



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التكنولوجية
قسم هندسة البناء والانشاءات
فرع هندسة البناء وادارة المشاريع الانشائية

تطوير مقاومة الخرسانة للحرائق باستخدام البوليمرات

مشروع سنوي مقدم الى
الجامعة التكنولوجية قسم هندسة البناء والانشاءات فرع هندسة البناء وادارة
المشاريع الانشائية
وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في
علوم هندسة البناء والانشاءات

من قبل

احمد حسين عبد

بإشراف
د. زينب عامر شمس الدين

٤٤٣٢

٢٠١١م

الإنشاء

٢٠١١

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

((ولما بلغ أشده ءاتينه حكما وعلما وكذلك نجزي المحسنين))

صدق الله العلي العظيم

سورة يوسف الآية (22)

روي عن الإمام الصادق عليه السلام

((من علم خيرا فله مثل أجر من عمل به

قلت فان علمه غيره يجري ذلك له ؟

قال ان علمه الناس كلهم جرى له

قلت فان مات ؟

قال وان مات ((

الإهداء

بدانا بأكثر من يد وقاسينا أكثر من هم وعانينا الكثير من الصعوبات
وهانحن اليوم والحمد لله نظوي سمر الليالي وتعجب الأيام وخلاصة مشوارنا بين
دفتي هذا العمل المتواضع.

إلى من لا يطيب الليل إلا بشكره.. ولا يطيب النهار إلا بطاعته ولا تطيب
اللحظات إلا بذكره.. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوه.. "الله جل جلاله"
إلى منارة العلم والامام المصطفى إلى الأمي الذي علم المعلمين إلى سيد
الخلق إلى رسولنا الكريم سيدنا محمد صلى الله عليه واله وسلم.
إلى من كانت مودتهم أجر الرسالة... أئمة المهدي (عليهم السلام)
إلى ملائكي في الحياة.. إلى معنى الحب و معنى العنان والتفاني.. إلى من
كان دمانها سر نجاحي..
وحنانها بلسم جراحي.. "أمي الحبيبة"

إلى من سعى وشقى لأنعم بالراحة والهناء الذي لم يبخل بشئ من أجل
دفعي في طريق النجاح الذي علمني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر
إلى الذي أحمل اسمه بكل شرف واعتزاز.. والذي العزيز.

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهم بذكرهم فتأدي إلى أخواتي
وأخواني

إلى من سرنا سوياً ونحن نشق الطريق معاً نحو النجاح والإبداع إلى من
تكا تقنا بدأ بيد ونحن نقطع زهرة وتعلمنا إلى زملائي.

إلى من علمونا حروفها من ذهب وكلمات من درر وعبارات من أسنى
وأجلى عبارات في العلم إلى من صاغوا لنا علمهم حروفها ومن فكرهم
منارة تنير لنا سيرة العلم والنجاح إلى أساتذتنا الكرام.

شكر وتقدير

في مثل هذه اللحظات يتوقف اليراع ليفكر قبل أن يخط الحروفه
ليجمعها في كلمات ... تتبعثر الأحرفه.. وحبثاً أن يحاول تجميعها في
سطور..

سطوراً كثيرة تمر في الخيال ولا يبقى لنا في نهاية المطاف إلا ان
نتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى كل من أشعل شمعة في دروبه
عملنا، الى من وقف على المنابر واعطى من حصيلة فكرة لينير
دربنا...

إلى الأساتذة الكرام...

ونتوجه بالشكر الجزيل إلى من تفضل بالإشرافه على هذا البحث
فجزاه الله عنا كل خير فله منا كل التقدير والاحترام..

الدكتورة الفاضلة

زينب عامر

الخلاصة :

ان الهدف الاساس من البحث هو زيادة مقاومة الخرسانة للحرائق المستخدمة في المنشآت الخرسانية والارضيات والانتهاءات الخارجية والداخلية للسقوف والجدران للابنية المختلفة . استخدمت نماذج الخرسانة المسلحة باللياف الكربون بنسب تراوحت (1-2)% حجما اجري فحص مقاومة الانضغاط وفحص سرعة الموجات فوق الصوتية للنماذج المعرضة لدرجات حرارة (25,250,500,750) درجة مئوية اظهرت النتائج تحسنا ملحوظا في خواص النماذج المعرضة لدرجات الحرارة العالية وبنسب متباينة عند استخدام الياف الكربون .

ازداد التحسن عند زيادة نسب الاضافة وضمن الحدود المسموح بها و التي لاتسبب ظاهرة التكور (Balling) وسبب الزيادة هو لاكتساب الخرسانة مواصفات جديدة وجيدة من الياف الكربون ويعود ذلك الى تداخل الياف الكربون مع هيكل الخرسانة وجعله اكثر تماسكا. بينت النتائج بان مقاومة انضغاط كافة النماذج ازدادت بنسبة لا تكاد ان تذكر عند تعريضها لدرجة حرارة 250 درجة مئوية بسبب زيادة نسبة سليكات الكالسيوم المائية في الخلطة عند هذه الدرجة . عند زيادة درجة حرارة التعرض الى 500 درجة مئوية لوحظ من خلال النماذج بان مقاومة الانضغاط لكافة الخلطات قد انخفضت فعلى سبيل المثال ان مقاومة الانضغاط للخلطة المرجعية انخفضت الى (8) نيوتن / ملم² في حين انه للنماذج الخرسانية الحاوية على الياف الكربون بنسبة حجمية مقدارها 1% انخفضت الى (10) نيوتن / ملم² في حين انه للنماذج الخرسانية الحاوية على الياف الكربون بنسبة حجمية مقدارها 2% انخفضت الى (12) نيوتن / ملم². عند زيادة درجة حرارة التعرض الى 750 درجة مئوية لوحظ من

خلال النماذج بان مقاومة الانضغاط لكافة الخلطات قد انخفضت فعلى سبيل المثال ان مقاومة الانضغاط للخلطة المرجعية الى (2.5) نيوتن / ملم² في حين انه للنماذج الخرسانية الحاوية على الياف الكربون بنسبة حجمية مقدارها 1% انخفضت الى (6) نيوتن / ملم² في حين انه للنماذج الخرسانية الحاوية على الياف الكربون بنسبة حجمية مقدارها 2% انخفضت الى (7) نيوتن / ملم² وسبب ذلك هو تحلل سليكات الكالسيوم المائية وكذلك حدوث تحلل كلي في الركام الذي يعتبر الهيكل الرئيسي في الخرسانة ، بينما نلاحظ الانخفاض بالمقاومة يكون قليل في الخلطات الحاوية على 1% الياف كربون ويكون اقل منه في الخلطات الحاوية على 2% الياف كربون .

فهرس المحتويات

رقم الصفحة	العنوان
1	الفصل الاول - المقدمة
2	1-1 تمهيد
2	2-1 مقدمة عامة
5	3-1 الغرض من البحث
5	4-1 ستراتيجية البحث
6	الفصل الثاني - البحوث السابقة
7	1-2 تمهيد
7	2-2 البحوث السابقة
13	الفصل الثالث - الخرسانة المعززة بالالياف
14	1-3 تمهيد
14	2-3 الهدف من استخدام الالياف في الخرسانة
15	3-3 الخرسانة الليفية واستخداماتها
15	4-3 انواع الالياف البوليمرية وخواصها
15	1-4-3 الياف الكربون
17	2-4-3 الياف البولي بروبيلين
18	5-3 اهم تطبيقات الياف الكربون في الهندسة المدنية
21	الفصل الرابع - الجانب العملي
22	1-4 تمهيد
22	2-4 المواد الاولية
22	1-2-4 السمنت

23	2-2-4 الركام الناعم
24	3-2-4 الركام الخشن
25	4-2-4 الالياف
25	5-2-4 الماء
25	3-4 الخلطات المستخدمة
26	4-4 تهيئة النماذج وضروف التعرض
27	5-4 الفحوصات المختبرية
27	1-5-4 فحص مقاومة الانضغاط
27	2-5-4 فحص الهطول
28	3-5-4 فحص الموجات فوق الصوتية
29	4-6 طريقة حساب الاوزان لالاف الكاربون
32	الفصل الخامس - النتائج ومناقشتها
33	1-5 تمهيد
33	2-5 النتائج
34	3-5 مناقشة النتائج
40	الفصل السادس - الاستنتاجات والتوصيات
41	1-6 تمهيد
41	2-6 الاستنتاجات
42	3-6 التوصيات المستقبلية
43	المصادر

الفصل الأول

المقدمة

1-1 تمهيد :

يتضمن هذا الفصل مقدمة عامة عن البحث بالإضافة الى الغرض منه وسترراتيجية

البحث اي هيكلية البحث و الفصول المكونة له .

2-1 مقدمة عامة :

توصف الخرسانة على انها المكون الرئيسي والاساسي لكل بناء او منشأ وذلك لعدة اسباب اهمها رخص ثمن المواد السمنتية التي تكون مونة اي بدون حديد تسليح او خرسانة لذلك تستعمل كمواد انشائية وكذلك قابلية الخرسانة على التأقلم في جميع الظروف وكونها سهلة التشكيل اذ يمكن وضعها في قوالب حديدية او خشبية وتأخذ شكل القالب الذي توضع فيه وتكون ذات مقاومة انضغاط مناسبة وديمومة عالية ، بصورة عامة تتكون الخرسانة من سمنت وركام ولكن هناك عيوب في الخرسانة اذ تكون ضعيفة لمقاومة الشد والصدمات وناثرها بالرطوبة والمياه الجوفية [1] وكذلك الحريق الذي يترك اثر واضح على المباني مثل حدوث انهيار كلي او جزئي في المبنى الخرساني [2] .

أن درجات الحرارة العالية تؤثر على الخرسانة و حديد التسليح ولكن بشكل متفاوت حيث ان الخرسانة تبدأ بفقدان جزء ملموس من مقاومتها عندما تصل درجة الحرارة الى (300) درجة مئوية فاكثُر حيث يحدث تشطي وتساقط الغطاء الخرساني بسبب الحركة التفاضلية بين الخرسانة وحديد التسليح الناتجة عن اختلاف معاملات التمدد الحراري للمادتين وكذلك اذا كانت الحرارة من جهة واحدة فقد تحدث حركة تفاوتية ضمن نفس سمك الجزء الخرساني [3] .

عند ارتفاع درجة الحرارة الى اكثر من (500) درجة مئوية تبدأ الخرسانة بالتفتت وفقدان نسبة كبيرة من المقاومة وعند بلوغ (800) درجة مئوية تبدأ الخرسانة بالتحلل والرجوع

الى مكوناتها الاساسية (dehydration) اي ان نواتج الاماهة تتحلل وترجع الى السمنت والركام وهذا خطر جدا كون الخرسانة فقدت معظم مقاومتها وعند بلوغ الحرارة (550) درجة مئوية فاكثرت يبدأ حديد التسليح في التأثر وابداء نوع من الليونة وفقدان من الخواص ايضا [3]

عندما تتعرض الخرسانة الى درجات حرارة عالية لا يحدث لها اي حالة تمدد ولكن يكون التأثير فيها اذا كانت غير معرضة لاحمال ضغط وتكون حرة الحركة ولكن اذا اصبحت حرارة الخرسانة مرتفعة وتكون معرضة لاحمال ضغط فان حالة الانكماش تظهر واضحة في الخرسانة مع انعدام ظهور حالة التمدد في الخرسانة وبعد عملية التبريد اي اخمد الحريق ستظهر شقوق وتصدع بالخرسانة وهذا بسبب اثر الحريق عليها [2] .

في حالة التمدد الذي يحدث في الخرسانة تعتمد على نوع وكمية الرمل المستخدم في الخلطة الخرسانية وكذلك يعتمد على نوع الحصى ونسبة الماء الى السمنت في الخلطة الخرسانية ويوجد عامل اخر قد يساعد على ظهور حالة التمدد في الخرسانة معتمدة على عامل عمر الخرسانة [2]

بعد انتهاء الحرق يحدث تساقط في الخرسانة السطحية اي في نصف الساعة الاولى من الحريق تحدث انشطارات في الطبقة السطحية الرقيقة من الخرسانة خصوصا عندما تتعرض الى درجات حرارة مرتفعة فيحدث في الاسطح انشطار طبقة واحدة وراء الاخرى فيطلق على هذا النوع من التساقط للخرسانة السطحية بالتساقط الانشطاري عند احتواء الخرسانة على نسبة من الرطوبة [2] . يوجد نوع اخر من التساقط للخرسانة السطحية ويطلق عليه بالتقشير ففي هذه العملية يحدث انفصال تدريجي للطبقات السطحية خاصة في الاعمدة والجسور في هيكل المبنى والذي يحدث فيها شقوقا متوازية قد تساعد في حدوث انفصال تدريجي للطبقات السطحية

في الخرسانة وانتقال حرارة الحريق الى حديد التسليح للمبنى عندما تزداد حالة تساقط الخرسانة السطحية اثناء الحريق ، وكذلك عرف من التجارب بان التمدد لحديد التسليح المستخدم في المبنى يكون اكبر كثيرا من تمدد الخرسانة عندما ترتفع درجة حرارة الحريق فوجود غطاء خرساني متماسك مع حديد التسليح مع وجود حرارة ناتجة من الحريق تساعد على حدوث اجهادات انفصالية عالية مع ظهور شقوق حول حديد التسليح في الخرسانة ، لذلك تتبع عدة طرق لغرض تحسين اداء الخرسانة منها تسليح الخرسانة بالالياف البوليمرية و منها الياف الكربون رغم زيادة سعرها مقارنة مع بقية الانواع مستقرة في درجات الحرارة العالية ومقاومة للتآكل وكذلك مادة قوية اذ ان نسبة المقاومة الى الكثافة تكون عالية فكثافتها تتراوح بين (1.78-1.98) غم/سم³ كما ان رقائق الياف الكربون تكون ذات سمك قليل جدا وتربط الذرات فيما بينها بلورات لا ترى الا بالمجهر [1 و 2] .

أن التصميم الانشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة يتطلب ان يفي بالعديد من الشروط التصميمية ومنها عاملي الامان safety والديمومة durability لمختلف الظروف المؤثرة على المنشأ ومنها مقاومة الحريق [1] .

أعتمدت المدونات العالمية ومنها المؤسسة الأوروبية للخرسانة (ACE) طرقا لحساب مقاومة الخرسانة المسلحة للحرائق آخذين بنظر الاعتبار ما تسببه الحرائق من اضعاف لمقاومة المواد الانشائية و تقليل قابليتها التصميمية على تحمل الانتقال اي تقليل الاحمال الثابتة (dead load) وهذا يعتمد على درجة الحرارة المتوقعة للحرائق وكذلك على الفترة الزمنية للحريق ونتيجة لذلك تتناقص الاحمال المتحركة live load وتحسب الاحمال التصميمية على هذا الاساس كما يلي :

1.0 D.L + 0.9 L.L (ECI 1994)

كما يجب اخذ الاحتياطات اللازمة كزيادة الغطاء الخرساني وزيادة ابعاد المقطع الانشائي واستخدام الخرسانة المعززة بالالياف كالياف الزجاج والكربون لزيادة مقاومة المنشآت للحرائق [4] ، وعليه اعتمد في هذا البحث استخدام الياف الكربون واضافتها الى الخرسانة بنسب مختلفة (1 و 2) % من الحجم الكلي للخرسانة اثناء عملية الصب .

1-3 الغرض من البحث :

تطوير مقاومة الخرسانة للحرائق و زيادة ديمومتها باستخدام الالياف البوليمرية و بالتحديد الياف الكربون و دراسة خواصها الهندسية المختلفة .

1-4 استراتيجية البحث :

يتضمن البحث ستة فصول ويشمل الفصل الاول المقدمة العامة بالاضافة الى الغرض من البحث واستراتيجية البحث اما الفصل الثاني فيتم توضيح وادراج اهم البحوث السابقة التي لها علاقة بالموضوع والفصل الثالث خواص و تطبيقات الخرسانة المعززة بالالياف البوليمرات و منها الياف الكربون و البولي بروبيلين ، اما الفصل الرابع يشمل الاعمال المختبرية من تهيئة المواد الاولية وفحصها وصب النماذج واجراء المعالجة اللازمة لها واخيرا اجراء اهم الفحوصات الميكانيكية والفيزيائية ، اما الفصل الخامس فيتضمن نتائج الفحوصات الميكانيكية والفيزيائية التي اجريت على المواد والنماذج وادراجها في جداول وكذلك يتضمن مناقشة نتائج الفحوصات ومقارنتها مع المواصفات العالمية وتوضيح ذلك بمخططات . والفصل السادس والاخير يحتوي على اهم الاستنتاجات والتوصيات المستقبلية للبحث .

الفصل الثاني

البحوث السابقة

1-2 تمهيد:

يشمل هذا الفصل اعادة لأهم البحوث السابقة المنجزة ذات العلاقة بالمشروع والذي يعتبر تكملة علمية وبحثية للبحوث التي أجريت حول الخرسانة المسلحة بألياف الكربون ودراسة خواصها ودراسة خواص الخرسانة بعد تعرضها للحرارة العالية .

2-2 البحوث السابقة :

درست العطار ، علياء [5] الخواص الميكانيكية للخرسانة الخفيفة الوزن المسلحة بألياف البولي بروبيلين وألياف الكربون والحاوية على نسب حجمية مختلفة وأيضاً قامت بدراسة تأثير المضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة إضافة الى التأثير المشترك لهذا المضاف مع 8% أبرة السليكا المكثفة و 8% الميتاكاؤولين نو الفعالية العالية كإحلال جزئي عن وزن السمنت في الخليط على الخواص الميكانيكية لخرسانة الركام الخفيف الوزن.

تم في هذه الدراسة استخدام عدة فحوص تضمنت فحص قابلية التشغيل وفحص وحدة الوزن للخرسانة المتصلبة والطرية وفحص مقاومة شد الانفلاق ومقاومة الأثناء والقساوة (امتصاص الطاقة) ومعامل المرونة الساكن وسرعة الذبذبات فوق الصوتية. وان معظم الفحوص تم على نماذج بأعمار (7 ، 28 ، 60 ، 90 ، 180) يوم ، إضافة الى ذلك تم دراسة طبيعة الأصرة والتلاصق بين الياف البولي بروبيلين والياف الكربون مع الخرسانة الخفيفة الوزن من خلال استخدام تقنية الماسح الألكتروني (SEM) .

لقد بين تحليل النتائج أهمية الياف البولي بروبيلين والياف الكربون في تحسين الخواص الميكانيكية في كل اعمار معالجة الخرسانة مقارنة بالخرسانة المرجعية غير المسلحة بالألياف كذلك بينت النتائج ايضاً بان الخرسانة الخفيفة الوزن الحاوية على المضاف المقلل للماء بدرجة

متفوقة أظهرت تحسنا كبيرا في كل الخواص الميكانيكية في كل مقارنة مع نظيراتها غير الحاوية على مضاف الملدن و من جانب اخر فإن اضافة (8%) من أبخرة السليكا و (8%) من الميتاكاؤولين كنسبة تعويضية من وزن السمنت مع احتواء الخلطة على المضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة سيؤدي الى تحسين اداء الخرسانة الخفيفة الوزن المعززة بالألياف مقارنة بتلك الخلطات الحاوية على المضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة فقط ولكن الميتاكاؤولين ذو فعالية أكثر من أبخرة السليكا ولكافة الفحوصات.

أشارت نتائج الفحوصات أيضا بأن قيم الكثافة ومقاومة الأنضغاط للمركب تنخفض عندما تزداد النسب الحجمية لألياف البولي بروبيلين بينما تزداد بعض الشئ بزيادة محتوى الياف الكربون . تزداد مقاومة الشد بزيادة النسب الحجمية للألياف لكلا النوعين من الألياف . ولكن في حالة مقاومة الانثناء كان السلوك مختلفا حيث اظهرت النتائج انه ليس هناك تأثير نواهمية عند استخدام الياف البولي بروبيلين بينما ابدت الياف الكربون تحسنا كبيرا في مقاومة الانثناء عند استخدام نسب حجميه عالية عند المقارنة مع الخرسانة المرجعية . ابدت مقاومة الصدم تحسنا مع وجود الياف البولي بروبيلين والياف الكربون وكذلك استنتج أيضا بان مقاومة الصدم تزداد بزيادة النسب الحجمية للألياف. ووجد بأن معامل المرونة الساكن ينخفض بزيادة النسب الحجمية لألياف البولي بروبيلين بينما تزداد بزيادة النسب الحجمية لألياف الكربون كما وجدت بأن القساوة و معامل القساوة والمطيلية تزداد بزيادة النسب الحجمية للألياف ، وهذا ما تم فحصه من خلال منحنى الحمل / الأنفعال لمختلف الأعمار . وأيضا وجد بأن فحص الذبذبات فوق الصوتية من الفحوص غير الاتلافية مؤثرة للوصول الى نوعية الخرسانة ذات الركام الخفيف الوزن المعززة بالألياف.

بحث Lourenzo وجماعته [6] تأثير اضافة انواع من الألياف غير المعدنية على الخرسانة بعمر 28 يوما وتعرضها الى درجات حرارة مختلفة تراوحت بين درجة حرارة الغرفة (20)°م ودرجات (250، 500، 750، 1000)°م . استخدمت نماذج اسطوانية (300*150) ملم لأيجاد معامل المرونة والعلاقة بين الأجهاد - الأنفعال كما استخدمت مواشير بأبعاد (600*150*150) ملم لدراسة سلوك الأنتشاء للخرسانة المعززة بالألياف . أجريت الفحوصات بعد وصول الفرن الى درجة الحرارة المطلوبة ولوحظ تحسن في الخواص الهندسية عند اضافة الألياف عدا تكسر وتفتت النماذج عند (1000)°م .

درس B. Mahasneh , [7] الفوائد المرجوه من استخدام الخرسانه المعززة بألياف البوليمرات من حيث مقاومتها للحرائق . استخدمت نماذج اسطوانية بابعاد (300*150) ملم و (150*150) ملم و (200*100)ملم ومكعبة بمقاس(150) ملم و قسمت الى مجموعتين احدهما مرجعية بدون اليف و الاخرى حاوية على اليف بوليمرية بنسبة 0.8% من الخرسانة ومن خلال البحث تبين بانها نسبة اضافة جيدة للالياف و عرضت جميع النماذج الى نفس ظروف التعرض من درجة حرارة ولنفس الفترة الزمنية ولاعمار تراوحت بين اسبوع واحد الى اربعة اسابيع. فحصت النماذج بدرجة حرارة الغرفة و بدرجات حرارة مرتفعة وصلت الى (1000)°م ولفترة تعرض للحرارة تراوحت بين (1-7) ساعة حيث يصل الفرن الى درجة الحرارة المطلوبة ثم توضع النماذج بداخله . أجري فحص (pull out test) بتسليط قوة شد مقدارها (1.33 kN/s) لجميع النماذج واجري كذلك فحص الشد الانفلاقي لدرجات حرارة وصلت الى(1200)°م علما بان الباحث اعتمد المواصفات الاميريكية (ASTM) في فحوصات النماذج وأظهرت النتائج بأن السيطرة على مقاومة الخرسانة المعززة بألياف البوليمرات يتم من خلال السيطرة على تأثير كل من الخرسانة والألياف. بينت نتائج البحث بأن اضافة الألياف

البوليمرية عملت على زيادة مقاومة الأنضغاط بمقدار 15% بعمر خمسة اسابيع وفي حالة الخرسانة المعززة بالالياف فان الزيادة بمقدار 11.3% في درجة حرارة الغرفة و2% عند (200) °م كما ان الخرسانة المعززة بالالياف تقاوم درجات الحرارة لغاية (800) °م اكثر بمقدار 20% من مقاومة الخلطات المرجعية بدون الياف . من الفحوصات الاخرى الشد والمطيلية للحرائق كما أن الدراسة اعطيت فهماً جيداً لسلوك البوليمرات وتأثيرها الايجابي على خواص الخرسانة غير المحمية ضد الحرائق .

قام مجموعة من الباحثين [2] بدراسة تأثير اضافة بعض الملدنات والسليكا على مقاومة الخرسانة عند تعرضها لدرجات الحرارة العالية حيث قاموا بتصميم ثلاث انواع من الخلطات الخرسانية ، الخلطة الاولى هي خلطة مرجعية بدون اية اضافات اما الخلطة الثانية فكانت تحتوي على ملدنات بينما الخلطة الثالثة كانت تحتوي على ملدنات وسليكا . قسمت كل عينة من هذه العينات الثلاثة الى (7) مجاميع وكل مجموعة تتكون من ثلاث مكعبات .

كسرت المجموعة الاولى من كل عينة مباشرة وسجلت النتائج وبعدها عرضت المجموعة الثانية من كل عينة الى درجة حرارة (200) °م والمجموعة الثالثة الى درجة حرارة (400) °م والمجموعة الرابعة الى درجة حرارة (600) °م لمدة ساعتين ثم كسرت النماذج بعد التبريد وسجلت النتائج .

عرضت بعدها المجموعة الخامسة من كل عينة الى درجة حرارة (200) °م والمجموعة السادسة الى درجة حرارة (400) °م والمجموعة السابعة الى درجة حرارة (600) °م لمدة (4) ساعات وكسرت النماذج بعد التبريد وسجلت النتائج . وجدوا من خلال النتائج بأن الخرسانة بشكل عام تزيد مقاومتها عند تعرضها لدرجة حرارة (200) °م لمدة ساعتين وذلك لأن نسبة سليكات الكالسيوم المائية تزداد في الخلطة ، وعند تعرض الخرسانة لدرجة حرارة

اكبر من (200) °م لمدة اكثر من ساعتين فإن المقاومة تبدأ بالأضمحلال لحدوث تحلل سليكات الكالسيوم المائية وكذلك تحلل جزئي في الركام الذي يعتبر الهيكل الرئيسي للخرسانة ، كما ان الزيادة في المقاومة بالنسبة للخلطات العادية عند تعرضها لدرجة حرارة (200) °م لمدة ساعتين تكون طفيفة والزيادة في المقاومة في الخلطات التي تحتوي على ملدنات وسليكا تكون عالية نسبيا ووجدوا بأن الخلطات في مجملها يحدث لها انهيار عند تعرضها لدرجة حرارة (600) °م لمدة ساعتين فأكثر لكن الخلطات التي تحتوي على ملدنات وسليكا تكون لها القدرة على تحمل الحرائق حيث ان الخلطة الثالثة أستطاعت ان تتحمل درجة حرارة (600) °م لمدة ساعتين دون ان يحدث لها انهيار.

درس الديداموني ، حمدي وجماعته [8] تأثير الإضافات البوزولانية على مقاومة الخرسانة لدرجات الحرارة العالية حتى (800) °م . تم تحضير بعض انواع السمنت المخلوط مع خبث افران الحديد المبرد مائيا وكسر الطابوق بعد طحنهما وخلطهما معا بالسمنت البورتلاندي الاعتيادي وصبت مكعبات من خلطات السمنت وتم معالجتها بالماء فترة (28) يوما وبعدها عرضت لدرجات حرارة وصلت الى (800) °م لمدة ثلاث ساعات عند كل درجة وتركها تبرد في الفرن حتى درجة حرارة الغرفة. أوضحت النتائج ان خلطات السمنت المخلوطة مع المواد السابقة تقاوم الحريق حتى (800) °م وعلى العكس فإن السمنت البورتلاندي الاعتيادي قد تدهور عند (800) °م. وجد ان (70%) سمنت بورتلاندي اعتيادي و (20%) خبث افران الحديد و (10%) كسر الطابوق المخلوطة معا اظهرت مقاومة للحريق حتى (800) °م اي انه نسبيا يمكن ان يقاوم تدهور الخرسانة في المباني المعرضة للحريق .

قام الباحث ناصر ، ضياء [9] بدراسة الخرسانة حيث استعمل في هذا البحث نوعين من النماذج الخرسانية ، الاول يتكون من اسطوانات بابعاد (230 * 120) ملم لفحوصات

الانضغاط والشد والثاني يتكون من نماذج موشورية بأبعاد (381*76*76) ملم لفحوصات الزحف والانكماش وقد سلط حمل على نماذج الزحف باستعمال قضبان مسبقة الجهد .

استعملت خلطتان خرسانيتان بمقاومتي انضغاط (20.7 و 27.6) نيوتن املم² باستخدام نماذج اسطوانية عرضت لدرجات حرارة (20,100,150,300,450,600) °م وكانت لفحوصات مقاومتي الانضغاط والشد . والخلطة الثانية عرضت لدرجات حرارة (20,90,120) °م وكانت لفحوصات الانكماش والزحف حيث كانت النماذج بحالة رطوبة باعمار (3,7,28,60) يوم قبل التعرض للحرارة لفترات تسخين (30,60,90) دقيقة بعدها فحصت لاجاد مقاومة الخرسانة .

أظهرت النتائج بان ارتفاع الحرارة يسبب انخفاض مقاومتي انضغاط الخرسانة (عدا بدرجة 100 °م حيث شوهد زيادة في المقاومة) ومقاومة الشد للخرسانة . لوحظ سلوك متشابه لكلا الخلطتين عند التعرض للحرارة العالية . أظهرت النتائج كذلك ان الانكماش والزحف يزداد بارتفاع الحرارة وفترة التعرض للحرارة .

الفصل الثالث

خواص الخرسانة

المعززة بالألياف

3-1 تمهيد :

أصبح التزايد هائلاً في معدل التطوير والتحديث في مجالات البناء والتشييد في الأعوام القليلة الماضية ولم يعد يمر عام واحد إلا ونرى ابتكارات جديدة تغزو هذا المجال وتفرض نفسها نظراً لأهميتها الكبيرة ، ومن ضمن هذه التطورات استخدام الألياف في الأعمال الخرسانية للاستفادة منها لتحسين خصائص الخرسانة وتعمل الألياف على تحسين مقاومة الخرسانة في القص والشد والانحناء والصدم والانكماش كما أنها تعمل على تقليل اتساع التشققات وإعادة توزيعها وليس لها تأثير بدرجة كبيرة على مقاومة الانضغاط وتستخدم في أعمال الترميم وتسليح الخرسانات واهم استخدام للألياف هو تحسين معيار المتانة للخرسانة بشكل كبير ، توضع الألياف بشكل عشوائي وذلك لضمان تقاطعها مع مستويات الفشل والعمل على ترابطها للسماح بتوزيع الحمل حتى بعد حدوث التشققات وانزلاق المستويات مع بعضها للوصول إلى الحمل الأقصى الذي صممت لتحمله الخرسانة المسلحة بالألياف. توجد مواد ليفية عديدة اجريت عليها الأبحاث والاختبارات اللازمة لاستخدامها في الأعمال الخرسانية مثل (الألياف الكربونية - الألياف الحديدية - الألياف الزجاجية - ألياف البولي بروبيلين ...) وسوف يتم التحدث في هذا الفصل عن الألياف البوليمرية فقط وبالتحديد الألياف الكربون والألياف البولي بروبيلين .

3-2 الهدف من استخدام الألياف في الخرسانة :

تهدف استخدام الألياف إلى [11] :

أ . زيادة متانة الخرسانة (Toughness).

ب . زيادة مقاومة الشد Tensile Strength .

ت. تحسين مقاومة التشققات والتشوهات.

ث. تحسين مقاومة الخرسانة لاحمال الصدم.

ج. تقليل اتساع التشققات واعادة توزيعها.

لذلك فان للألياف دور كبير في الخرسانة المسلحة حيث انها تسمح بحدوث التشققات المتلاحقة لذا فان الخرسانة المسلحة بالألياف يمكنها الاستمرار في تحمل القيمة القصوى من الاحمال بعد حدوث التشقق، وكذلك فان إضافة الألياف إلى الخرسانة يجعلها أكثر تجانساً وموحدة الخواص كما تحسن من استجابة الشد والمطيلية خصوصاً، إذ أن وجود الألياف الموزعة عشوائياً يعمل على منع حدوث الشقوق الشعرية وبذلك فإنها ستزيد من الصلادة والمطيلية .

3-3 الخرسانة الليفية واستخداماتها :

- هي خرسانة عاديه اى عبارة عن خليط من السمنت والركام الخشن والناعم والمحتوية على نسب مختلفة من الألياف وموزعه توزيعاً عشوائياً في الخلطة الخرسانية و يمكن استخدام مضافات اخرى معها. وتستخدم في [11] :
- أ . ملئ الشقوق في الوحدات الخرسانية.
 - ب . اعادة ترميم الطرق و ممرات الطائرات و ارضيات المصانع.
 - ت . الطبقات الخرسانية المعرضة للتآكل .
 - ث . تغليف الاعمدة الحديدية بغرض وقايتها من العوامل الخارجية.
 - ج . الاساسات المعرضة للاهتزازات و الاحمال المتحركة.
 - ح . الابنية و المنشآت الحربية.

4-3 أنواع الالياف البوليمرية وخواصها [11]:

1-4-3 : ألياف الكربون carbon fibers :

هي مادة ذات شكل ليفي مكونه من بلورات الكربون الدقيقة والتي تصنع بصورة رئيسية من البولي اكريلونيتريل (Polyacelonitrile) بنسبة (90%) والرايون (Rayon) بنسبة (10%) التي تحضر بحرق المواد الاولية بعملية الكربنة (carbonization) بدون الاوكسجين [11] . من أهم انواعها بالأعتماد على اشكالها :

أ - الألياف الطويلة : طولها حوالي (5) سم وتضاف في أغلب الأحيان إلى ألواح الزجاج المصنعة كهربائياً لزيادة جساءة الأجزاء المصنوعة بالضغط.



شكل (3-1) : لفائف من الألياف الكربونية [11]

ب- الألياف المطحونة :

طولها يتراوح طولها بين (30-3000) ميكرون و نسبة باعية aspect ratio (L/D) حوالي

. 30



شكل (3-2) : الألياف الكربونية المطحونة [11]