تأثير كمية ألياف الكربون المضافة على الموصلية الحرارية ومقاومة الإنضغاط للخرسانة [+]

EFFECT OF CARBON FIBERS AMOUNT ON CONCRETE THERMAL CONDUCTIVITY AND COMPRESSIVE STRENGTH

قيس فاضل حسن [*]

المستخلص:

يتضمن هذا البحث دراسة مختبرية لمعرفة إمكانية الاستفادة من إضافة شرائح ألياف الكربون (CFRP) إلى الخلطة الخرسانية في تقليل الموصلية الحرارية الإجمالية للخرسانة وبالتالي تقليل الحرارة المنتقلة خلال تراكيب وعناصر الأبنية، مما يؤدي إلى زيادة العزل الحراري وتقليل الطاقة الكهربائية المستهلكة لتشغيل أجهزة التكييف. تم تحضير وصب (٨) نماذج خرسانية مستطيلة المقطع لإجراء إختبار الموصلية الحرارية بالإضافة إلى صب (١٢) مكعب خرساني قياسي لفحص مقاومة الانضغاط. تم إضافة شرائح ألياف الكربون المقطعة بنسب مختلفة لمعرفة تأثير كمية هذه الألياف على العزل الحراري للخرسانة ومقارنتها مع تأثيرها على مقاومة الانضغاط. وقد أظهرت نتائج اختبارات الموصلية الحرارية لوقت اختبار مقداره (٣٩٠) دقيقة لكل نموذج أن هنالك زيادة في عازلية الخرسانة المضاف إليها شرائح ألياف الكربون وتزداد بزيادة كمية الألياف المضافة. وقد تم تصنيف النماذج والمكعبات الخرسانية إلى أربع مجموعات حسب نسبة الإضافة من ألياف الكربون والتي كانت (٠ %، ٠,٤٥ %، ١,١ %، ١,٦ %) من وزن السمنت المخصص للخلطة. وبالرغم من زيادة العازلية بوجود الألياف فقد كان هنالك نقصان في مقاومة إنضغاط الخرسانة مع زيادة كمية الألياف حيث تراوح هذا النقصان ما بين (٦,٤- ٢٨,٥) % نسبة إلى مقاومة إنضغاط الخرسانة المرجعية.

Abstract:

The present study includes an experimental work to find out the benefit arises from CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) laminates addition to concrete mix in reducing the whole thermal conductivity and the heat transfer through construction elements, which increase thermal insulation and reduce consumption of electricity used for air conditioning equipments. Eight concrete specimens of rectangular cross sections were cast to examine the thermal conductivity, in addition to that a (12) standard concrete cubes were prepared to find out the compressive strength of concrete. Carbon fibers were cut and added with different amounts to get its effect on heat transfer and thermal conductivity for concrete to compare it with the compressive strength. Test results for thermal conductivity for testing time of (390) minutes for each specimen showed an increase in thermal insulation for the strengthened concrete, and this insulation increases with increasing amount of CFRP added. The concrete samples and cubes were divided into four groups of different amount of CFRP, which were (0 %, 0.45 %, 1.1 %, 1.6 %) of cement weight used in the mix. In spite of that, the insulation

[+] تاريخ استلام البحث ٢٠٠٩/١١/١٥ ، تاريخ قبول البحث ٢٠١١/٣/٩ .

[*] مدرس / الكلية التقنية / كركوك

was increased in the existence of CFRP, the compressive strength was reduced by (6.4-28.5) %, when increasing CFRP amount, with respect to control concrete.

المقدمة:

تعرف الحرارة (Heat) بأنها نوع من أنواع الطاقة (Energy) والتي تنتقل من المناطق الدافئة إلى المناطق الباردة ويكون إنتقالها عن طريق (التوصيل، الإنتقال، والإشعاع). ويتم إنتقال الحرارة أساساً في جدران وسقوف المباني بطريقة التوصيل وتعتمد كمية إنتقال الحرارة على عدة عوامل منها: فرق درجات الحرارة بين سطحي العنصر، سمك العنصر، مساحة الأسطح المعرضة للحرارة، ومعدل التوصيل الحراري للمادة (أو العازلية الحرارية للمادة)[1].

تقدر نسبة الطاقة الكهربائية المستهلكة في الصيف لتبريد المباني حوالي (٦٦) % من كامل الطاقة الكهربائية، كما تقدر الحرارة التي تخترق الجدران والسقوف في أيام الصيف بنسبة (٦٠-٧٠) % من الحرارة المراد تقليلها بأجهزة التكييف، أما الباقي فيأتي عن طريق النوافذ وفتحات التهوية[2]. ومن هنا تنبع أهمية العزل الحراري لتخفيض إستهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف وذلك للحد من تسرب الحرارة خلال الجدران والسقوف لتحقيق مسكن ملائم، مريح، وقليل التكلفة. و العزل الحراري الجيد يقلل من إستخدام أجهزة التكييف مما يقلل من التأثير الصحي والنفسي على الإنسان بسبب الضوضاء الناتجة عن تشغيل تلك الأجهزة. كما يعمل العزل الحراري الجيد على حماية وسلامة المبنى من تغيرات الطقس والتقلبات الجوية حيث أن فرق درجات الحرارة الناتج من إرتفاع الحرارة بسبب أشعة الشمس نهاراً، وإنخفاضها ليلاً، وتكرار حدوث ذلك، يؤدي إلى إحداث إجهادات حرارية تجعل طبقة السطح الخارجي للمبنى تفقد الكثير من خواصها الطبيعية والميكانيكية، وبالتالي ظهور تشققات وشروخ في هيكل المبنى.

لقد أجرى عدد من الباحثين محاولات لتقليل معامل التوصيل الحراري للخرسانة بإضافة مواد عازلة بنسب وزنية وحجمية مختلفة ودرسوا تأثير هذه المضافات على الخواص الحرارية والميكانيكية للمزيج ومدى النقصان في مقاومة إنضغاط الخرسانة عند إضافة هذه المواد. فقد أجرى (Shirtliffe, 1980) [3] دراسة على إنتقال الحرارة في المواد الليفية وتوصل إلى عدة نماذج رياضية إحصائية للعلاقة بين معامل الموصلية الحرارية والنسب الحجمية لكل من المادة الليفية والفجوات الهوائية التي بداخلها. كما درس (ادم، ١٩٩٧) [4] تأثير إضافة نسب وزنية من القصب إلى الخرسانة وتأثير حجم وكثافة ألواح القصب وكمية الرطوبة فيها على معامل الموصلية الحرارية للمزيج وذلك بإستخدام جهاز قياس من نوع الصفيحة الساخنة ذو العينتين، حيث إستخدم عينات مصنعة مختبرياً وبأبعاد (٢٩٠ ملم x ٢٩٠ ملم)، وقد توصل إلى معادلة تجريبية للموصلية الحرارية للخرسانة بدلالة النسب الحجمية للقصب والمحتوى الرطوبي ومتوسط درجة حرارة العينة. أما (كاظم وحذامة، ١٩٩٨)[5] فقد درسوا تأثير إضافة بذور زهرة الشمس إلى السمنت البورتلاندي بنسب وزنية تراوحت ما بين (٠،٠-٠،٧) % على الموصلية الحرارية ومقاومتي الشد والإنضغاط وحصلوا على إنخفاض بالموصلية الحرارية إلى (٠،٧) من القيمة الأصلية قبل الإضافة، وهي نسبة جيدة.

وبما أن إضافة شرائح ألياف الكربون إلى الخلطة الخرسانية سوف يحسن من خواصها في مقاومة الشد والشقوق والتصدعات[6] فقد أصبح من الضروري دراسة إنتقال الحرارة خلال الخرسانة المقواة بهذه الشرائح ومعرفة مدى الفائدة المستوحاة من إضافة شرائح ألياف الكربون في تقليل الموصلية الحرارية للعناصر الخرسانية.

العمل المختبري

تم تحضير القوالب الخشبية في الشكل رقم (١) لصب ثماني نماذج خرسانية بأبعاد (٢٠٠ ملم x ٢٠٠ ملم) وبسمك (٨٠) ملم وبنسب خلط وزنية سمنت، رمل، حصو (2:1.5:1) وبنسبة ماء/ سمنت مقدارها (٠,٤٥) وذلك لمعرفة تأثير إضافة كميات ونسب مختلفة من مادة شرائح ألياف الكربون CFRP على معدلات إنتقال الحرارة خلال النماذج المقواة. وقد تم تسمية النموذجين (١) كنموذجي سيطرة لا يحتويان على شرائح ألياف الكربون وتم تسمية النموذجين (٢) بنسبة إضافة وزنية من ألياف الكربون مقدارها (٠,٤٥) % من وزن السمنت وتم تسمية النموذجين (٣) بنسبة إضافة وزنية من ألياف الكربون مقدارها (١,١) % من وزن السمنت كما تم تسمية النموذجين (٤) بنسبة إضافة وزنية من ألياف الكربون مقدارها (١,٦) % من وزن السمنت، والجدول رقم (١) يوضح خصائص النماذج المستخدمة. كما يوضح الشكل رقم (٢) النماذج الخرسانية المعدة لفحص الموصلية الحرارية.

لقد تم صب (١٢) مكعب خرساني قياسي بأبعاد (١٥٠ ملم x ١٥٠ ملم x ١٥٠ ملم) لفحوصات مقاومة الإنضغاط للخرسانة والموضحة قوالبها الفولاذية في الشكل رقم (١) بإعتبار ثلاث مكعبات لكل خلطة من الخلطات الأربع. وفي اليوم التالي تم إخراج جميع النماذج والمكعبات الخرسانية من قوالبها لوضعها مغمورة داخل حوض الماء المخصص للمعالجة (curing) لمدة (٢٨) يوما لتكون بعدها جاهزة للفحص. ويمثل الشكل رقم (٣) مكعب خرساني معد للفحص داخل جهاز فحص الإنضغاط.

شكل رقم (١) يوضح القوالب الخشبية للنماذج والقوالب الفولاذية للمكعبات الخرسانية

جدول رقم (١) يوضح خصائص النماذج الخرسانية المعدة لفحص الموصلية الحرارية

صنف النموذج	نسبة CFRP المضافة (%) من وزن السمنت	وزن النموذج قبل الفحص (غرام)	معدل الوزن لنموذجين (غرام)
١	٠,٠٠	٧٤٧٠	٧٤٨٣
١	٠,٠٠	٧٤٩٥	
٢	٠,٤٥	٧٣٤٥	٧٣٤٠
٢	٠,٤٥	٧٣٣٥	
٣	١,١٠	٧٢٠٥	٧٢١٥
٣	١,١٠	٧٢٢٥	
٤	١,٦٠	٧١٦٠	٧١٤٨
٤	١,٦٠	٧١٣٥	

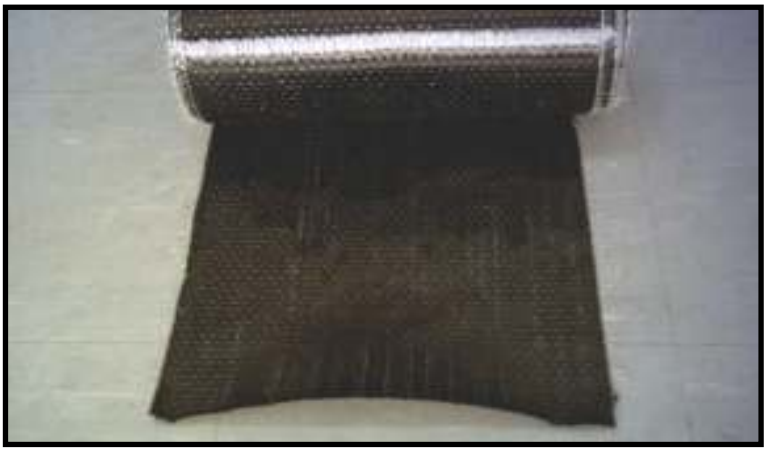
شكل رقم (٢) يوضح النماذج الخرسانية المعدة لفحص الموصلية الحرارية

شكل رقم (٣) يوضح مكعب خرساني قياسي معد لفحص مقاومة الإنضغاط

<u>خصائص المواد الأولية المستخدمة في الخرسانة</u>

أستخدم في هذا البحث السمنت البورتلاندي نوع (I) والمصنع في معمل سمنت كركوك/ العراق. كما تم إستخدام الرمل والحصى الطبيعي المستخرج من نهر الخاصة في مقالع قضاء داقوق في كركوك وقد كان القطر الأكبر للرمل (والذي تم تجفيفه قبل الخلط) لا يتجاوز (٤,٧٥) ملم والقطر الأكبر للحصى لا يتجاوز(١٠) ملم بموجب مواصفات ACI 318-05 Code[7] وكان تدرج الرمل والحصى المستخدم في فحص المناخل يقع ضمن التدرج المسموح به في المواصفات العراقية رقم ١٩٨٤/٤٥ للمجموعة (٢)[8] .

تم إستخدام شرائح ألياف الكربون نوع SikaWrap Hex-230C والمبينة في الشكل رقم (٤) والمستوردة من شركة سيكا الشرق الأوسط – بيروت – لبنان. وبما أن هذه الشرائح تكون على شكل حصيرة بعرض (٣٠٠) ملم وبطول قد يصل إلى (٥٠) م فقد تم قص هذه الشرائح إلى قطع صغيرة بأبعاد ثابتة (50 ملم x 15 ملم) لتخلط بنسب وزنية مختلفة مع المكونات الأخرى للخرسانة بشكل جاف ويضاف الماء إلى الخليط المتجانس ليتم صب الخلطة النهائية في القوالب المخصصة لفحص الموصلية الحرارية والمكعبات المخصصة لفحص مقاومة الإنضغاط للخرسانة.



شكل رقم (٤) يوضح حصيرة ألياف الكربون المستخدمة

<u>الأجهزة المستخدمة للفحوصات المختبرية</u>

تم إستخدام جهاز فحص رقمي إيطالي المنشأ لفحص مقاومة الإنضغاط للمكعبات الخرسانية القياسية والتي تحتوي على نسب مختلفة من شرائح ألياف الكربون. وهذا الجهاز موجود في المركز الوطني للمختبرات الإنشائية في كركوك والمبين في الشكل رقم (٥)، حيث تم فحص المكعبات بالتعاقب عن طريق وضعها بين فكي جهاز فحص الإنضغاط لحين تصدعها وفشلها. وقد كان الزمن اللازم لإفشال كل مكعب ما بين (٢-٣) دقيقة حيث كانت نسبة التحميل (٦,٨) كيلونيوتن/ ثانية.

شكل رقم (٥) يوضح الجهاز المستخدم لفحص مقاومة الإنضغاط للخرسانة

كما تم إستخدام ميزان ألكتروني دقيق لقياس أوزان المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية العادية والمقواة بالشرائح بالإضافة لقياس أوزان النماذج المخصصة لفحوصات الموصلية الحرارية، وكانت النتائج المستخلصة من وزن النماذج الثمانية للخلطات الأربع قبل فحص الموصلية الحرارية كما مبينة في الجدول رقم (١) سلفاً.

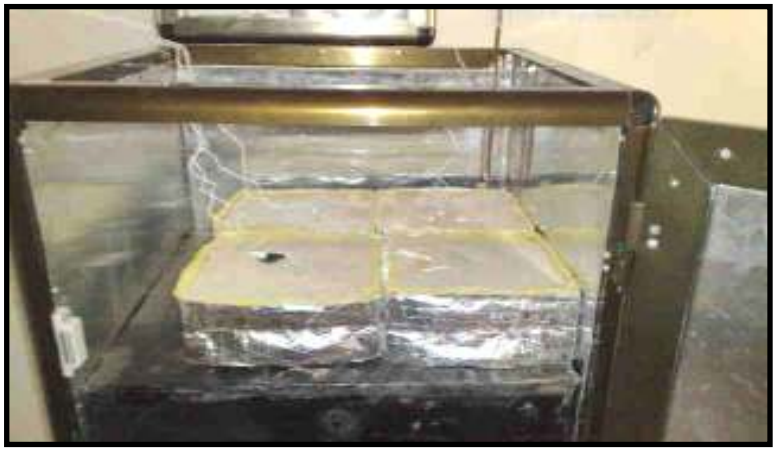
تم تصنيع وإستخدام جهاز قياس الموصلية الحرارية والموضح في الشكل رقم (٦) وذلك في قسم هندسة تقنيات التبريد والتكييف في الكلية التقنية/ كركوك. حيث يحتوي الجهاز على حجرة إختبار العينة من معدن الألمنيوم بأبعاد (٥٠٠ ملم x ٥٠٠ ملم) وبإرتفاع (٣٠٠) ملم، وهذه الحجرة معزولة حرارياً بالأسبست والصوف الزجاجي. ويحتوي

الجهاز من الأسفل على خزانة زيت بأبعاد (٥٠٠ ملم x ٥٠٠ ملم) وبسمك (١٠٠) ملم و تحتوي الخزانة على (٣٠) لتر من الزيت و يوجد اسفل الخزانة ملف سخان كهربائي بسعة حرارية بين ٥٠ واط/ دقيقة إلى ٥٠٠ واط/ دقيقة. أما الواجهة الأمامية للحجرة فهي قابلة للفتح والغلق لإدخال وإخراج العينات. كما يحتوي الجهاز على ثمانية شاشات الكترونية مرتبطة بمتحسسات لقياس درجات الحرارة بمديات تتراوح ما بين (١٠) ^{o}م و (٨٥) ^{o}م، كما موضح بالشكل رقم (٧).

تم عزل جميع النماذج المعدة للاختبار بواسطة صوف زجاجي من الجوانب بصورة جيدة للحد من تسرب الحرارة ولجعلها تنتقل بإتجاه واحد، كما تم ربط المتحسسات الحرارية بالسطحين العلوي والسفلي للنماذج، وكان الوقت اللازم لعمل التحضيرات وإجراء الإختبار للمرة الواحدة بحدود ثماني ساعات حيث تم أخذ قراءات درجات الحرارة كل ١٥ دقيقة. والشكل رقم (٨) يوضح عينات معدة للإختبار داخل حجرة جهاز فحص الموصلية الحرارية.

شكل رقم (٦) يوضح الجهاز المستخدم لقياس الموصلية الحرارية للخرسانة

شكل رقم (٧) يوضح تفاصيل اللوحة الألكترونية الخاصة بجهاز قياس الموصلية الحرارية



شكل رقم (٨) يوضح نماذج خرسانية داخل حجرة جهاز قياس الموصلية الحرارية

النتائج والمناقشة:

تم إجراء فحوصات الموصلية الحرارية على (٨) قوالب خرسانية متصلدة وزعت على (٤) مجموعات تحتوي على نسب وزنية مختلفة من شرائح ألياف الكربون CFRP كمادة مقوية وعازلة قطعت بأبعاد (٥٠ ملم x ١٥ ملم) وأضيفت إلى المكونات الجافة للخرسانة قبل مزجها مع الماء، وكانت نسب الإضافة قد تراوحت ما بين (٠ %، ٠,٤٥ %، ١,١ %، ١,٦ %) من وزن السمنت المستخدم. أجريت الفحوصات لهذه القوالب بإستخدام جهاز قياس الموصلية الحرارية، الذي تم تصنيعه محلياً لهذا الغرض، عند قيم مختلفة لدرجة حرارة السطحين الساخن والحار تراوحت ما بين (٢٠-٣٥) ^{o}م. وقد تم أيضاً إجراء فحص مقاومة الإنضغاط للخرسانة على (١٢) مكعب خرساني قياسي وكانت نتائج الفحوصات كما مبينة في الجدول رقم (٢). حيث لوحظ أن مقاومة الإنضغاط للمكعبات عند إضافة ألياف الكربون سوف تقل تدريجياً عن مقاومة الإنضغاط لمكعبات الخرسانة المرجعية وهذا بسبب وجود مادة ألياف الكربون التي تمتلك كثافة أقل من باقي مكونات الخرسانة مما يؤدي إلى إضعاف الخرسانة والتقليل من تماسك مكوناتها وبالتالي تقليل مقاومتها للإنضغاط.

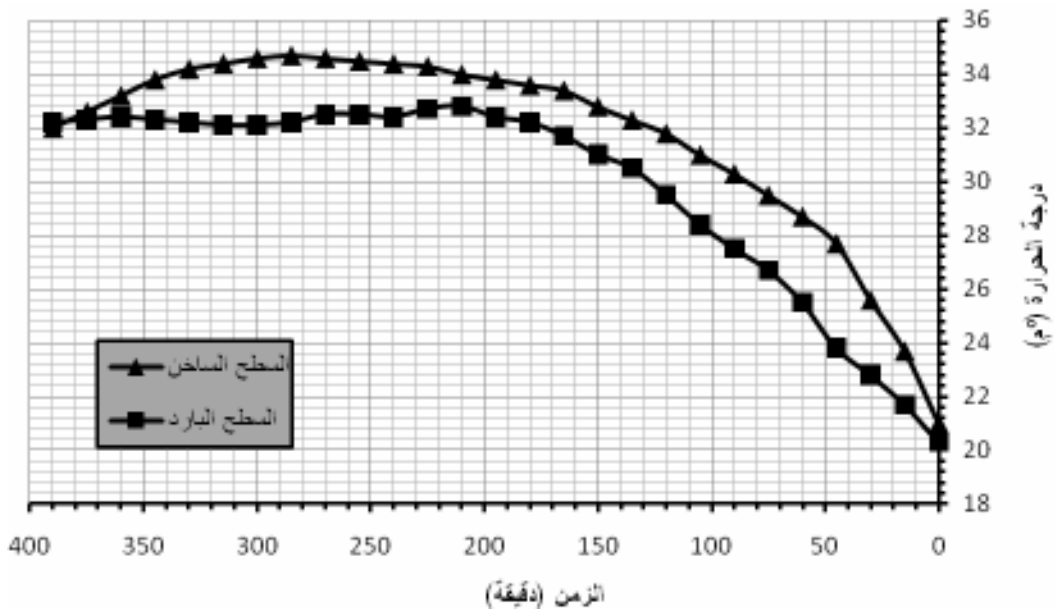
جدول رقم (٢) يوضح نتائج فحص مقاومة الإنضغاط للمكعبات الخرسانية القياسية

نوع النموذج	كمية إضافة CFRP (%) من وزن السمنت	المكعب الخرساني	مقاومة الإنضغاط (نيوتن/مليمتر مربع)	معدل مقاومة الإنضغاط (نيوتن/مليمتر مربع)	النقصان في مقاومة الإنضغاط (%)
١*	٠	i	٢٨,٤	٢٨,٤	-
		ii	٢٨,٣		
		iii	٢٨,٥		
٢	٠,٤٥	i	٢٦,٧	٢٦,٦	٦,٤
		ii	٢٦,٤		
		iii	٢٦,٦		
٣	١,١	i	٢٣,٢	٢٣,٢	١٨,٤
		ii	٢٣,٤		
		iii	٢٣,٠		
٤	١,٦	i	٢٠,١	٢٠,٣	٢٨,٥
		ii	٢٠,٤		
		iii	٢٠,٥		

* نموذج مرجعي

فحصت جميع النماذج المخصصة لقياس الموصلية الحرارية لوقت كلي مقداره (٣٩٠) دقيقة تم فيها إطفاء مصدر الحرارة (السخان الكهربائي) في وقت (٢٨٥) دقيقة، وقد تم تسجيل قراءات درجات الحرارة للسطحين الساخن والبارد كل (١٥) دقيقة للحصول على التصرف الحقيقي والدقيق لكمية إنتقال الحرارة خلال كل نموذج. كما تم أخذ معدل القراءات لكل نموذجين متناظرين للحصول على قراءة موحدة لكل نسبة إضافة من شرائح ألياف الكربون.

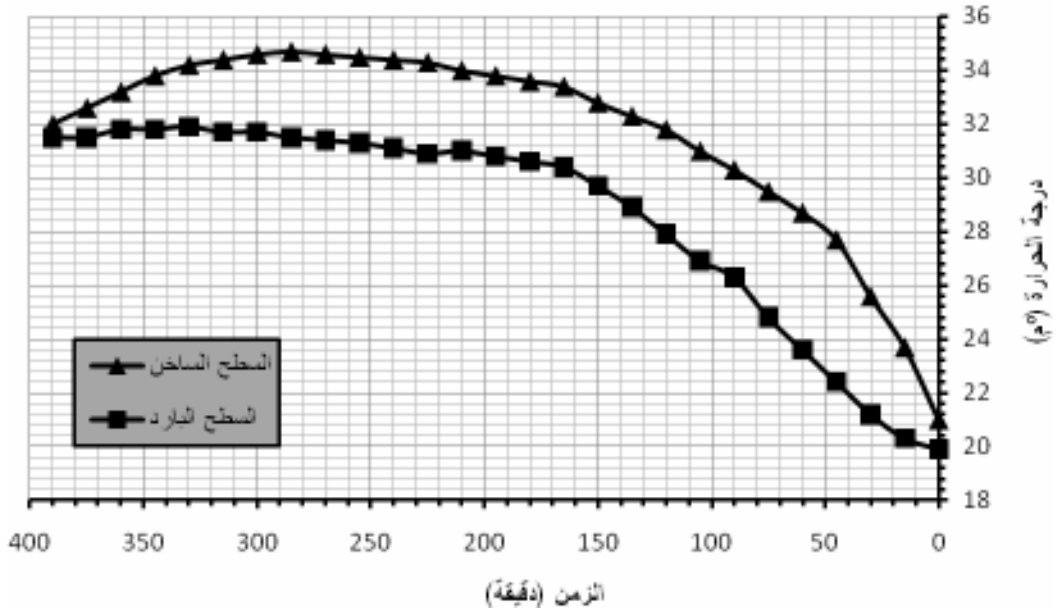
تم رسم البيانات بإستخدام برنامج الحاسوب EXCEL بشكل مخططات بيانية، فالشكل رقم (٩) يبين معدل التغير الحاصل في درجات الحرارة بين سطحي النموذجين المرجعيين والذي يرمز لهما بالرمز (١) حيث لا يحتويان على شرائح ألياف الكربون. ويلاحظ في هذا الشكل أن التغيير في درجة الحرارة للسطح البارد يبدأ بعد مرور زمن (١٢) دقيقة لتستمر درجة حرارته بالإرتفاع مع الزمن حتى إطفاء الجهاز بعد مرور وقت (٢٨٥) دقيقة حيث يلاحظ بعدها إستمرار إزدياد درجة حرارة السطح البارد بالرغم من نزول درجة حرارة السطح الساخن، وقد كان معدل فرق درجتي حرارة السطحين في وقت إطفاء الجهاز هو (٢,٥) ^{o}م. ومن الملاحظ أنه بعد مرور زمن (٣٩٠) دقيقة تتساوى درجات الحرارة للسطحين لتصل إلى (٣٢,٥) ^{o}م حيث تم إعتبار هذا الوقت هو وقت إنتهاء قراءات التجربة.



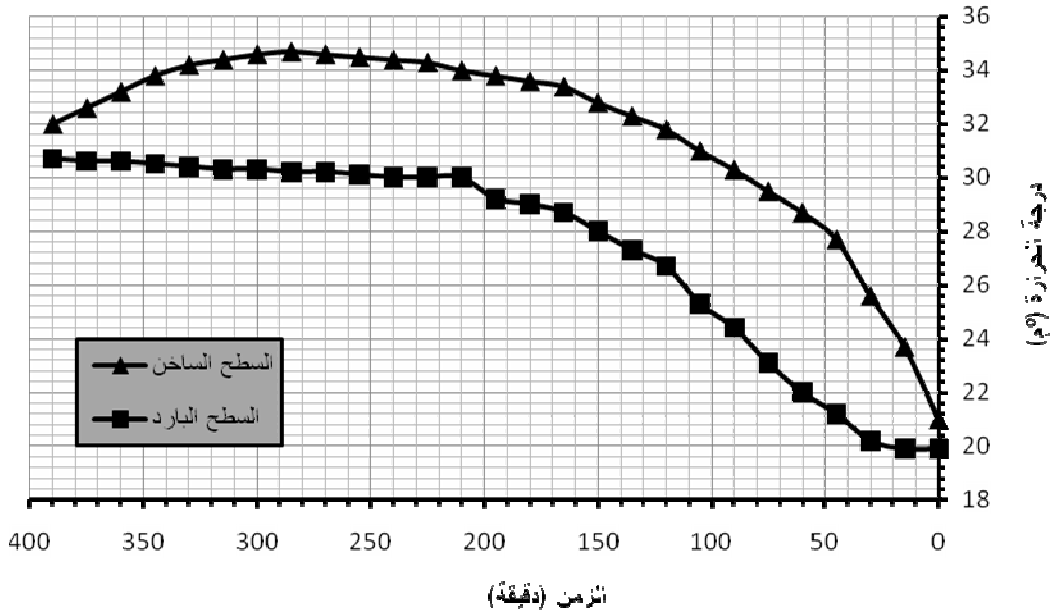
شكل رقم (9) يوضح معدل درجات الحرارة للسطحين مع الزمن للنموذجين المرجعيين رقم (١)

والشكل رقم (١٠) يبين معدل التغيير الحاصل في درجات الحرارة لسطحي النموذجين رقم (٢)، حيث يحتويان على شرائح ألياف الكربون بنسبة (٠,٤٥) % من وزن السمنت. ومن الملاحظ أن الفرق في قراءات درجات الحرارة للسطحين الساخن والبارد للنموذجين قد زاد عن ما تم تسجيله في فحص النموذجين المرجعيين وهذا يعني أن وجود ألياف الكربون قد أثر أيجاباً في خواص العزل الحراري للخرسانة بالرغم من نقصان مقاومة الإنضغاط في فحص المكعبات بنسبة (٦,٤) % عن مكعبات الخرسانة المرجعية. ويلاحظ أن مقدار الفرق بين حرارتي السطحين يتناسب مع كمية الألياف المضافة كما موضح في الشكل رقم (١١) لمعدل قراءات النموذجين رقم (٣) حيث يحتويان على (١,١) % من شرائح ألياف الكربون، وقد كان معدل فرق درجتي حرارة السطحين في وقت إطفاء الجهاز هو (٣,٢) ^{o}م وهذا الفرق هو أعلى من الفرق (٢,٥) ^{o}م للنماذج المرجعية. كما يلاحظ أنه في وقت إنتهاء الإختبار، (٣٩٠) دقيقة، كانت

قراءات درجة حرارة السطحين تقترب من بعضها البعض وهذا الإقتراب يقل بزيادة كمية ألياف الكربون المضافة مما يعني أن خاصية العازلية الحرارية قد تحسنت بوجود ألياف الكربون. وقد كان معدل النقصان الحاصل في مقاومة الإنضغاط للنماذج رقم (٣) هي (١٨,٤) %، وكان معدل فرق درجتي حرارة السطحين في وقت إطفاء الجهاز هو (٤,٥) ^{o}م وهو أعلى من الفرق المسجل للنماذج المرجعية رقم (١) وللنماذج المقواة رقم (٢).



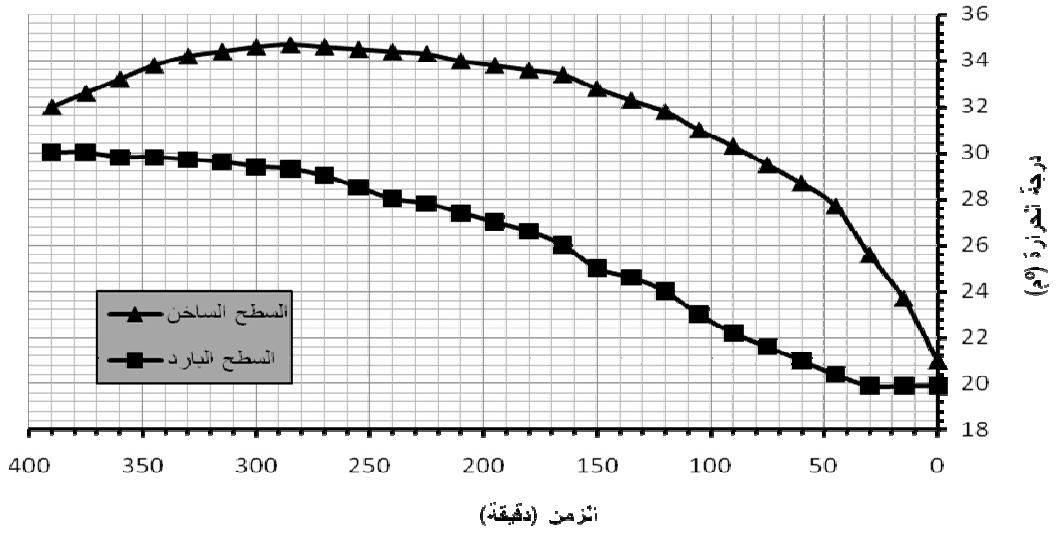
شكل رقم (١٠) يوضح معدل درجات الحرارة للسطحين مع الزمن للنموذجين رقم (٢) بنسبة ألياف كربون ٠,٤٥ %



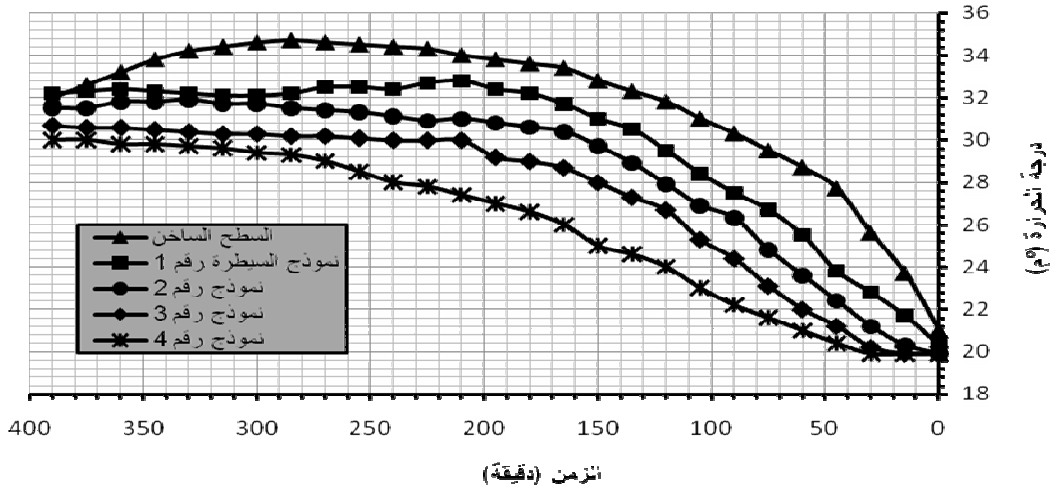
شكل رقم (١١) يوضح معدل درجات الحرارة للسطحين مع الزمن للنموذجين رقم (٣) بنسبة ألياف كربون ١,١ %

عند زيادة كمية ألياف الكربون المضافة إلى (١,٦) % من وزن السمنت فأن الزيادة في الفرق الحاصل في قراءات درجة الحرارة للسطحين واضحة في الشكل رقم (١٢) حيث كان معدل فرق درجتي حرارة السطحين في وقت

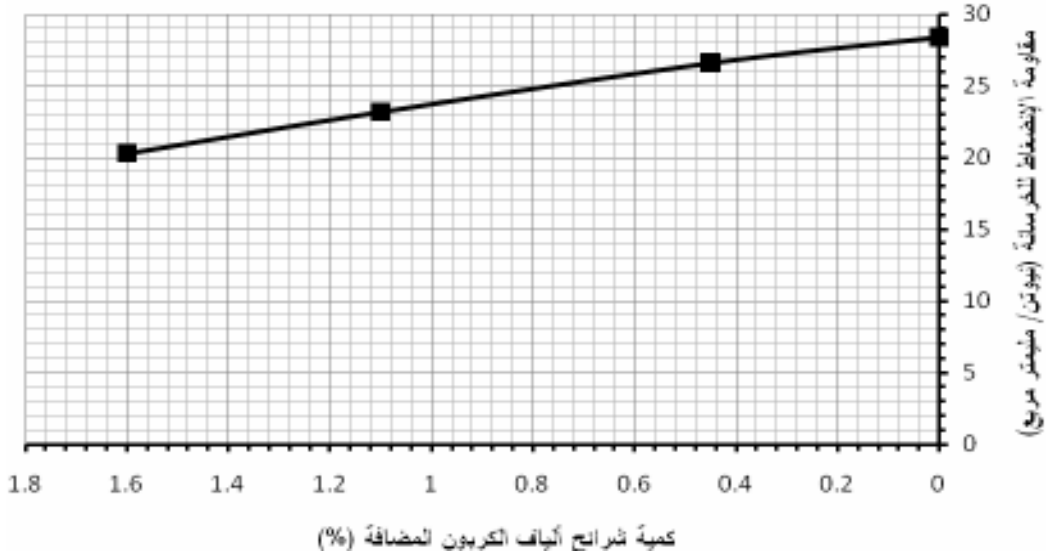
إطفاء الجهاز هو (٥,٥) ^{o}م. ومن الملاحظ أنه حتى بعد إطفاء مصدر الحرارة في الدقيقة (٢٨٥) فإن فرق الحرارة بين السطحين يستمر لفترة من الزمن تتعدى وقت إنتهاء القراءات، وهذه يعني أن مواصفات الخرسانة في العازلية الحرارية قد تحسنت بشكل كبير بالرغم من النقصان بمقدار (٢٨,٥) % في مقاومة الإنضغاط لهذه الخرسانة المقواة عن الخرسانة المرجعية، ويعزى هذا النقصان إلى زيادة كمية الألياف المضافة التي وإن كانت قد حسنت في مواصفات الخرسانة للعزل الحراري ومقاومتها للشد والتشققات ولكنها قد أضعفتها في مقاومتها للإنضغاط، كما هو واضح في الشكل رقم (١٣) الذي يوضح النقصان في قراءات الحرارة للأسطح الباردة للنماذج بإختلاف كميات الألياف المضافة، والشكل رقم (١٤) الذي يوضح النقصان التدريجي الحاصل في مقاومة الخرسانة للإنضغاط بزيادة كمية شرائح ألياف الكربون المضافة.



شكل رقم (١٢) يوضح معدل درجات الحرارة للسطحين مع الزمن للنموذجين رقم (٤) بنسبة ألياف كربون ١,٦ %



شكل رقم (١٣) يوضح مقارنة بين السطح البارد للنماذج الأربعة



شكل رقم (١٤) يوضح العلاقة بين كمية إضافة شرائح ألياف الكربون ومقاومة الإنضغاط للخرسانة

<u>الإستنتاجات والتوصيات:</u>

من هنا نستنتج أن إضافة شرائح ألياف الكربون (CFRP) إلى الخلطة الخرسانية لتقوية العناصر الإنشائية للأبنية يقلل من الموصلية الحرارية (يزيد العزل الحراري) وفي نفس الوقت يقلل من مقاومة الإنضغاط للخرسانة المتصلدة. حيث تشير النتائج المختبرية في هذه الدراسة أن الزيادة في نسبة إضافة شرائح ألياف الكربون من ٠% إلى ١,٦% (من وزن السمنت) زاد من قيمة الفرق في درجة حرارة السطحين الساخن والبارد (من ٢,٥ ْم إلى ٥,٥ ْم) مما يعني زيادة في العازلية الحرارية للخرسانة، وفي نفس الوقت أعطت هذه الزيادة في نسبة الإضافة من الشرائح نقصاناً في قيم مقاومة الإنضغاط للخرسانة (من ٦,٤% إلى ٢٨,٥%) نسبة إلى مقاومة إنضغاط الخرسانة المرجعية.

وبالرغم من أن هذه الدراسة هي محاولة لمعرفة مدى الإستفادة من شرائح ألياف الكربون، والمخصصة أصلاً لتقوية العناصر الخرسانية وإعادة تأهيلها، في زيادة العزلية الحرارية للأبنية وبالتالي تقليل الطاقة الكهربائية المستهلكة لتشغيل أجهزة التكييف. لذا أوصي بإستخدام هذه الشرائح كمادة مضافة للخرسانة لتقليل الموصلية الحرارية (زيادة العازلية الحرارية) مع الأخذ بنظر الإعتبار النقصان الحاصل في مقاومة إنضغاط الخرسانة. كما أوصي بإجراء دراسات مختبرية بإضافة مواد عازلة اخرى متوفرة ورخيصة الكلفة كالفلين ومخلفات المطاط مع ألياف الكربون إلى الخرسانة، كما أوصي بعمل دراسات إحصائية لعدد كبير من النماذج المختبرية نستطيع من خلالها إستخلاص علاقات رياضية لحساب معامل الموصلية الحرارية ومقاومة الإنضغاط للخرسانة المقواة بإضافة ألياف الكربون ومقارنتها بما موجود من علاقات رياضية نظرية.

المصـــادر :

1- د. آرتين ليفون وزهير ساكو، *إنشاء المباني والمواد الإنشائية*، جامعة بغداد، ١٩٨٦.

2- اللجنة الإقتصادية والإجتماعية لغربي آسيا، "ملامح قطرية وإقليمية لمؤشرات التنمية المستدامة لقطاعات مختارة في منطقة الاسكوا (ESCWA) / قطاع الطاقة"، نيويورك، الأمم المتحدة، ٢١ كانون الأول ٢٠٠٥.

3- Shirtliffe, C. J.,"Effect of Thickness on the Thermal Properties of Thick Specimens of Low Density Thermal Insulation", *Thermal Insulation Performance*, ASTM, pp. 36-50, 1980.

4- شموئيل خوشابا آدم، *دراسة عملية ونظرية للخواص الحرارية والصوتية لألواح القصب الأسمنتية*، رسالة دكتوراه فلسفة في الهندسة الميكانيكية، جامعة الموصل، العراق، ١٩٩٧.

5- كاظم أحمد محمد وحذامة أحمد محمد، تأثير قشور بذور زهرة الشمس على الموصلية الحرارية للسمنتت البورتلاندي الإعتيادي، جامعة الموصل، *J. Edu. and Sci.*، المجلد ٣٣، ١٩٩٨.

6- قيس فاضل حسن، *سلوك العتبات الخرسانية المسلحة المقواة بصفائح ألياف الكاربون تحت تأثير أحمال دورية*، رسالة دكتوراه فلسفة في الهندسة المدنية، جامعة النهرين، بغداد، العراق، ٢٠٠٧.

7- ACI Committee 318, *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318R-05),* American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005

8- المواصفات العراقية رقم (٤٥)، *ركام المصادر الطبيعية المستعمل في الخرسانة والبناء*، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد، ١٩٨٤.