Mpa دون الاضرار بمقاومتها و تزيد من مقاومة قوي الشد لنسبة تصل الي 34.01% و بكثافة اقل بنسبة 0.4% هي 1.5% من وزن الاسمنت. من الملاحظ ان استخدام كميات عالية عالية من الألياف من هذا النوع تنتج خرسانة ذات قابلية تشغيل قليلة لذا ينصح بإضافة ملدن لزيادة تشغيلية الخرسانة بالأخص بالعناصر الانشائية ذات حديد التسليح كثيفة .بعد الانتهاء من هذه الدراسة نوصي بان يتم الاهتمام بمفهوم التنمية المستدامة بالبناء و الانشاء لحل القضايا التي تتعلق بالاستهلاك المرتفع للمصادر الطبيعية و انتاج النفايات الصلبة من ضمنها البلاستيك الذي ينمو انتاجه بشكل كبير. وايضا التوصية بإجراء دراسة حول مدى مقاومة الخرسانة المسلحة الليفية من مخلفات البلاستك للحرائق والحرارة المرتفعة والانفجارات والاحمال الزلزالية، بالإضافة الى استخدام الخرسانية الليفية من مخلفات البلاستيك بأعمال اعادة تأهيل وصيانة المباني وتقوية العناصر الانشائية المعرضة لإجهادات الشد.

شكل 13 العينات قبل وبعد الاختبار وتأثير الالياف علي تقليل الشروخ وتشققات.

2. المراجع

[1]. محمود إمام (2002) "تقنية الخرسانة الخواص، الجودة والاختيارات " جامعة المنصورة، مصر،-ISBN 977 -505-5069 .

[2]. Al Hadithi. A. I, and Abbas .M.A, 2018, The Effects Of Adding Waste Plastic Fibers On The Mechanical Properties And Shear Strength Of Reinforced Concrete Beams, Iraqi Journal of Civil Engineering Volume:12, Issue:1, PP:110-124.

[3]. الحديثي، عبدالقادر ,حمه، شيلان ،2017،" بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة البوليمرية المعززة بألياف الفضلات البلاستيكية" The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Special Issue (D) pp:653-664

[4]. Al Hadithi. A. I, and Alani M. F.,2015," Mechanical Properties of High Performance Concrete Containing Waste Plastic as Aggregate" Journal of Engineering, Volume: 21 ,Issue:8, PP: 100-115.

[5]. British Standard Institution:

- BS 12:1996: Specification for Portland cement.
- BS812: Part2: 1995: Methods for determinations of density and absorption.
- BS 812: Part 103: 1992: Method for determination of particle size distribution.
- S 1881: part 116 1983, Concrete Testing, Methods of Determination of Compressive Strength of Concrete cub