

## دراسة تأثير اضافة الياف المخلفات البلاستيكية على الخواص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك

م. ميار موسى الإدريسي<sup>(2)</sup>  
merooal038@gmail.com

أ. سعاد ابوالقاسم تليش<sup>(1)</sup>  
sosoly2015@yahoo.com

(1) استاذ مساعد بقسم الهندسة المدنية - جامعة صيراته كلية الهندسة رقدالين

(2) مهندسة بقسم الهندسة المدنية - كلية التقنية الهندسية زوارة

### ملخص:

تم تطوير مفهوم الاستدامة في السنوات الماضية لتشمل صناعة البناء والتشييد لحل القضايا التي تتعلق بالاستهلاك المرتفع للمصادر الطبيعية والتلوث البيئي ونتاج كميات عالية من النفايات الصلبة ومن ناحية اخرى فإن انتاج البلاستيك ينمو بشكل كبير في كل عام وخاصة انواع من (PET<sub>1</sub>) التي تستخدم لانتاج قناني مياه الشرب. تحاول هذه الدراسة تطبيق مفهوم الاستدامة للحد من التلوث البيئي عن طريق تقطيع قناني المياه البلاستيكية على شكل ألياف صغيرة تضاف إلى الخرسانة ذاتية الدمك لتحسين خواصها. لتحقيق هذا الغرض ولتوضيح تأثير الألياف البلاستيكية على سلوك الخرسانة ذاتية الدمك تم تقسيم هذه الدراسة إلى جزئين، الجزء الأول يوضح تأثير الألياف البلاستيكية على الخواص الطرية للخرسانة ذاتية الدمك والتي تشمل قابلية الانسياب، الانتشار، المرور ومقاومة الانعزال، في حين كان الجزء الثاني يشمل تقييم الخواص المتصلبة (الميكانيكية) والتي تشمل مقاومة الانضغاط والشد. تم تصميم خلطة مرجعية واحدة في هذا البحث والتي تم اعتمادها كأساس لتطوير الخلطات الأخرى، في حين تم صب ثلاث خلطات محتوية على نسب مختلفة من الألياف البلاستيكية، حيث كانت تلك النسب (0.5، 1.0، 1.5)، % من وزن الاسمنت لغرض المقارنة مع الخلطة المرجعية، تم صب ثلاث مكعبات لفحص مقاومة الانضغاط، اسطوانة واحدة لإختبار (الشد الانشطاري). أوضحت نتائج الإختبارات أن إضافة الألياف البلاستيكية إلى الخرسانة ذاتية الدمك كان لها تأثير إيجابي في زيادة مقاومة الانضغاط والشد، حيث كان مقدار الزيادة بعمر (28) يوم (10.49%) و (42%) على التوالي عند نسبة الياف (0.5-1)% بالمقارنة مع الخلطة المرجعية والتي تمثل أفضل نسبة للألياف، كما بينت نتائج الإختبارات الطرية للخلطات الخرسانية الحاوية على الألياف البلاستيكية بأن إضافة الألياف يؤدي إلى إنخفاض في قابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك.

الكلمات المفتاحية: الخرسانة ذاتية الدمك، المخلفات البلاستيكية، الخصائص الميكانيكية.

## Study the effect of adding waste plastic fibers(WPFs) on engineering properties of self-compacting concrete

Eng. Saud Abulgsem.S.Tleish- Civileng – Eng, Faculty, Regdaleen  
sosoly2015@yahoo.com

Eng. Meyar MousaAledrisy- Civileng – Eng, Faculty, Zwara  
merooal038@gmail.com

### ABSTRACT:

The concept of sustainability was developed in the last years and included the construction industry to solve the issues that pertaining by high consumption of natural sources, environmental pollution and high amount production of solid wastes. On the other hand, the plastics generation is growing exponentially every year, especially, types of Polyethylene Terephthalate (PET<sub>1</sub>) that are used to drinking water bottles, this study attempts to apply the concept of sustainability and reduce the environmental pollution by cutting the plastic bottles (PET) as small fibers added to the self-compact concrete (SCC) to improve the compressive and tensile strength. For this purpose, and to illustrate the effects of WPFs on the SCC, the current study was divided into two parts, the first part shows the effect of adding plastic fibers on the properties of fresh SCC, which include the ability flow, spread, passing and resistance to segregation, and the second part to evaluate the properties of hardened (mechanical), which include compression strength, tensile strength. One reference concrete mix was conducted and three mixes contain WPF has been producing self-compacting concrete mixers containing a different ratio of plastic fibers (0.5,1,1.5) % from cement weight. Three cubes samples were prepared for testing the compressive strength, one cylinder were prepared testing the tensile strength.

The experiments show that adding plastic fibers to SCC leads to an increase in the compression strength and tensile strength at 28-day as follows (10.49) % and (42) % respectively for mix ratio (0.5, 1) % in comparison with the reference mix, which represent the best ratio of fibers, as such the results of testing the fresh concrete containing waste fibers showed that adding these fibers led a reduction in workability for SCC.

**Key Words:** Self-compacting concrete; waste plastic; mechanical properties.

## 1. المقدمة:

شهدت صناعة الخرسانة في العقود الأخيرة من الزمن تطوراً كبيراً تمثل في إنتاج أنواع جديدة منها لتشييد منشآت خرسانية موثوق في خواصها من حيث القدرة على تحمل الضغوط المسلطة عليها والديمومة العالية مع سهولة التنفيذ، ومن أهم هذه التطورات الخرسانة ذاتية الدمك وهي خرسانة لها قدرة عالية على الانسياب والعبور ذاتياً خلال العوائق كقضبان التسليح والأشكال المتغيرة الأبعاد وذات السمك المحدود دون الحاجة إلى دمكها لغرض التخلص من التعشيش. وإيضاً لها عدة خصائص تميزها عن الخرسانة التقليدية، وبإضافة الألياف تصبح من المواد المهمة في صناعة التشييد، حيث بات إنتاج الخرسانة المزودة بألياف المخلفات الصناعية وذلك بسبب توفرها ورخص ثمنها بالإضافة إلى الفائدة البيئية، أثبتت الدراسات إمكانية الاستفادة من البلاستيك في إنتاج مواد إنشائية مفيدة، إما عن طريق إضافتها كألياف للخرسانة أو كمتروم (جرش) بديلاً عن الركام لغرض تحسين خواصها. تم تطوير مفهوم الاستدامة في السنوات الماضية لتشمل صناعة البناء والتشييد حل القضايا التي تتعلق بالاستهلاك المرتفع للمصادر الطبيعية والتلوث البيئي حيث تعتبر العمليات الصناعية المولد الأساسي للنفايات وقد ساهم الوعي البيئي المتزايد في التركيز على المخاوف المتعلقة بمسألة رمي النفايات مع قلة المساحات اللازمة والمستخدمة للتخلص منها بالإضافة إلى كلفة معالجتها العالية لذلك تستهدف التنمية المستدامة تحقيق تحولاً سريعاً في القاعدة التكنولوجية للمجتمعات الصناعية، إلى تكنولوجيا جديدة أنظف، وأكثر وأقدر على الحد من تلوث البيئة، كذلك تهدف إلى تحولا تكنولوجيا في البلدان النامية الأخذ في التصنيع، لتفادي تكرار أخطاء التنمية، وتفادي التلوث البيئي الذي تسببت فيه الدول الصناعية، ويشكل التحسن التكنولوجي الذي تستهدفه التنمية المستدامة، وسيلة هامة للتوفيق بين أهداف التنمية والقيود التي تفرضها البيئة، بحيث لا تتحقق التنمية على حساب البيئة.

يُقصد بالاستدامة البيئية بأنها قدرة البيئة على مواصلة العمل بصورة سليمة، لذلك يتمثل هدف الاستدامة البيئية في التقليل إلى أدنى حد من التدهور البيئي، وتتطلب الاستدامة تغذيته بشكل طبيعي، بمعنى أن تكون الطبيعة قادرة على تجديد التوازن البيئي. البلاستيك عبارة عن مادة تم تطويرها من أجل استخدامها في تطبيقات مختلفة لكن للأسف فإن هذه المادة المرنة والقوية غير قابلة للتحلل مما يجعل من طرق التخلص منها تهديد على البيئة حيث أصبحت النفايات البلاستيكية المنزلية والصناعية مصدر قلق بيئي رئيسي في العالم خاصة أن التلوث بهذه النفايات وصل إلى بحار ومحيطات العالم حيث تتسلل سنويا حوالي 6.4 مليون طن من النفايات إلى البحار والمحيطات والأنهار وتشكل النفايات البلاستيكية 75 % منها. انتشرت ظاهرة إلقاء المخلفات بمختلف أنواعها والتي من بينها مخلفات اللدائن في الأماكن العامة وعلى جوانب الطرق أو في المياه والشواطئ وأصبحت

هذه المخلفات تنتقلها الرياح في الطرقات والشوارع مما يسبب تلوثاً خطيراً للبيئة ويسئ إلى المظهر العام للمدن والقرى [1] تحاول هذه الدراسة تطبيق مفهوم الاستدامة للحد من التلوث البيئي عن طريق استخدام (مخلفات البلاستيك) من النوع (PET1) وتقطيعها يدوياً على شكل ألياف صغيرة تضاف إلى الخرسانة ذاتية الدمك، حيث تم إضافتها بنسب (0.5-1-1.5)% من وزن الإسمنت لغرض الاستفادة من مزايا هذه الألياف في تحسين الخصائص الهندسية للخرسانة والتقليل من المخلفات البيئية. حيث أجريت العديد من الدراسات باستخدام المخلفات البلاستيكية في الخرسانية .

توضح الدراسة [2] نتائج الاختبارات لمحاولة تم تنفيذها لتطوير بعض الخصائص للخرسانة ذاتية الدمك (SCC) عن طريق إضافة ألياف من البلاستيك (WPF) الناتجة من نفايات قطع زجاج المشروبات. حيث أجريت بعض التجارب لدراسة مضاعفات تأثير إضافة الألياف البلاستيكية على الخواص اللدنة والخواص المتصلدة فتم تصميم ثمانية خلطات محتوية على الألياف البلاستيكية بنسب حجمية (0،%0.25،%0.5،%0.75،%1،%1.25،%1.5،%1.75،%2) ومحتوى مائي ثابت 0.35 وتم قياس خصائص قابلية التشغيل للخلطات بقياس قطر الانتشار و T50 لتدفق الانتشار، وقياس زمن تدفق V-Funnel ونسبة إرتفاع L-Box، وتم قياس مقاومة الضغط والانحناء لهاخلال (7-14-28) يوم، وأظهرت النتائج بأن الألياف البلاستيكية تأثيرها سلبي على الخواص اللدنة للخرسانة ذاتية الدمك ولكن يتحسن تأثيرها في الخواص المتصلدة.

الدراسة [3] قدمت بحثاً علمياً لخواص الخرسانة ذاتية الدمك المسلحة والمحتوية على ألياف الفضلات البلاستيكية تم إضافة نواتج التقطيع اليدوي للقناني البلاستيكية (حفظ المشروبات الغازية) حيث تم تقطيعها بنسبة (الطول/ العرض) مساوية لـ (28). لتوضيح تأثير الألياف البلاستيكية على سلوك الخرسانة، تم اختبارها على الخواص الطرية والخواص المتصلبة (الميكانيكية) والتي تشمل مقاومة الانضغاط ، الانثناء (معامل الكسر) والموجات فوق الصوتية. تم تصميم خلطة مرجعية واحدة والتي تم اعتمادها كأساس لتطوير الخلطات الأخرى، تم صب (8) خلطات محتوية على نسب حجمية مختلفة من الألياف البلاستيكية (% Vf)، حيث كانت تلك النسب (0.25، 0.5، 0.75، 1.0، 1.5، 1.25، 1.75 و 2) % لغرض المقارنة مع الخلطة المرجعية. أوضحت النتائج أن إضافة الألياف البلاستيكية إلى (SCC) كان لها تأثير إيجابي في زيادة مقاومة الانضغاط ومقاومة الانثناء، حيث كان مقدار الزيادة بعمر (28) يوم يساوي (42.30%) و (73.12%) على التوالي عند نسبة المزج (1.5%) بالمقارنة مع الخلطة المرجعية والتي تمثل أفضل نسبة حجمية للألياف، كما بينت نتائج

الفحوصات الطرية للخلطات الخرسانية الحاوية على الألياف البلاستيكية بأن إضافة الألياف يؤدي إلى انخفاض في قابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك.

الدراسة [4] توضح تأثير إضافة مخلفات البلاستيك الصناعي الناتج من عملية التقطيع اليدوي للقناني البلاستيكية المستخدمة كحوايات لحفظ المشروبات الغازية على بعض خواص الخرسانة المحورة بالبوليمر مثل مقاومة الانضغاط و مقاومة الانثناء. تم إضافة ألياف البلاستيك بنسبتين حجميتين مختلفتين قدرهما (1.6% و 3.25%) في حين استخدمت خلطة مرجعية لأغراض المقارنة، وأضيفت نسبة وزنية ثابتة من بوليمر SBR. مساوية (10%) من وزن الإسمنت لجميع الخلطات الخرسانية، ومن ضمنها الخرسانة المرجعية. أظهرت النتائج تحسناً في الخواص الميكانيكية للخرسانة المحورة بالبوليمر مع زيادة نسبة الألياف وكان التحسن الأكثر وضوحاً هو لمقاومة الانثناء متمثلة بقيمة معايير الكسر حيث وصلت هذه الزيادة بعمر 28 يوم إلى (24.4%) لنسبة ألياف حجمية قدرها (4.1%) عن الخرسانة المرجعية ولنفس نسبة الألياف ونفس عمر الاختبار، كما أظهرت النتائج عدم وجود تأثير واضح على كثافة الخرسانة بزيادة نسبة الألياف.

تحاول الدراسة [5] أن تطبق مفهوم الاستدامة للحد من التلوث البيئي عن طريق تقطيع قناني المشروبات البلاستيكية على شكل ألياف صغيرة تضاف إلى الخرسانة العادية لتحسين مقاومة القص والشد للكمرات الخرسانية المسلحة، ولتحقيق هذا الغرض، تم إجراء الفحص المختبري لدراسة تأثير ألياف النفايات البلاستيكية (PET) على سلوك القص لسبع كمرات خرسانية مسلحة بأبعاد (100\*150\*1200) ملم، وكانت النسب المئوية للألياف التي استخدمت في هذه الدراسة (0.25، 0.5، 0.75، 1، 1.25، 1.5) % . كما تم دراسة تأثير ألياف البولي إيثيلين تيريفثالات (PET) على الخواص الميكانيكية للخرسانة مثل قابلية التشغيل، مقاومة الانضغاط ، ومقاومة شد الانشطار، معامل المرونة وسرعة الموجات فوق الصوتية. وتوضح نتائج الاختبارات أن الألياف البلاستيكية أعطت نتائج عالية لمقاومة الضغط عند نسبة 1% من الألياف البلاستيكية، وبالنسبة لمقاومة الشد أعطت مقاومة عالية بزيادة نسبة الألياف البلاستيكية وكانت أفضل نسبة 1.5% عند 28 يوم. قام الباحثان [6] بدراسة الخصائص الميكانيكية للخرسانة الحاوية على فضلات بلاستيكية الناتجة من التقطيع اليدوي للقناني البلاستيكية المستخدمة في حفظ المشروبات الغازية بنسب حجمية مختلفة تتراوح من (0.5%-2%) . أظهرت النتائج أن استخدام ألياف بنسبة (0.75%) أدى إلى تحسين مقاومة الانضغاط بنسبة (5.1%) مقارنة مع الخلطة المرجعية بعمر 28 يوم، وكذلك يمكن ملاحظة أن كل من مقاومة الانثناء ومقاومة الشد بالانشطار تزداد بمقدار (12.5%) عن المقاومة للخلطة المرجعية.

## 2. البرنامج العملي:

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.

#### ■ المواد المستخدمة:

استخدم المواد المحلية لتنفيذ الخلطات الخرسانية وفيما يلي يتم التعرف على خواص هذه المواد:  
**الإسمنت:** استخدم الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج محلياً (مصنع زليتن) ومعبأ بأكياس مقللة من ورق سميك للمحافظة على خواصه وحمايته من الرطوبة يوضح الجدول (1) خواص الاسمنت.

**الركام الخشن:** استخدم للدراسة ركام خشن متدرج مقاسه الاعتباري الأكبر (14mm) تم جلبه من منطقة رأس اللفعة [12]، ويوضح الجدول (2) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام المستخدم بينما يوضح الشكل (1) منحى التدرج الحبيبي للركام الخشن وحدود المواصفة.

**الركام الناعم:** استخدم للدراسة ركام ناعم (الرمال 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 (2) منحى التدرج الحبيبي للركام الناعم وحدود المواصفة.

#### الجدول (1) يوضح الخواص الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت.

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة	مواصفة الاختبار
نسبة الماء القياسية	28.5%	-	م ق ل 2-341 <sup>[7]</sup>
زمن الشك الابتدائي	155 دقيقة	لا يقل عن 45 دقيقة	م ق ل 3-341 <sup>[8]</sup>
زمن الشك النهائي	285 دقيقة	لا يزيد عن 10 ساعات	
نعومة الإسمنت باستخدام منخل رقم 170	8%	الحد الأقصى للمتبقّي (10%)	BS EN 196-6:1992 <sup>[9]</sup>
مقاومة الضغط للمونة 3 أيام	22.13MPa	لا تقل عن 21MPa	م ق ل 6-341 <sup>[10]</sup>
مقاومة الضغط للمونة 28 يوم	39.22MPa	لا تقل عن 39MPa	
ثبات الحجم للإسمنت	0	لا يزيد عن 10mm	م ق ل 4-341 <sup>[11]</sup>

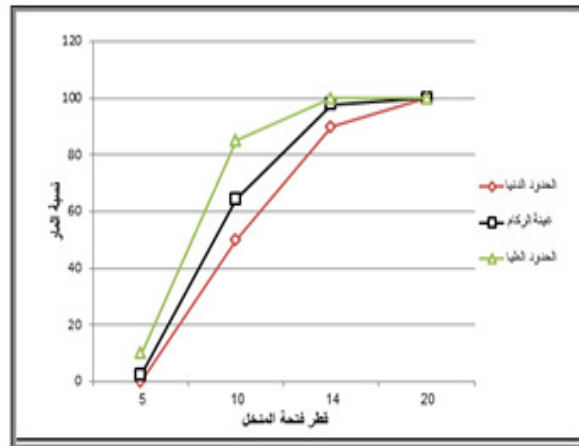
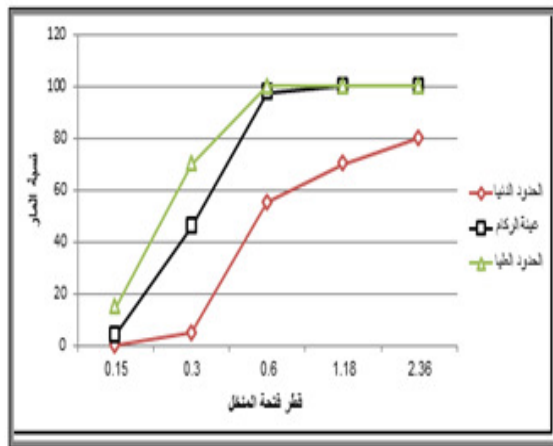
#### الجدول (2) يوضح نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن.

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة	مواصفة الاختبار
الوزن النوعي	2.56	2.7-2.5	م ق ل 256 <sup>[13]</sup>
نسبة الامتصاص	2.83%	لا تزيد عن 3%	
معامل الصدم	11.5%	لا يزيد عن 45%	م ق ل 255 <sup>[14]</sup>
معامل التهشيم	18.63%	لا يزيد عن 45%	م ق ل 253 <sup>[15]</sup>
نسبة الطمي والطين	2.88%	لا تزيد عن 4%	ASTM C117-04 <sup>[16]</sup>
وزن وحدة الحجم	1451.02	1800-1400Kg/m <sup>3</sup>	م ق ل 250/82 <sup>[17]</sup>

الجدول (3) يوضح نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الناعم.

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة	مواصفة الاختبار
الوزن النوعي	2.61	2.7-2.6	م ق ل 256 <sup>[13]</sup>
نسبة الامتصاص	0.4%	لا تزيد عن 3%	
نسبة المواد الناعمة	2%	لا تزيد عن 3%	ASTM C117-04 <sup>[16]</sup>
وزن وحدة الحجم	1746.5Kg/m <sup>3</sup>	1800-1400Kg/m <sup>3</sup>	م ق ل 250/82 <sup>[17]</sup>

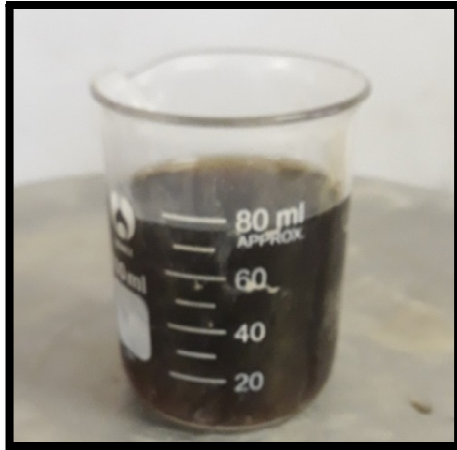
ماء الخلط: استخدم لتنفيذ الخلطات الخرسانية ماء مطابق للمواصفات القياسية الليبية [18] مياه العين الحلوة (مياه صالحة للشرب)، يوضح الجدول(4) نتائج التحليل الكيميائي للماء.



الشكل (1) التحليل المنخلي للركام الخشن الشكل (2) التحليل المنخلي للركام الناعم.

الإضافات الكيميائية (الملدن): استخدم للدراسة نوع واحد من الإضافات وهي الملدنات الفائقة ( Super plasticizer)، من صنع شركة تركية، واسمها التجاري (DEGASET PC7070) وهي عبارة عن مذيبات عالية المدى من الجيل الجديد تقلل نسبة الماء / الإسمنت لحد كبير لزيادة قابلية التشغيل والخواص الميكانيكية للخرسانة، وهي عبارة عن مادة سائلة تعتمد في تركيبها الكيميائي على البولي كربو كسيلات والتي تستخدم خصيصاً لتنفيذ SCC، والشكل (3) يوضح الملدن المستخدم. حيث تم اخذ نسبة ثابتة من الملدن 1.4% ، وأوصت نشرة المصنع أن تتراوح الجرعة المستخدمة بين (0.6-2)% من وزن الإسمنت بحيث تعطي هبوطاً مستهدفاً يتراوح بين (650-800) ملم [19].

الجدول (4) يوضح نتائج التحليل الكيميائي للماء.



الشكل (3) يوضح شكل الملمدن

النتيجة	الرمز الكيميائي	التركيب الكيميائي
14	Ca	كالمسيوم
11	Mg	ماغنسيوم
20	Na	صوديوم
5	K	بوتاسيوم
24	HCO <sub>3</sub>	بيكربونات
20	So <sub>4</sub>	كبريتات
18	Cl	كلوريدات
7.2 - 6.6	PH	الأس الهيدروجيني
150 - 120	T.D.S	مجموع الأملاح المعدنية

الألياف البلاستيكية: تم في هذه الدراسة إضافة نواتج التقطيع اليدوي لمخلفات القناني البلاستيكية (المستخدمة لحفظ مياه الشرب) حيث تم تقطيعها لشرائط طويلة كألياف وبيّن الجدول (5) خصائص الألياف البلاستيكية، الشكل (4) مراحل تقطيع البلاستيك.

الجدول (5) يوضح خصائص الألياف البلاستيكية.

Fiber Type	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Density (Kg/m <sup>3</sup> )	Aspect Ratio(I/d)	Tensile strength	Modulus of elasticity (Gpa)
P. F	15	1	0.03	1100	28	101	0.19





الشكل (4) يوضح مراحل تقطيع البلاستيك.

#### ■ برنامج الخلطات الخرسانية:

البرنامج المعتمد لهذه الدراسة أن يكون المحتوى الكلي للمواد الإسمنتية  $450\text{Kg/m}^3$ ، والمقاس الاعتباري للركام الخشن 14mm وذلك لتفادي حدوث انفصال حبيبي، على اعتبار أنه سيتم استخدام الملدنات فقط في تنفيذ الخلطات. يتم اختيار النسبة المناسبة من الملدنات للخلطة المعتمدة في الدراسة على النتائج التي سيتم الحصول عليها من الخلطات التجريبية.

#### ■ تصميم الخلطات الخرسانية:

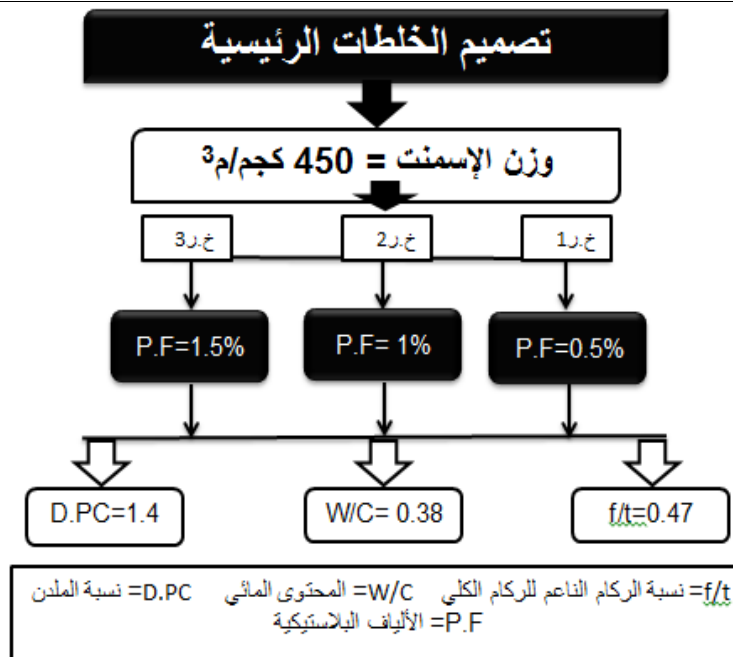
استخدمت الطريقة الحجمية لتصميم جميع الخلطات الخرسانية لهذه الدراسة [19]، ويوضح الجدول (6) اوزان المواد المستخدمة لتنفيذ الخلطات، والشكل (5) مخطط توضيحي لتصميم الخلطات .

$$\frac{C \left( \frac{W}{C} \right)}{\rho_W} + \frac{C \left( \frac{A}{C} \right)}{\rho_A} + \frac{C}{\rho_C} = 1\text{m}^3 \dots \dots (1) \quad \frac{C \left( \frac{W}{C} \right)}{\rho_W} + \frac{A_S}{\rho_A} + \frac{A_{CA}}{\rho_{CA}} + \frac{C}{\rho_C} = 1\text{m}^3 \dots \dots (2)$$

C ⇒ Cement    W ⇒ Water     $A_S$  ⇒ Sand     $A_{CA}$  ⇒ Coarse Aggregate     $\rho$  ⇒ Unit Weight

الجدول (6) يوضح أوزان المواد المستخدمة لتنفيذ الخلطات الرئيسية.

الأيلاف البلاستيكية Kg/m <sup>3</sup>	الملدن % وزن الإسمنت	الركام Kg/m <sup>3</sup>		الإسمنت Kg/m <sup>3</sup>	الماء Kg/m <sup>3</sup>	W/C	الخلطة
		ركام ناعم	ركام خشن				
-	1.4	833.5	939.5	450	171	0.38	خ.ت 0
2.25	1.4	833.5	939.5	450	171	0.38	خ.ت 1
4.5	1.4	833.5	939.5	450	171	0.38	خ.ت 2
6.75	1.4	833.5	939.5	450	171	0.38	خ.ت 3
$P_S=2.61$		$P_{CA}=2.56$		$P_C=3.15$			



الشكل (5) يوضح مخطط توضيحي لتصميم الخلطات الرئيسية.

▪ **الخلط والصب والمعالجة للخرسانة:**

تعتبر عملية تجهيز المواد وخلطها أمراً مهماً جداً بالنسبة للخرسانة ذاتية الدمك، حيث ان التفاوت في أعمال الخلط والصب وغيرها من الإجراءات يترتب عنه اختلاف في الحالة اللدنة والمتصلدة للخرسانة، ولهذا تم مراعاة ان يتم تجهيز جميع العينات في ظروف مناخية ومعالجة متشابهة، حيث تم تجهيز الخلطات في فترة زمنية قصيرة وذلك لتلافي تأثير الاختلاف في درجات الحرارة. فبعد الانتهاء من خلط الخرسانة اجريت اختبارات الخرسانة في الحالة اللدنة لدراسة خواصها الانسيابية، ثم تم صبها في قوالب قياسية فولاذية مكعبة الشكل

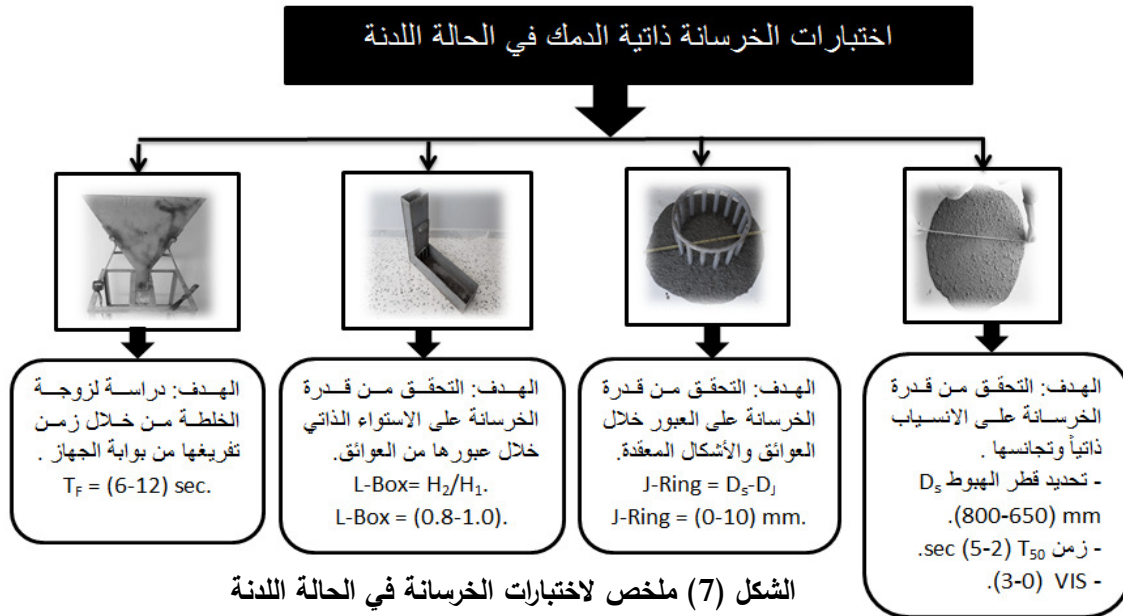
واسطوانات. ثم فكت في اليوم التالي لتعالج بغمرها في الماء الى حين موعد اختبارها. الشكل (6) يوضح كيفية تجهيز وصب ومعالجة الخرسانة.



الشكل (6) يوضح العينات الخرسانية بعد صبها ومعالجتها.

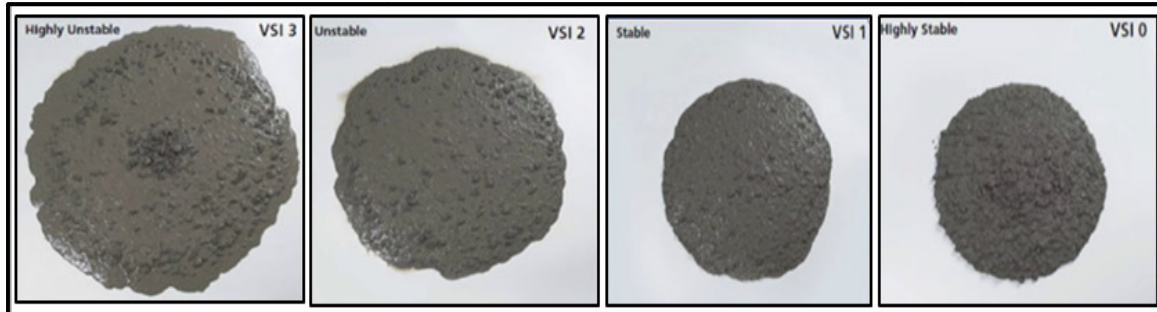
▪ اختبارات الخرسانة ذاتية الدمك في الحالة اللدنة والمتصلدة:

اختبارات الحالة اللدنة: نظراً لخصوصية الخرسانة من حيث انسيابها العالي بمقارنتها بالخرسانة التقليدية فإنه يتعين تنفيذ بعض الاختبارات الخاصة بها لتعيين درجة التشغيلية وتحديد جودتها في الحالة الطازجة من حيث قابلية التشغيل والعبور ومقاومة الانفصال الحبيبي وقابلية الملء ، يوضح الشكل (7) ملخص لاختبارات الخرسانة في الحالة اللدنة.





الشكل (8) يوضح طريقة إجراء اختبار الهبوط (Slump Flow)

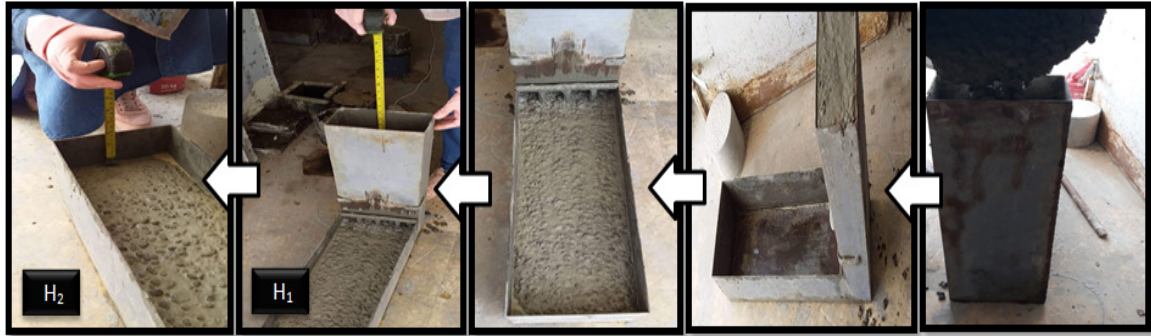


الشكل (9) يوضح حالات اختبار مؤشر الاستقرار البصري VSI



الشكل (10) يوضح طريقة إجراء اختبار J-Ring





الشكل (11) يوضح طريقة إجراء اختبار L-Box



الشكل (12) يوضح طريقة إجراء اختبار V-Funnel

#### اختبارات الحالة المتصلدة:

- اختبار مقاومة الضغط: تعتبر مقاومة الضغط من أهم المتطلبات الأساسية للخرسانية، حيث تم إجراء الاختبار طبقاً للمواصفات البريطانية [20] على عينات ذات أبعاد (150×150×150) ملم، وتم اختبارها عند أعمار (7-28) يوم، والشكل (13) يوضح المكعبات الخرسانية.
- اختبار الشد الغير مباشر (الطريقة البرازيلية): تم إجراء الاختبار على عينات إسطوانية الشكل ذات أبعاد (300×150) ملم وتم اختبارها بعمر 28 يوم [21]، كما موضح بالشكل (14).



الشكل (13) المكعبات الخرسانية. الشكل (14) الإسطوانات الخرسانية.

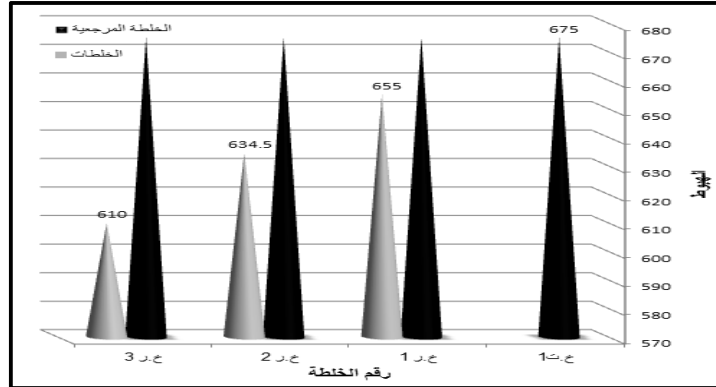
▪ عرض ومناقشة نتائج الخلطات الرئيسية (الحالة اللدنة):

تم دراسة ثلاث خواص أساسية للخرسانة ذاتية الدمك المحتوية على الألياف البلاستيكية وهي قابلية الانسياب وقابلية وقدرة الخرسانة على العبور خلال العوائق والقوالب المتغيرة الأبعاد والمقطع وقدرتها على الاستواء الذاتي، بالإضافة إلى الاستقرار. يعرض الجدول (7) نتائج الخواص الانسيابية للخلطات الخرسانية المنفذة.

الجدول (7) يوضح نتائج خواص الحالة اللدنة للخلطات الخرسانية.

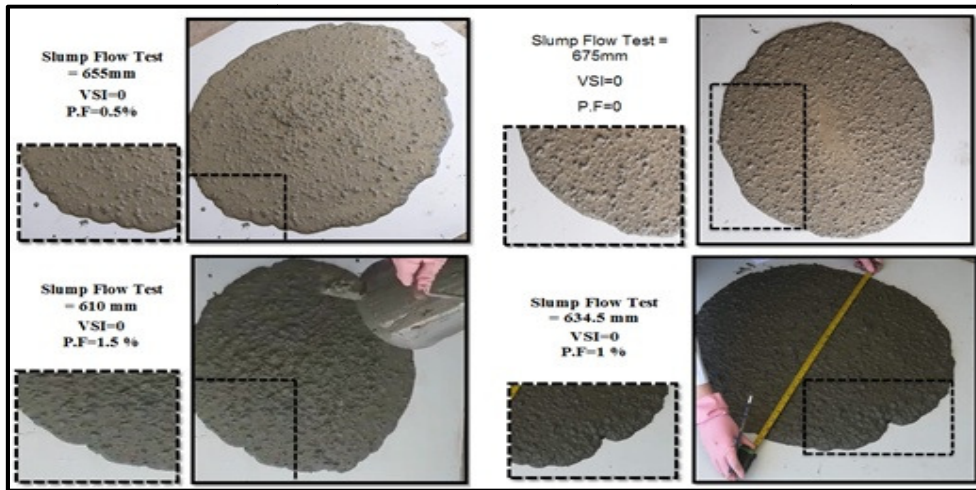
VSI	النضج	V-Funnel Test Sec	L-Box Test H2/H1	$D_s-D_j$ (mm)	J-Ring Test (mm)	T50 sec	Slump Flow (mm)	الخلطة
0	لا يوجد	6.24	0.81	-	10	3	675	خ.ر0
0	لا يوجد	7.37	0.74	23	632	3.38	655	خ.ر1
0	لا يوجد	8.47	0.68	31	603.5	4.26	634.5	خ.ر2
0	لا يوجد	9.58	0.63	38	572	5.14	610	خ.ر3
	أقل قيمة	6	0.8	0	0	2	650	التوصيات
	أعلى قيمة	12	1.0	10	10	5	800	EFNARC

**اختبار الإنتشار SF:** بشكل عام لوحظ من نتائج الاختبار ان مخلفات الألياف البلاستيكية ( $WPF_s$ ) أدت إلى التقليل في معدل التدفق للوصول إلى قطر الانتشار ( $T_{50}$ ) كما لوحظ ان نتائج بعض الخلطات قريبة من حدود المواصفة [19] حيث أن قيمته للخلطة المرجعية (675mm) (3 ثواني) على التوالي، الشكل (15) يوضح نتائج الهبوط للخلطات .



الشكل (15) يوضح نتائج الهبوط للخلطات بالمقارنة بالخلطة المرجعية.

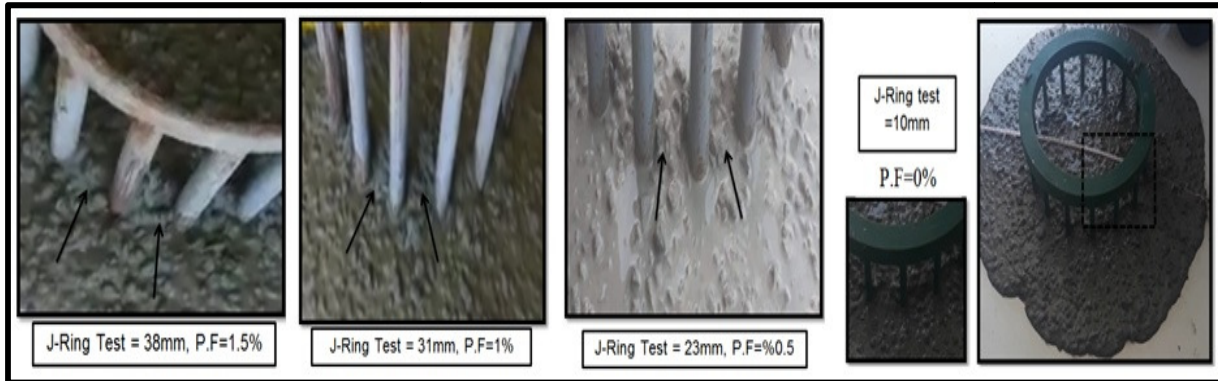
اختبار مؤشر الاستقرار البصري: من خلال الخلطات التجريبية التي تم تنفيذها تم التوصل إلى نسب خلط أقرب للمثالية التي تعطي أكثر استقرارية للخلطة وأكثر تجانس وأقل نضح، كما تبين أنه عدم وجود أي نضح أو انفصال حبيبي عند إضافة الألياف البلاستيكية للخلطة وكانت جميع الخلطات ذات استقرار مثالي ( $VSI=0$ )، والشكل (16) يوضح نتائج الاختبار لجميع الخلطات.



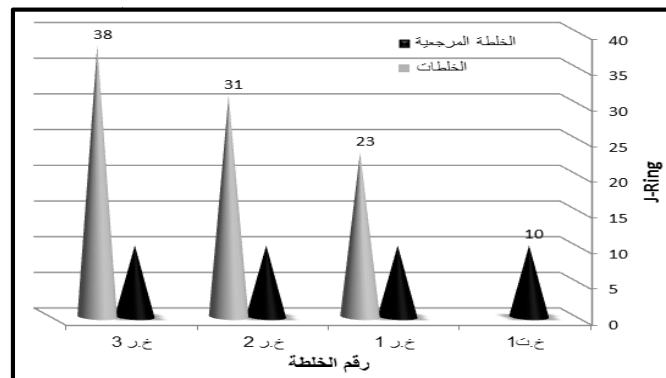
الشكل (16) يوضح نتائج الهبوط والاستقرار البصري لجميع الخلطات.

اختبار **J- Ring**: بشكل عام لوحظ حدوث زيادة في معدل احتجاز الخرسانة داخل (J-Ring) كلما زادت نسبة الألياف البلاستيكية ويرجع ذلك للزوجة الخلطة ، وفي هذا الاختبار لوحظ ان جميع نتائج الخلطات خارج حدود المواصفة [19] ، يوضح الشكل (17) يوضح كيفية عمل اختبار J-Ring ، يوضح (18) نتائج J-Ring مقارنة بالخلطة المرجعية.

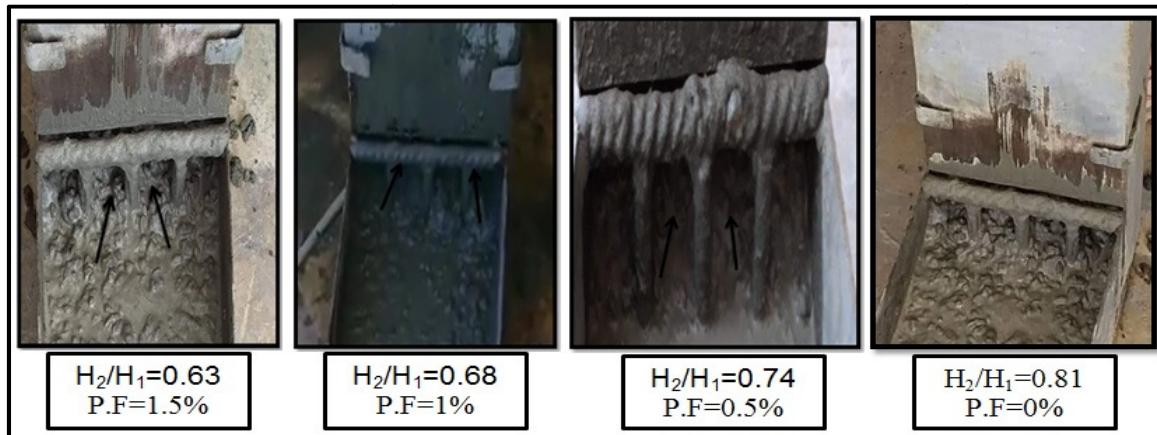
اختبار L- box: بشكل عام لوحظ ان نتائج جميع الخلطات الرئيسية المنفذة أقل من 0.8 وهي أقل نسبة موصى بها لقدرة الخرسانة على الاستواء [19] ، لوحظ أنه كلما زادت نسبة الألياف البلاستيكية كلما زادت لزوجة الخلطة وقلت قدرة الخرسانة على الاستواء ذاتياً، مقارنة بالخلطة المرجعية ، يوضح الشكل (19)، (20) كيفية عمل اختبار Box-L- وننتائج الاختبار لجميع الخلطات الخرسانية .



الشكل (17) يوضح كيفية عمل اختبار Ring-L- لجميع الخلطات.



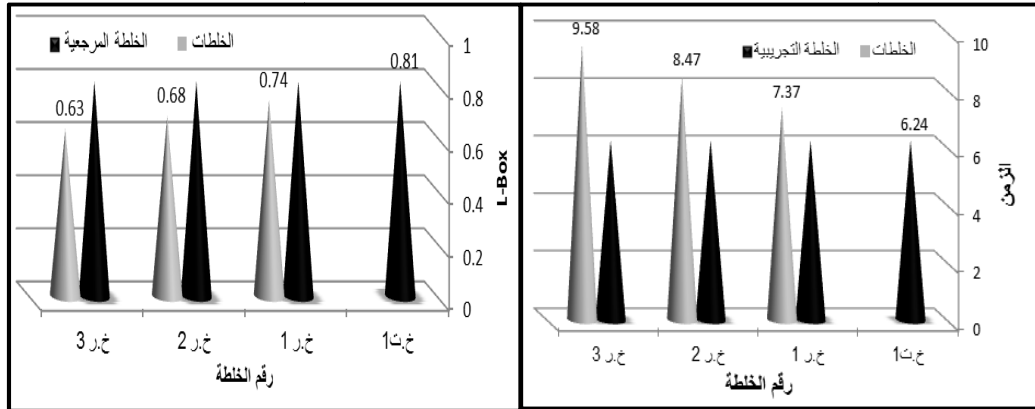
الشكل (18) يوضح نتائج J-Ring مقارنة بالخلطة المرجعية.



الشكل (19) يوضح كيفية عمل اختبار L-Box لجميع الخلطات.



اختبار V-Funnel: كانت معظم النتائج جيدة وضمن حدود المواصفة [19]، حيث تبين أنه كلما زادت نسبة إضافة الألياف البلاستيكية للخرسانة زاد زمن التفريغ للخلطة من الجهاز، كما لوحظ أيضاً تجانس معظم الخلطات بعد سقوطها واستقرارها في الوعاء، والشكل (22) نتائج اختبار V-Funnel.



الشكل (20) يوضح نتائج اختبار L-box الشكل (21) يوضح نتائج اختبار V-Funnel

#### مناقشة نتائج الاختبارات في الحالة المتصلدة:

تم في هذه الدراسة إجراء اختبارين في الحالة المتصلدة، وهما اختبار (مقاومة الضغط، مقاومة الشد).

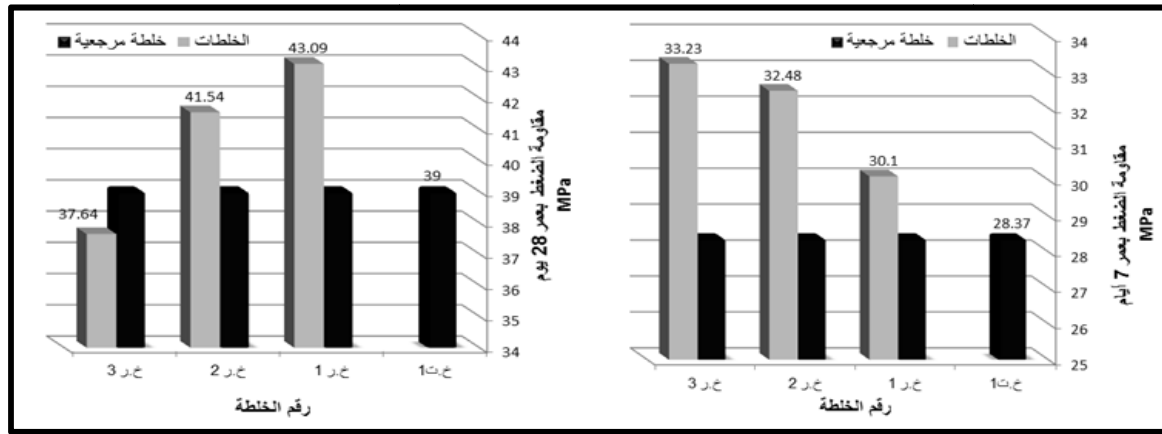
#### مقاومة الضغط:

أوضحت النتائج أن إضافة الألياف البلاستيكية إلى SCC كان لها تأثير إيجابي في زيادة مقاومة الضغط خلال 28 يوم لنسبة الألياف (1-0.5)% بنسبة (6.51-10.49)% على التوالي مقارنة بالخلطة المرجعية، بينما قلت مقاومة الضغط في 28 يوم عند نسبة إضافة 1.5% من الألياف البلاستيكية بنسبة (3.49)% وبيين الجدول (8) نتائج اختبار مقاومة الضغط للخلطات الخرسانية، ويوضح الشكل (22) ملخص لمقاومة الضغط للخلطات الخرسانية بعمر (7-28) يوم.

#### الجدول (8) يوضح نتائج اختبار مقاومة الضغط للخلطات الخرسانية.

الكثافة (Kg/m <sup>3</sup> )		الوزن (Kg)		مقاومة الضغط (MPa)		نسبة الألياف %	الخلطة
28 يوم	7 أيام	28 يوم	7 أيام	28 يوم	7 أيام		
2222.22	2162.96	7.5	7.3	39.00	28.37	---	خ.ت 1
2257.78	2248.89	7.62	7.59	43.09	30.1	0.5	خ.ر 1
2195.56	2201.48	7.41	7.43	41.54	32.48	1	خ.ر 2
2207.41	2207.41	7.45	7.46	37.64	33.23	1.5	خ.ر 3

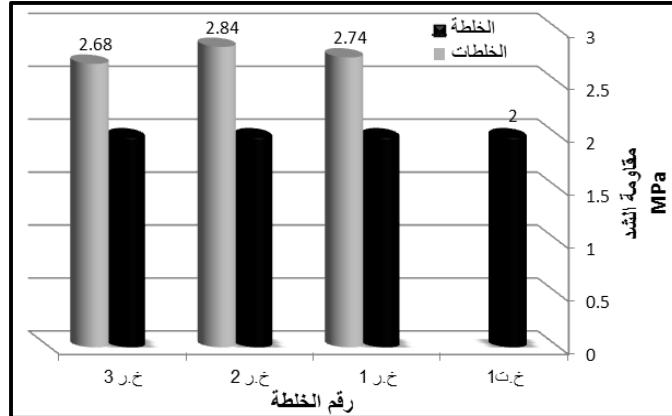
مقاومة الشد البرازيلي: نلاحظ من النتائج أن الخلطة المرجعية أعطت مقاومة شد مقدارها 2MPa أي في حدود 5% من مقاومة الضغط ، وسجلت أقصى مقاومة شد عند نسبة إضافة 1% من الألياف البلاستيكية حيث كانت مقاومة الشد 2.84MPa بنسبة زيادة عن الخلطة المرجعية 42%. ويوضح الجدول (9) نتائج مقاومة الشد عند عمر 28 يوم، ويبين الشكل (23) نتائج مقاومة الشد مقارنة بالخلطة المرجعية.



الشكل (22) يوضح مقاومة الضغط بالمقارنة بالخلطة المرجعية لعمر (7-28) يوم.

الجدول (9) يوضح نتائج مقاومة الشد عند عمر 28 يوم.

نسبة الزيادة بالمقارنة بالخلطة المرجعية	مقاومة الشد		نسبة الألياف %	رقم الخلطة
	MPa	KN		
---	2	141.37	---	1 خ ت
%37	2.74	193.65	0.5	1 خ ر
%42	2.84	200.95	1	2 خ ر
%34	2.68	189.65	1.5	3 خ ر



الشكل (23) يوضح نتائج مقاومة الشد لعمر 28 يوم

■ الخلاصة:

بالرغم من استخدام محتوى مائي قليل بالمقارنة بالخرسانة العادية، فإن الخرسانة ذاتية الدمك أثبتت نجاح تنفيذ تلك الخلطات وبخصائص مقبولة وتفي بمتطلبات الاستخدام في التطبيقات المختلفة، حيث تم تنفيذ العديد من الاختبارات لتقييم أداء الخرسانة اللدنة ودراسة الخواص المتصلة للخرسانة ذاتية الدمك عن طريق إجراء إختباري مقاومة الضغط والشد. استخدمت الملدنات الفائقة (Superplasticizers) للحصول على خرسانة ذاتية الدمك ذات الخواص المطلوبة من ناحية التجانس والانسايبية وذات مقاومة عالية نتيجة تقليل نسبة الماء. عند إضافة مخلفات الألياف البلاستيكية للخرسانة ذاتية الدمك نلاحظ الآتي :

- i. عدم وجود أي نضح أو انفصال حبيبي و جميع الخلطات ذات استقرار مثالي ( $VSI=0$ ).
- ii. بالنسبة لنتائج الحالة اللدنة فإنه كلما زادت نسبة الألياف قلت قيمة قطر الانتشار لاختبار (SlumpFlow) وزاد زمن ( $T_{50}$ ) وزادت نسبة الإعاقة واحتجاز الركام لاختبار (J-Ring) و (L-Box) بينما كانت جميع قيم اختبار (V-Funnel) داخل حدود المواصفة، ولم يلاحظ تأثير كبير على الخواص اللدنة أي أن جميع الخلطات متجانسة ومستقرة والقيم كانت قريبة من حدود المواصفات.
- iii. لوحظ زيادة في مقاومة الضغط مقارنة بالخلطة المرجعية، حيث تبين أنه كلما زادت نسبة الألياف البلاستيكية في الخلطة كلما تحسنا على مقاومة ضغط جيدة إلى أن وصل إلى نسبة معينة، وفي 28 يوم زادت مقاومة الضغط لنسب الألياف (1-0.5)% بنسبة (6.51-10.49)% على التوالي مقارنة بالخلطة المرجعية بينما قلت مقاومة الضغط عن الخلطة المرجعية لنسبة (1.5)% من الألياف البلاستيكية، حيث سجلت أفضل مقاومة ضغط عند 28 يوم لنسبة ألياف بلاستيكية 0.5% وكانت (43.09MPa) بنسبة زيادة عن الخلطة المرجعية مساوية لـ (10.49)%.

iv. كلما زادت نسبة الألياف البلاستيكية زادت مقاومة الشد للخرسانة ذاتية الدمك أي أنها علاقة طردية . حيث كانت الزيادة لنسب الألياف (0.5-1-1.5) % بنسبة زيادة مساوية (37-42-34) % على التوالي وسجلت أفضل قراءة لمقاومة الشد عند 28 يوم لنسبة ألياف 1% (2.84MPa) حيث كانت نسبة الزيادة عن الخلطة المرجعية (42%) .

v. بمقارنة نتائج هذه الدراسة بالدراسات السابقة فقد أثبتت أن الألياف البلاستيكية تحسن من خواص الخرسانة المتصلدة وخاصة مقاومة الشد فقد تحسنت بشكل ممتاز .

vi. ان استخدام تلك القناني بأضافتها إلى الخرسانة ذاتية الدمك كألياف له أثر بيئي جيد يتمثل في التخلص من تلك المخلفات والتي عند طرحها للبيئة يسبب أثر بيئي سيء .

vii. إن استعمال الألياف البلاستيكية في الخرسانة يساعد على تحسين البيئة حيث أن انتاجها بصورة كبيرة والكمية المعاد تدويرها في العالم بالكامل لا تتجاوز 20% من إنتاج البلاستيك الكلي، فإن ذلك يؤدي إلى تلوث البيئة بشكل كبير .

#### ■ التوصيات :

1. تعميم نتائج هذه الدراسة على المراكز الاستشارية والتصميمية لقطاع البناء والتشييد لغرض أخذها بنظر الاعتبار واستخدامها لإنتاج خرسانة محسنة في المواقع الانشائية لما لها من تأثير إيجابي في تحسين بعض خواص الخرسانة.

2. تشجيع الباحثين على الاستمرار في دراسة الخواص الهندسية للألياف البلاستيكية لاستخدامها في مواد البناء المختلفة، وكذلك الاهتمام بمجال تكنولوجيا الخرسانة لما له من أهمية.

3. استخدام نسبة عالية من الملدنات وتقليل من نسبة المحتوى المائي للحصول على خرسانة ذات مقاومة ضغط وشد عالية، و استخدام ركام خشن لا يتجاوز مقاسه الاعتباري الأكبر (14mm)، وأن لا تتجاوز نسبة الركام الناعم للركام الكلي 0.5.

▪ المراجع:

1. محمد رشيد العود واخرون (النفائيات البلاستيكية وأثارها على البيئة والانسان والطرق الحديثة للاستفادة والتخلص منها) مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية المجلد(1) العدد(2) ديسمبر 2015
2. Dr.Abdulakader Ismail AL-Alhadithi, NahlaNajiHilal," The possibility of enhancing some properties of self-compacting concrete by adding waste plastic fibers", Journal of Building Engineering, University of Anbar, 2016.
3. Dr.Abdulakader Ismail AL-Alhadithi, waseemkhairiMoslehFrhaan, ," The Effects of Adding Waste Plastic Fibers (WPFs) on Some Properties of Self Compacting Concrete using Iraqi local Materials", Iraqi Journal of civil Engineering, 2017,Vol.11,pp 1-20.
4. د. عبد القادر إسماعيل الحديثي، الأتسة شيلان محمود حمه - ورقة بحثية بعنوان (بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة البوليميرية المعززة بألياف الفضلات البلاستيكية) - المجلة العراقية للمهندسة الميكانيكية وهندسة المواد.
5. Dr. Abdulkader Ismail Al- Hadithi, Mustafa Ahmed Abbas," The Effects of adding Waste Plastic Fibers on the Mechanical Properties and Shear Strenght of Reinforced Concrete Beams", Iraqi Journal of Civil Engineering Vol.12, No.1, pp.110-124.
6. Khalil Ibrahim Aziz, Huda Al MoqbelKuhair," MECHANICAL PROPERTIES FOR ORDINARY CONCRETE CONTANING WASTE PLASTIC FIBERS", Iraqi Journal of Civil Engineering, University of Anbar, 2017, pp.33-44.
7. المواصفة القياسية الليبية رقم 2-341 " طرق الاختبارات الفيزيائية للإسمنت - القوام القياسي"، 2005.
8. المواصفة القياسية الليبية رقم 3-341 " طرق الاختبارات الفيزيائية للإسمنت - زمني الشك"، 2005.
9. المواصفة القياسية الأوروبية 6-1992:196-6 BS EN 196-6:1992 تعيين نعومة الإسمنت بمنخل رقم 170.
10. المواصفة القياسية الليبية رقم 6-341 "الاختبارات الفيزيائية للإسمنت مقاومة الضغط"، 2005.
11. المواصفة القياسية الليبية رقم 4-341 " الاختبارات الفيزيائية للإسمنت ثبات الحجم"، 2005.
12. المواصفة القياسية البريطانية 882:1992 BS 882:1992 لاختبار التحليل المنخلي للركام.
13. المواصفة القياسية الليبية رقم 256 " ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية - طريقة تعيين الوزن النوعي والامتصاص"، 2006.
14. المواصفة القياسية الليبية رقم 255 " ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية - طريقة تعيين معامل الصدم"، 2006.

15. المواصفة القياسية الليبية رقم 253 "ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية - طريقة تعيين معامل التهشيم"، 2006.
16. المواصفة القياسية الأمريكية ASTM C117-04 لاختبار تعيين نسبة الطين والمواد الناعمة للركام.
17. المواصفة القياسية الليبية رقم : 250/82 طريقة تعيين وزن وحدة الحجم"، 2006.
18. المواصفة القياسية الليبية رقم 294 ، " المياه المستعملة في الخرسانة "، 1988.
19. EFNARC "Specification and Guideline for Testing Fresh Self Compacting Concrete" , February 2002.
20. British Standard Institution, "BS 1881: Testing Concrete, Part 116: Method for determination of compressive strength of concrete cubes", London, 1983.
21. A. M. Neville, "Properties of Concrete", Fourth and Final Edition, Pitman Books Limited, London, 1995.