# دراسة تأثير ألياف البولي بروبلين والألياف الزجاجية على الخواص اللدنة والصلدة للخرسانة ذاتية الدمك

م . خالد محمد عمرو[1] ، د . عبدالباسط عبدالله التركي[2] ، م .عبدالله أبوالقاسم عمرو[3] ، م. يخلف زكري يخلف[4]
khaled200473@gmail.com[1], et.turki@hotmail.com[2], abdo84a@yahoo.com[3],
yakhlefzkri@yahoo.com[4]
[1] قسم الهندسة المدنية ،كلية الهندسة ، جامعة غريان ، غريان ، ليبيا
[2]قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة طرابلس ، طرابلس ، ليبيا
[3] قسم الهندسة المدنية ، المعهد العالي للعلوم و التقنية ، سوق الجمعة ، ليبيا
[4] قسم الهندسة المدنية ، المعهد العالي للتقنيات الهندسية ، طرابلس ، ليبيا

## الملخص

من المتعارف عليه في مجال تقنية الخرسانة أن الخرسانة ذاتية الدمك (Self-Compacting Concrete ) المحتوية على الألياف هي أحدى تطبيقات المشاريع الحديثة المدنية المختلفة والمتنوعة .
والهدف الأساسي في هذا البحث هو إضافة بعض المواد المضافة لتحسين بعض خواص الخرسانة ذاتية الدمك باعتبارها تستعمل بكثرة في تنفيذ المشاريع ، وخاصة المباني الحديثة التي تكون بها كثافة تسليح عالية و تكون عالية الارتفاع ، ويجب الإشارة إلى أن هناك عدة أنواع من الألياف مثل الألياف الحديدية و الألياف الزجاجية و ألياف الكربون.
في هذا البحث تم دراسة إضافة ألياف البولي بروبلين والألياف الزجاجية إلى الخرسانة وبنسب 0 % ، 0.25%، 0.50%، 0.75%، 1% من حجم الخرسانة حيث أجريت عدة اختبارات على الخرسانة الطرية و الصلدة ، منها اختبار حساب مقاومة الضغط و الشد .
و تبين النتائج بأنه عند إضافة مادة الألياف تبدأ مقاومة الضغط في النقصان حيث كانت أعلى مقاومة ضغط في حدود 51 نيوتن / مم$^2$ عند نسبة ألياف 0 % ، و أقل مقاومة كانت عند 33 نيوتن / مم$^2$ عند نسبة ألياف 1.0 % ، بينما مقاومة الشد تتناسب طرديا مع الألياف حيث كانت أقل مقاومة شد بدون ألياف عند 3.16 نيوتن / مم$^2$ بينما أعلى قيمة عند 3.72 نيوتن/مم$^2$.

**الكلمات الدالة** : خرسانة ذاتية الدمك ، ألياف البولي بروبلين ،المادة المضافة ، الألياف الزجاجية، مقاومة الضغط ، مقاومة الشد .

## 1- المقدمة

الخرسانة ذاتيه الدمك SCC , (Self- Compact Concrete ) هي الخرسانة التي لها القدرة على الانسياب ذاتيا تحت تأثير وزنها ولا تحتاج إلي دمك أو هز، كما لها خاصية تعبئة كل الفراغات الموجودة في الشدات الخشبية والتحرك في العناصر الخرسانية متغيرة الأبعاد والتي تحتوي على تسليح كثيف بحيث لا يحدث لها انفصال حبيبي (Segregation) ولا نضح (Bleeding) ولكي يتم الحكم على الخرسانة ذاتيه الدمك لابد من تحقيق الخواص الثلاثة في الحالة الطرية : قابلية المرور (Passing ability) وقابلية التعبئة (Filling Ability) واستقرار الخرسانة أو مقاومة الانفصال (Resistance of Segregation).
تنفذ الخرسانة ذاتية الدمك (SCC) بنفس مكونات الخرسانة التقليدية مع الفارق بضرورة الإكثار من المواد الناعمة (الرمل) المستخدم والتقليل من الركام الخشن واستخدام إضافات اللزوجة (Viscosity Modifying Agent ) و الملدنات الفائقة الفاعلية (Super-plasticizer) التي تؤدي الى زيادة سيولة الخرسانة[1].
صنفت الخرسانة ذاتية الدمك (SCC) على أنها من أكبر التطورات التي حصلت في علم تقنية الخرسانة في العقود الثلاثة الماضية ؛ ومن مميزات الخرسانة ذاتية الدمك أنها سريعة التنفيذ ، التقليل من حجم العمالة في الموقع ، سهلة الصب , سهلة التشطيب، جيدة الديمومة، تقلل من الضوضاء بالتقليل من الأجهزة والمعدات الخاصة بالدمك في الموقع , زيادة المقاومة [1] .

## 2 – المواد المستخدمة و البرنامج العملي

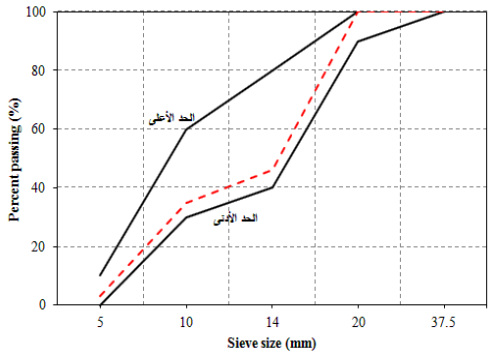
**2.1- الماء (Water) :** حيث تم استعمال الماء الصالح للشرب و الخالي من الشوائب [2] .
**2.2- الإسمنت (Cement) :** تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي في تجهيز جميع الخلطات ويعتبر هو المادة الرابطة و اللاصقة ولذلك يعتبر هو المادة المسؤولة عن مقاومة الضغط في الخرسانة [3].

**2.3- السليكا فيوم : (Silica Fume)** تم استخدام السليكا فيوم في جميع الخلطات الخرسانية , وكانت النسبة المستخدمة هي 10% من وزن الاسمنت , الوزن النوعي للسليكا فيوم 2.2 حيث إن المادة الأساسية في تركيبها هي أكسيد السليكون و تزيد عن 90% من وزنها الكلي، ولها نعومة عالية جداً تصل إلى 200000سم$^2$/ جم أي أنعم من الإسمنت البورتلاندي العادي بأكثر من 100 مرة [4].

**2.4- الركام الخشن (Coarse Aggregate)** : تم استخدام ركام مقاسه الاعتباري الأكبر 20 ملم حيث تم استخدام هذا النوع مع جميع الخلطات الخرسانية وكان منحنى التدرج الحبيبي لهذا الركام داخل حدود التدرج طبقا للمواصفة الليبية 2002/49 كما هو مبين في الشكل (1). كذلك النتائج الميكانيكية الخاصة بالركام المستخدم في هذه الدراسة موضحة أسفل في الجدول (1) [6,5]

جدول رقم (1): الخواص الميكانيكية للركام الخشن

| الاختبار | النتيجة | مواصفة الاختبار المواصفة الليبية رقم 49 |
|---|---|---|
| **الوزن النوعي** | *2.62 | - |
| **نسبة الامتصاص%** | %2.3 | %3 |
| **معامل التهشيم%** | %25 | لا يزيد عن 45% |
| **معامل الصدم%** | %25.7 | لا يزيد عن 45% |

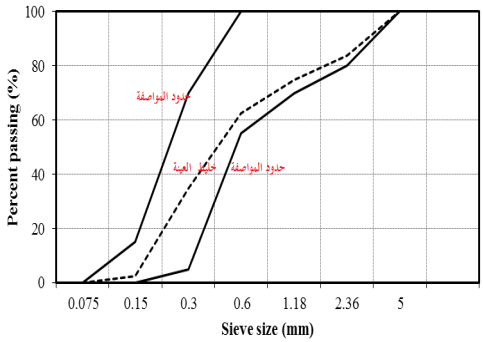



الشكل رقم(1): *منحني التحليل المنخلي للركام الخشن*

**2.5- الركام الناعم (Fine Aggregate)** : تم استخدام نوعين من الركام الناعم في هذه الدراسة, وذلك لأن الركام الناعم (الرمل) ذو معامل نعومه عالي و الرمل متوسط النعومة (قرينيليا) الذي تم استخدامه في هذا البحث هي من القرينيليا المتوفرة بالسوق الليبي وكانت نتائج التحليل المعملي لتلك العينة مبينة في جدول (2), وعند إجراء اختبار التدرج الحبيبي لعينة من (الرمل) كانت ذات نعومة عالية بالنسبة لحدود المواصفة , وكذلك من خلال دراسات سابقة تبين أنه أثناء استخدام ركام ناعم ومعامل نعومته عالية مما يزيد من صعوبة تدفق الخرسانة ذاتياً ولتفادي حدوث هذه المشاكل مثلاً تم خلط الركام الناعم (الرمل) مع نوع آخر من الركام الناعم الأكثر خشونة ، و كانت نتيجة التحليل المنخلي بعد ما تم الخلط كلاً من الركام الناعم (الرمل) إلي القرينيليا بنسبة 1:1.5 كما في الشكل (2)[6] .

جدول رقم (2): الخواص الفيزيائية للركام الخشن

| الاختبار | النتيجة | مواصفة الاختبار (م ق ل 49) [5] |
|---|---|---|
| **الوزن النوعي** | *2.61 | - |
| **نسبة الامتصاص (%)** | 2.2 | لا تزيد عن 3 |
| **وزن وحدة الحجوم (كجم /م$^3$)** | 1654 | *(1800 –1400) |




الشكل رقم (2): التحليل المنخلي للركام الناعم (الرمل)
مع متوسط النعومة بنسبة (1 :1.5)

**2.6- الاضافات الكيميائية (Admixtures)** :

تم استخدام في هذه الدراسة نوع الملدن (Glenium51) من منتجات شركة BASF حيث يسمى معدل اللزوجة (Viscosity modified ) كما يعتبر هذا الملدن مصنع من البوليمرات الصناعية المخصصة خصيصاً لحالات التشغيلية المنخفضة واكتسابها خواص لزوجة عالية , حيث تمنع حدوث عملية النضح (Bleeding) وزيادة في التشغيلية ،حيث

إنه تم استخدام عدة نسب مختلفة في كل خلطة على الأخرى بناءً على النتائج الانسيابية للخلطات التجريبية عند زيادة نسبة الألياف بحيث تعطي انتشارا يتراوح بين 550– 800 ملم [8,7].

**2.7 - الياف البولي بروبلين (Polypropylene Fibers)** : الياف البولي بروبلين تعتبر من أكثر أنواع الألياف الصناعية انتشارا، وهي من أصل عضوي ومن أرخص المواد المبلمرة، فالمادة الخام لإنتاجها وهي البولي بروبلين تعتبر منتج ثانوي من عملية تكسير النفط، والشكل (3) يوضح شكل ألياف البولي بروبلين المستخدم في هذه الدراسة وكذلك الجدول رقم (3) أدناه يوضح مواصفات هذه الالياف .

جدول رقم (3): مواصفات ألياف البولي بروبلين

| **الكثافة** $kg/m^3$ | **طول الالياف** mm | **القطر** mm | **المساحة السطحية** $m^2/kg$ | **قوة الشد** Mpa | **معامل المرونة** Mpa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.91 | 12 | 0.02 | 250 | 400-300 | 8500-5000 |

الشكل رقم (3): الياف البولي بروبلين المستخدمة

## 3 – البرنامج العملي :

بعد ما يتم تحضير نسب مواد الخلطة المراد اختبارها ، يتم تحضير الخلاطة الكهربائية ومن تم تبدأ عملية وضع المواد بالخلاطة, و يتم وضع نصف كمية الركام الخشن ثم توضع كمية الإسمنت ويليه الرمل الناعم ثم باقي كمية الركام الخشن بالخلاطة ويبدأ في الخلط على الجاف من (2-3) دقائق تقريباً ومن تم تحضير العينات اللازمة لإجراء التجارب على الخرسانة الطرية ومن هذه الاختبارات ، اختبار قابلية التعبئة و قابلية العبور و L -Box و Funnel -V و كذلك تجهيز بعض العينات الخاصة باختبارات الخرسانة الصلدة في القوالب و إجراء عملية المعالجة اللازمة عليها و تحضيرها لاختبار كل عينة حسب الاختبار المطلوب على الاجهزة المتوفرة بالمعمل ، و من هذه الاجهزة ، جهاز اختبار مقاومة الضغط و جهاز اختبار مقاومة الشد و الانحناء .

### 3.1 - الخلطات الخرسانية المختارة:

بناءً على ما تم التوصل إليه من إعداد الخلطات التجريبية من ناحية تحقيق الخرسانة ذاتية الدمك بتطبيق شروطها حيت تم إعداد عدة خلطات خرسانية في هذا البحث لدراسة تأثير ألياف البولي بروبلين على خواص الخرسانية ذاتية الدمك حيت تم الاعتماد عل طريقة المعادلة الحجمية لتصميم الخلطات [9,8] .

وكذلك تم دراسة إضافة ألياف البولي بروبلين مع الألياف الزجاجية وخلطها بنسبة (0.25 ، 0.50 ، 0.75) % و تم تقسيم الخلطات الخرسانية إلى جزئيين.

**الجزء الأول:-** دراسة تأثير ألياف البولي بروبلين (PPF) على خواص الخرسانة ذاتية الدمك (SCC) و يبين الجدول (4) الأوزان لكل متر مكعب للخلطات الخرسانة المختارة ذاتية الدمك المسلحة بألياف البولي بروبلين (PPFSCC) حيت تم استخدام نسبة الرمل الناعم الى الركام الخشن بنسبة **1:1** بناءً على نتائج الكثافة النسبية ( Bulk Density).

جدول رقم (4): الأوزان لكل متر مكعب لخلطات الخرسانة المختارة للجزء الأول خرسانة ذاتية الدمك المسلحة بألياف البولي بروبلين (PPFSCC)

| Number of mix | W/B Ratio | PPF % | CA *kg* | FA *kg* | C *Kg* | SF *Kg* | W *Kg* | PPF *Kg* | HRWR* *Kg* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_{5-1}$ | 0.40 | 0 | 892 | 892 | 376.2 | 41.8 | 167 | 0 | 4.19 |
| $M_{5-2}$ | 0.40 | 0.25 | 888 | 888 | 376.2 | 41.8 | 167 | 2.27 | 5.23 |
| $M_{5-3}$ | 0.40 | 0.50 | 884 | 884 | 376.2 | 41.8 | 167 | 4.54 | 6.28 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_{5-4}$ | 0.40 | 0.75 | 878 | 878 | 376.2 | 41.8 | 167 | 6.81 | 6.81 |
| $M_{5-5}$ | 0.40 | 1 | 874 | 874 | 376.2 | 41.8 | 167 | 9.07 | 7.33 |

**الجزء الثاني:-** دراسة تأثير ألياف البولي بروبلين مع الألياف الزجاجية على خواص الخرسانة ذاتية الدمك (SCC) في الحالة الصلدة و يبين الجدول (5) الأوزان لكل متر مكعب للخلطات الخرسانة المختارة ذاتية الدمك المسلحة بألياف البولي بروبلين مع الألياف الزجاجية (SyF+ PPF).

جدول رقم (5): الأوزان لكل متر مكعب للخلطات الخرسانة المختارة للجزء الثاني خرسانة ذاتية الدمك المسلحة بألياف البولي بروبلين مع الالياف الزجاجية SCC (SyF + PPF)

| Number of | W/B Ratio | F % | CA *Kg* | FA *kg* | C *Kg* | SF *Kg* | W *Kg* | PPF *Kg* | SyF *kg* | HRWR* *Kg* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_{5-1}$ | 0.40 | 0 | 892 | 892 | 376.2 | 41.8 | 167 | 0 | 0 | 4.19 |
| $M_{5-7}$ | 0.40 | 0.25 | 888 | 888 | 376.2 | 41.8 | 167 | 1.70 | 0.57 | 4.19 |
| $M_{5-8}$ | 0.40 | 0.50 | 884 | 884 | 376.2 | 41.8 | 167 | 2.27 | 2.29 | 6.28 |
| $M_{5-9}$ | 0.40 | 0.75 | 878 | 878 | 376.2 | 41.8 | 167 | 1.70 | 5.16 | 6.81 |
| $M_{5-10}$ | 0.40 | 1 | 874 | 874 | 376.2 | 41.8 | 167 | 0 | 9.9 | 7.33 |

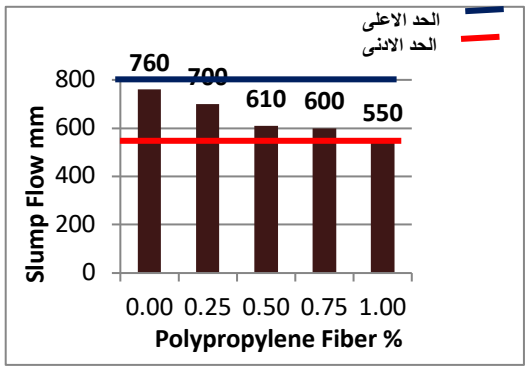
***HRWR = High Range Water Reduce .**

## 4 - الاختبارات و النتائج للخرسانة ذاتيه الدمك في الحاله الطريه و الصلبه :

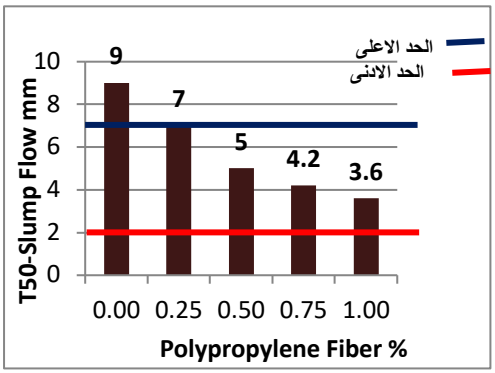
بعد ما يتم تحضير نسب مواد الخلطة المراد اختبارها و الانتهاء من عملية الخلط ، بعد ذلك يتم عمل الاختبارات الخرسانة في الحالة اللدنة الخاصة بتحقيق شروطها الخرسانة ذاتية الدمك ويتم تعبئة عدد 6 مكعبات (150×150×150مم) و ذلك لإجراء اختبار مقاومة الضغط , وتعبئة عدد 6 اسطوانات مقاس (100×200مم) لإجراء اختبار مقاومة الشد عليها [11,10] .

### 4.1 - .قابلية التعبئة (Filling ability) :

يتم التحقق من هذه الخاصية بإجراء اختبار الانتشار (Slump flow) وكذلك اختبار (T50) والشكل (4) يوضح تأثير الياف البولي بروبلين على الهبوط ، والشكل (5) يوضح تأثير ألياف البولي بروبلين على اختبارT50-Slump وحسب الدليل لأوروبي الخاص بالخرسانة ذاتية الدمك فإن جميع القيم لهذا الاختبار داخل الحدود المسموح بها و ذلك ما بين 550 – 750 حيث نلاحظ أنه أعلى قيمة كانت عند نسبة الالياف 0 % في حدود 760مم أما أقل قيمة فكانت عند نسبة 1.0 % للألياف في حدود 550مم وهي الحد الادنى للدليل الارشادي الاوروبي و بالنسبة لاختبارT50-Slump فكانت نتائج الاختبار لجميع النسب داخل حدود الدليل وهي ما بين 2 – 7مم عند إضافة مادة الالياف ما عدا عند نسبة 0 % من الألياف فإنها كانت خارج حدود القيم المطلوبة بالدليل الاوروبي [12]



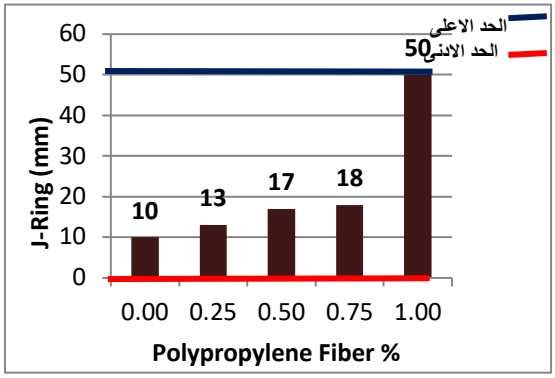

الشكل رقم (4): يوضح تأثير ألياف البولي بروبلين على نتائج اختبار الانتشار




الشكل رقم (5): تأثير ألياف البولي بروبلين على نتائج اختبار T50 slump

### 4.2- قابلية العبور (Passing ability):

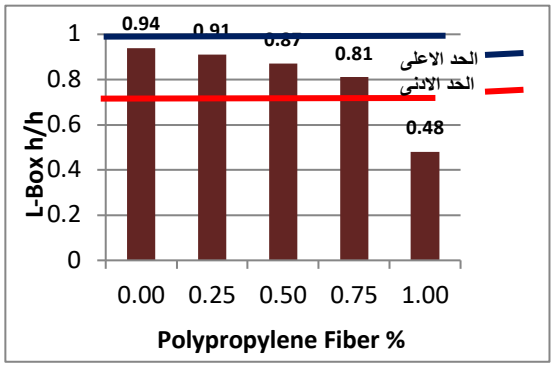
يمكن تعيين قابلية العبور للخرسانة ذاتية الدمك المسلحة بالألياف في حالة وجود العوائق باختبارJ-Ring كذلك يمكن معرفة مدى قدرة انفصال الحبيبي والشكل (6) يبين نتائج تأثير ألياف البولي بروبلين على قابلية المرور حيث توضح النتائج أنه كلما زادت نسبة الألياف كلما زادت نسبة العبور ونلاحظ عندما كانت نسبة الألياف 0 % كانت أقل نسبة عبور وهي 10مم و بذلك فإنه عند أعلى قيمة للألياف 1.0 % كانت أعلى قيمة للعبور وهي 50 % هذا ما يدل على أن الألياف تزيد من قيمة التشغيل للخرسانة و كانت جميع النتائج داخل حدود المواصفات حسب الدليل الإرشادي الأوروبي الخاص بالخرسانة ذاتية الدمك [12] .




الشكل رقم (6): تأثير ألياف البولي بروبلين على نتائج اختبار J- Ring بناءا على المواصفة ASTM

## 4.3 - اختبار L-box :

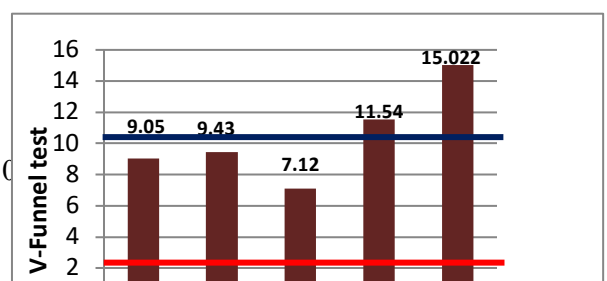
اختبارL-box يعتبر من الاختبار المهمة في تقييم ومتابعة قدرة الخرسانة على الاستواء ذاتياً في حالة صب المنشآت الخرسانية ذات التسليح الكثيف ومتغيرة المقاطع والشكل (7) يوضح تأثير ألياف البولي بروبلين على نتائج اختبار L-box وذلك حسب الدليل الارشادي للخرسانة ذاتية الدمك حيث أنه تنص على ان الحدود ما بين 0.7 – 1.0و نلاحظ من النتائج بأنه جميع القيم داخل الحدود المطلوبة باستثناء القيمة عند زيادة نسبة الألياف الى 1.0 % حيث كانت خارج الحدود عند 0.48 [12] .




الشكل رقم (7): تأثير ألياف البولي بروبلين على نتائج اختبار L- Box

## 4.4 اختبار V-Funnel

اختبار V-Funnel يعتبر من الاختبارات المكملة لتقييم سلوك الخرسانة أثناء تدفقها خلال المنشآت متغيرة المقاطع والأبعاد والشكل(8) يبين نتائج تأثير ألياف البولي بروبلين على اختبار V-Funnelحسب الدليل الاوروبي لاختبارات الخرسانة ذاتية الدمك فإن الحدود المسموح بها في هذا الاختبار ما بين 3 – 12 ثانية ، و نتائج الاختبار من خلال الشكل أدناه كانت داخل الحدود ماعدا عند أعلى قيمة للألياف فكانت خارج الحدود عند زمن 15.02 ثانية [12] .

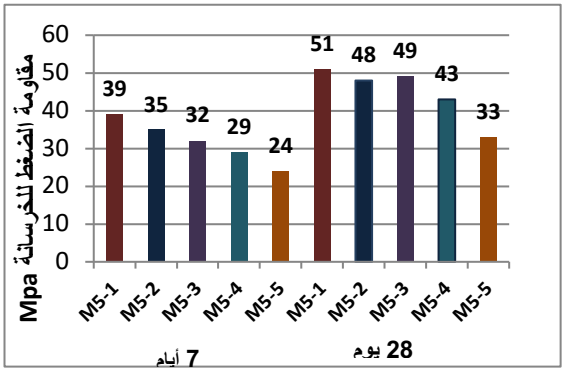


الحد الاعلى
الحد الادنى

الشكل رقم (8): تأثير ألياف البولي بروبلين
على اختبار V-Funnel

## 4.5- نتائج مقاومة الضغط للخرسانة (Compressive Strength) :

تم اختبار مقاومة الضغط بعد 7 ، 28 يوم و النتائج كما هو موضحة في الشكل (9) حيث كانت النتائج لهذه المقاومة لمتوسط عدد ثلاثه مكعبات في كل اختبار اجري على مكعبات ذات مقاس(150x150x150) ملم وتم الاختبار بناءً على المواصفة البريطانية BS881-part116:1983 [10] ويمكن ملاحظة مقاومة الضغط للخرسانة المسلحة بالألياف من خلال الشكل أدناه لجميع الخلطات أن المقاومة تقل كلما زادت نسبة الألياف حيث كانت أعلى مقاومة عند 7 أيام في حدود 39 نيوتن/ مم$^2$ عند نسبة ألياف 0 % بينما كانت أقل مقاومة عند نسبة ألياف 1.0 % في حدود 24 نيوتن / مم$^2$ ، و كذلك عند مقاومة الخرسانة بعد 28 يوم كانت أعلى مقاومة عند نسبة ألياف 0% في حدود 51 نيوتن / مم$^2$ ، وكانت أقل مقاومة عند أعلى نسبة ألياف في حدود 33 نيوتن / مم$^2$ [7] .




الشكل رقم (9): تأثير ألياف البولي بروبلين
على مقاومة الضغط للخرسانة

## 4.6- نتائج مقاومة الشد للخرسانة (Tensile Strength) :

بالنسبة لمقاومة الشد للخرسانة ذاتية الدمك المسلحة بالألياف كانت النتائج كما هي في الشكل (10) , تم اختبار مقاومة الشد للخرسانة بعد 7، 28 يوم على اسطوانات ذات ابعاد قياسيه (200 X 100) ملم , حيث تم اختبار مقاومة الشد للخرسانة ( Strength Tensile Splitting) بمركز البحوث الصناعية تاجوراء و أجري هذا الاختبار بناءً على المواصفة القياسية الامريكية ASTM C496/C496M-04 ومن خلال النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة كما هي موضحة بالشكل (11) لوحظ أن مقاومة الشد للخرسانة ذاتية الدمك تزداد كلما زادت نسب الألياف حيث تعمل الألياف على مقاومة توسع التشققات أثناء التحميل وهو ما يعرف بنظرية (Crack Bridging) وبالتالي تزداد مقاومة الشد في الخرسانة، هذه النظرية نفس نظرية حديد التسليح المضاف إلى الخرسانة في منطقة الشد[13] .

حيث أنه حسب النتائج المتحصل عليها في الخلطة الخرسانية ($M_{5_1}$) كانت نسبة الألياف 0% وكانت مقاومة الشد في عمر 28 يوم في هذه الخلطة MPa3.16 بينما في الخلطة الخرسانية ($M_{5_5}$) و التي تحتوي على 1% من الألياف كانت مقاومة الشد للخرسانة في عمر 28 يوم في حدود MPa 3.72 .

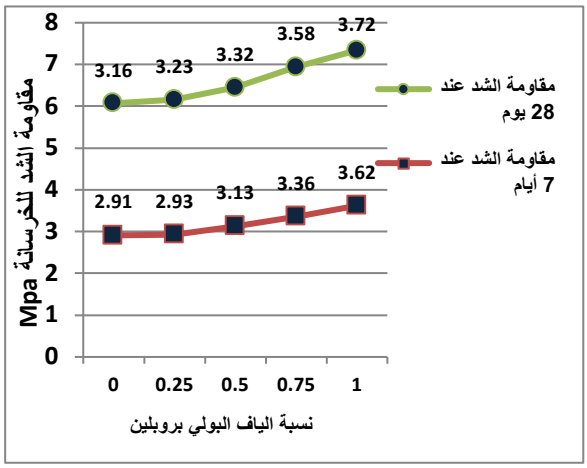
مقاومة الشد للخرسانة تم حسابها بناءً على المواصفة القياسية الامريكية ASTM 496/C496 M-01 على الاسطوانات ذات الابعاد القياسية (100X 200) ملم بعد اتمام عملية المعالجة خلال 7 أيام و28 يوم.

مقاومة الشد للخرسانة تم حسابها بعد إيجاد اقصي سعة تحمليه لحمل الكسر بناءً على المعادلة التالية :

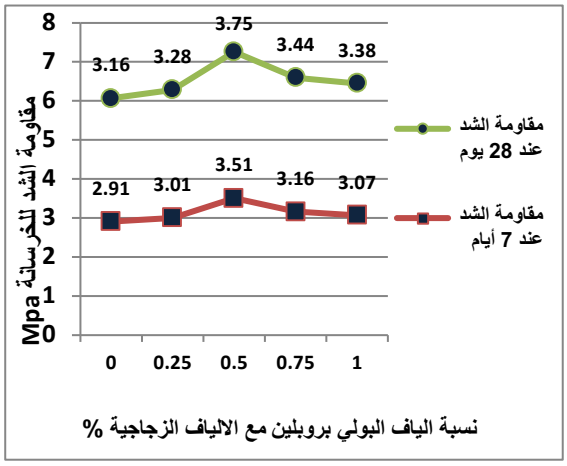
$$T=\frac{2P}{\pi L\, d} \qquad (1)$$

حيث إن :

**T : مقاومة الشد للخرسانة ($N/mm^2$)**
**P= أقصى حمل الكسر N**
**L= الطول mm**
**d = قطر الأسطوانة (mm)**



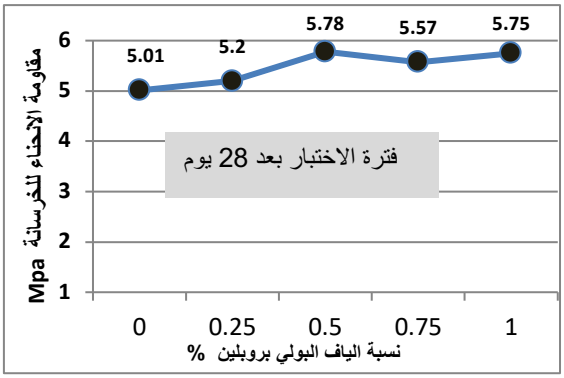

الشكل رقم (10): يوضح تأثير الياف البولي بروبلين على مقاومة الشد للخرسانة ذاتية الدمك




الشكل رقم (11) : تأثير الياف البولي بروبلين مع الالياف الزجاجية على مقاومة الشد للخرسانة ذاتية الدمك

## 4.7- مقاومة الانحناء للخرسانة ( Pending Strength):

تم اختبار مقاومة الانحناء على الخرسانة ذاتية الدمك المسلحة بالألياف على كمرات (Prisms Beam) ذات أبعاد (100×100×500) ملم وأخذ متوسط لعدد ثلاثة عينات بعد (7،28) يوم من إتمام عملية المعالجة، حيث ثم إجراء اختبار الانحناء للخرسانة ذاتية الدمك بناءً على المواصفة الأمريكية ASTM78 لجميع الخلطات والشكل (12) يوضح نتائج اختبار مقاومة الانحناء للخرسانة ذاتية الدمك المسلحة بألياف البولي بروبلين (PPFSCC) [13].

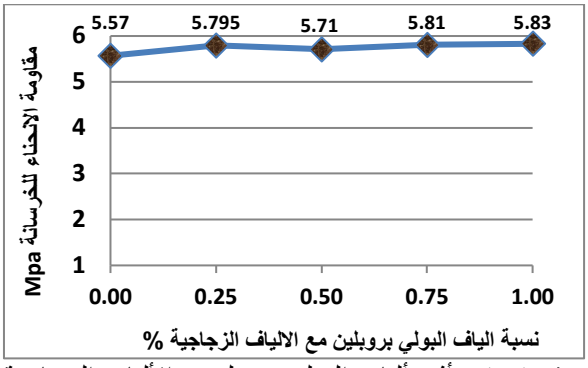



الشكل رقم (12) : تأثير ألياف البولي بروبلين على مقاومة الانحناء للخرسانة ذاتية الدمك

ونلاحظ من خلال الشكل السابق أن في الخلطة الخرسانية M5_2 عند نسبة الياف في حدود 0.25% كانت مقاومة الانحناء للخرسانة 5.2 MPa ، بينما في الخلطة الخرسانية M5_3 كانت نسبة الياف البولي بروبلين المضافة 0.50% كانت مقاومة الانحناء للخرسانة 5.78 MPa. من خلال النتائج السابقة يتضح أن مقدار الزيادة لمقاومة الانحناء للخرسانة يتراوح بين 4% الى 16% .

و الشكل (13) يوضح نتائج مقاومة الانحناء للخرسانة ذاتية الدمك المسلحة بألياف البولي بروبلين مع الألياف الزجاجية حيث نلاحظ أن في الخلطة $M_{5_1}$ عند نسبة ألياف 0 % كانت هذه الخلطة بدون ألياف وكانت مقاومة الانحناء للخرسانة

MPa 5.57 بينما في الخلطة $M_{5_7}$ نسبة الألياف كانت (PPF= 0.1875% , SYF = 0.0625%) و كذلك عند نسبة الألياف المضافة 0.25% كانت مقاومة الانحناء للخرسانة ذاتية الدمك هي MPa 5.795 حيث إن الخلطة الخرسانية $M_{5_10}$ نسبة الألياف الزجاجية بها 1% كانت مقاومة الانحناء للخرسانة في هذه الخلطة MPa 5.83 . من هنا يتضح أنه كلما زادت نسبة الألياف في الخرسانة ذاتية الدمك تزداد مقاومة الانحناء للخرسانة ويعزي ذلك أن الألياف لها القدرة على الحد من الشروخ واتساعها.




الشكل رقم (13): تأثير ألياف البولي بروبلين و الألياف الزجاجية على مقاومة الانحناء للخرسانة ذاتية الدمك

## 5 - الاستنتاجات و التوصيات :

- يمكن تنفيذ خرسانة ذاتية الدمك وبخصائص مقبولة وبمواد محلية مما يقلل من التكلفة الاقتصادية وذلك بالاستغناء عن بعض المواد المضافة.
- نوصي بإجراء دراسة على ديمومة الخرسانة ذاتية الدمك المسلحة بالألياف.
- إضافة الألياف إلى الخرسانة ذاتية الدمك يمكن أن تحقق شروط الخرسانة ذاتية الدمك عن طريق استخدام الملدنات ، قابلية المرور،( Passing ability) ,مقاومة الانفصال الحبيبي (Resistance Segregation) .
- كلما زادت نسبة ألياف البولي بروبلين كلما زادت مقاومة الشد للخرسانة ، حيث تزداد المقاومة تدريجيا و بنسبة بسيطة كلما زادت نسبة الألياف بها .
- أدت اضافة محتوى الألياف بنسبة 0.50% إلى نقص مقاومة الضغط بنسبة 4% بينما تزداد المقاومة كلما قلت نسبة الألياف في الخرسانة .
- كلما زادت نسبة ألياف البولي بروبلين مع الألياف الزجاجية للخرسانة كلما زادت مقاومة الانحناء للخرسانة ذاتية الدمك حيث إن نسبة الزيادة تتراوح بين 4% الى 15% .
- يوصى بدراسة خواص الخرسانة التي لم يتم دراستها في هذا البحث و على سبيل المتال لا الحصر تأثير الألياف على نفاذية الخرسانة ونسبة الامتصاص والانكماش و درجات الحرارة المرتفعة.
- ألياف البولي بروبلين والألياف الزجاجية تؤثر على قابلية التعبئة ( Filling ability)، و ذلك كلما زادت نسبة الألياف كلما زادت قابلية التعبئة و التشغيلية.

## 6 – الـــمراجـــع :

[1] Douglas, R. P. (2004). "*Properties of self-consolidating concrete containing type F fly ash: with a verification of the minimum paste volume method,*" M.Sc. Thesis, Northwestern University, USA.

[2] المواصفة الليبية رقم " 294 المياه المستعملة في الخرسانة، 1988.

[3] المواصفة القياسيـــة الليبيـــة 340 *الاسمـــنت البورتلاندي العادي* 1997.

[4] K. D. Raithby, J. W. Galloway and R. I. T. Williams,"*Polypropylene-reinforced cement composites for surface reinforcement of concrete structures*,"*International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete,* vol. 3, no. 4, pp. 237-246, 1981.

[5] المواصفـــة الليبيـــة رقم 255"*ركـــام الخرسانة من المصـادر الطبيعيـــة* طريقـــة تعيين معامـــل الصـــدم2006.

[6] المواصفة القياسيـــة الليبية 49 *ركام الخرسانـــة من المصادر الطبيعية* 2002.

[7] British Standard Institution "BS1881 *testing concrete part 104 method for determination of Vebe time* " , London, 1983.

[8] The European Project Group " *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification production and use* "May, 2005.

[9] ACI Committee 211.4R-08.(2008)." *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland cement and Other Cementations Materials*". American concrete institute Farmington Hills, USA, pp.1-29.

[10] BS1881: Part 116: 1983: *Method for determination of compressive strength concrete cubes.*

[11] BS 1881: Part 110: 1983: *Method for making test cylinders from fresh concrete*..

[12] European research project "*Guide Lines for testing fresh self –Compacting Concrete*", Sep 2005.

[13] American Society for Testing and Material , "ASTM C494 Type B, D and G: *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*", 2013.