دراسة تأثير ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين على الخواص الميكانيكية للخرسانة

Study the effect of glass fibers and polypropylene fibers on the mechanical properties of concrete

ربيعة بالحاج

المعهد العالي للعلوم والتقنية الزاوية

الزاوية – ليبيا

rabiabelhaj@yahoo.com,

Mobile: 00218944836997

تاريخ الاستلام:
2025/05/13م.
القبول:
2025/05/22م
تاريخ النشر:
2025/06/ 01م

ملخص البحث:

يشهد قطاع البناء تطورا سريعا ومتزايدا كل عام وقد أدى هذا النمو المتسارع للخرسانة إلى إضافة مواد كيميائية تعمل على تحسين أداء الخرسانة وتقليل استهلاك المواد الطبيعية، يتطلب التطور الحالي إلى التوجه لزيادة قوة ومتانة الخرسانة لتلبية متطلبات البناء الحديث، تعد الألياف الصناعية والطبيعية خيارا جيدا لتحسين خواص الخرسانة مثل زيادة قوة الضغط و الانحناء و الشد. استخدمت هذه الألياف منذ القدم بنسب مختلفة وأثبتت فعاليتها لتعزيز قوة الضغط و الانحناء و قوة الشد

ومقاومة الشد الانشطاري للإسمنت بشكل كبير. تهتم هذه الدراسة بتحديد النسبة الأمثل من كمية الألياف وكذلك دراسة تأثير النسب العالية من هذه الألياف على خواص الخرسانة، استخدمت ألياف الزجاج (GF) و ألياف البولي بروبلين (PPF) بنسب: 0.5%، 1%, 1.5% , 2%, 2.5% و 3% من وزن الأسمنت، وتم دراسة قوة الضغط والانحناء والشد للخرسانة قبل وبعد إضافة الألياف عند نسبة ثابتة من الماء إلى المادة الرابطة قدرها W/C = 0.5 . تم قياس قابلية التشغيل وقوة الضغط والانحناء والشد عند 7 و28 يوم، من خلال النتائج وجد أن قابلية التشغيل تنخفض بزيادة محتوى الألياف أما قوة الضغط فقد لوحظ أنها قلت عند جميع النسب المدروسة وأن أفضل قيمة لمحتوى الألياف لتحسين قوة الضغط تكون عند نسب ألياف أقل من 0.5% لكلا النوعين من الألياف، تناقصت قوة الضغط مع زيادة محتوى الألياف لتصل إلى أقل قيمة لها عند نسبة 3% و التي كانت 56.5%، 72% للألياف الزجاج و ألياف البولي لروبلين على التوالي. تزامن هدا التناقص مع تناقص في قوة الشد الانشطاري. في المقابل زادت قوة الانحناء للخلطات الحاوية على ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين مع زيادة محتوى الألياف لتصل إلى أعلى قيمة لقوة الانحناء عند نسبة ألياف 1.5% و 0.5% بنسبة زيادة وصلت 13.6% و 1.6% للألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين على التوالي، بشكل عام أظهرت ألياف الزجاج أفضل النتائج

لتحسين خواص الخرسانة.

الكلمات المفتاحية: خرسانة، ألياف زجاج، ألياف بولي بروبلين، قوة ضغط، قوة الشد الانشطاري، قوة الانحناء.

Abstract

The construction sector is experiencing rapid and increasing development every year. This rapid growth in concrete has led to the addition of chemicals that improve concrete performance and reduce the consumption of natural materials. Natural and synthetic fibers are a good choice for improving concrete properties such as increasing compressive, flexural and tensile strength. These fibers have been used since ancient times and have proven effective in enhancing concrete properties. In this study different percentage of glass fibers and polypropylene fibers: 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5% and 3% as weight percentage of cement, where tested and their effects on compressive, flexural, and tensile strengths at constant W/C=0.5. Workability,

compressive, flexural and tensile strength were measured at 7 and 28 days. The results showed that workability decreased with increasing fiber content, while compressive strength decreased at all fiber content studied. The optimal fiber content for improving compressive strength was found at fiber content less than 0.5%. Compressive strength decreased with increasing fiber content, reaching its lowest values at 3% fiber content, which were 56.5% and 72% for glass fiber and polypropylene fibers, respectively. This decrease was accompanied by a decrease in split tensile strength. Flexural strength, on other hand, increased with increasing fiber content, reaching its highest value at 1.5% fiber content with a 13.6% increase for glass fiber, and at 0.5% fiber content, with a 1.6% increase for polypropylene. Overall glass fiber performed better than polypropylene fiber.

KEYWORDS: Concrete, Glass fiber, Polypropylene fiber, Compressive strength, Flexural strength, Tensile strength

المقدمة :

مع تزايد التطور العمراني زاد استهلاك الخرسانة بشكل كبير خاصة خلال العقود الأخيرة، وهذا التزايد نتج عنه استنفاد للعناصر الطبيعية المكونة للخرسانة بشكل كبير ما أستوجب النظر إلى مصادر أخرى لمواد يمكن أن تحل محل الأولى وتعطى نفس الكفاءة، هذه المواد يجب أن تؤدى نفس المهمة وتعطى نفس كفاءة المواد الطبيعية من مقاومة ضغط و انحناء وقابلية تشغيل ومتانة وغيرها من الخواص التي تعطيها المواد الطبيعية على المدى الطويل وأن تكون ذات مقاومة عالية للأحماض والقلويات والرطوبة. أثبت الألياف فعاليتها في تقليل التشققات ومنع الانكماش أيضا بالإضافة إلى كونها نفايات صناعية مما يساعد استخدامها في الخرسانة على حماية البيئة. الخرسانة مادة هشة تتفكك بسهولة وذلك لأنها مادة مركبة، وكون الألياف تتكون من أعداد هائلة من ألياف منفصلة أثناء دمجها مع الخرسانة فإنها تتوزع بشكل عشوائي ما يسمح لها بالانتشار في جميع الاتجاهات وتشكل بذلك شبكة تساعد على تماسك الخرسانة ومنعها من التفتت أثناء الانهيار، يساهم انتشار الألياف داخل مسام الخرسانة أيضا إلى تقليل امتصاص الماء ما ينتج عنه أقل قابلية لتأكل (Mohseni, et al, 2016). تستخدم العديد من الألياف في تدعيم الخرسانة مثل ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين والبولي ايثيلين و ألياف الفولاذ والكربون وغيرها من الألياف الطبيعية مثل ألياف جوز الهند وقصب السكر وأيضا شعر الماعز وشعر الخيل و غيرها. تعتبر ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين من الألياف التي أثبتت فعاليتها في زيادة مقاومة الخرسانة للضغط و الانكماش، أيضا في زيادة قوة الانحناء بالإضافة إلى مقاومتها العالية للأحماض والقلويات (Ramezanianpour, et al, 2013). تتمتع ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين بوزن خفيف مقارنة بحجمها ومساحة سطحية كبيرة بالإضافة إلى مقاومة عالية للأحماض ومقاومة شد ممتازة حيث تتوزع

الألياف داخل الخرسانة بشكل عشوائي ما يزيد من المساحة السطحية لتلامس بينها وبين جزيئات الخرسانة و بالتالي تملا مسام الفراغات مما يحسن البنية الدقيقة للخرسانة وبذلك تزداد قوة الترابط وتمنع الجزيئات من التفتت ما يساعد على إنتاج خرسانة تتمتع بالمرونة والقوة وخفة الوزن (Liu, et al, 2019, Xue, et al, 2019). يمكن لإضافة ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين أن تسد الشقوق الدقيقة في مصفوفة الخرسانة مما يعيد توزيع الإجهاد ويمنع انتشاره عند أطراف الشقوق ما يساعد على تثبيط انتشار الشقوق خلال المصفوفة و بالتالي مقاومة عالية للأحمال وتشقق دون كسر(Fallah, et al, 2017). تساعد الألياف على تحسين معامل المرونة للخرسانة حتى تتماشى مع الأشكال الهندسية الحديثة المعقدة، تُكسب الألياف الخرسانة مرونة أكثر وطواعية أعلى في التصاميم أيضا في تحمل الأحمال ما ينتج عنه مقاومة أعلى للانحناءات خاصة أثناء الانهيار ما يوفر حماية أكثر(Cao, et al, 2019, Xue, et al, 2019, Xue, et al, 2019, Behfarnia, et al, 2014). إضافة الألياف للخرسانة يمكن أن تساعد أيضا في التحكم في الانكماش اللدن الناتج عن التجفيف خاصة أثناء التجمد و الذوبان (Zhang, etal, 2013, Karahan, et al, 2011, Izaguirre, et al, 2011).

تؤثر نسبة الألياف المضافة ونوعها على تحسين متانة الخرسانة وقدرتها على التحمل. الخرسانة المسلحة بألياف الزجاج (FRC) و ألياف البولي بروبلين خرسانة مكونة في مجملها من الاسمنت والركام الناعم والخشن يتم استبدال الاسمنت بنسبة معينة من الألياف لتساعد هذه الألياف الخرسانة على زيادة اللدنة وقوة الشد ومقاومة الصدمات والحرارة والانكماش. يعتمد تحسين الخرسانة المدعمة بالألياف على نوع الألياف، أيضا تلعب نسبة الألياف الدور الكبير في تحسين خواص الخرسانة، حيث وجد أن

النسب العالية توثر سلبا على أداء الخرسانة ليس فقط من الناحية التشغيلية بل أيضا على قوة الضغط والانحناء والشد.

هدفت هذه الدراسة للوصول إلى النسبة المثلى من ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين التي تحسن الخواص الميكانيكية للخرسانة باختبار عدة نسب تبدأ من 0.5% حتى النسب العالية 3% من وزن الاسمنت للوقوف على مدى تأثير النسب العالية من الألياف على خواص الخرسانة، أيضا هدفت الدراسة لتعيين أي نوع من الألياف يمكن أن يعطى خواص أفضل للخرسانة.

المواد المستخدمة ومنهجية البحث:

1- المواد المستخدمة:

1.1- الأسمنت: أُستخدم في خلطات الخرسانة اسمنت بورتلاند خاص بالخرسانة 42.5R كما مبين بالجدول رقم (1).

جدول (1): مكونات الاسمنت البورتلاندى المستخدم في الدراسة.

المكون	النسبة %
الأكسيد الثلاثي (CaO)	67-60
اوكسيد السيليكون (SiO2)	25-20
اوكسيد الالومنيوم (Al2O3)	8-4
اوكسيد الحديد (Fe2O3)	4-2

2.1- الماء:

استخدم ماء الحنفية العادي ذو رقم هيدروجيني يتراوح بين 7.5-7.8 لخلط جميع الخلطات الخراسانية.

3.1- الركام الخشن:

استخدم الركام الخشن أو ما يعرف بالشرشور الموجود بالسوق المحلى بقطر 1.5سم.

4.1- الركام الناعم:

تم استخدام ركام ناعم ذو جودة عالية للحصول على أفضل النتائج.

5.1- ألياف الزجاج:

استخدمت ألياف زجاج مقاوم للقلويات بالمواصفات المبينة بالجدول رقم (2).

الجدول (2): مواصفات ألياف الزجاج المستخدمة في الخلطات الخراسانية.

اللون (Color)	ابيض (White)
القطر(Diameter)	25(±10%) µm
الطول(Length)	50(±10%) µm
الكثافة (Density)	2.5-2.6 g/cm3
قوة الشد (Tensile strength)	2000-3000 N/mm2
استطالة الشد (Tensile elongation)	2-4 %

معامل المرونة (Modulus of elasticity)	70-90 GPa
محتوى الزركون (ZrO2 Percentage)	%15
عدد الألياف في الكيلوجرام (Number of fibers per Kg)	100-110×106
نقطة الاشتعال (Ignition point)	More than 850 C0
درجة الانصهار (Melting point)	700-850C0

6.1- ألياف البولي بروبلين:

استخدمت ألياف بولي بروبلين بالمواصفات المبينة بالجدول رقم (3).

الجدول (3): مواصفات ألياف البولي بروبلين المستخدمة في الخلطات الخراسانية.

اللون (Color)	ابيض (White)
القطر(Diameter)	25(±10%) µm
الطول(Length)	12(±10%) µm
الكثافة (Density)	0.91 g/cm3
قوة الشد (Tensile strength)	400(±10%) N/mm2
استطالة الشد (Tensile elongation)	25(±10%)
معامل المرونة (Modulus of elasticity)	1.6GPa
عدد الألياف في الكيلوجرام (Number of fibers)	120×106

(per Kg	
نقطة الاشتعال (Ignition point)	570C0
درجة الانصهار (Melting point)	160-170C0

2- تحضير الخلطات الخراسانية:

تم تحضير ثلاثة عشر خلطة خراسانية بنسب 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3% من ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين كنسبة وزنيه من وزن الاسمنت، تمت عملية الخلط بواسطة الخلاط الكهربائي حيت خلطت المواد الجافة أولا للحصول على توزيع جيد للألياف داخل الخلطة ومن ثم أضيف الماء بالتدريج للحصول على توزيع أمثل للألياف داخل مزيج الخرسانة. الخلطات بعد الخلط الجيد تمت صبها في قوالب ذات أبعاد خاصة للاختبارات وتم دكها بالعصا يدويا ومن ثم وضعت على الهزاز لضمان خروج كل الفقاعات الهوائية للحصول على تراص جيد للخلطة للحصول على عينات مثالية. تمت المعالجة والاختبارات بعد 7 و 28 يوم ودونت النتائج وقورنت بالخلطة المرجع (0% محتوى ألياف). كانت نسبة الماء إلى الاسمنت في جميع الخلطات ثابتة بنسبة 0.5 وكانت نسبة الخلطة حسب النسب المتعارف عليها 4:2:1 اسمنت: ركام ناعم: ركام خشن في جميع الخلطات.

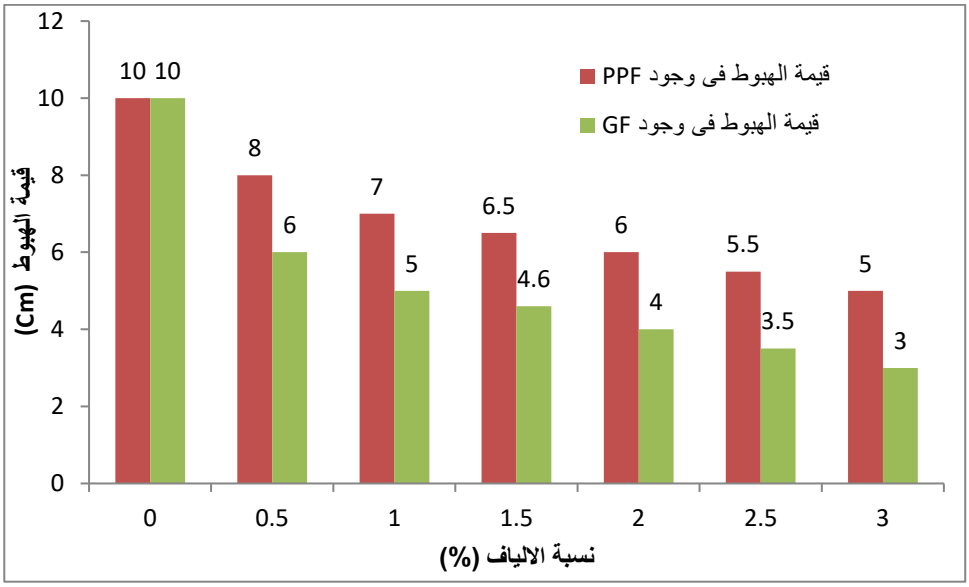
كل الخلطات والاختبارات تمت داخل معمل الخرسانة بالمعهد العالي للعلوم والتقنية الزاوية.

الاختبارات والنتائج:

جميع الاختبارات تمت داخل معمل الخرسانة للمعهد العالي للعلوم والتقنية بالزاوية

1- قابلية التشغيل Workability:

تم إجراء اختبار الهبوط أو اختبار الانسياب حسب المواصفات STM C143 باستخدام مخروط الهبوط مقاس (30cm ارتفاعا، 20cm قاعدة، 10cm قمة). نتائج اختبار الهبوط للخلطات الخراسانية موضحة بالشكل (1)، من الشكل نلاحظ انه قيمة اختبار الهبوط تقل بزيادة نسبة ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين ما يشير إلى أن زيادة محتوى الألياف يزيد من معدل امتصاص الماء ما يجعل قابلية التشغيل للخلطة تقل بالمقابل وهو ما تم ملاحظته في دراسات سابقة (Sundaesana, et al, 2001) يمكن تحسين قابلية التشغيل بإضافة بعض المواد الملينة للحصول على تشغيل أفضل للخرسانة.



الشكل (1):نتائج اختبار الهبوط لعينات الخرسانة.

من الجدير بالذكر هنا أن الخلطات المحتوية على نسب من ألياف الزجاج أظهرت قابلية تشغيل اقل من الخلطات المحتوية على ألياف البولي بروبلين. من القيم المتحصل عليها من التجارب العملية كما مبين بالشكل (1) نلاحظ أن عند نفس النسبة من الألياف 1% فان قابلية تشغيل الخلطة المحتوية على ألياف الزجاج أعطت قابلية تشغيل 5cm بينما عند نفس النسبة من ألياف البولي بروبلين أعطت الخلطة قيمة تشغيلية 7cm ما يمكن تفسيره بقابلية ألياف الزجاج إلى امتصاصية عالية للماء نتيجة خشونة سطحها ما يساعد على رفع الاحتكاك الداخلي بين جزيئات الخرسانة و بالتالي تعيق حركة هده الجزيئات ما ينتج

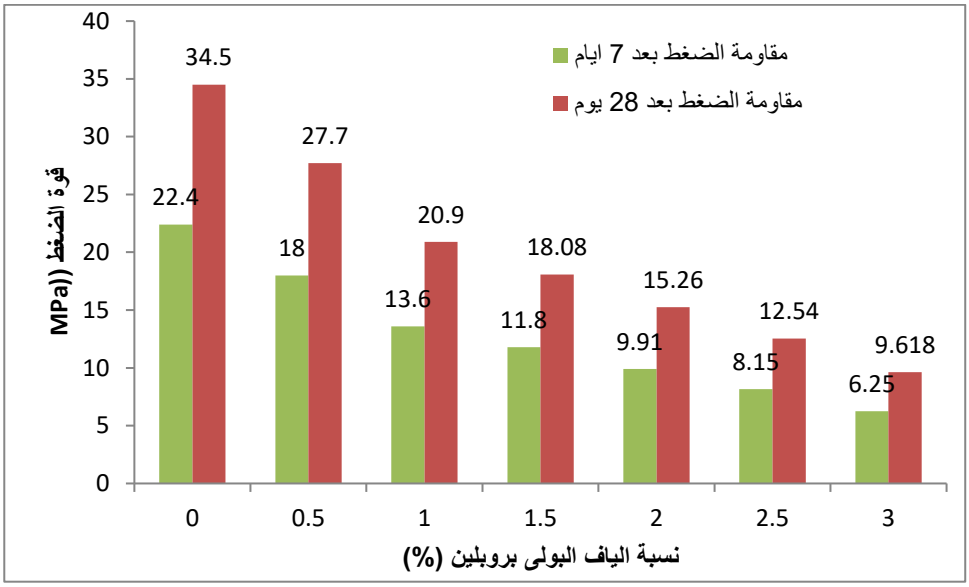
عنة قابلية تشغيل اقل، أما ألياف البولي بروبلين ذات السطح الناعم و الأملس و وزنها النوعي القليل مقارنة بألياف الزجاج و بالتالي تكون قوة الاحتكاك بينها وبين جزيئات الخرسانة اقل ما يسمح لها بالانسياب بحرية أكثر و بالتالي تنتشر بشكل أفضل ما يعطى قابلية تشغيل أفضل لوحظ هدا الفرق في العديد من الدراسات السابقة.(Sudarsana, et al, 2011)

إن شكل الألياف و مساحة سطحها و كميتها، بالإضافة إلى قدرتها على امتصاص الماء من بين العوامل الرئيسية التي تتحكم في قابلية تشغيل الخلطة الخراسانية. وهو ما يمكن ملاحظته خاصة عند زيادة كمية الألياف حيث قلت قيمة الهبوط للخرسانة المحتوية على الألياف من 8Cm إلى 5Cm في حالة ألياف البولي بروبلين ومن 7Cm إلى 3Cm في حالة ألياف الزجاج.

2- قوة الضغط Compressive Strength:

أجريت اختبارات الضغط على جميع العينات للخلطات الخرسانة حيث تم تجهيز قوالب الخرسانة بأبعاد 15سم*15سم*15سم. وتم معالجة جميع القوالب ثم أجريت الاختبارات عليها بعد 7 و 28 يوم وقورنت النتائج بالخلطة الأساسية وقورنت أيضا نتائج اختبار الضغط فيما بينها، من خلال النتائج وكما مبين في الشكل (2) يمكن ملاحظة أن قيم اختبار الضغط كانت في تباين واضح سواء بين أنواع الألياف أو بين النسب المختلفة للألياف، من الملاحظ انه عند إضافة الألياف سواء ألياف الزجاج أو ألياف البولي بروبلين فان قوة الضغط تقل بزيادة محتوى الألياف حيث انخفضت في حالة ألياف الزجاج من 34.5MP للخلطة المرجع إلى 30MP عند إضافة 0.5% من ألياف الزجاج و إلى 27.7MP عند إضافة نفس النسبة من ألياف البولي بروبلين، وهده القيمة تقل كلما زادت نسبة محتوى الألياف. أكدت العديد من الدراسات أن إضافة الألياف إلى الخلطة الخراسانية قد تحسن من قوة الضغط ولكن ليس بشكل كبير وهده الزيادة تكون عند نسبة معينة من الألياف ثم بعد دلك تبدأ قيم قوة الضغط في الانخفاض، تعتمد قوة الضغط للخرسانة

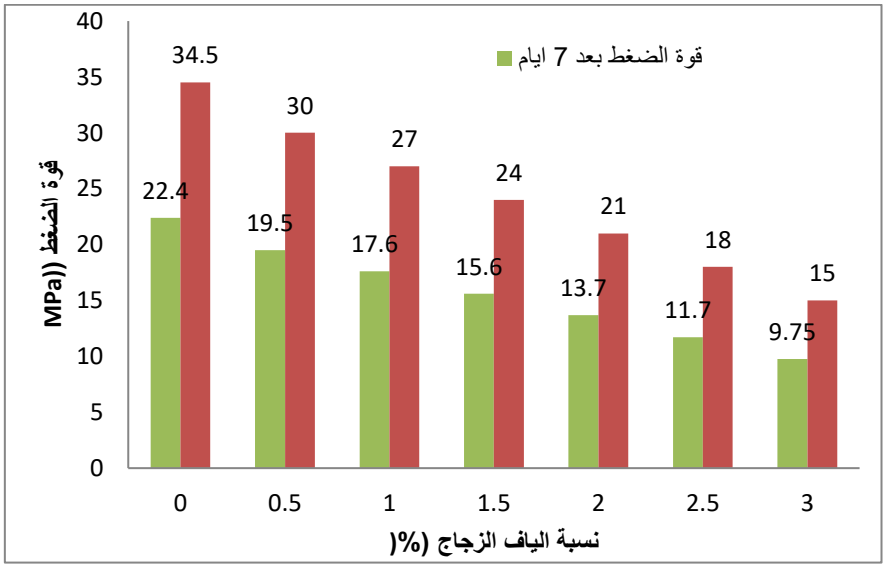
على العديد من العوامل كنسبة الألياف وطولها، أيضا طريقة خلط الخرسانة ونوع المواد الداخلة فيها ونسبتها بالإضافة إلى نسبة الماء إلى الاسمنت كل هده العوامل تلعب دورا أساسيا في تحديد النسبة المثلى للألياف التي تكسب الخرسانة أعلى قوة ضغط، حيث أظهرت دراسة ((Tassew, et al, 2014 أن استخدام ألياف بنسب حجميه تراوحت من 0-2% بأطوال مختلفة لم تؤثر كثيرا على قوة الضغط حيث زادت قوة الضغط بزيادة نسبة الألياف. في حين أكدت دراسات أخرى (Yuan, et al, 2020) أن استخدام نسب حجميه وصلت 1.35% من ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين ونسب ماء إلى الاسمنت تراوحت بين 0.3-0.35 قد حسنت من قوة الضغط في الخلطات المحتوية على ألياف الزجاج وكانت أفضل النتائج عند نسبة الماء الأقل بينما في الخلطات المحتوية على ألياف البولي بروبلين فقد اظهر النتائج انخفاض عند جميع النسب من هده الألياف، في حين أظهرت دراسات أخرى (Sun, et al, 2009) أن استخدام ألياف بولي بروبلين بأطوال تراوحت بين 12-19مم قد ساهمت في تحسين قوة الضغط حتى محتوى 0.9 كجم/م3 من الألياف ثم تبدأ بعد هدا المحتوى في الانخفاض في المقابل وجدت دراسات أخرى (,Kakooei, et al) 2012 استخدمت نسب من ألياف البولي بروبلين تراوحت 0-2 كجم/م3 أن أفضل نسبة لتحسين قوة الضغط هي 1.5 كجم/م3 و التي اتفقت مع دراسة أخرى. أكدت بعض الدراسات (,Alhozaaimy, et al 1996) أن الكسور الحجمية الصغيرة من ألياف البولي بروبلين التي تصل إلى 0.3% لم تساهم في زيادة قوة الضغط. أكدت معظم الدراسات (Cifuentes, et al, 2013) أن ألياف البولي بروبلين بطبيعتها الكارهة للماء يودى إلى ضعف عام بالمصفوفة الخراسانية ما يودى إلى نمط فشل يسبب في انفصال الألياف تحت الأحمال المتوسطة والكبيرة و بالتالي فهي لم تساهم بشكل كبير في تحسين قوة الضغط وان زيادة محتوى الألياف يقلل من قوة الضغط وهو ما تم ملاحظته هنا في هده الدراسة حيث انخفضت قوة الضغط بزيادة محتوى الألياف حتى وصل إلى اقل قيمة لها عند محتوى ألياف 3% كما مبين بالشكل أدناه.



الشكل (2): نتائج اختبار قوة الضغط بعد 7 و28 يوم للخلطات الخراسانية عند نسب ألياف البولي بروبلين.

في حين كان الانخفاض واضحا بشكل كبير في قوة الضغط للخلطات الخراسانية المحتوية على ألياف البولي بروبلين، كان الانخفاض اقل حدة في حالة الخلطات الخراسانية المحتوية على ألياف الزجاج كما مبين بالشكل (3) حيث انخفضت قوة الضغط حوالي 13% عند نسبة ألياف 0.5% والدي يمكن تفسيره أن أفضل نسبة ألياف لتحسين قوة الضغط تقع بين 0-0.5% وهو ما أكدته العديد من الدراسات أن إضافة ألياف الزجاج بنسب صغيرة تحسن من قوة الضغط (Chandramoulik, et al, 2010)، في حين

أكدت دراسات أخرى((Sudarsana, et al, 2011 أن قوة الضغط تتحسن حتى نسبة حجميه 1% ألياف زجاج عند 7 أيام و كذلك عند 28 يوم ثم تنخفض مع زيادة محتوى الألياف بينما دراسة أخرى وجدت أن أعلى قيمة لقوة الضغط تحصل عليها كانت عند نسبة 1.5% ألياف من وزن الاسمنت ألياف علما انه استخدم ملين عند جميع الأعمار 3,7,28,56 يوم (Shakor,et a, 2011).

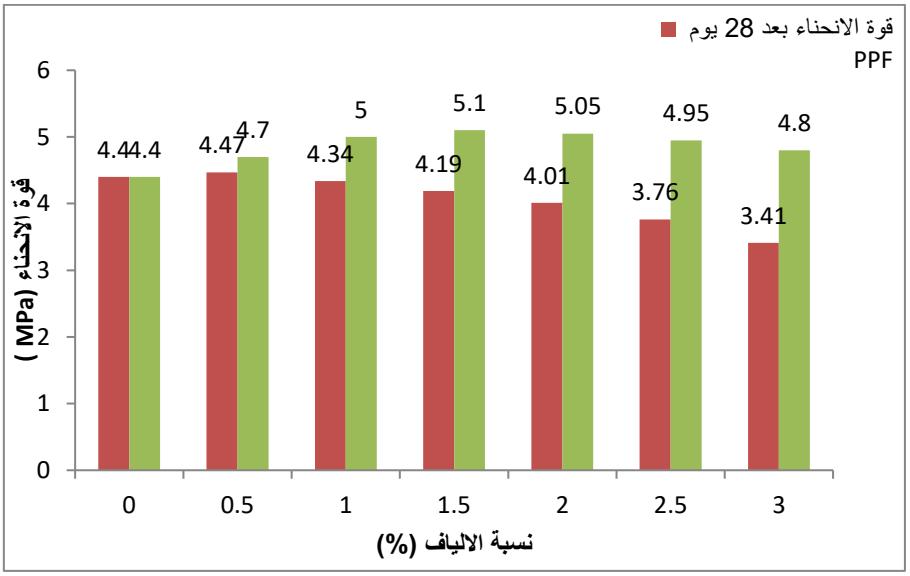


الشكل(3): نتائج اختبار قوة الضغط بعد 7 و28 يوم للخلطات الخراسانية بنسب ألياف الزجاج.

3- قوة الانحناء flexural Strength:

يستخدم اختبار الانحناء لاختبار الخواص الميكانيكية وخصائص الكسر للعارضة الخراسانية لقياس مقاومة الخرسانة للانحناء أو العزم وهو مهم خاصة في الأرضيات، البلاط و العناصر الخراسانية الطويلة. أجريت اختبارات الانحناء على العينة المرجع والعينات المحتوية على الألياف عند عمر28 يوم لتحديد نسبة الألياف التي تحسن قوة الانحناء للخرسانة. تم تسليط الحمل على العارضة الخراسانية مستطيلة المقطع (150مم*150مم*500مم) بعد المعالجة بعد 28 يوم وتم تسجيل النتائج لجميع العينات.

في الوقت الدى أظهرت فيه الخلطات المحتوية على ألياف تناقص في قوة الضغط وخاصة مع زيادة نسبة الألياف أظهرت هده الخلطات ارتفاع في قوة الانحناء بزيادة نسبة الألياف حتى نسب معينة لتعود بعد دلك للانخفاض مرة أخرى, حيث لوحظ انه في حالة الخلطات المحتوية على ألياف الزجاج كانت قوة الانحناء في تزايد مع زيادة نسبة الألياف كما بالشكل (4) حتى وصلت إلى 5.1MP بنسبة زيادة تصل 13.6% عند نسبة ألياف 1.5% لتعود للانخفاض مرة أخرى عند النسب الأعلى من الألياف وهدا ما تم استنتاجه في دراسات سابقة (Tassew, et al, 2014) حيث لوحظ أن قوة الانحناء للخلطات المحتوية على ألياف الزجاج ازدادت إلى نسب معينة لتعود بعد دلك للانخفاض في حين أن قوة الضغط لهده الخلطات لم تتأثر كثيرا وهدا ما أكدته دراسات أخرى (Arslan, et al, 2016, Ghugal, et al, 2006, Barluenga, et al, 2007, Soylev, et al, 2014) التي أظهرت تحسن ملحوظ في قوة الانحناء في حين لم تتأثر قوة الضغط إلا بشكل طفيف جدا أفاد أيضا (Khan, et al, 2016) أن ألياف الزجاج قد تقلل من قوة الضغط للخرسانة ولكنها تحسن من قوة الانحناء حتى نسب ألياف معينة.



الشكل(4): نتائج اختبار الانحناء للخلطات الخراسانية.

أما الخلطات المحتوية على ألياف البولي بروبلين فقد كانت الزيادة في قوة الانحناء حتى نسبة ألياف 0.5% بنسبة زيادة 1.6% لتعود للانخفاض مرة أخرى هنا يمكن القول أن النسب الصغيرة دون 0.5% من ألياف البولي بروبلين أعطت أفضل قوة انحناء وهو ما تم التوصل إليه في دراسة (Mohod, et al, 2015). أن النسب العالية أعلى من 2% تسببت في تقليل قدرة الخرسانة على تحمل الانحناء ما يعزى إلى التكتل الحاصل التي تسببه الألياف و الدى يؤدى إلى مشاكل في الخلط التي تؤثر على قوة الانحناء وهدا ما تم إثباته في العديد من الدراسات (Choi,et al, 2005, Hasan, et al, 2011) حيث وجد أن قوة ضغط

الخرسانة المحتوية على ألياف بولي بروبلين لا تتأثر كثيرا ولكن قوة الشد والانثناء تتحسن بشكل ملحوظ عند نسب أحجام اقل من 0.55% في المقابل وجد (Soroushinan, et al, 2003) أن النسب المنخفضة من ألياف البولي بروبلين لها تأثير ضئيل على قوة الانثناء للخرسانة وهو ما تم ملاحظته في هده الدراسة.

من الملاحظ في هده الدراسة أن ألياف الزجاج أظهرت قوة انحناء أعلى من نظيرتها ألياف البولي بروبلين وهو ما يعود إلى القوة والصلابة العالية للألياف الزجاج مقارنة بألياف البولي بروبلين وهدا كان واضح في العديد من الدراسات (Khan, et al, 2016).

4- قوة الشد الانشطاري Splitting Tensile Strength:

تم اختبار قوة الشد الانشطاري لعينات الاسطوانية 150*300مم للجميع الخلطات الخراسانية بعد المعالجة عند عمر 28 يوم حسب المواصفات القياسية ASTM. من خلال النتائج المتحصل عليها تبين أن الخلطات الخراسانية المدعمة بألياف البولي بروبلين أظهرت مقاومة شد اقل من نظيرتها المحتوية على ألياف زجاج بالرغم من أن ألياف البولي بروبلين تمتلك مرونة عالية ومقاومة جيدة للتشقق الناتج عن الانكماش بالإضافة إلى وزنها الخفيف الدى يسمح لها بالتوزيع الجيد داخل المصفوفة الخراسانية إلا أن مقاومتها للشد ضعيفة نسبيا مقارنة بألياف الزجاج اد يكمن دورها في تحسين المتانة ومقاومة التشقق الدقيق أكثر من زيادة القوة الفعلية و بالتالي فان مقاومتها للشد الانشطاري يكون محدود بل عند النسب العالية فإنها تؤثر سلبا على قوة الشد. من نتائج هده الدراسة كما مبين بالشكل (5) وجد أن قوة الشد للخرسانة المدعمة بألياف البولي بروبلين قلت عند نسبة ألياف 0.5% بنسبة 10.3% واستمرت هده القيمة في التقلص مع زيادة محتوى الألياف حتى وصلت إلى أدنى قيمة لها عند نسبة 3%، على نفس

المنوال كان التناقص في قيمة الشد للخلطات الخراسانية المدعمة بألياف الزجاج ولكن التناقص كان اقل حدة من الحاصل في حالة ألياف البولي بروبلين حيث تناقصت القيمة بين الخلطة المرجع والخلطة المدعمة بنسبة 0.5% ألياف زجاج بنسبة 6.6% واستمر التناقص مع زيادة محتوى الألياف.

الشكل (5): نتائج اختبار الشد الانشطاري للخلطات الخراسانية.

5- الخلاصة:

أجريت هده الدراسة لدراسة تأثير النسب المختلفة من ألياف الزجاج و ألياف البولي بروبلين على خصائص الخرسانة وتم استخلاص الاستنتاجات التالية:

1- تنخفض قابلية التشغيل للخلطة الخراسانية عند إضافة الألياف لها ويزداد الانخفاض بزيادة محتوى الألياف وكان الانخفاض أكثر وضوحا في حالة ألياف الزجاج

2- لم تتحسن قوة الضغط للخلطات الخراسانية عند النسب الألياف المدروسة ما يدل على أن النسبة الأمثل للألياف لتحسين قوة الضغط هي عند النسب الصغيرة < 0.5% كنسبة وزنيه من وزن الاسمنت عند نسبة ماء إلى المادة الرابطة 0.5 .

3- زادت قوة الانحناء للخلطات الخراسانية المدعمة بالألياف الزجاجية و ألياف البولي بروبلين وكانت أفضل نسبة ألياف زجاج هي 1.5% و 0.5% للألياف البولي بروبلين.

4- كشفت الدراسة أن ألياف الزجاج أقوى لتدعيم الخرسانة من ألياف البولي بروبلين.

5- لم تتحسن قيمة الشد الانشطاري للخرسانة المدعمة بكلأ النوعين من الألياف عند النسب المدروسة بل قلت مع زيادة نسبة الألياف وخاصة في الخلطات المحتوية على ألياف البولي بروبلين.

6- المراجع:

1- E. Mohseni, et al., Polypropylene fiber reinforced cement mortars containing rice husk ash and nano-alumina, Constr. Build. Mater. 111 (2016) 429–439.

2- Ramezanianpour, A., M. Esmaeili, S. Ghahari, and M. Najafi, Laboratory study on the effect of polypropylene fiber on durability, and physical and mechanical characteristic of concrete for application in sleepers. Construction and Building Materials, 2013. 44: p. 411-418.

3- F. Liu, W. Ding, and Y. Qiao, "An experimental investigationon the integral waterproofing capacity of polypropylene fiberconcrete with fly ash and slag powder," Construction andBuilding Materials, vol. 212, pp. 675–686, 2019.

4- Xue, G., Yilmaz, E., Song, W., Cao, S., 2019. Analysis of internal structure behavior of fiber reinforced cement-tailings matrix composites through X-ray computed tomography. Composites Part B: Engineering 175, 107091.

5- S. Fallah, M. Nematzadeh, Mechanical properties and durability of highstrength concrete containing macro-polymeric and polypropylene fibers with nano-silica and silica fume, Constr. Build. Mater. 132 (2017) 170–187.

6- S. Cao, E. Yilmaz, W. Song, Fiber type effect on strength, toughness and microstructure of early age cemented tailings backfill, Constr. Build. Mater. 223 (2019) 44–54.

7- Xue, G., Yilmaz, E., Song, W., Cao, S. Mechanical, flexural and microstructural properties of cement-tailings matrix composites: Effect of fiber type and dosage. Composites Part B: Engineering, 2019, 172, 131-142.

8- G. Xue, E. Yilmaz, W. Song, E. Yilmaz, Influence of fiber reinforcement on mechanical behavior and micro-structural properties of cemented tailings backfill, Constr. Build. Mater. 213 (2019) 275–285

9- K. Behfarnia, A. Behravan, Application of high performance polypropylene fibers in concrete lining of water tunnels. Mater. Des., 55 (2014), pp. 274-279.

10- P. Zhang, Q. Li, Effect of polypropylene fiber on durability of concrete composite containing fly ash and silica fume. Compos. Part B Eng., 45 (2013), pp. 1587-1594.

11- Karahan, O., Atis¸, C.D., 2011. The durability properties of polypropylene fiber reinforced fly ash concrete. Mater. Des. 32, 1044–1049.

12- A. Izaguirre, J. Lanas, J.I. Alvarez, Effect of a polypropylene fiber on the behavior of aerial lime-based mortars, Constr. Build. Mater. 25 (2) (2011), 992–1000.

13- SudarsanaRao. H, et al"(2011), "Strength and Workability Characteristics of Fly Ash based Glass Fiber Reinforced High Performance-Concrete", International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST), Vol. 3, No. 8, August, pp 6266-6277.

14- S.T. Tassew, A.S. Lubell, Mechanical properties of glass fiber reinforced ceramic concrete, Construct. Build. Mater. 51 (2014), 215–224.

15- Yuan, Z.; Jia, Y. Mechanical properties and microstructure of glass fiber and polypropylene fiber reinforced concrete: An experimental study. Constr. Build. Mater. 2020, 266, 121048.

16- Z. Sun, Q. Xu, Microscopic, physical and mechanical analysis of polypropylene fiber reinforced concrete, Mater. Sci. Eng., A 527 (2009) 198–204.

17- Kakooei, S., H.M. Akil, M. Jamshidi, and J. Rouhi, The effects of polypropylene fibers on the properties of reinforced concrete structures. Construction and Building Materials, 2012. 27(1): p. 73- 77.

18- Alhozaimy AM, Soroushian P, Mirza F. Mechanical properties of reinforced concrete and materials polypropylene fiber and the effects of pozzolanic. CemConcr Compos 1996;18(2):85–92.

19- H. Cifuentes, F. García, O. Maeso, F. Medina, Influence of the properties of polypropylene fibers on the fracture behavior of low-, normal- and high-strength FRC
Constr. Build. Mater., 45 (2013), pp. 130-137.

20- R.P. ChandramouliKSrinivasa, N. Pannirselvam, T. Sekhar, Strength properties of glass fiber concrete, ARPN J. Eng. Appl. Sci. 5 (4) (2010) 1–7.

21- Shakor, P. N., and Pimplikar, S. (2011). Glass fiber reinforced concrete use in construction. Int. J. Technol. Eng. Syst. 2:2.

22- Arslan, M.E. Effects of basalt and glass chopped fibers addition on fracture energy and mechanical properties of ordinary concrete:CMOD measurement. Constr. Build. Mater. 2016, 114, 383–391.

23- Ghugal, Y.M.; Deshmukh, S.B. Performance of alkali-resistant glass fiber reinforced concrete. J. Reinf. Plast. Compos. 2006, 25, 617–630.

24- Barluenga, G.; Hernández-Olivares, F. Cracking control of concretes modified with short AR-glass fibers at early age. Experimentalresults on standard concrete and SCC. Cem. Concr. Res. 2007, 37, 1624–1638.

25- Söylev, T.; Özturan, T. Durability, physical and mechanical properties of fiber-reinforced concretes at low-volume fraction. Constr. Build. Mater. 2014, 73, 67–75.

26- Khan, M.; Ali, M. Use of glass and nylon fibers in concrete for controlling early age micro cracking in bridge decks. Constr. Build. Mater. 2016, 125, 800–808.

27- Mohod, M.V. Performance of polypropylene fiber reinforced concrete. IOSR J. Mech. Civil Eng. 2015, 12, 28–36.

28- Choi, Y.; Yuan, R.L. Experimental relationship between splitting tensile strength and compressive strength of GFRC and PFRC. Cem. Concr. Res. **2005**, 35, 1587–1591.

29- Hasan, M.; Afroz, M.; Mahmud, H. An experimental investigation on mechanical behavior of macro synthetic fiber reinforced concrete. Int. J. Civ. Environ. Eng. **2011**, 11, 19–23.

30- Soroushian, P.; Plasencia, J.; Ravanbakhsh, S. Assessment of reinforcing effects of recycled plastic and paper in concrete. Mater. J. **2003**, 100, 203–207.