

# اداء الخرسانة الاعتيادية الوزن الحاوية على الالياف والمعرضة الى درجات حرارة عالية

نهلة ناجي هلال<sup>1</sup>

قبول النشر: ٢٠١٢/١/٢٩

تاريخ الاستلام: ٢٠١١/١٢/٢٨

## الخلاصة (Abstract):

إن الغرض الرئيسي من هذا البحث هو التعرف على تأثير إضافة الألياف بأنواع ونسب مختلفة على أداء الخرسانة الاعتيادية بعد تعرضها إلى درجات الحرارة العالية. تم استخدام ثلاثة أنواع من الألياف وهي الألياف الزجاجية والألياف الحديدية بنوعين (الطويلة والقصيرة) وبنسب إضافة مختلفة وهي (٠,٥ ، ١,٠ ، ١,٥ % ) على التوالي، تم عمل (٢١٠) مكعب بأبعاد (١٠٠) ملم، و (١٦٠) اسطوانة بأبعاد (٢٠٠×١٠٠) ملم، حيث تم تسخين النماذج الخرسانية إلى درجات حرارة (١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٣٠٠ ، ٤٠٠ ، ٥٠٠ و ٦٠٠ °م) ويعمر ٢٨ يوم على التوالي حيث تم الإبقاء على درجة الحرارة المطلوبة لفترة ساعتين بعدها تم تبريدها بشكل طبيعيًا في درجة حرارة الغرفة. تم في هذا البحث إجراء فحص مقاومة الانضغاط للنماذج وإجراء فحص مقاومة الشد الغير مباشر للنماذج الاسطوانية. أظهرت النتائج ان مقاومة الخرسانة الحاوية على الألياف أعطت تحسنا بالمقاومة الانضغاط تحت درجات حرارة الحرق بنسبة تصل إلى (٨٧%) بالمقارنة مع الخلطة المرجعية عند درجات حرارة الحرق المختلفة، وان الياف الزجاج أعطت فروقات نسبية اقل من الألياف الحديدية في مقاومة الشد الانشطاري عندما يكون محتواها في الخلطة الخرسانية (١%، ١.٥%) على التوالي وان استخدام الألياف بنوعها قد ساهم في تحسن خواص الخرسانة المقاومة للحريق.

الكلمات المفتاحية (البالة): خرسانة اعتيادية ، درجات الحرارة العالية ، ألياف حديدية ، ألياف زجاجية، مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري .

## Performance of Fiber normal – weight concrete Exposed to Elevated Temperatures

### Abstract:

The main rule of this search is determining the effect adding various types of fiber to normal concrete mixes on performance normal strength concrete ,it has been used three types of fibers (glass, short steel fibers& long steel fibers)with different contents in mixes(0.5,1.0&1.5%) respectively.

It had been cast (210) cubes with dimensions (100×100×100m) mm,(160) cylinders with dimensions (100×200) mm , All concrete specimens heated under different temperatures

<sup>1</sup> مدرس مساعد - كلية الهندسة / جامعة الانبار

(100,200,300,400,500 & 600 C°) at age 28 days, so that it had been stayed under specified temperatures about two hours then , cooled in naturally in room temperatures and tested in compressive for cubes & splitting strength for cylinders. The results stated that the fiber improve the compressive strength under fire temperatures about (87%) compare with reference mixes, and the fiber glass take little differences than steel fiber in splitting strength when its content reach (1.0,1.5%) respectively and using this types of fibers improved the properties of concrete against the fire.

## ١- المقدمة (Introduction)

الخرسانة الليفية وهي الخرسانة المصنوعة من الاسمنت والركام والاحتوية على ألياف غير مستمرة وموزعة توزيعاً عشوائياً في جميع الاتجاهات خلال الكتلة الخرسانية وتنقسم الألياف إلى قسمين رئيسيين من حيث النوع:

- ١- ألياف الصلب: وهي قطع من الصلب بطول (٣-٨) سم وقطر (٠,٥ - ٠,٨) ملم .
- ٢- الألياف الصناعية : مثل ألياف البولي بروبيلين والبوليستر والبوليثيلين والاكربليك وتأخذ نفس شكل ألياف الصلب ولكنها مصنوعة من مواد صناعية.
- ٣- والألياف لها القدرة على تحسين مقاومة الخرسانة في القص والشد والانحناء والصدم والانكماش كما أنها تعمل على تقليل أنساع الشروخ وإعادة توزيعها ، ولكن الألياف لا تؤثر بدرجة كبيرة على مقاومة الضغط وتستخدم الخرسانة الليفية بشكل واسع في الطرق والمطارات والمنشآت العسكرية وقواعد المكائن [١].

هناك مشكلتان رئيسيتان عند تعرض الخرسانة إلى درجات الحرارة العالية المشكلة الأولى هي تدهور الخواص الميكانيكية للخرسانة والمشكلة الثانية هي تشظي الخرسانة، لقد وجد مؤخراً أن إضافة الألياف إلى الخرسانة هي طريقة مناسبة لمنع تشظي الخرسانة عند تعرضها إلى درجات الحرارة العالية [٢].  
لقد توصل الكبيسي [٣] إلى أن الخرسانة المعززة بألياف الحديد والحاوية على بوليمر أظهرت مقاومة أكبر للانضغاط وشد الانشطار وشد الانحناء مقارنة مع الخرسانة المرجعية وبالنسبة لكل درجات الحرارة المرصودة (١٠٠، ٣٠٠، ٥٠٠، ٧٠٠)°م و كانت الزيادة في قوة الانضغاط هي (٨٢% ، ٥٤% ، ٦٩.٨% ، ١٧١.٤%) على التوالي ، بينما كانت الزيادة في قوة الشد (١١٩.٢% ، ١٣٢.٦% ، ٩٩% ، ٥٢.٣%) على التوالي .  
لقد توصل الباحثون [٤] إلى أن الخلطة الخرسانية المحتوية على خليط ألياف البولي بروبيلين بنسبة ١% وألياف الحديد بنسبة ٩% تحقق زيادة مقدارها (١١% ، ٦٨% ، ٢٧٥% ، ٤١%) في اجهادات الضغط والانحناء والصدم والشد على التوالي عند مقارنتها بالخلطة المرجعية ، وان الخلطة الحاوية على ألياف البولي بروبيلين بنسبة (١٢.٥%) وألياف حديد بنسبة (٣.٧٥%) تحقق زيادة مقدارها (٧% ، ٥٠% ، ١٥٠% ، ٢٧%) في اجهادات الضغط والانحناء والصدم والشد على التوالي عند مقارنتها بالخلطة المرجعية .

## ٢- العمل المختبري:

### ٢-١-٢- المواد :

خصائص المواد المستخدمة في العمل المختبري:

### ٢-١-٢-١- الاسمنت :

استخدم في هذا البحث سمنت نوع (I) سعودي المنشأ والجداول (١) يوضح الخصائص الكيميائية والفيزيائية للاسمنت المستخدم وفقاً للمواصفة العراقية رقم (٥) لسنة ١٩٨٤ .

### ٢-١-٢-٢- الركام :

تم استخدام الرمل والحصى الطبيعي وكان المقاس الأقصى للرمل لا يتجاوز (٤.٧٥) ملم ولحصى لا يتجاوز (١٢.٥) ملم وكان تدرج الرمل والحصى المستخدم يقع ضمن التدرج المسموح به في المواصفات القياسية العراقية رقم (٤٥) لسنة ١٩٨٤ ، وكما موضح بالجدولين (٣،٢) .

## ٢-١-٣ الماء :

تم استخدام الماء الصالح للشرب في عملية خلط الخرسانة وعملية المعالجة الاعتيادية للنماذج الخرسانية.

## ٢-١-٤ الألياف :

تم استخدام ثلاثة أنواع من الألياف والمبينة في الشكل رقم (١) والمستوردة من قبل شركة سيكا كيميائيات الكونكريت [٤] والجدول رقم (٤) يوضح خصائص الألياف المستخدمة.

## ٢-٢ - الأجهزة المستعملة:

- ٢-٢-١ ميزان الكتروني : لقياس أوزان المواد المستخدمة في جميع الخلطات الخرسانية والموضح بالشكل رقم (٢) .  
 ٢-٢-٢ خلاطة ميكانيكية : لغرض خلط الخرسانة بحجم (٠.٠٥) م<sup>٣</sup> كما موضحة بالشكل (٣) .  
 ٢-٢-٣ هزاز كهربائي: لرص النماذج الخرسانية ، كما موضح بالشكل رقم (٤) .  
 ٢-٢-٤ فرن كهربائي: بدرجة حرارة قصوى (١٢٠٠°م) لغرض تعريض النماذج الى درجات الحرارة العالية كما موضح بالشكل رقم (٥) .  
 ٢-٢-٥ جهاز فحص مقاومة الانضغاط: لجميع المكعبات والاسطوانات وفحص الشد الانشطاري لجميع الاسطوانات كما في الشكل رقم (٦) .

## ٣- البرنامج العملي:

لقد تم صب مكعب خرساني قياسي بأبعاد (١٠٠×١٠٠×١٠٠) ملم لفحوصات مقاومة الانضغاط للخرسانة وبمعدل (٣) مكعبات لكل درجة حرارة من درجات الحرارة (٢٠٠، ٣٠٠، ٤٠٠، ٥٠٠، ٦٠٠، ١٠٠°م) بالإضافة إلى الخلطة المرجعية كما تم صب (٨) اسطوانات خرسانية قياسية بأبعاد (٢٠٠×١٠٠) ملم لفحوصات مقاومة الشد الغير مباشر للخرسانة وبمعدل اسطوانتين لكل درجة حرارة ، وحجم العمل الكلي (٢١٠) مكعب و (١٦٠) اسطوانة كما موضح بالشكل (٧) . تم إخراج جميع نماذج المكعبات والاسطوانات من قوالبها بعد مرور (٢٤) ساعة على عملية الصب لوضعها مغنورة داخل حوض الماء المخصص للمعالجة لمدة (٢٨) يوم والموضح بالشكل رقم (٨) لتكون جاهزة لغرض الفحص بدرجة حرارة الغرفة وتعريض المتبقي من النماذج إلى درجات الحرارة المطلوبة والإبقاء على درجة الحرارة المطلوبة لمدة ساعتين ، ثم تبريدها بشكل طبيعي إلى درجة حرارة الغرفة، ثم إكمال فحصي مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الغير مباشر ٠ والجدول رقم (٥) يوضح نسب ومكونات الخلطات الخرسانية المستخدمة في البحث .

## ٤- النتائج والمناقشة:-

أظهرت النتائج نتائج فحوصات الانضغاط والشد الانشطاري للخلطات في الجداول (٦) و (٧) و (٨) و (٩) مايلي :

### ١- الخلطات الحاوية على الألياف الزجاجية:

الأشكال (٩) و (١٠) توضح الخواص المختلفة للخلطات الاعتيادية والخلطات الحاوية على الألياف الزجاجية بالنسبة لمقاومة الانضغاط ومقاومة الشد حيث أظهرت النتائج أن مقدار الزيادة في مقاومة الانضغاط والشد تتراوح بين (٣.٠٤% - ٧٨.١٢%) و (٤.٤٩% - ٥٢.٨٨%) على التوالي كما موضح في الجدول رقم (١٠) و (١١) بالمقارنة مع الخلطة المرجعية ولكل درجات حرارة الحرق. إن تأثير زيادة نسب الألياف كان واضحاً في تحسين مقاومة الانضغاط وخصوصاً عند درجة الحرارة ٣٠٠°م حيث سجلت أعلى زيادة وكان مقدارها (٧٨.١٢%) لمحتوى ألياف (١.٥%)، إن تأثير إضافة الألياف كان مفيد في تحسين مقاومة الشد حيث سجلت أعلى نسبة زيادة عند درجتي الحرارة (٣٠٠م) و (٤٠٠م) لمحتوى ألياف (١%) ونسبة زيادة مقدارها (٤٠.١٧% و ٥٢.٨٨%) على التوالي عند مقارنتها مع الخلطة المرجعية لكل درجة حرارة.

يتضح مما سبق إن نسبة إضافة الألياف الزجاجية بحدود (١%) أعطت أفضل نسبة زيادة بمقاومة الشد بينما كان محتوى الألياف (١.٥%) أعطت أفضل نسب زيادة في مقاومة الانضغاط، أما بعض النقصان الذي ظهر في النسب عند مقارنتها مع الخلطة المرجعية فكان عند درجة الحرارة (٦٠٠م) وذلك نتيجة لتأثر خواص ومركبات الخرسانة بدرجة حرارة الحرق الذي يبدأ بالتناقص كلما زادت نسبة الألياف في الخلطة كما موضح في جداول النسب المثوية للفر وقات في النسب.

## ٢- الخلطات الحاوية على الألياف الحديدية:

بالنسبة للخلطات الحاوية على الألياف الحديدية بنوعها أظهرت نسبة زيادة أكثر من الخلطات الحاوية على ألياف الزجاج بالنسبة لمقاومة الانضغاط ومقاومة الشد كما موضح بالأشكال من (١١-١٤) والجداول الخاصة بالفروقات في الجداول (٩ و١٠)، حيث ان النسبة المتوية للزيادة في مقاومة الانضغاط تتراوح بين (٧٣.٧% - ٨٧.٧٢%).

عند درجة الحرارة ٢٠٠م° أظهرت اقل نسب في نقصان المقاومة ولكل نسب الإضافة من الألياف وذلك بسبب أن التحولات عند تلك درجة الحرارة أعطت اقل الفروقات من ناحية التأثير على مقاومة الانضغاط، بينما هذه الفروقات تبدأ تتلاشى مع ارتفاع درجات الحرق وذلك لكونها تعمل على إيقاف الشقوق في الخرسانة كما يلاحظ زيادة في نسب مقاومة الانضغاط مع ازدياد محتوى الألياف في الخلطة بالمقارنة مع الخلطة المرجعية وخصوصاً عند درجات الحرارة (٣٠٠، ٤٠٠، ٥٠٠) م° ولكلا النوعين من الألياف الحديد، ويلاحظ أن نسب الزيادة عند استخدام الألياف الطويلة يعطي نسب زيادة تتراوح بين (٢١.٧٩% - ٨٧.٧٢%) بالمقارنة مع الألياف القصيرة حيث كانت نسبة الزيادة تتراوح بين (٣٥.٧١- ٥٩.٣٧%).

إن مقاومة الشد بالنسبة للخلطات الحاوية على الألياف الحديدية بنوعها (الطويلة والقصيرة) أظهرت نسبة كبير من النقصان في مقاومة الشد أكثر من الألياف الزجاجية وهذا نتيجة تأثر معدن الحدي بدرجات الحرارة وبالتالي تأثيره على عدم وقف الشقوق التي تسبب إضعاف الخرسانة وبالتالي أعطى أكثر الفروقات والتي تزداد مع ازدياد محتوى الألياف في الخلطة، حيث أن الألياف الحديدية القصيرة أظهرت نسب نقصان اقل من الألياف الطويلة وعند كل درجات حرارة الحرق تقريباً بالمقارنة مع الخلطة المرجعية، حيث كانت أعلى نسب نقصان مسجلة هي (٧٣%) عند محتوى ألياف (١.٥%) عند درجة حرارة حرق (٦٠٠م°)، بينما سجلت أعلى نسبة زيادة في مقاومة الشد هي (٢٣%) عند درجة حرارة حرق هي (٤٠٠م°) عند محتوى الألياف (٠.٥%). من خلال ملاحظة الفروقات في النسب المتوية أظهرت النتائج أن إضافة ألياف الزجاج أعطت اقل نسب في تحسين المقاومة عند التعرض لدرجات حرارة الحرق المختلفة بالمقارنة مع النوعين الآخرين من ألياف الحديد وان أفضل نسبة إضافة أعطت أعلى الفروقات هي ١% و ١.٥% على التوالي. بينما كانت ألياف الزجاج أعطت اقل نسب نقصان في مقاومة الشد بالمقارنة مع النوعين الآخرين وان أفضل نسبة أعطت اقل الفروقات هي ١%. بالنسبة لنسب إضافة الألياف انه بزيادة محتوى الألياف تتحسن مقاومة الانضغاط وان مقدار هذه الزيادة يتراوح (٤٣.٥% - ٨٤.٥%) ولكل أنواع الألياف، بينما كانت زيادة محتوى الألياف ذات تأثير في زيادة نسب نقصان مقاومة الشد للخرسانة حيث بلغت أعلى نسبة نقصان (٧٠.٧%) عند استعمال الألياف الحديدية القصيرة.

## ٥- الاستنتاجات :

- ١- إضافة الألياف إلى الخرسانة يحسن من مقاومتها لتأثير الحرائق ويحسن من مقاومة الانضغاط.
- ٢- درجة الحرارة يكون تأثيرها أكبر على احمادات الشد غير المباشر للخرسانة.
- ٣- ألياف الحديد تعطي أفضل النتائج وأعلى نسب الزيادة في مقاومة درجات الحرارة المختلفة للحرائق من ألياف الزجاج وخصوصاً للخرسانة عندما تكون في وضعية تحمل الانضغاط.
- ٤- إضافة ألياف الزجاج أو الحديد إلى الخلطة الخرسانية وسيلة فعالة لتحسين خواص الخرسانة من حيث زيادة احمادات الانضغاط وخصوصاً عند التعرض لدرجة حرارة الحريق حيث كانت الزيادة حوالي (٨٧%) ومحتوى ألياف (١.٥%).
- ٥- الألياف الزجاج أعطت اقل نسب نقصان في مقاومة الشد عند التعرض لدرجات حرارة الحريق المختلفة.

## ٦- التوصيات:

- ١- إمكانية استخدام ألياف مركبة من الزجاج والحديد في الخلطة الخرسانية وتحديد أفضل نسب للإضافة لبيان تأثيرها مجمعة على خواص الخرسانة عند درجات حرارة الحرق.
- ٢- استخدام نفس الأنواع من الألياف لدراسة الخواص الميكانيكية الأخرى للخرسانة مثل الانحناء ومقومة الصدمات وعند درجات حرارة الحرق المختلفة.
- ٣- استخدام أنواع أخرى من ألياف الكاربون لتحديد أفضل أنواع الألياف الملائمة لمثل هذه الظروف من الحرق.

## ٧- المصادر:

- ١- الإمام ، محمود " الخرسانة " ، الفصل الثالث ، صفحة ٣٩-٤٠ ، ٢٠٠٢ .
- ٢- صالح ، شاكرا احمد و جاسم ، علي " أداء الخرسانة الخفيفة الوزن الحاوية على الألياف والمعرضة إلى درجات الحرارة العالية " مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد ٢٧ ، العدد ١٣ ، بغداد ٢٠٠٩ .
- ٣- الكبيسي ، غسان صبحي " الخواص الميكانيكية وبعض الخواص الحرارية للخرسانة المسلحة بالألياف الحديدية والحابوة على البوليمر " أطروحة ماجستير / قسم الهندسة المدنية / كلية الهندسة / جامعة الأنبار ، ٢٠٠٨ .
- ٤- نصر ، عبد الروؤف و شاكرا ، فاطمة احمد " استخدام الألياف المركبة في زيادة متانة وأدائية المنشآت الخرسانية " كلية الهندسة / قسم الهندسة الإنشائية / جامعة عين شمس ،
- ٥- القرموطي ، حسام زكريا و حسين ، أمنية فاروق ، معهد بحوث البناء وضبط الجودة والهندسة / المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء ، ٢٠٠٦ .
- ٦- المواصفة العراقية القياسية رقم (٥) لعام ١٩٨٤ (الإسمنت البورتلاندي)
- ٧- المواصفة العراقية القياسية رقم (٤٥) لعام ١٩٨٤ (ركام المصادر الطبيعية المستعملة في الخرسانة والبناء)
- 8- B.S.1881,part116."Method For Determination of Compressive Strength of concrete Cubes", British Standards Institution, P3,1989.
- 9- ASTM C293-86"Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens", Annual Book of ASTM .
- ١٠- الكراس العملي لشركة سيبكا لصناعة المضافات الخرسانية ، القاهرة-٢٠١١ .

## جدول رقم (١) الخواص الكيميائية والفيزيائية للإسمنت المستخدم

Chemical composition	Weight %	[٦]IQS: No.5:1984
CaO	63.94	
SiO <sub>2</sub>	21.16	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.7	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.08	
SO <sub>3</sub>	2.26	< 2.8
MgO	1.65	< 5.0
L.O.I	1.8	< 4.0
Insoluble residue	0.3	< 1.5
L.S.F	1.0	0.66-1.02
C <sub>3</sub> S	41.33	
C <sub>2</sub> S	29.0	
C <sub>3</sub> A	9.26	
C <sub>4</sub> AF	9.12	
Physical properties	Test results	
Fineness by Blain air permeability apparatus (m <sup>2</sup> /kg)	354	>230
Soundness by Autoclave method:	0.23%	< 0.8%
Setting time by vicat's method:		
Initial (min)	200.0	>45
Final (hr)	5.0	< 10
Compressive strength for cement mortar cube (70.7 mm) at:		
3 day (MPa)	29.0	≥15
7 day (MPa)	39.40	≥23

## جدول رقم (٢) تدرج الركام الناعم

Sieve size (mm)	Percent passing by Weight %	[١]Limits of IQS No.45 :1984
4.75	100	90-100
2.36	90.4	85-100
1.18	85.6	75-100
0.600	68.8	60-79
0.300	22.4	12-40
0.150	8.15	0-10

## جدول رقم (٣) تدرج الركام الخشن

Sieve size (mm)	Percent passing by Weight %	Limits of IQS No.45 :1984
12.5	100	100
9.5	99	85-100
4.75	20.3	10-30
2.36	4.1	0-10
1.18	0	0-5

## جدول رقم (٤) خصائص ومواصفات الألياف الزجاجية المستخدمة [١٠].

المواصفة	الخاصية
Sika Wrap-430G	الصفن
أحادي الاتجاه	اتجاه الألياف
٤٤٥ غم/م <sup>٢</sup>	الوزن
٠.١٧ ملم	السلك القياسي
٢.٥٦ غرام/سم <sup>٣</sup>	الكثافة

## والجدول رقم (٥) يوضح نسب ومكونات الخلطات الخرسانية المستخدمة في البحث

المواد	الكميات
الاسمنت	٣٥٠ كغم/م <sup>٣</sup>
الرمل	٧٠٠ كغم/م <sup>٣</sup>
الحصى	١٠٥٠ كغم/م <sup>٣</sup>
الماء	١٤٠ كغم/م <sup>٣</sup>
الألياف % من الحجم الكلي	(٠.٥، ١.٠، ١.٥) % لكل نوع من الأنواع الثلاثة

## جدول رقم (٦) يوضح نتائج مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري للخلطة المرجعية بعمر ٢٨ يوم

مقاومة الشد الانشطاري (ميكا باسكال)	مقاومة الانضغاط (ميكا باسكال)	درجة الحرارة
٢,٨٥	٤٨,٤٨	درجة حرارة الغرفة
٣,٤٩	٤٨,٢١	١٠٠ م°
٣,٠٤	٤٨	٢٠٠ م°
٣,٢٨	٥٧	٣٠٠ م°
٣,١٨	٥١	٤٠٠ م°
٢,٦٣	٤٣,٢٩	٥٠٠ م°
١,٥٣	٣٨,٢٦	٦٠٠ م°

## جدول رقم (٧) يوضح نتائج مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري للخلطة الحاوية على ألياف زجاجية بعمر ٢٨ يوم

مقاومة الشد الانشطاري (ميكا باسكال)			مقاومة الانضغاط (ميكا باسكال)			درجة الحرارة
%١,٥	%١	%٠,٥	%١,٥	%١	%٠,٥	
٤,٣٦	٣,٥٥	٣,٤٦	٣١,٧٥	٤٩,٢٧	٤١	درجة حرارة الغرفة
٣,٨٠	٤,١٤	٣,٣٤	٤٦,٠٥	٥٣,١٦	٤٨	١٠٠ م°
٣,٤٣	٢,٥٨	٢,٠٦	٤٣	٤٨	٤٧,١٩	٢٠٠ م°
٢,٨٤	٢,٣٤	٢,٩٦	٣٢	٣٤,٣٦	٤٤,٤٩	٣٠٠ م°
٢,٨٢	٢,٠٨	٢,٨٧	٤٤,٢٩	٣٩,٣٢	٤١	٤٠٠ م°
٢,٤١	١,٨٦	٢,٥٣	٣٠	٣٥,٢٧	٤٩,٤	٥٠٠ م°
١,٥٧	١,٥٨	٢,١٦	٣٥,٥٢	٣٣	٣٧	٦٠٠ م°

جدول رقم (٨) يوضح نتائج مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري للخلطة الحاوية على ألياف حديدية للنوع الثاني (القصيرة) بعمر ٢٨ يوم

مقاومة الشد الانشطاري (ميكا باسكال)			مقاومة الانضغاط (ميكا باسكال)			درجة الحرارة
%١,٥	%١	%٠,٥	%١,٥	%١	%٠,٥	
٦,٢٨	٥,٤٣	٤,٩٤	٤٥	٥٣,١٣	٤٤	درجة حرارة الغرفة
٦,٧٧	٥,٧٥	٤,٤٨	٥٢	٥٠,٣٥	٥١	١٠٠ م°
٤,٨٢	٤,٥٩	٤,٠٦	٤٩	٥٠	٥٠,٦١	٢٠٠ م°
٥,١١	٣,٦٨	٥,٤٣	٣٥	٤٢	٣٧,٢٣	٣٠٠ م°
٦,٧٧	٣,٠٣	٢,٥٦	٣٣	٣٨,١١	٣٢	٤٠٠ م°
٣,٨٢	٣,٨٧	١,٥٩	٤٤	٤٩,٥٢	٤٩	٥٠٠ م°
٥,٦٧	٣,٥٣	٢,٤٨	٥١	٥٠,٣٦	٥٣	٦٠٠ م°

جدول رقم (٩) يوضح نتائج مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري للخلطة الحاوية على ألياف حديدية للنوع الثالث (الطويلة) بعمر ٢٨ يوم

مقاومة الشد الانشطاري (ميكا باسكال)			مقاومة الانضغاط (ميكا باسكال)			درجة الحرارة
%١,٥	%١	%٠,٥	%١,٥	%١	%٠,٥	
٧,٦٨	٤,٧٢	٣,٤٥	٤٧,١٧	٣٨,٨١	٣٢,٦٢	درجة حرارة الغرفة
٧,٩٨	٦,٥١٨	٥,٧٦	٥٣,١٦	٤٨,٥١	٤٦,٧٨	١٠٠ م°
٥,٩٠	٥,٩٩	٤,٨٩	٤٧	٤٨,٨٨	٥٠,٥٥	٢٠٠ م°
٣,١٤	٤,٤٦	٣,٢٨	٣٩	٤٦,٨	٣٩	٣٠٠ م°
٨,٨٢	٣,٧٠	٣,٧٧	٢٧,٦٤	٤٤,٢٦	٣٧	٤٠٠ م°
٢,٢١	١,٦٤	١,٨٨	٢٣,٠٦	٢٧,٦٧	٢٩,٤٤	٥٠٠ م°
٤,٦٠	٥,٢٣	٢,٧٦	٤٨	٤٨	٥٢,١٦	٦٠٠ م°



جدول (١٠) جدول النسب المئوية للزيادة والنقصان لمقاومة الانضغاط

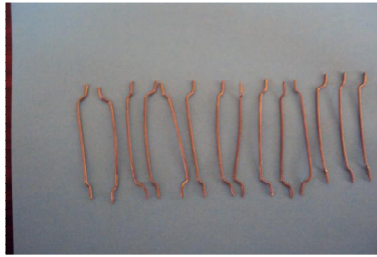
درجات الحرارة (°م)	الألياف الزجاجية			الألياف الابرية القصيرة			الألياف الابرية الطويلة		
	%١	%٠.٥	%١.٥	%١	%٠.٥	%١.٥	%١	%٠.٥	%١.٥
درجة حرارة الغرفة	١٨.٢٤	١.٦-	٥٢.٦٩	١٠.١٨	٨.٧٥-	٧.٧٣	٤٨.٦٢	٢٤.٢٩	٢.٧٧
١٠٠	٠.٤٣	٩.٣١-	٤.٦٩	٥.٤٧-	٤.٢٥-	٧.٢٨-	٣.٠٥	٠.٦١-	٩.٣١-
٢٠٠	١.٧١	٠.٠	١١.٦٢	٥.١٥-	٤-	٢.٠٤-	٥.٠٤-	١.٨٠-	٢.١٢
٣٠٠	٢٨.١١	٦٥.٨٩	٧٨.١٢٥	٥٣.١٠	٣٥.٧١	٦٢.٨٥	٤٦.١٥	٢١.٧٩	٤٦.١٥
٤٠٠	٢٤.٣٩	٢٩.٧٠	١٥.١٥	٥٩.٣٧	٥٩.٣٧	٥٤.٥٤	٣٧.٨٣	١٥.٢٢	٨٤.٥١
٥٠٠	١٢.٥٥-	٢٢.٧٣	٤٤.٣	١١.٥٦-	١٢.٥٨-	١٦.١-	٤٧.٠٤	٥٦.٤٥	٨٧.٧٢
٦٠٠	٣.٠٤	١٥.٩٣	٧.٧١	٧٢.١٨	٢٤-	٢٤.٩٨-	٢٦.٦٤	٢٠.٢٩	٢٠.٢٩-

جدول (١١) : جدول نسب الزيادة والنقصان للمقاومة الشد الانشطاري

درجات الحرارة (°م)	الألياف الزجاجية			الألياف الابرية القصيرة			الألياف الابرية الطويلة		
	%١	%٠.٥	%١.٥	%١	%٠.٥	%١.٥	%١	%٠.٥	%١.٥
درجة حرارة الغرفة	١٨.٢٤	١.٦-	٥٢.٦٩	١٠.١٨	٨.٧٥-	٧.٧٣	٤٨.٦٢	٢٤.٢٩	٢.٧٧
١٠٠	٠.٤٣	٩.٣١-	٤.٦٩	٥.٤٧-	٤.٢٥-	٧.٢٨-	٣.٠٥	٠.٦١-	٩.٣١-
٢٠٠	١.٧١	٠.٠	١١.٦٢	٥.١٥-	٤-	٢.٠٤-	٥.٠٤-	١.٨٠-	٢.١٢
٣٠٠	٢٨.١١	٦٥.٨٩	٧٨.١٢٥	٥٣.١٠	٣٥.٧١	٦٢.٨٥	٤٦.١٥	٢١.٧٩	٤٦.١٥
٤٠٠	٢٤.٣٩	٢٩.٧٠	١٥.١٥	٥٩.٣٧	٥٩.٣٧	٥٤.٥٤	٣٧.٨٣	١٥.٢٢	٨٤.٥١
٥٠٠	٠.٠	٢٢.٧٣	٤٤.٣	١١.٥٦-	١٢.٥٨-	١٦.١-	٤٧.٠٤	٥٦.٤٥	٨٧.٧٢
٦٠٠	٣.٠٤	١٥.٩٣	٧.٧١	٧٢.١٨	٠.٠	٢٤.٩٨-	٢٦.٦٤	٢٠.٢٩	٢٠.٢٩-



الألياف الحديدية



الألياف الحديدية



الألياف

شكل (١) أنواع الألياف المستخدمة



شكل رقم (٣) يوضح الخلاطة الميكانيكية



شكل رقم (٢) يوضح الميزان



شكل رقم (٥) يوضح الفرن



شكل رقم (٤) يوضح الهزاز

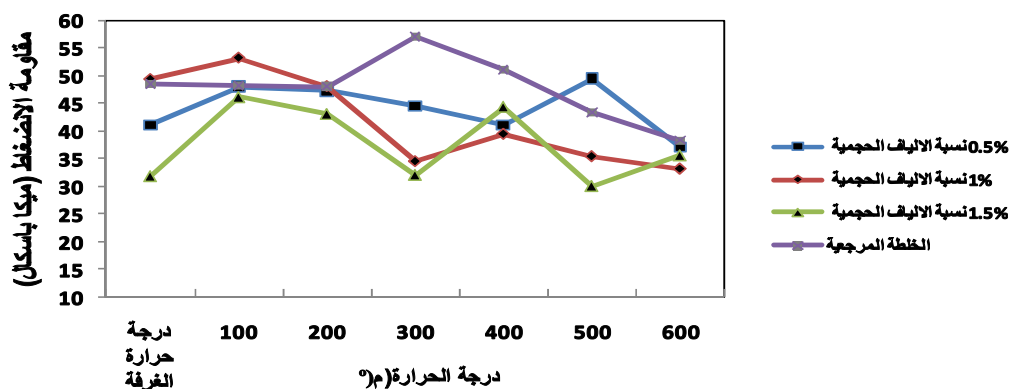


شكل رقم (٦) يوضح جهاز فحص مقاومة الانضغاط

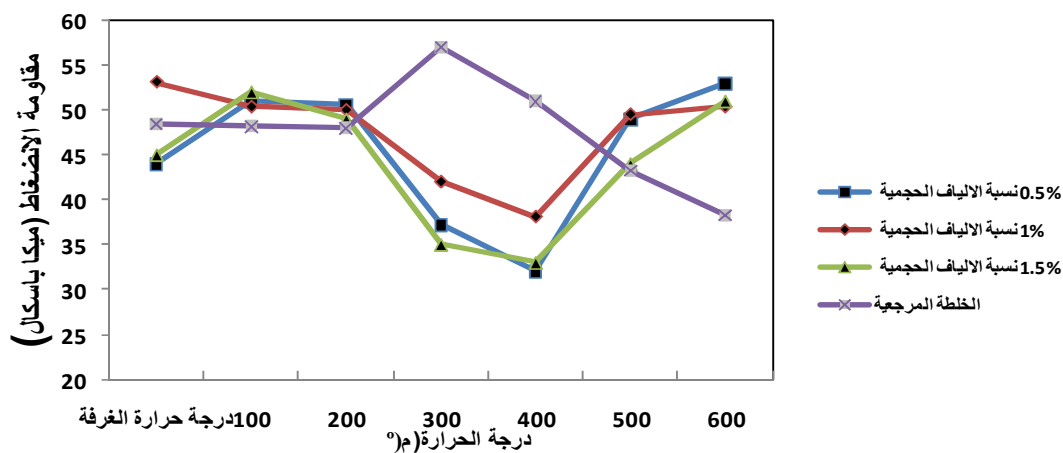
شكل رقم (٧) يوضح النماذج المفحوصة



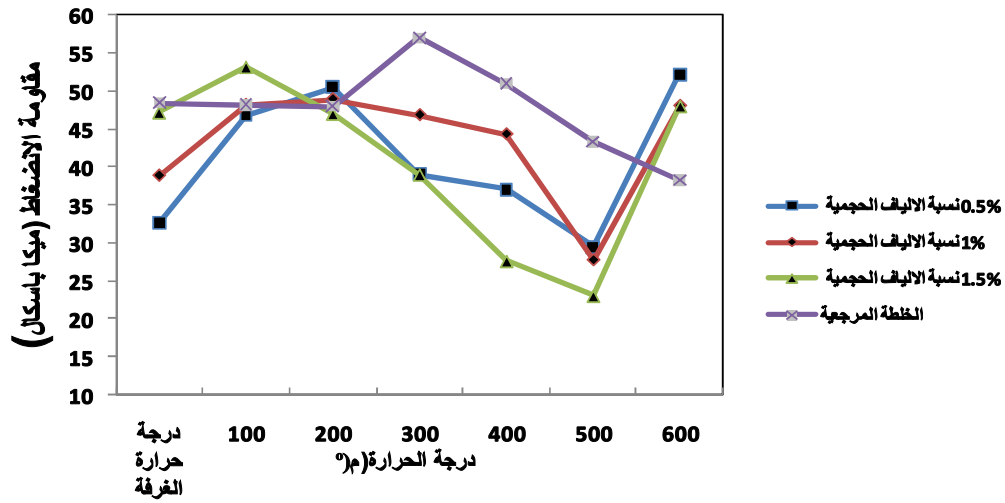
شكل رقم (٨) يوضح أحواض المعالجة



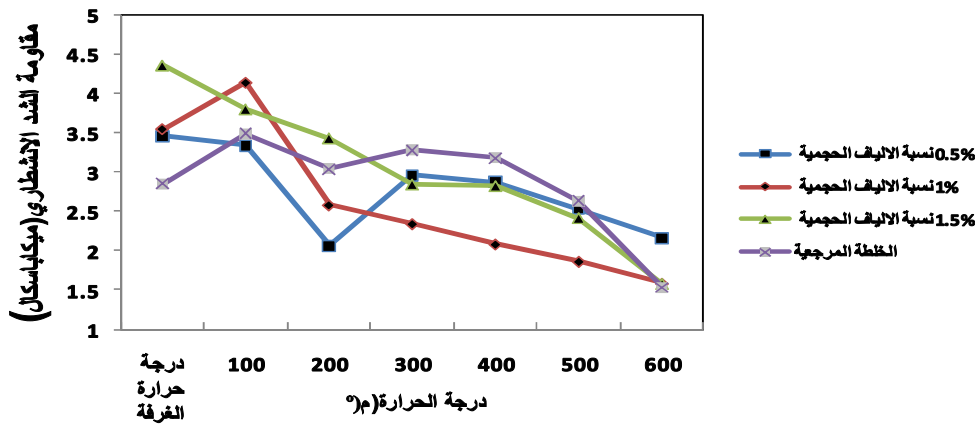
شكل رقم (٩) يوضح العلاقة بين مقاومة الانضغاط ودرجات الحرارة للخلطات المختارة



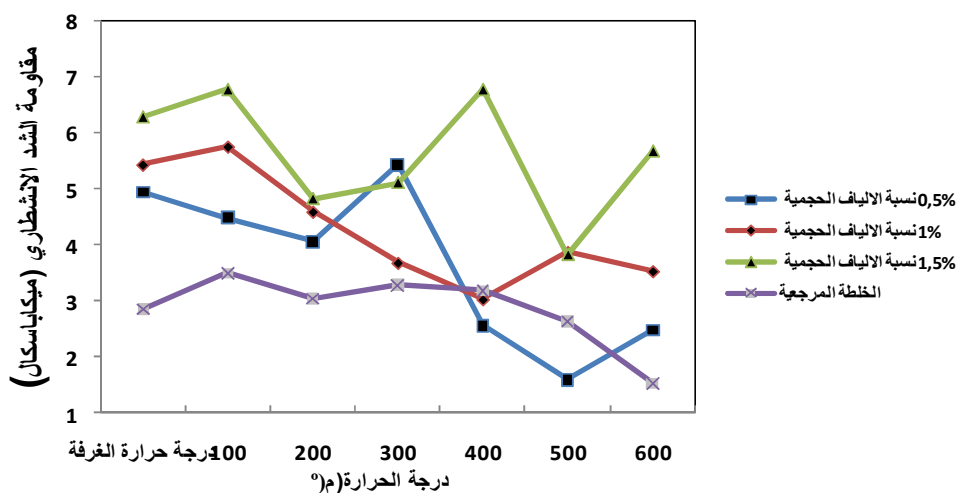
شكل رقم (١٠) يوضح العلاقة بين مقاومة الانضغاط ودرجات الحرارة للخلطات المختارة



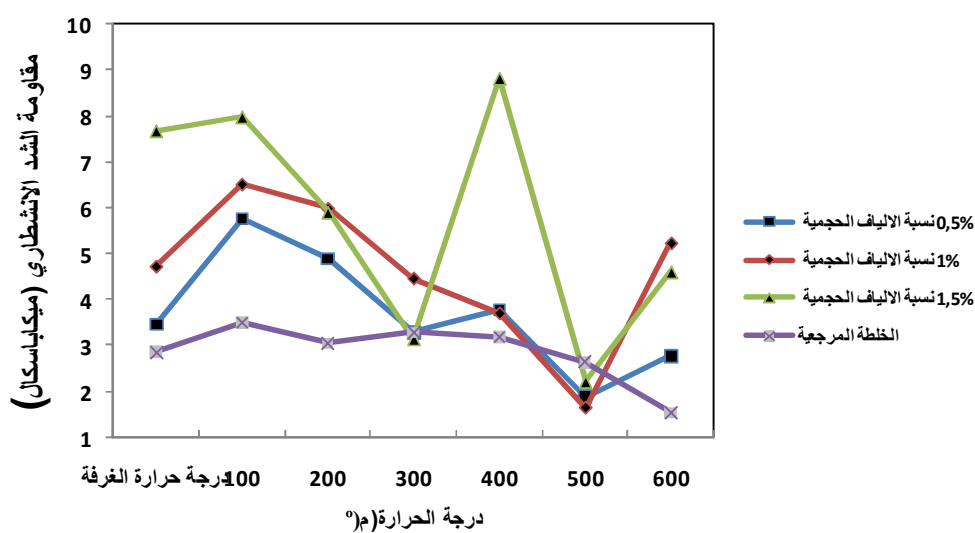
شكل رقم (١١) يوضح العلاقة بين مقاومة الانضغاط ودرجات الحرارة للخلطات المختارة



شكل رقم (١٢) يوضح العلاقة بين مقاومة الشد الانشطاري ودرجات الحرارة للخلطات المختارة



شكل رقم (١٣) يوضح العلاقة بين مقاومة الشد الانشطاري ودرجات الحرارة للغرفة



شكل رقم (١٤) يوضح العلاقة بين مقاومة الشد الانشطاري ودرجات الحرارة للغرفة المختارة