الألياف النسجية وتطبيقاتها فى المجالات المعمارية لتحقيق أهداف ميكانيكية جيدة

Fiber textile and their applications in the architectural fields to achieve good mechanical targets

م.د / طارق أحمد محمود عبد الله راشد

المدرس بشعبة النسيج – قسم التعليم الصناعى كلية التربية جامعة حلوان

الخلاصة:

يتناول هذه البحث دراسة تأثير تغيير كثافة الألياف النسجية - الفيبر جلاس Fiber glass - ومركبات البولى استر ومركبات الإيبوكسى على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمواد المركبة ، وقد شملت هذه الخواص كل من مقاومة الشد والإستطالة ومقاومة الإنثناء والصلادة . وذلك لإنتاج ألواح ذات مقاومة عالية يمكن توظيفها فى المجالات المعمارية المختلفة كحوائط أو أسقف أو أرضيات ، حيث تتمتع هذه الألواح بصفات عالية الشدة يتيح لها التفوق على مثيلاتها التقليدية .

المقدمة:

عُرفت تقنية تصنيع المواد المركبة منذ قرون عدة حيث استخدمها البابليون فى بناء بيوتهم عن طريق خلط نشارة الخشب بمادة الطين لتقويته . وتتكون المادة المركبة من دمج مادتين أو أكثر وتشمل (الخلائط Blends) و (البلاستيك المقوى Reinforced Plastic) مختلفى الخواص الميكانيكية والفيزيائية ، وعملية الدمج هذه تؤدى الى الحصول على مادة جديدة ذات خواص هندسية وفيزيائية تختلف عن خواص المواد الداخلة فى تركيبها ، ويعتمد الإستخدام العام للمادة المركبة بشكل كبير على الخواص الميكانيكية والفيزيائية لهذه المواد . وفى الصناعة فإن تقوية الراتنجات بالألياف الصناعية هى الأكثر إنتشاراً (على ابراهيم الموسوى ، 2009) [1] .

ولتصنيع مادة مركبة يجب توافر مادتين هما :

1. مادة الأساس Matrix Material

هى مادة بوليمرية وهى الأكثر شيوعاً وانتشاراً لما تتميز به من خواص ميكانيكية وفيزيائية جيدة ، ومن الأمثلة على المواد البوليمرية راتنج الإيبوكسى والفينول والبولى استر .

2. مادة التقوية Reinforcing Material

هناك عدة طرق للتقوية منها التقوية بالدقائق Particulate والتى تكون بقطر أكبر من (1 µm) وبأشكال مختلفة منها الإبرية والكروية والقشرية ، كذلك تتم التقوية بالتشتت Dispersed ويكون قطر الدقائق أقل من (0.1 µm) أما أكثر أساليب التقوية شيوعاً فهى التقوية بالألياف Fibers نظراً لما تتميز به من قوة كبيرة مقارنة بالمواد الراتنجية ، وهذا النوع هو ما تم استخدامه فى هذا البحث .

[1]) على ابراهيم الموسوى ، "دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة مركبة بوليمرية مقواة بالألياف" ، مجلة القادسية للعلوم الهندسية ، العدد 1 ، المعهد التقنى ، بابل ، 2009 .

يطلق مصطلح Buildtech على المنسوجات والمواد المركبة المستخدمة فى تشييد المبانى وتسليح الخرسانات بدلاً من أسياخ الحديد الصلبة ، لما تتميز به من خفة الوزن وسهولة النقل وعدم تأثرها بالصدأ وقوة شدها ، حيث تصل فى بعض المواد الى عشرة أمثال قوة شد الصلب (صبا عبد الزهرة عبيد القرشى، 2013) [2] .

وتعتمد على الأقمشة المنسوجة أو غير المنسوجة من الألياف الزجاجية والكربونية بهدف تقوية المبانى القائمة ضد الزلازل والسدود والكبارى والأنفاق والطرق ، أو كتطبيقات وتركيبات صلبة خفيفة الوزن مثل المظلات والتندات .

وفى الهندسة المدنية والصناعية ، تستخدم الأقمشة المنسوجة وغير المنسوجة من الألياف الزجاجية فى إنشاء التراكيب نصف الدائمة مثل الملاعب الرياضية ، وأيضاً تعتبر عوازل جيدة للرطوبة لحماية المنشئات ولزيادة عمرها . حيث تستخدم المنتجات النسيجية مع الإيبوكسيات فى عزل جميع العناصر الإنشائية من حوائط وأرضيات وأماكن الصحة من الحمامات والمطابخ ، والغرف الرطبة وخزانات المياه كما يستعمل ايبوكسيات البيتومين وحده كسائل دهان على البارد أو الساخن عند عزل القواعد المسلحة ، ويتم استخدام ألياف الزجاج لمنع تصدع الخرسانة ومواد البناء .

كما يوجد نوعية أخرى من الأقمشة المستخدمة فى أغراض التسقيف Roofing تستخدم كأغشية لمنع اختراق الرطوبة للجدران وتتميز هذه النوعية من الأقمشة بخفة وزنها وقوة صلابتها وصلادتها ومطاطية مركباتها العالية . بالإضافة الى مقاومتها العالية للتفاعل الكيميائى كما أنها صديقة للبيئة

(www.cmb.com.eg المواد المستعملة لترميم وتقوية وحماية المنشئات الخرسانية) [3] .

Abstract.

The textile fibers as " fiberglass " have highly efficient mechanical and properties . it has been industrially used in several areas to achieve good insulation and high mechanical properties of the product .

Textile fibers were used in this research to achieve architectural objectives in the concrete mix.

Textile fibers were mixed with different proportions with cobalt polyester . and different proportions of epoxy to achieve a high-strength mix used in architectural fields .

- The research studies the effect of deference layers of glass fabrics on strengths with deferent amount of epoxy .
- The research studies the effect of deference layers of glass fabrics on strengths with deferent amount of polyester / cobalt liquids.
- The experimental measured by (instron 5500R) , (Barcol Hardness tester model Barcol - impressor Barber – colman company USA) , (Portable Hardness Tester model D H T – 300 , instron 5500R) .

1. Effect of increasing the layers of glass fabrics on tensile strength .

- The research confirmed that the sample (1 Kg epoxy / 9 layers glass fabrics) is the best . in case of covering all sample area by epoxy mix inside and outside the glass fabric layers , that lead to increasing the holding among the glass fabric layers .
-

[2]) صبا عبد الزهرة عبيد القرشى ، " دراسة تأثير الألياف الفولاذية فى متانة الإنضغاط للجسم الكونكريتى " ، مجلة جامعة بابل ، المجلد 21 ، العدد 4 ، 2013 .

[3]) المواد المستعملة لترميم وتقوية وحماية المنشئات الخرسانية (www.cmb.com.eg) .

2. **Effect of increasing the layers of glass fabrics on elongation .**
   - The research confirmed that the sample (1 Kg polyester / 9 layers glass fabrics) is the best , in case of covering all sample area by polyester liquid inside and outside the glass fabric layers , a few separate can happen among the glass fabric layers .
3. **Effect of increasing the layers of glass fabrics on power bend bearing .**
   - The research confirmed that the sample (1 Kg epoxy / 9 layers glass fabrics) is the best , in case of covering all sample area by epoxy mix partially inside and holly outside the glass fabric layers , that lead to increasing the holding among the glass fabric layers .
4. **Effect of increasing the layers of glass fabrics on hardness .**
   - The research confirmed that the sample (1 Kg polyester / 3 layers glass fabrics) is the best , in case of covering all sample area by polyester liquid partially inside and holly outside the glass fabric layers , that lead to increasing the holding among the glass fabric layers .

التقوية بالألياف Fibres Reinforcing

إن الهدف الرئيسى من التقوية بالألياف هو تحسين الخواص الميكانيكية والفيزيائية للراتنجات حيث تزداد مقاومة الشد والصدمة والصلادة ومقاومة الثنى بشكل كبير مما يسمح بإستخدام هذه المواد المقواة فى مجالات صناعية عنيفة . ويطلق على هذه المواد المركبة بالمتقدمةAdvanced Composites وذلك لتفريقها عن المواد المحشوة البوليمرية Filled Polymers (اسيل محمود عبدالله ، 2011) [4] . إن الألياف فى هذا النوع من المواد المركبة هى المسئول الرئيسى عن تحمل الأحمال الخارجية ، ومن أكثر أنواع الألياف شيوعاً فى مجال المواد المركبة المتقدمة هى ألياف الزجاج وألياف الكاربون (على ابراهيم الموسوى، 2009) [5] .

ويمكن أن تكون الألياف الزجاجية بشكل حصيرة متعامدة موزعة على طول المادة الراتنجية أو بشكل ألياف مقطعة تتوزع بشكل عشوائى ، وتمتلك الألياف الزجاجية الكثير من الصفات المميزة منها إمتلاكها لدرجة إنصهار عالية ومقاومة كيميائية جيدة ومقاومة شد عالية (عباس عليوى الجبورى وآخرون ، 2009) [6] .

راتنج الإيبوكسى Epoxy Resin

ينتمى راتنج الإيبوكسى الى مجموعة الراتنجات المتصلبة بالحرارة ، حيث تتميز هذه الراتنجات بعدم إمكانية إعادة تشكيلها بالحرارة بعد تحولها الى مادة صلبة ، نتيجة لتكون سلاسل بوليمرية طويلة متشابكة مع بعضها وهو ما يسمى بالربط التشابكى Cross Linking . ويحتوى راتنج الإيبوكسى على مجموعتين أو أكثر من مجاميع الإيبوكسيات Epoxide التى تتألف من ذرة أوكسجين مرتبطة مع ذرتى كاربون .

ويتميز راتنج الإيبوكسى بالصلادة والمقاومة الكيميائية العالية نسبياً إضافة الى أنه يمتلك قابلية إلتصاق نوعى عالى بسبب التركيب الكيميائى لهذا الراتنج والمتمثل فى مجموعة الإيثيرات والهيدروكسيل والمجاميع القطبية التى تعطى متانة

---

[4]) اسيل محمود عبد الله ، أحمد مظفر هاشم ، عمار جبار بدر ، " تأثير إضافة رقائق الألومينا على الخواص الميكانيكية للمادة المركبة ذات الأساس من البولى استر غير المشبع المقواة بألياف الزجاج " ، مجلة القادسية للعلوم الهندسية ، المجلد 4 ، العدد 1 ، 2011 .

[5]) على ابراهيم الموسوى ، "دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة مركبة بوليمرية مقواة بالألياف" ، مجلة القادسية للعلوم الهندسية ، العدد 1 ، المعهد التقنى ، بابل ، 2009 .

[6]) عباس عليوى الجبورى ، على ابراهيم الموسوى ، ساجد عبد الخضر عبد الله ، " تأثير نسبة التقوية بالألياف على الخواص الحرارية والميكانيكية لمادة مركبة بوليمرية " ، المجلة العراقية لهندسة الخامات والميكانيكا ، طبعة خاصة ، 2009 .

وإلتصاق عالية وتكسب المادة صلادة وقوة ، لذلك يستعمل فى التطبيقات التى تتطلب أداءاً وظيفياً عالياً . وتتفاعل هذه الراتنجات مع المصلدات أثناء المعالجة ويكون التفاعل غير مصحوب بإنبعاث الماء أو تحرر أى منتجات ثانوية مما يجعل التقلص الحجمى قليل جداً (أقل من 2%) وبالتالى يكتسب الراتنج قوة وخواص ميكانيكية عالية إضافة الى ذلك تمتلك راتنجات الإيبوكسى المعالجة متانة عالية نتيجة للبعد بين نقاط الربط التشابكى ووجود السلاسل الإليفاتية المتكاملة (على ابراهيم الموسوى، 2009) [7] .

البوليمرات المقواه بالألياف الزجاجية Glass fiber reinforced polymer (GFRP)

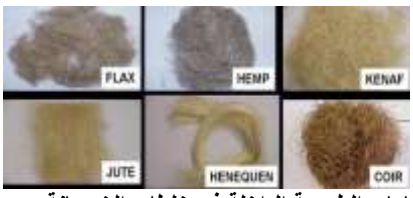
لها دور مهم فى تعزيز الهياكل الخرسانية التي تتعرض لظروف بيئية قاسية حيث يمكن أن يتآكل حديد التسليح التقليدي. كما أن لها دور هام فى تحسين الخصائص الفيزيائية مثل مقاومة الانضغاط ، ومقاومة الشد ، ومقاومة الإنضغاط ، والصلادة (Dr. Y. P Joshi وآخرون، 2014) [8] .

استخدامات الألياف النسجية فى المجالات المعمارية .

هى عملية تدعيم للخرسانة المسلحة بخليط أو أكثر من الألياف النسجية وبشكل عشوائى . حيث يتم توزيع عدد من الألياف النسجية الصغيرة الحجم وتوزيعها عشوائياً في الخرسانة في وقت الخلط ، وبالتالي تحسين خصائص الخرسانة في جميع الاتجاهات . حيث تساعد الألياف على نقل الحمل إلى الشقوق الصغيرة الداخلية . وقد تم استخدام هذه الطريقة بنجاح في البناء مع قوة ممتازة لمقاومة الانحناء الشد ، ومقاومة تأثير ونفاذية ممتازة ومقاومة الصقيع . بل هو وسيلة فعالة لزيادة المتانة ، ومقاومة الصدمات ومقاومة الانكماش.

ويعتبر دور الألياف النسجية كمادة تقوية صغيرة منفصلة تنتج من مواد مختلفة مثل الصلب والبلاستيك والزجاج والكربون والمواد الطبيعية (Dr. Y. P Joshi وآخرون، 2014) .

ألياف الزجاج



الخامات الطبيعية الداخلة فى خلطات الخرسانة

1. الخرسانة المسلحة

تتكون الخرسانة المسلحة من خليط الأسمنت والألياف الفولاذية متمثلة فى حديد التسليح . ويتم توزيع الألياف الفولاذية توزيعاً موحداً في مزيج الأسمنت . وتعد عملية تصنيع الإسمنت ثالث أكبر مساهم في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، بعد السيارات ومحطات الطاقة التي تعمل بالفحم. وتصنيع الأسمنت وحده هو المسؤول عن حوالي 5٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية .

2. الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية

عززت الألياف الزجاجية من قوة الخرسانة المسلحة التي تتكون من مواد مثل الاسمنت والرمل والماء، والمضافات، حيث تُضاف الألياف الزجاجية منفصلة وبطريقة عشوائية الى خلطة الخرسانة المسلحة . وتعتبر عملية إدراج الألياف الزجاجية

[7]) على ابراهيم الموسوى ، "دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة مركبة بوليمرية مقواة بالألياف" ، مجلة القادسية للعلوم الهندسية ، العدد 1 ، المعهد التقنى ، بابل ، 2009 .

[8]) Amit Rai , Dr. Y. P Joshi , ' Applications and Properties of Fiber Reinforced Concrete '. Journal of Engineering Research and Applications , Vol. 4 , 2014 .

لخلطة الخرسانة المسلحة بغرض تحسين قوة الشد . وقد استخدمت خرسانة الألياف الزجاجية فى البناء لمدة 30 عاماً ولكن بطريقة غير منتشرة .

3. الخرسانة المسلحة بألياف البوليستر:

الهياكل المدنية المصنوعة من الخرسانة المسلحة عادة ما تعاني من تآكل الفولاذ من الملح، مما يؤدي إلى فشل تلك الهياكل. وهناك حاجة إلى الصيانة والإصلاح المستمرين لتعزيز دورة حياة تلك الهياكل المدنية .

4. الخرسانة المسلحة بالألياف الطبيعية المقواة :

أول استخدام للألياف الطبيعية في الخرسانة المسلحة يعود تاريخه إلى عام 1870. ومنذ ذلك الحين، كان الباحثون في جميع أنحاء العالم مهتمين في تحسين خواص الشد للخرسانة بإضافة الحديد والنفايات الأخرى (Dr. Y. P Joshi وآخرون، 2014) [9] .

5. استخدام مركبات البولى استر والإيبوكسى المقواة بالألياف الزجاجية فى حواجز التصادم :

هناك حاجة كبيرة لتركيب حواجز التصادم على الطرق السريعة من أجل المخاوف المتعلقة بالسلامة. غير أن الحواجز التقليدية قوية جداً ، فعندما تصطدم أحد المركبات مع حاجز التصادم فإن السيارة تتضرر بشكل خطير ويمكن أن يصاب الركاب بجروح قاتلة بسبب تأثير هذا التصادم.

ويمكن زيادة السلامة عن طريق الحد من تأثير اصطدام السيارة مع استخدام حواجز تحطم مرنة من الحواجز التقليدية ، حيث القدرة على استيعاب نسيج الألياف الزجاجية للخرسانة المسلحة لطاقة التصادم مما يقلل من تأثير التصادم على السيارة ، وتعتبر هذه الحواجز المقترحة خفيفة الوزن بالمقارنة بالحواجز التقليدية الخرسانية الفولاذية .

6. الألواح الإنشائية المقواة بالألياف الزجاجية :

هى ألواح إنشائية خفيفة مصنوعة من الفوم المضغوط والمسلحة من الوجهين بشبكة من الألياف الزجاجية والمغطاة بطبقة خفيفة من الإيبوكسيات أو المونة الإسمنتية المعالجة . وتعتبر الحل الأمثل للعزل الحرارى والرطوبة فى نفس الوقت ، علاوة على أن طبقة الإيبوكسى المعالجة على وجهى الألواح قوية التلاصق مع جميع أنواع لواصق البلاطات كما تصلح لجميع أنواع الدهانات .

كما يمكن استخدامها فى فى أغراض أخرى لتجليد الأعمدة أو أركان الحوائط أو الفواصل حيث أنها ذات سطح قوى وعازل للمياه والرطوبة .

وتستخدم الألواح الإنشائية فى الأغراض التالية :

- القواطيع بين الغرف وبعضها .
- الأسقف المستعارة .
- تجليد الحمامات بالكامل .
- تجليد الحوائط وخصوصاً المناطق الرطبة كالحمامات والمطابخ .
- العزل الحرارى للحوائط واسفل التدفئة الأرضية .
- التشكيلات الديكورية داخل الغرف وخصوصاً الأشكال الدائرية والمنحنيات .

[9]) Amit Rai , Dr. Y. P Joshi , ' Applications and Properties of Fiber Reinforced Concrete '. Journal of Engineering Research and Applications , Vol. 4 , 2014 .

حيث تتميز الألواح الإنشائية بما يلى :

- مقاومة عالية للضغط .
- صلبة وقوية .
- عازلة مياه .
- عازل حرارة حتى بالمناطق الرطبة.
- عازل صدمات صوتية .
- سهولة التقطيع .
- خفيف الوزن .
- صديق للبيئة .

وقد اهتم هذا البحث بعملية اضافة ألياف الزجاج الى خلطات البولى أستر أو مركبات الإيبوكسى بهدف تحقيق صفات ميكانيكية وفيزيائية جيدة تساعد على استخدام هذه المركبات الناتجة فى تبطين الأسطح أو الأرضيات أو الحوائط

toilet	**Canal lining**	**Crash Barrier**
Plinth Panel Wall Panels	**Roof Panel**	**Roof Panel**

بعض الإستخدامات العملية لمواد الإيبوكسى مع ألياف الزجاج

التجارب العملية

أولاً : العينات والمواد المستخدمة فى البحث .

تم إجراء الاختبارات على العينات التالية :

تم فى هذا البحث تحضير مواد متراكبة هجينة ذات أساس بوليمرى بطريقة الصب اليدوى Hand lay-up (سهامة عيسى صلاح ، 2010) [10] ، وقد حضرت المواد المتراكبة من راتنج البولى استر غير المشبع كمادة أساس مدعمة بألياف الزجاج الحصيرية نوع E-Glass على شكل حصيرة Roving Woven . ويكون راتنج البولى استر على شكل سائل لزج شفاف وردى اللون عند درجة حرارة الغرفة ويخلط مع المصلب بإضافة 2 جرام من المصلب/100 جرام من الراتنج وهو أحد أنواع البوليمرات المصلدة حرارياً Thermosetting .

- عينات (3 ، 6 ، 9) طبقات فيبر جلاس منسوج، 1 كجم بولى استر موكبلت .
- عينات (3 ، 6 ، 9) طبقات فيبر جلاس غير منسوج، 1 كجم بولى استر موكبلت
- عينات (3 ، 6 ، 9) طبقات فيبر جلاس منسوج، 1 كجم أيبوكسى .

مواصفات ألياف الزجاج المستخدمة فى البحث .

تم استخدام خامة ألياف الزجاج من إنتاج شركة LG (owens Corning) ذات المواصفة التالية :

وزن نوعى	متانة	استطالة	مرونة	امتصاص	مقاومة حرارة
2.54 جرام /سم^3	6.5 جرام/دنيير	% 2	200 كجم/ملي^2	اقل من 0.1 %	732^{O}م

صور العينات المنتجة باستخدام الفيبر جلاس مع مركبات الإيبوكسى والبولى استر .

ألياف الزجاج المنسوجة المستخدمة فى البحث

ألياف الزجاج غير المنسوجة المستخدمة فى البحث

[10]) سهامة عيسى صلاح ، كاظم مطر شبيب ، قحطان عدنان حمد ، " دراسة الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة ذات أساس بوليمرى مقواة بالألياف والدقائق " ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد 28 ، العدد 4 ، 2010 .

عينات للأقمشة النسجية من ألياف الزجاج والمعالجة براتنج البولى استر	عينات للأقمشة النسجية من ألياف الزجاج والمعالجة براتنج الإيبوكسى

الكيماويات المستخدمة فى التجارب :

- سائل البولى استر الموكبلت بنسبة 10 % - مصلب للبولى استر بنسبة 0.5 %
- كيما بوكسى 131 A (ايبوكسى زنك تحضيرى)
- كيما بوكسى 131 B (ايبوكسى زنك تحضيرى)
- أساس المنتج (مصلب إيبوكسى بولى أميد)
- نسبة الخلط $A^4 : B^1$ بإستخدام قلاب ميكانيكى بطئ (300 لفة / دقيقة)
- اللون رمادى – معدل الإستهلاك 250 جم / م^2 للوجه الواحد – السُّمك 75 ميكرون.

Kemapoxy 131 A (Zink-Epoxy anti-corrosion) (primer for iron and steel)
C M B international " chemicals for modern building international "

ثانياً : الاختبارات الميكانيكية والفيزيائية .

تم استخدام أربعة اختبارات ميكانيكية وفيزيائية للتعرف على خواص المادة المركبة ، وهذه الإختبارات هى :

- قوة التحمل للشد Tensile Specimens

  حيث اعتمدت المواصفة القياسية ASTM D638 فى تصنيع نماذج الإختبارات .
- الاستطالة Elongation Specimens

  حيث اعتمدت المواصفة القياسية ASTM D638 فى تصنيع نماذج الإختبارات .
- اختبار قوة التحمل للثنى Flexural Strength Specimens

  حيث اعتمدت المواصفة القياسية ASTM D790 فى تصنيع نماذج الإختبارات .
- اختبار الصلادة Hardness Specimens (باركول) .

  حيث اعتمدت المواصفة القياسية ISO – 179 فى تصنيع نماذج الإختبارات .

ظروف التشغيل .

- تم إجراء جميع الاختبارات والحصول على النتائج المدونة بالبحث بمعمل اختبار المواد بقسم السيراميك والبلاستيك والمواد الصلبة بالمعهد القومى للبحوث بالدقى ، جمهورية مصر العربية .
- كل الاختبارات قد تمت عند 23 مْ ودرجة رطوبة ما بين 50 – 60 % مع إجراء جميع المعايرات اللازمة لأجهزة القياس بصفة دائمة ومستمرة .

الأجهزة المستخدمة فى القياس .

1. فى قياس الخواص الميكانيكية ، تم استخدام جهاز جهاز الأنسترون طراز 5500R المزود بجهاز تسجيل أتوماتيكى بالإضافة الى نظام تحكم ذاتى ومعايرة اليكترونية للضبط والاتزان ومعايرة الجهاز يومياً أو بين خطوات وذلك لمعايرة الأحمال الناتجة .
2. تم استخدام جهاز **Barcol Hardness tester model Barcol – impressor Barber – colman company USA .** .
3. استخدم مقياس دقته 0.001 سم فى قياس أبعاد العينات .
4. استخدام جهاز قياس الصلادة **Portable Hardness Tester model D H T – 300** .
5. علماً بأن جميع الأجهزة المستخدمة معايرة .

(جدول 1-1) (العلاقة بين قوة تحمل الشدد وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

العينة		عرض العينة (سم)	سّمك العينة (سم)	حمل القطع (كجم)	قوة التحمل للشد لوحدة الأطوال (كجم/سم)	قوة التحمل للشد		متوسط قوة التحمل للشد	
بولى استر	فيبر جلاس					(كجم/سم^2)	(نيوتن/مم^2)	(كجم/سم^2)	(نيوتن/مم^2)
1 كجم بولى إستر	3 طبقات فيبر جلاس منسوج	1.60	0.41	46.2	28.875	70.427	6.907	110.48	10.83
		1.90	0.43	69.3	36.474	84.823	8.318		
		1.53	0.39	45.5	29.739	76.253	7.478		
		1.48	0.38	102.9	69.527	182.966	17.943		
		1.53	0.37	78.1	51.046	137.961	13.529		
1 كجم بولى إستر	6 طبقات فيبر جلاس منسوج	1.50	0.49	150.4	100.267	204.626	20.067	184.35	18.07
		1.50	0.51	143.1	95.400	187.059	18.344		
		1.50	0.48	142.7	95.133	198.194	19.436		
		1.50	0.48	103.0	68.667	143.056	14.029		
		1.90	0.49	175.8	92.526	188.829	18.518		
1 كجم بولى إستر	9 طبقات فيبر جلاس منسوج	1.50	0.56	217.3	144.867	258.690	25.369	225.72	22.13
		1.49	0.61	206.5	138.591	227.198	22.280		
		1.60	0.54	193.5	120.938	223.958	21.963		
		1.50	0.53	149.8	99.867	188.428	18.478		
		1.48	0.56	190.9	128.986	230.333	22.588		

(جدول 1-2) (العلاقة بين قوة تحمل الشدد وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

العينة		عرض العينة (سم)	سّمك العينة (سم)	حمل القطع (كجم)	قوة التحمل للشد لوحدة الأطوال (كجم/سم)	قوة التحمل للشد		متوسط قوة التحمل للشد	
بولى استر	فيبر جلاس					(كجم/سم^2)	(نيوتن/مم^2)	(كجم/سم^2)	(نيوتن/مم^2)
1 كجم بولى إستر	3 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	1.50	1.100	1414.6	943.067	857.333	84.076	728.12	71.40
		1.49	1.100	1215.0	815.436	741.306	72.697		
		1.51	1.110	1157.5	766.556	690.591	67.724		
		1.52	1.100	1227.3	807.434	734.031	71.984		
		1.51	1.100	1025.4	679.073	617.339	60.540		
1 كجم بولى إستر	6 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	1.50	1.100	1759.4	1172.933	1066.303	104.569	1159.51	113.70
		1.40	1.200	1801.5	1286.786	1072.321	105.159		
		1.40	1.100	1850.4	1321.714	1201.558	117.833		
		1.50	1.100	2064.6	1376.387	1251.261	122.707		
		1.50	1.200	2171.0	1447.333	1206.111	118.279		
1 كجم بولى إستر	9 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	1.50	1.000	807.4	538.227	538.267	52.786	1171.66	114.90
		1.40	0.980	909.5	649.643	662.901	65.008		
		1.60	0.970	474.2	296.375	305.541	29.963		
		1.50	1.000	5851.6	3901.067	3901.067	382.564		
		1.50	1.000	675.8	450.533	450.533	44.182		

(جدول 1-3) (العلاقة بين قوة تحمل الشدد وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

العينة		عرض العينة (سم)	سّمك العينة (سم)	حمل القطع (كجم)	قوة التحمل للشد لوحدة الأطوال (كجم/سم)	قوة التحمل للشد		متوسط قوة التحمل للشد	
ايبوكسى	فيبر جلاس					(كجم/سم^2)	(نيوتن/مم^2)	(كجم/سم^2)	(نيوتن/مم^2)
1 كجم إيبوكسى	3 طبقات فيبر جلاس منسوج	1.48	0.29	226.9	153.311	528.65	51.84	451.0	44.2
		1.51	0.31	175.6	116.291	375.13	36.78		
		1.53	0.29	188.6	123.268	425.06	41.68		
		1.54	0.28	201.7	130.974	467.76	45.87		
		1.54	0.32	224.5	146.732	458.53	44.96		
1 كجم	6 طبقات فيبر جلاس	1.46	0.53	447.1	306.233	577.79	56.66	662.8	65.0
		1.48	0.54	528.9	357.365	661.78	64.89		
		1.51	0.55	591.3	391.589	711.98	69.82		

		52.19	532.22	282.081	420.3	0530	1.49		
		81.45	830.57	440.203	651.5	0.53	1.48		
116.8	1191.1	100.75	1027.36	493.133	739.7	0.48	1.50	9 طبقات فيبرجلاس منسوج	1 كجم إيبوكسى
		123.46	1258.97	491.000	736.5	0.39	1.50		
		104.52	1065.87	405.034	603.5	0.38	1.49		
		94.26	961.19	374.865	554.8	0.39	1.48		
		161.05	1642.25	640.479	935.1	0.39	1.46		

(جدول 2-1) (العلاقة بين الاستطالة وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

متوسط النسبة المئوية للاستطالة (%)	متوسط الزيادة فى الطول (سم)	نسبة الاستطالة (%)	الزيادة فى الطول (سم)	طول العينة (سم)	العينة	
					فيبر جلاس	بولى استر
6.000	0.300	12.000	0.600	5.00	3 طبقات فيبر جلاس منسوج	1 كجم بولى إستر
		6.000	0.300	5.00		
		2.000	0.100	5.00		
		4.000	0.200	5.00		
		6.000	0.300	5.00		
8.800	0.440	8.000	0.400	5.00	6 طبقات فيبر جلاس منسوج	1 كجم بولى إستر
		8.000	0.400	5.00		
		10.000	0.500	5.00		
		10.000	0.500	5.00		
		8.000	0.400	5.00		
11.240	0.562	8.000	0.400	5.00	9 طبقات فيبر جلاس منسوج	1 كجم بولى إستر
		22.000	1.100	5.00		
		7.600	0.380	5.00		
		11.000	0.550	5.00		
		7.600	0.380	5.00		

(جدول 2-2) (العلاقة بين الاستطالة وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

العينة		طول العينة (سم)	الزيادة فى الطول (سم)	نسبة الاستطالة (%)	متوسط الزيادة فى الطول (سم)	متوسط النسبة المئوية للاستطالة (%)
بولى استر	فيبر جلاس					
1 كجم بولى إستر	3 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	5.00	0.390	7.800	0.386	7.720
		5.00	0.380	7.600		
		5.00	0.450	9.000		
		5.00	0.350	7.000		
		5.00	0.360	7.200		
1 كجم بولى إستر	6 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	5.00	0.540	10.800	0.512	10.240
		5.00	0.510	10.200		
		5.00	0.510	10.200		
		5.00	0.490	9.800		
		5.00	0.510	10.200		
1 كجم بولى إستر	9 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	5.00	1.400	28.000	1.140	22.800
		5.00	1.400	28.000		
		5.00	0.800	16.000		
		5.00	1.400	28.000		
		5.00	0.700	14.000		

(جدول 2-3) (العلاقة بين الاستطالة وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

العينة		طول العينة (سم)	الزيادة فى الطول (سم)	نسبة الاستطالة (%)	متوسط الزيادة فى الطول (سم)	متوسط النسبة المئوية للاستطالة (%)
الإيبوكسى	فيبر جلاس					
1 كجم إيبوكسى	3 طبقات فيبر جلاس منسوج	5.00	0.590	11.800	0.568	11.360
		5.00	0.590	11.800		
		5.00	0.530	10.600		
		5.00	0.520	10.400		
		5.00	0.610	12.200		

1 كجم إيبوكسى	6 طبقات فيبر جلاس منسوج	5.00	1.000	20.000	0.940	18.800
		5.00	0.900	18.000		
		5.00	0.900	18.000		
		5.00	0.900	18.000		
		5.00	1.000	20.000		
1 كجم إيبوكسى	9 طبقات فيبر جلاس منسوج	5.00	1.100	22.000	1.060	21.200
		5.00	1.100	22.000		
		5.00	0.900	18.000		
		5.00	1.100	22.000		
		5.00	1.100	22.000		

(جدول 3-1) (العلاقة بين قوة التحمل للثنى وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

العينة		سّمك العينة (سم)	عرض العينة (سم)	المسافة بين طرفى التثبيت (سم)	حمل الكسر (كجم)	قوة التحمل للثنى		متوسط قوة التحمل للثنى	
بولى استر	فيبر جلاس					(كجم/سم^2)	(نيـوتن/مم^2)	(كجم/سم^2)	(نيوتن/مم^2)
1 كجم بولى استر	3 طبقات فيبر جلاس منسوج	0.64	1.0	5	17.0	311.279	30.526	238.10	23.35
		0.65	1.0	5	10.1	179.290	17.582		
		0.63	1.0	5	11.8	222.978	21.867		
		0.64	1.0	5	11.7	214.233	21.009		
		0.65	1.0	5	14.8	262.722	25.764		
1 كجم بولى استر	6 طبقات فيبر جلاس منسوج	0.43	1.0	5	15.0	608.437	59.667	385.53	37.80
		0.42	1.0	5	10.3	437.925	42.946		
		0.43	1.0	5	8.2	332.612	32.618		
		0.42	1.0	5	4.3	182.823	17.929		
		0.41	1.0	5	8.2	365.854	35.878		
1 كجم بولى استر	9 طبقات فيبر جلاس منسوج	0.56	1.0	5	17.0	406.569	39.871	419.36	41.12
		0.55	1.0	5	19.3	478.512	46.926		
		0.54	1.0	5	17.9	460.391	45.149		
		0.56	1.0	5	15.5	370.695	36.353		
		0.54	1.0	5	14.8	380.658	37.330		

(جدول 3-2) (العلاقة بين قوة التحمل للثنى وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

العينة		سّمك العينة (سم)	عرض العينة (سم)	المسافة بين طرفى التثبيت (سم)	حمل الكسر (كجم)	قوة التحمل للثنى		متوسط قوة التحمل للثنى	
بولى استر	فيبر جلاس					(كجم/سم^2)	(نيـوتن/مم^2)	(كجم/سم^2)	(نيوتن/مم^2)
1 كجم بولى استر	3 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	1.00	1.00	5	86.9	651.750	63.915	652.86	64.024
		1.00	1.10	5	93.0	634.091	62.183		
		1.00	1.10	5	93.5	637.500	62.517		
		1.00	1.00	5	88.6	664.500	65.165		
		1.00	1.00	5	90.2	676.500	66.342		
1 كجم بولى استر	6 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	1.14	1.00	5	159.2	918.744	90.098	778.46	76.341
		1.13	1.00	5	145.4	854.080	83.757		
		1.12	1.00	5	111.5	666.653	65.376		
		1.14	1.00	5	95.4	550.554	53.991		
		1.15	1.00	5	159.1	902.268	88.482		
1 كجم بولى استر	9 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	1.4	1.00	5	252.0	964.286	94.564	929.58	91.161
		1.3	1.00	5	277.5	1077.19	105.637		
		1.4	1.10	5	277.1	963.938	94.530		
		1.4	1.20	5	223.9	713.967	70.016		
		1.3	1.00	5	239.2	928.523	91.057		

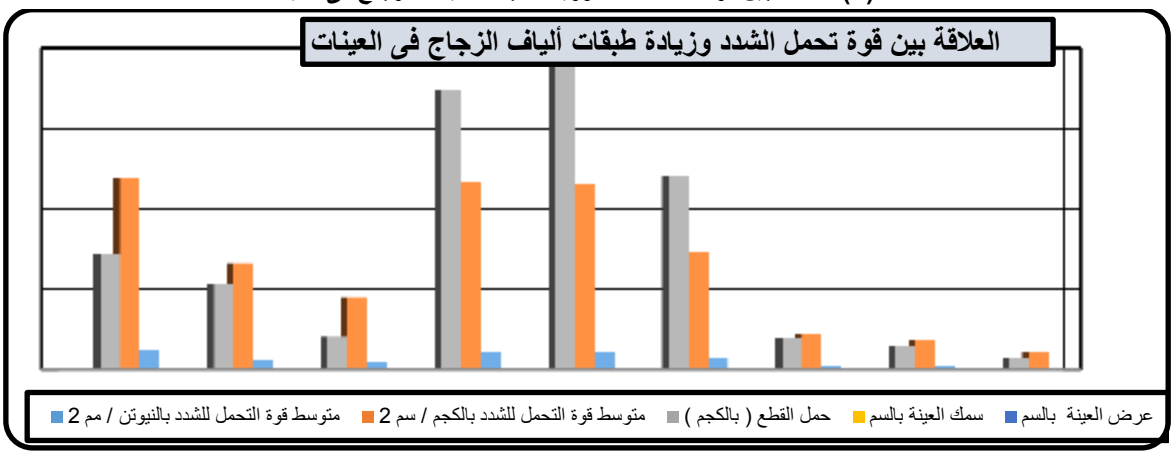
(جدول 3-3) (العلاقة بين قوة التحمل للثنى وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

العينة		سّمك العينة (سم)	عرض العينة (سم)	المسافة بين طرفى التثبيت (سم)	حمل الكسر (كجم)	قوة التحمل للثنى		متوسط قوة التحمل للثنى	
الايبوكسى	فيبر جلاس					(كجم/سم^2)	(نيوتن/مم^2)	(كجم/سم^2)	(نيوتن/مم^2)
1 كجم إيبوكسى	3 طبقات فيبر جلاس منسوج	0.59	1.0	5	29.9	644.211	63.176	636.46	62.41
		0.53	1.0	5	24.5	654.147	64.150		
		0.50	1.0	5	27.4	655.293	64.262		
		0.59	1.0	5	26.5	570.957	55.992		
		0.58	1.0	5	29.5	657.699	64.498		
1 كجم إيبوكسى	6 طبقات فيبر جلاس منسوج	0.58	1.0	5	38.9	867.271	85.050	860.98	84.43
		0.59	1.0	5	39.5	868.417	85.163		
		0.59	1.0	5	39.1	850.940	83.449		
		0.58	1.0	5	38.9	867.271	85.050		
		0.59	1.0	5	39.5	851.049	83.459		
1 كجم إيبوكسى	9 طبقات فيبر جلاس منسوج	0.25	1.0	5	7.5	818.182	80.236	905.20	88.77
		0.24	1.0	5	9.6	1041.667	102.153		
		0.24	1.0	5	8.7	1029.830	100.992		
		0.25	1.0	5	7.7	840.000	82.376		
		0.25	1.0	5	7.3	796.364	78.097		

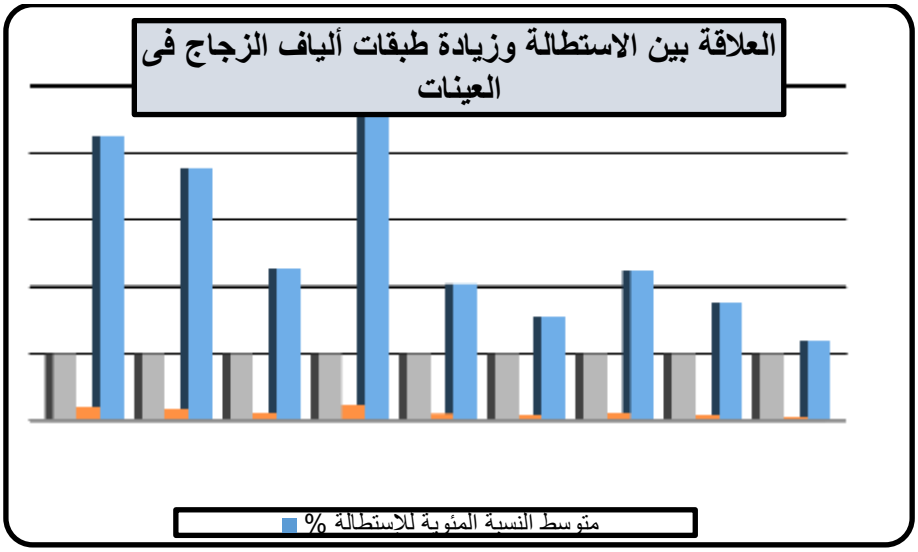
(جدول 4-1) (العلاقة بين الصلادة وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

العينة		الصلادة (باركول)
بولى استر / ايبوكسى	فيبر جلاس	
1 كجم بولى إستر	3 طبقات فيبر جلاس منسوج	45
1 كجم بولى إستر	6 طبقات فيبر جلاس منسوج	42
1 كجم بولى إستر	9 طبقات فيبر جلاس منسوج	45
1 كجم بولى إستر	3 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	56
1 كجم بولى إستر	6 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	47
1 كجم بولى إستر	9 طبقات فيبر جلاس غير منسوج	53
1 كجم أيبوكسى	3 طبقات فيبر جلاس منسوج	10
1 كجم أيبوكسى	3 طبقات فيبر جلاس منسوج	16
1 كجم أيبوكسى	3 طبقات فيبر جلاس منسوج	19

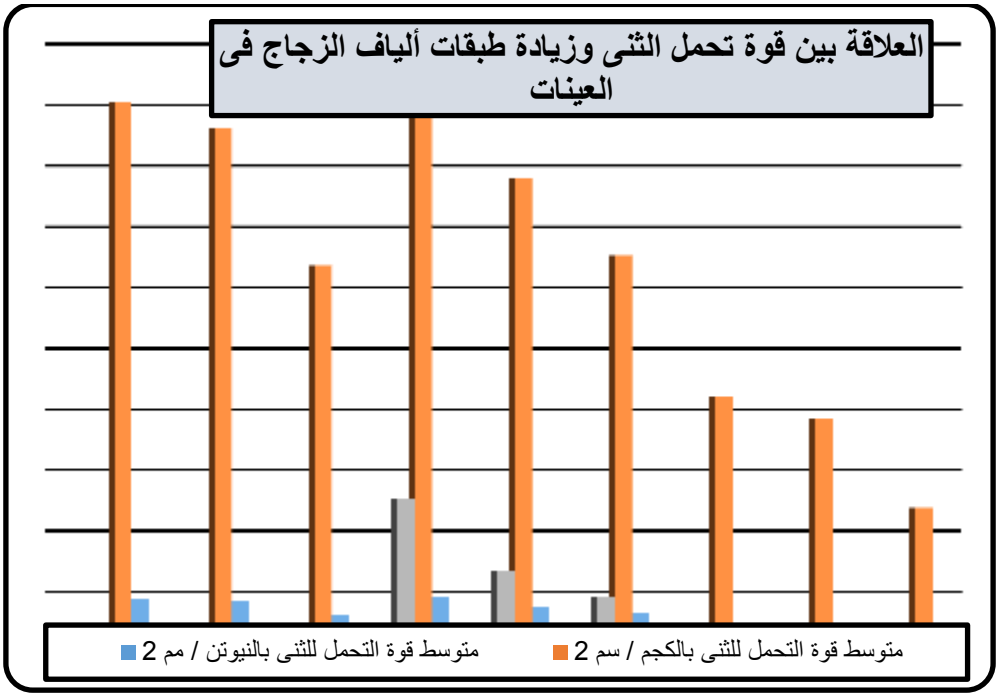
الشكل (1) العلاقة بين قوة تحمل الشدد وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات .



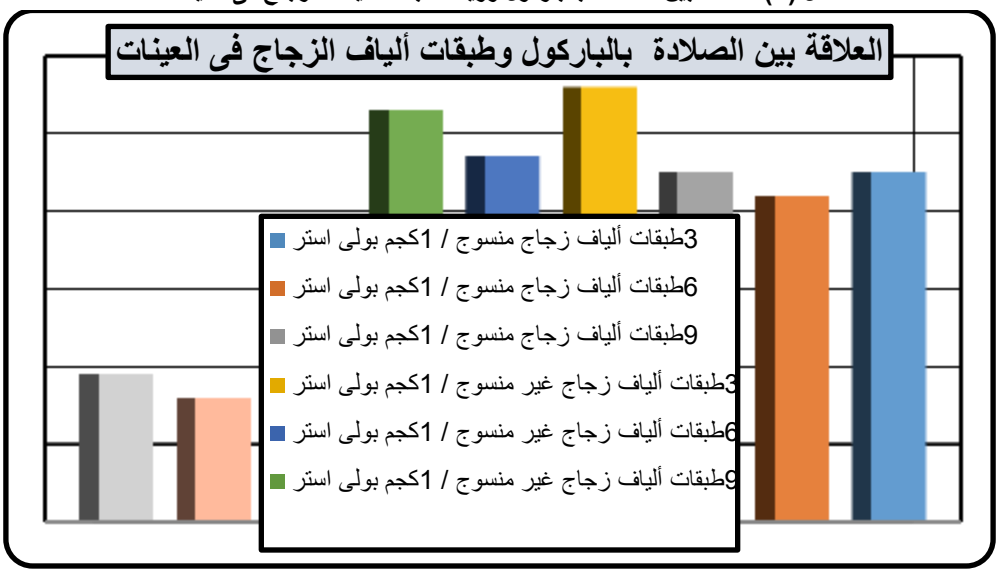
الشكل (2) العلاقة بين الإستطالة وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات .



الشكل (3) العلاقة بين قوة تحمل الثنى وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات .



الشكل (1) العلاقة بين الصلادة بالباركول وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات .



تفسير النتائج والمناقشة Results and Discussion

الشكل (1) :

(العلاقة بين قوة تحمل الشدد وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

- لوحظ زيادة متوسط قوة التحمل للشدد بالكجم / سم^2 وزيادة حمل القطع بالكجم للعينة ذات 9 طبقات ألياف زجاج غير منسوج / 1 كجم إيبوكسى ، فبالرغم من هشاشة المواد الراتنجية بالمقارنة بغيرها فى تحمل الشدد الواقع عليها ، إلا أنه عند إضافة طبقات الألياف الزجاجية غير المنسوجة تتحسن مقاومة الشدد للمادة المركبة بشكل واضح وكبير ، وبزيادة عدد الطبقات الى 9 طبقات ألياف زجاج غير منسوجة تزداد مقاومة الألياف المضافة للشد ، حيث تشغل الألياف المضافة حيز أكبر داخل الراتنج مما يسمح بتوزيع حمل الشد الواقع على المادة المركبة بشكل أفضل.

- وبالرغم من ذلك وبوجه عام ويلاحظ ارتفاع زيادة متوسط قوة التحمل للشدد وزيادة حمل القطع للعينات البولى استر عن عينات الإيبوكسى ، ويرجع ذلك الى هشاشة المواد الراتنجية الإيبوكسية بالمقارنة براتنجات البولى استر عند التصلب ، ويظهر ذلك جلياً وبوضوح فى العينة 6 طبقات ألياف زجاج غير منسوجة / 1 كجم بولى استر حيث يزداد متوسط حمل القطع بشكل واضح .

الشكل (2) :
(العلاقة بين الاستطالة وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

- لوحظ زيادة متوسط النسبة المئوية للاستطالة للعينة ذات 9 طبقات ألياف زجاج غير منسوجة /1 كجم بولى استر ، ويرجع ذلك الى راتنج البولى استر الذى أعطى مقدرة أكبر لألياف الزجاج غير المنسوجة على التوزيع الأمثل بداخلة واعطاء فرصة حقيقية للألياف الزجاجية للتمدد فى حالة وقوع حمل استطالة على مقطع المادة المركبة .
- كما يلاحظ ارتفاع زيادة النسبة المئوية للاستطالة للعينات الإيبوكسى عن عينات البولى استر بوجه عام ، ويرجع ذلك الى هشاشة راتنج الإيبوكسى بالمقارنة براتنج البولى استر ، مما يسمح بتمدد ألياف الزجاج غير المنسوجة داخل المادة المركبة فى حالة وقوع حمل استطالة على مقطع المادة المركبة .

الشكل (3) :
(العلاقة بين قوة تحمل الثنى وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

- لوحظ زيادة قوة التحمل للثنى بالكجم / سم^2 بزيادة طبقات ألياف الزجاج المنسوجة أو غير المنسوجة بوجه عام ، ويتضح ذلك بشكل واضح بزيادة قوة التحمل للثنى بالكجم / سم^2 للعينة ذات 9 طبقات ألياف زجاج غير منسوج / 1 كجم بولى استر ، ويرجع ذلك الى المقاومة المنخفضة لتحمل الثنى للراتنجات بوجه عام ، ولكن بعد تقوية هذه الراتنجات بالألياف الزجاجية تبدأ قوة تحمل الثنى للمواد المركبة فى الزيادة ، وذلك بسبب مرونة الألياف مما يؤدى الى تحملها الجزء الأكبر من الحمل المسلط على المادة المركبة ، مما يؤدى الى زيادة مقاومة الثنى لهذه المادة المركبة المقواة بالألياف الزجاجية . وتزداد هذه المقاومة مع زيادة نسبة التقوية بالألياف الزجاجية كما وجدنا فى العينة المذكورة .
- ويلاحظ زيادة مقاومة حمل الكسر بالكجم للعينات الإيبوكسى عن عينات البولى استر بوجه عام ، ويرجع ذلك الى صلابة عينات الإيبوكسى المقواة بالألياف الزجاجية عن عينات البولى استر المقواة بالألياف الزجاجية عند درجة التصلب ، مما يجعل مقاومة حمل الكسر لعينات المواد المركبة الداخل فيها الإيبوكسى أعلى من مقاومة حمل الكسر لعينات المواد المركبة الداخل فيها البولى استر .

الشكل (4) :
(العلاقة بين الصلادة بالباركول وزيادة طبقات ألياف الزجاج فى العينات)

- لوحظ زيادة الصلادة للعينة ذات 3 طبقات ألياف زجاج غير منسوج / 1 كجم بولى استر ، ويرجع ذلك الى أن قيمة الصلادة ترتفع بشكل كبير عند تقوية راتنج البولى استر بألياف الزجاج ، وذلك لتوزيع الحمل على الألياف مما يقلل معدل الإختراق لسطح المادة المركبة ويرفع من قيم صلادتها .

- ويلاحظ الانخفاض الملحوظ فى الصلادة للعينات الإيبوكسى المقواة بالألياف الزجاجية عن عينات البولى استر المقواة بالألياف الزجاجية بوجه عام ، ويرجع ذلك الى تدنى قيم الصلادة لراتنج الإيبوكسى بوجه عام قبل تقويتة بالألياف عن قيم الصلادة للبولى استر قبل تقويته بالألياف .

ملخص البحث والنتائج .

إن الألياف النسجية ومنها ألياف الزجاج تعتبر ذات خواص ميكانيكية وعزلية عالية الكفاءة ، وقد تم استخدامها صناعياً فى عدة مجالات لتحقيق العزل الجيد وتحقيق خواص ميكانيكية عالية للمنتج .

وقد تم استخدام الألياف النسجية " الفيبر جلاس " فى هذا البحث لتحقيق أهداف معمارية فى خلطة الخرسانة . وقد تم خلط الألياف النسجية بنسب مختلفة مع الإيبوكسى والبولى استر المكبلت لتحقيق خلطة عالية المتانة تستخدم فى المجالات المعمارية .

- ويدرس البحث تأثير اختلاف طبقات الفيبر جلاس المنسوج وغير المنسوج على قوة تحمل الشدد ، والإستطالة ، وقوة تحمل الثنى ، والصلادة باختلاف كميات الإيبوكسى المضافة .
- كما يدرس البحث تأثير اختلاف طبقات الفيبر جلاس المنسوج وغير المنسوج على قوة تحمل الشدد ، والإستطالة ، وقوة تحمل الثنى ، والصلادة باختلاف كميات البولى استر المضافة .

وقد تم قياس التجارب العملية فى المركز القومى للبحوث بأجهزة معايرة .

وقد توصل البحث للنتائج التالية :

- ارتفاع زيادة متوسط قوة التحمل للشدد وزيادة حمل القطع للعينات البولى استر عن عينات الإيبوكسى ، ويرجع ذلك الى هشاشة المواد الراتنجية الإيبوكسية بالمقارنة براتنجات البولى استر عند التصلب .
- زيادة النسبة المئوية للاستطالة للعينات الإيبوكسى عن عينات البولى استر بوجه عام ، ويرجع ذلك الى هشاشة راتنج الإيبوكسى بالمقارنة براتنج البولى استر ، مما يسمح بتمدد ألياف الزجاج غير المنسوجة داخل المادة المركبة فى حالة وقوع حمل استطالة على مقطع المادة المركبة .
- زيادة مقاومة حمل الكسر بالكجم للعينات الإيبوكسى عن عينات البولى استر بوجه عام ، ويرجع ذلك الى صلابة عينات الإيبوكسى المقواة بالألياف الزجاجية عن عينات البولى استر المقواة بالألياف الزجاجية عند درجة التصلب .
- الانخفاض الملحوظ فى الصلادة للعينات الإيبوكسى المقواة بالألياف الزجاجية عن عينات البولى استر المقواة بالألياف الزجاجية بوجه عام ، ويرجع ذلك الى تدنى قيم الصلادة لراتنج الإيبوكسى بوجه عام قبل تقويتة بالألياف عن قيم الصلادة للبولى استر قبل تقويته بالألياف.

المراجع .

1. اسيل محمود عبد الله ، أحمد مظفر هاشم ، عمار جبار بدر ، " تأثير إضافة رقائق الألومينا على الخواص الميكانيكية للمادة المركبة ذات الأساس من البولى استر غير المشبع المقواة بألياف الزجاج " ، مجلة القادسية للعلوم الهندسية ، المجلد 4 ، العدد 1 ، 2011 .
2. إكرام فرعون الملا ، " استخدام الألياف المصنعة لتسليح الخرسانة فى الأجزاء غير المعرضة للأحمال الإنشائية " ، كلية الهندسة ، جامعة بغداد ، 2010 .

3. سهامة عيسى صلاح ، كاظم مطر شبيب ، قحطان عدنان حمد ، " دراسة الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة ذات أساس بوليمرى مقواة بالألياف والدقائق " ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد 28 ، العدد 4 ، 2010 .
4. صبا عبد الزهرة عبيد القرشى ، " دراسة تأثير الألياف الفولاذية فى متانة الإنضغاط للجسم الكونكريتى " ، مجلة جامعة بابل ، المجلد 21 ، العدد 4 ، 2013 .
5. عباس عليوى الجبورى ، على ابراهيم الموسوى ، ساجد عبد الخضر عبد الله ، " تأثير نسبة التقوية بالألياف على الخواص الحرارية والميكانيكية لمادة مركبة بوليمرية " ، المجلة العراقية لهندسة الخامات والميكانيكا ، طبعة خاصة ، 2009 .
6. على ابراهيم الموسوى ، "دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة مركبة بوليمرية مقواة بالألياف" ، مجلة القادسية للعلوم الهندسية ، العدد 1 ، المعهد التقنى ، بابل ، 2009 .

7. Amit Rai , Dr. Y. P Joshi , ‘ Applications and Properties of Fiber Reinforced Concrete ‘. Journal of Engineering Research and Applications , Vol. 4 , 2014 .
8. J. Ferreira and F. Branco , ‘ The use of glass fiber-reinforced concrete as a structural material ‘, Experimtal Techniques , 2007 .
9. Yagya Kumar Sahu , ‘ Study on the effective thermal conductivity of fiber reinforced epoxy composites ‘, national institute of technology , India , june 2014 .
10. ‘ Textile reinforced concrete , an innovative and sustainable solution for the construction industry ‘
11. www.marmox.com . مارموكس بورد CMB Group.
12. www.cmb.com.eg .الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشئات الخرسانية