تاثير تعاقب دورات التسخين والتبريد وتأثير حجم النماذج على مقاومة إنضغاط الخرسانة المعرضة لدرجات حرارة عالية

شامل عبد الرحيم سلمان
مدرس مساعد
معهد التكنولوجيا / بغداد

المستخلص

تم في هذا البحث دراسة تأثير تعاقب دورات التسخين والتبريد على مقاومة إنضغاط الخرسانة عند تعرضها لدرجة حرارة 400 درجة مئوية ولمدة ساعة واحدة .

بينت النتائج ان النماذج التي تم تعريضها لدرجة حرارة عالية (400 درجة مئوية) ولمرة واحدة انخفضت قيمة مقاومة إنضغاطها بنسبة 32.5% عن النماذج المرجعية بينما كانت نسبة الانخفاض للنماذج التي تعاقبت دورات التسخين والتبريد عليها لعشرة دورات انخفضت مقاومة انضغاطها بـ 52.7% .

كما تم دراسة تأثير حجم النماذج الخرسانية على النسبة المئوية لأنخفاض مقاومة الأنضغاط عند تعرضها لدرجات حرارة عالية (250 , 500 , 750 درجة مئوية) لنماذج مكعبات خرسانية ذات طول اضلاع (100 , 150 , 200) ملم.

وبينت النتائج ان النسبة المئوية للأنخفاض في مقاومة انضغاط الخرسانة تزداد بزيادة درجات الحرارة المسلطة عليها الا إن نسبة الأنخفاض في المقاومة تقل كلما زادت احجام النماذج ولجميع درجات الحرارة التي تعرضت لها النماذج .

The Effect of Recycled Heating and Cooling and The Effect of The Speciment Size on The Compressive Strength of Concrete Exposed To High Temperature

SHAMIL ABDUL RAHEEM

ABSTRACT

In the present work effect of recycled heating and cooling on the values of concrete compressive strength due to high temperature of 400^0C was studied.

The tests show that the percent of reduction in compressive strength of the samples which exposed to a temperature of 400^0C for one cycle was 32.5%, while the reduction was 52.7% for the samples which were exposed to recycled heating and cooling of ten times .

Moreover a study of the effect of specimen sizes on the percentages of compressive strength reduction due to high temperatures (250, 500, 750^0C) with the variation of cub's size (100, 150, 200 mm) was studied.

The tests show that the rate of reduction in compressive strength increases with increasing the exposed temperatures, but, the rate of reduction was decreased as the specimen size was increased.

المقدمة

تعتبر الخرسانة من أكثر المواد الانشائية استعمالاً في إنشاء المباني وغيرها لأبدائها قوة ومقاومة عالية للأحمال الشاقولية والجانبية وخاصةً المسلحة منها إضافةً الى ديمومتها (Durable) وسهولة تشكيلها (Fabrication) وهي تعتبر من المواد الرديئة للتوصيل الحراري مقارنة بغيرها كالحديد وكذلك تعتبر من المواد الغير قابلة للأشتعال . لكل هذه الأسباب تعتبر الخرسانة العادية والمسلحة افضل من بقية المواد الأنشائية في بناء هياكل الأبنية المرتفعة وفي الأنفاق وقواعد انطلاق المركبات الفضائية وغيرها .

على الرغم من ذلك فأن الحرائق الكبيرة والمستمرة لفترات طويلة (اكثر من ساعة واحدة) تعتبر من المشاكل الرئيسية التي تتعرض لها الأبنية الخرسانية والزيادة العظمى في هذه المشاكل بنقصان المقاومة تكون بدرجات الحرارة العالية بحدودها العليا مع طول زمن التعرض للحرائق .

كمثال على ذلك فأن احدى هذه الحوادث تمت في احد انفاق الجزائر حيث تصادف اصطدام قطارين يحوي احداها 750 متر مكعب من الوقود تم احتراقها مولدة درجة حرارة عالية وصلت الى 1200 درجة مئوية مما ادى الى دمار كبير في جسم النفق الخرساني ، والنفق لا يزال مغلق لحد الآن . (Toumi and Rasheidat, 2010)

من جانب اخر، فان كثير من الأبنية التي تعرضت الى احتراق شديد غير أن الخرسانة المسلحة لهياكل هذه الأبنية تم اصلاحها بدلاً من ازالتها . وقد تم وضع جداول من قبل احدى الجهات الهندسية المتخصصة في هذا المجال (The Concrete Society, 1990 and Smart, 1999) يعين المهندسين على كيفية اصلاح او ازالة الاجزاء الخرسانية المعرضة للحريق اعتماداً على الهطول والتشققات والتقشر (Spalling) حيث قدمت جداول تعتمد على الفحص ومؤشرات الرؤيا الموقعية (Visual Indication) لتقدير وضع كل جزء من المبنى المعرض للأحتراق مقسماً الى خمسة درجات . حيث قدم لكل درجة طرق الأصلاح لها تبدأ من اصلاحات بسيطة الى اصلاح رئيسي . (Zween, 2008)

وفي دراسة بين الباحثون ان التغير في مقاومة انضغاط الخرسانة يلاحظ بدرجات الحرارة بين 200 – 250 درجة مئوية وفي درجات حرارة اعلى ما بين 500 – 550 درجة مئوية تكون فاعلة وذلك يعود بسبب بدأ تحلل هيدروكسيدات الكالسيوم (Calcium Hydroxide dehydration) ، اما بدرجة حرارة بحدود 750 درجة مئوية وما فوقها يبدأ الركام بتردي خواصه الفيزياوية (Physical Deteriorate of agg.) وبدرجات حرارة اعلى بحدود 1200 درجة مئوية تبدأ الخرسانة بالتفتت . كما بينوا ان ديمومة واداء (Durability and Performance) الخرسانة المعرضة للحريق تتأثر بنوع الأسمنت ونوع الركام الناعم والخشن والمضافات الأخرى الداخلة في تركيبها اضافةً الى نسبة الماء المستعمل . وقام الباحثون بناءا على ماسبق بدراسة استعمال احدى التقنيات الحديثة وهي اجهزة المسح الصوري (Image Scanning) حيث وجدوا من دراستهم امكانية استعمال هذه التقنية الحديثة في تقييم شدة الشقوق على سطح الخرسانة المعرضة للأحتراق ومعرفة امكانية اصلاحها او ازالتها بشكل كامل .(Toumi and Rasheidat, 2010)

يوجد عدد من الدراسات التي قام بها الباحثون لدراسة سلوك وتصرف الخرسانة عند تعرضها الى درجات حرارة مرتفعة (من درجة حرارة المختبر الى ما فوق 1000 درجة مئوية) وقد بينوا ان الخرسانة تعتبر من المواد الضعيفة التوصيل الحراري وتبدي مقاومة عالية للانتقال الحراري ولكن بالرغم من ذلك فأن الحرارة الشديدة والسرعة العالية في ارتفاعها وتوقدها تؤدي لتغيرات حجمية كبيرة (Large Volume Change) بسبب التمدد الحراري (Thermal dilation) وكذلك التقلص الحراري (Thermal Shrinkage) ويعود ذلك بسبب إنتقال او ارتحال الرطوبة الداخلية في الخرسانة (Moisture migration) اضافة الى التشظي او التقشر (Spalling) لسطح الخرسانة والذي يؤدي الى نقصان في المقطع

الخرساني بسبب الأجهادات الحرارية العالية (High Thermal Stress) ونشوء الضغط الداخلي في الخرسانة (Pore Pressure Build up) كما ان الزيادة الحجمية الكبيرة (Large Volume Change) تؤدي لنشوء اجهادات وبالتالي تؤدي لتكون تشققات شعرية (Micro Cracking) وشروخ كبيرة والتي تؤدي في مرحلة ما الى فشل المنشأ الخرساني . (Zween, 2008)

وفي دراسة تم دراسة تأثير درجات الحرارة العالية على الخرسانة الخفيفة الوزن ((LWAC)) [*حيث تم تعريفها حسب معهد الخرسانة الأمريكي " ACI 213" بأنها الخرسانة المكونة من ركام خفيف الوزن النوعي لها بين 1440 الى 1850 كغم / متر^3 ومقاومة إنضغاطها اعلى من (17.2 MPa)*] حيث تبين ان مقاومتها للحرائق اكبر من الخرسانة العادية وهذا يعود الى أنخفاض توصيلها الحراري (Lower thermal Conductivity) اضافة لأنخفاض معامل التمدد الحراري لها (Lower Coefficient of thermal Expansion) مما يؤدي الى بطىء ارتفاع درجة حرارتها وانخفاض الأجهادات الناشئة تحت تأثير التقييدات الداخلية (Stress Restraint) . وقد قام الباحث بدراسة عدة متغيرات على الخرسانة الخفيفة الوزن وقد بين ان معدل التسخين العالي يؤدي الى انخفاض اكبر في الخواص الميكانيكية للخرسانة الخفيفة من معدل التسخين الواطىء حيث ان معدل التزايد الحراري الواطىء يؤدي الى تمدد حراري اقل . كما بينت النتائج ان الخرسانة الحاوية على السليكا مع نسبة ماء / اسمنت واطئة هي اكثر ميلاً للتشظي من تلك الحاوية على ماء / اسمنت اعلى . وان اضافة 0.25% بالحجم من الياف البولي بروبلين (Polypropylene) تبدو مناسبة لمنع التشظي بينما لم تمنع الياف الحديد تشظي الخرسانة حتى مع اضافة 1% بالحجم . ولكن تبين انه بأضافة الياف الحديد مع الياف البولي بروبلين ادت الى تحسن الخواص الميكانيكية للخرسانة المعرضة لدرجات حرارة عالية . (Zween, 2008)

وفي دراسة بين الباحثون ان الخرسانة المعرضة للحرائق قد تؤدي الى تفاعلات كيمياوية وخاصةً في تحلل مركبات هيدروكسيدات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ والذي يؤدي في نقصان مقاومة إنضغاط الخرسانة . اي ان الخرسانة التي يدخل في انتاجها سمنت ذو نسبة هيدروكسيد الكالسيوم اقل تكون اكثر صموداً بوجه الحريق . (Alan, 2000)

وفي دراسة اخرى تم اختبار تأثير درجات الحرارة العالية على الخرسانة الحاوية على الياف الحديد لنوعين من الخرسانة العادية والعالية الأداء (High Performance Concrete) . وقد وجد ان الخرسانة العالية الأداء تتأثر سلباً بشكل اكبر من الخرسانة العادية عند تعرضها الى درجات حرارة عالية .

وقد وجد ايضاً انه بأضافة 1% من الياف الحديد (Steel Filer) فأن الخرسانة العالية الأداء اعطت مقاومة اكبر ضد التشقق من الخرسانة العادية عند تعرضهما الى درجات حرارة عالية . (Sri Ravindrarjah et al. 2002)

وفي بحث آخر بين الباحث ان هنالك نقصاً في البحوث حول الخرسانة الحاوية على الرماد المتطاير (Fly ash) والخرسانة الذاتية الرص (Self – consolidated Concrete) والخرسانة العالية الأداء .

وبين ايضاً ان إضافة الياف البولي بروبلين (Polypropylene Fiber) الى الخرسانة العالية الاداء تؤدي الى تحديد وتقليص اثر التشظي فيها (Spalling effect) . كما اشار الى امكانية تقوية الأعمدة الخرسانية المسلحة باستعمال انواع من الأطواق الحديدية (Bent ties) في مركز المقطع الخرساني . (Koudur, 2014)

وفي دراسة اخرى بين الباحث ان اضافة الياف البولي بروبلين الى الخرسانة العالية الاداء تؤدي الى زيادة مقاومتها عند تعرضها الى درجات حرارة عالية وتؤدي ايضاً الى نقصان في ظاهرة التشظي (Spalling Behaviors) ووجد ان الخرسانة الحاوية على نسبة سمنت اعلى تتأثر بالحرارة العالية بشكل اكبر كما بين انه كلما كانت الخرسانة جافة اكثر كلما كانت مقاومتها للحريق اكبر وقلت احتمالية تشظيها . (B. Toumi et al. 2009)

وفي دراسة تبين ان الخرسانة الحاوية على خبث الحديد (Steel Slag) عند تعرضها الى درجة حرارة 800 درجة مئوية اظهرت تمددات غير مستقرة ادت الى حدوث تشققات في الخرسانة مما ادى الى تردي اكبر في خواصها الميكانيكية وبين الباحث بأن اعادة تسخين الخبث قبل استعماله لدرجة حرارة 1000 درجة مئوية تؤدي الى ان تكون اكثر استقراراً . (Alexander et al. 2012)

وفي احدى الدراسات وجد الباحث ان الخرسانة العالية الأداء والتي يتم تبريدها بعد التسخين بواسطة الماء تتردى خواصها الميكانيكية بشكل اكبر منها عندما تبرد بشكل طبيعي الى درجة حرارة المختبر بنسبة 25% ، كما أظهرت النتائج ان الخرسانة التي تم غمرها بالماء لمدة 180 يوماً ثم تم تعريضها الى درجات حرارة عالية تكون نسبة الأنخفاض في مقاومتها اكبر من المعالجة بالماء لمدة 28 يوماً لذا يجب اخذ الأعتبار لهذا العامل عند تصميم الخرسانة العالية الاداء . (R. V. Balendran et al. 2003)

وفي دراسة اخرى تبين ان الفترة الزمنية لتسليط الحرارة على النماذج الخرسانية الخفيفة الوزن ليست مؤثرة كما تأثير درجة حرارة القصوى التي تصلها وبين كذلك انه كلما زادت نسبة الزجاج البركاني الخفيف (Pumic) بدلاً من الركام العادي قلت مقاومة الخرسانة . (A. Ferhat and Rustem, 2004)

وفي دراسة على تأثير درجات الحرارة العالية على الخرسانة الذاتية الرص (Self-Compacted Concrete) تبين ان مقاومة انضغاطها تنخفض بنسب اكبر منها للخرسانة العادية كما انها معرضة لظاهرة التشظي بشكل اكبر . (Kulkurni and S N patil, 2011)

وفي دراسة تبين ان استعمال الركام من بقايا الخرسانة (Recycled Course agg. From waste Concrete) وبنسب مختلفة عند تعرضها الى درجات حرارة عالية او عدم تعرضها تبدي في كلتا الحالتين خواص جيدة كما تبين ان اضافة نسب 10% من الرماد المتطاير (Fly Ash) بدلاً من الاسمنت تعطي تحسن اكبر في اداء الخرسانة مقارنتاً بنسبة 20%. كما تبين ان اضافة 10% من الرماد المتطاير الى الخرسانة بالركام المدور من بقايا خرسانة اخرى ادت الى تحسن خواصها . (Arundeb Gupta et al. 2012)

كما بين باحث اخر ان اضافة الألياف تحسن مقاومة الخرسانة لظاهرة التشظي عند تعرضها الى درجات حرارة عالية . كما بين ان هنالك نقصان في مقاومة الخرسانة عند تعرضها لدرجات حرارة عالية مع او بدون الألياف ولكن قوة المقاومة للنماذج في كلتا الحالتين كانت اكبر مع الألياف وبين ايضاً ان النماذج المبردة بالماء تكون مقاومتها اقل من التي تبرد بشكل طبيعي . (Rahol, 2014)

في دراسة اخرى بين الباحث ان هنالك ستة عوامل تؤثر على مقاومة الخرسانة العالية الاداء (High Performance Concrete) عند تعرضها الى درجات حرارة عالية وهي:

- الرطوبة النسبية اثناء معالجة الخرسانة (Relative Humidity of Curing) .
- تسارع التسخين او ارتفاع درجة حرارة النموذج (Rate of Heating) .
- نسبة الماء الى الأسمنت .
- نوع الركام (لايمستون ، ركام خفيف الوزن او خليط من الركام العادي والخفيف)
- نسبة الياف البولي بروبلين (Polypropylene fibers)

وقد قام الباحث بتعريض نماذج من الجسور (Beams) المسلحة والغير مسلحة الى درجات حرارة عالية وقد بين الباحث :

* ان جميع نماذج الجسور لم تنهار بسبب التشظي وذلك لوجود الياف البولي بروبلين .

* المعالجة بالماء (Curing) لم تؤثر على الجسور غير المسلحة بموضوع التشظي ولكنها كانت مؤثرة في نماذج الجسور المسلحة .

* سرعة زيادة درجات الحرارة (Heating rate) زادت من تشظي الجسور المسلحة والغير مسلحة .

* التحميل المسبق يقلل من تشظي الجسور غير المسلحة ولكن في الجسور المسلحة وجد انه غير ذا تأثير .

* نسبة الماء للاسمنت مساوياً لـ 0.35 كانت النسبة المؤثرة في حدوث ظاهرة التشظي عنها في النسب الاقل او الأكثر .

* نماذج الجسور الخرسانية المسلحة التي تم اعدادها في هذه الدراسة باستخدام ركام حجر الجير (Limestone) تعرضت لأنهيارات قاسية مقارنتا ببقية الجسور التي تم استخدام انواع اخرى من الركام في تكوينها عند تعرضها لدرجات حرارة عالية وقد اوصى الباحث بعدم استعمال الركام العادي وباستعمال (الياف البولي بروبلين) . كما اوضح ان الخرسانة الخفيفة جيدة لولا ان بعض الباحثين وجد استمرار التفجر المتشظي لها عند تعرضها للهب النيران . (Sullivan, 2001)

وفي بحث حول تأثير درجات الحرارة العالية على نوعين من حديد التسليح الأول حسب المواصفة (ASTM – A36) والثاني على الحديد المسبق الجهد (Pre stressed Steel) (ASTM – A421) حيث تبين من نتائج الفحص ان الأنخفاض في الجهد المرن (yield stress) واقصى مقاومة (Ultimate Strength) كانت قليلة تحت درجة حرارة 371 درجة مئوية ولكن بأرتفاع درجات الحرارة فأن مقاومتها بدأت بالأنخفاض بشكل ملحوض ولجميع النماذج . (Kadhum, 2010)

إن جميع الدراسات اعلاه تعمل على القاء بعض الضوء لفهم سلوك وخواص الخرسانة عند تعرضها الى درجات حرارة عالية وهو يعتبر امر مهم للعمل على زيادة مقاومة الخرسانة ضد الحريق وتحسين التصميم الحراري (Fire Design) للأبنية الخرسانية وخاصةً الأجزاء الرئيسية مثل الأعمدة والتي تعتبر جزء رئيسي من الهياكل الخرسانية المسلحة لكونها تسند جميع الأجزاء الخارجية (Super Structure) وتنقل الأحمال الى القواعد او الأسس لذا اي انهيار يحدث لهذه الأعمدة وخاصةً الرئيسية منها تؤدي الى انهيار جزئي او كلي للبناء وربما بشكل تسلسلي (Chain action) .

إن هذا البحث يهدف لدراسة تعاقب تعرض المنشآت الخرسانية لدرجات حرارة عالية لعدة مرات عند درجة حرارة عالية بحدودها المتوسطة (400 م^0) وتأثير ذلك على مقاومة انضغاطها . ويهدف ايضاً لدراسة تأثير حجم او ابعاد النماذج الخرسانية المعرضة لدرجات الحرارة العالية على مقاومة انضغاطها .

الجزء العملي

المواد المستخدمة:

أ- **الأسمنت** : تم استخدام السمنت البورتلاندي الأعتيادي (OPC) ، (Type I) عراقي المنشأ ، المخزن بصورة جيدة للحفاظ عليه من تأثير الرطوبة والجدولان رقم (1) و (2) يبينان نتائج الفحوصات الفيزيائية والكيميائية للسمنت وفق المواصفات القياسية العراقية رقم 5 لسنة 1984

ب- الركام الناعم : تم استخدام رمل الأخيضر المطابق للمواصفات القياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984 [16] بوزن نوعي 2.62 ومحتوى رطوبة 1.5% . جدول رقم (3) يبين التحليل المنخلي للرمل الناعم المستخدم في الخلطة الخرسانية وتبين ان الرمل يقع ضمن منطقة التدرج (3) .

ج- الركام الخشن : تم استخدام حصى نهري مطابق للمواصفات العراقية رقم 45 لسنة 1984 بوزن نوعي 2.64 ومحتوى رطوبة 0.45% ، ويبين الجدول (4) نتائج فحص التدرج للحصى .

د- الماء : تم استعمال الماء الصالح للشرب في الخلطة الخرسانية ، جدول رقم (5) يبين نتائج فحص الماء وفق المواصفات القياسية العراقية 1073 لسنة 1992 .

تحضير النماذج الخرسانية

تم خلط السمنت والرمل والحصى بنسبة خلط وزنية (1 : 2 : 4) وبنسبة (1 : 1.5 : 3) ونسبة ماء سمنت بحدود 0.55 وتم رصها ميكانيكيا في قوالب حديدية بأبعاد 100x100x100ملم و150x150x1500ملم و200x200x200ملم حسب المواصفات القياسية البريطانية BS 1991 part 116 – 8.3 . وتم إنضاجها بغمرها في الماء لغاية عمر 28 يوما ثم اخراجها من احواض الانضاج وتركها في الهواء الطلق لمدة 32 يوماً اخرى للحصول على جفاف شبه تام . ثم تجفف لمدة يوم في فرن تجفيف (بدرجة حرارة 105 م^0) لحين الوصول الى الوزن الثابت .

الأختبارات والنتائج

الجزء الأول : تم في هذا الجزء اختبار تأثير تعاقب حرق نماذج الخرسانة الأسمنتية وتبريدها الى درجة حرارة المختبر. حيث تم تحضير احد عشر مجموعة من المكعبات الخرسانية بابعاد 100x100x100 ملم وبنسب خلط وزنية 1 : 2 : 4 . تترك مجموعة واحدة ، ويتم ادخال العشرة مجاميع الباقية داخل فرن حراري ذا معدل تزايد حراري مقداره 10 درجات مؤية في الدقيقة. ثم يتم تسخينها الى درجة حرارة 400 م^0 وتترك عند هذه الدرجة لمدة ساعة ثم يطفىء الفرن لتعود جميع المجاميع الى درجة حرارة المختبر وتسحب اول مجموعة منها ثم يعاد تسخين بقية المجاميع الى نفس الدرجة السابقة ولمدة ساعة عند هذه الدرجة ثم يعاد تبريدها الى درجة حرارة المختبر وتسحب المجموعة الثانية للفحص وهكذا حتى المجموعة العاشرة .

بعد ذلك تم فحص جميع النماذج في جهاز فحص مقاومة الأنضغاط والجدول رقم (6) والشكل رقم (1) يبين قيم مقاومة الأنضغاط لكل مجموعة حسب عدد دورات التسخين واعادة التبريد والنسبة المئوية لأنخفاض مقاومة الأنخفاض مقارنة بالمجموعة الاولى (المرجعية) التي لم تعرض الى درجة حرارة عالية .

الجزء الثاني : تم في هذا الجزء اختبار تأثير ابعاد النماذج المعرضة لدرجات حرارة عالية على النسبة المئوية لأنخفاض مقاومة انضغاطها ، ولهذا الغرض تم اخذ ثلاث مجاميع بأبعاد مختلفة 100x100x100 ملم و 150x150x150 ملم و 200x200x200 ملم وبنسب خلط 1 : 1.5 : 3 وكل مجموعة تقسم الى اربعة مجاميع فرعية تعرض الى درجات حرارة 250 م^0 ، 500م^0 ، 750 م^0 على التوالي في افران حرارية ترفع درجات حرارتها الى هذه الدرجات حيث يثبت الفرن على هذه الدرجة لمدة ساعة واحدة لتماثل فعل الحرائق الغير مباشرة عليها وتترك المجموعة الرابعة لكل حجم بدون تسخين ثم تفحص هذه النماذج بجهاز فحص النماذج ومعرفة مقادير مقاومة الأنضغاط لكل مجموعة ولكل درجة حرارة والنتائج موضحة في الجدول رقم (7) والشكل رقم (2) ورقم (3) .

مناقشة النتائج:

اولاً : تأثير تعاقب دورات الحرق واعادة التبريد على مقاومة انضغاط الخرسانة :

أ- يلاحظ من الجدول رقم (6) والشكل رقم (1) انخفاض مقاومة انضغاط النماذج في الدورة الاولى من التسخين بنسبة 32.5% وهذا يعزى الى نتيجة التغير في الصفات الكيميافيزياوية (Physico – chemical) والذي يؤدي بدوره الى تغير خواص السمنت والركام اضافة الى التفاوت في مقادير التغيرات الحجمية (volume change) بين الركام والسمنت ، والذي يؤدي الى حدوث تشققات في السمنت والركام وبالتالي تردي خواصها.

ب- يلاحظ ايضاً ان الأنخفاض في مقاومة الأنضغاط للنماذج المعرضة للحرق بدرجة حرارة (400م^0) تتناسب طردياً مع تعاقب عدد دورات التسخين واعادة التبريد الى درجة حرارة المختبر .

ج- مقدار الانخفاض في مقاومة الأنضغاط بعد الدورة العاشرة من تسخين نفس النموذج وصل الى 52.7% . اي بنسبة زيادة عن الدورة الأولى بمقدار 28.4% وهذا يمكن ايعازه الى فعل مشابه لفعل اجهادات الـ (Fatigue) . حيث اظهرت الدراسات ان درجات الحرارة العالية تؤدي الى تغيرات حجمية تنتج بدورها اجهادات تؤدي الى حدوث تشققات شعرية (Micro cracking) وشروخ كبيرة (Large Fractures) ونتيجة لأعادة حرق هذه النماذج تبدأ الأجهادات بالتركز عند حافات التشققات والشروخ مما يؤدي الى زيادة اطوالها واتساعها وبالتالي زيادة في تردي خواص الخرسانة .

يتبين من ذلك ان الأبنية والأجزاء الخرسانية التي تتعاقب عليها دورات الحرارة والتبريد مثل الغرف الخرسانية الخاصة بحرق النفايات والمداخن الحرارية تكون عرضة لفقدان مقاومة جدرانها ربما بشكل مستمر كذالك الابنية التي تتعرض لأكثر من حريق عرضة للانهيار بشكل اكبر لذا يجب إتخاذ احتياطات اكبر وتقوية وتدعيم الأجزاء التي تعرضت لفعل الحريق (بشكل مباشر او غير مباشر) بشكل جيد ومتين .

ثانياً: تأثير ابعاد او حجم النماذج الخرسانية المعرضة لدرجات حرارة عليها على نسبة انخفاض مقاومة انضغاطها :

أ- يلاحظ من الجدول رقم (7) والشكل رقم (2) ان جميع النماذج للمجاميع (A , B , C) تزداد النسبة المئوية للأنخفاض في مقاومة انضغاطها بزيادة درجات الحرق في الفرن الحراري مقارنتاً بمثيلاتها التي فحصت بدون تعريضها الى درجات حرارة عالية وتصل مثلاً هذه النسبة عند درجة حرارة 750 م^0 الى (76% ، 71% ، 60%) على التوالي وهذا يعزى الى التغيرات المجهرية في التركيب البلوري للسمنت اضافة الى حدوث تشققات في حبيبات الركام الخشن والتفاوت في التغيرات الحجمية بين الركام والسمنت والذي يؤدي الى حدوث تشققات في السمنت او الى انفصالها عن الحصى .

ب- يلاحظ من الجدول رقم (7) ان مقاومة الأنضغاط للنماذج التي تم فحصها بدون تعرضها للحرق تقل بزيادة ابعاد (حجم) النماذج وهذا قد يعزى الى زيادة نسبة الفراغات والشقوق المجهرية التي تنتج نتيجة لأجهادات التقلص اثناء فترة التصلب اضافة الى نقصان درجة الحصر (Confinement effect) .

ج- يلاحظ من الجدول رقم (7) والشكل (3) ان النسبة المئوية للأنخفاض في مقاومة انضغاط النماذج تقل بزيادة حجم النموذج ولجميع درجات الحرارة التي تم اختبار النماذج عليها . فمثلاً قلت نسبة الانخفاض في مقاومة الانضغاط عند درجات حرارة 250 و 500 ^{0} م بحدود 40% بين النماذج باحجام 100 ملم^3 والنماذج باحجام 200 ملم^3 و20% لنفس الاحجام عند درجة حرارة 750 م^0، وهذا قد يعزى بسبب زيادة عمق النموذج الخرساني حيث تعتبر الخرسانة مادة رديئة التوصيل الحراري نسبة لبقية المواد الأنشائية مثل الحديد .

د- يلاحظ ايضاً من الجدول رقم (7) انه كلما زادت ابعاد النماذج المعرضة لدرجات حرارة عالية فان قيمة حمل الفشل لها تكون اكبر من قيمة حمل الفشل للنماذج الاصغر والتي تم حرقها بدرجات حرارة اقل منها او بدرجة حرارة المختبر, فمثلا ان حمل الفشل للنماذج بابعاد 150 و200 ملم والتي تم حرقها بدرجات حرارة 500 م^0 و750 م^0 على التوالي كانت اكبر من حمل الفشل للنماذج بابعاد 100 ملم والتي تم فحصها بالضروف الاعتيادية (درجة حرارة المختبر) , على هاذا يمكن التنبوء بان اي زيادة في ابعاد االمقاطع الرئيسية للهياكل الخرسانية عن التصميم الأولي لها تعطيها مقاومة لا يستهان بها للصمود بوجه الحرائق او عند تعرضها لدرجات حرارة العالية وتسمح كذلك بمعالجتها بعد ازالة السطوح المهشمة بواسطة الراتنجات الحديثة (Resin Epoxy) الخاصة بالحرائق.

مما سبق اعلاه ينصح بأجراء دراسة مستفيضة على نماذج خرسانية يتم اعدادها بأبعاد مختلفة اكبر واصغر من 200 ملم^3 وذلك لمعرفة هل الزيادة في ابعاد النماذج الخرسانية تكون زيادة محددة ام نسبة مئوية من ابعاد النماذج للصمود بوجه الحرائق .

كما يوصى باعتماد حمل الفشل وليس اجهاد الفشل في الدراسات وذلك لتعرض النماذج الخرسانية للتشظي والتخصر نتيجة لتعرضها الى درجات حرارة عالية بسبب الحرائق والمؤدية الى عدم دقة النتائج المستحصلة لقيم الاجهادات.

<u>الأستنتاجات</u>

1- الأجزاء الخرسانية المعرضة لتعاقب دورات الحرارة العالية عليها نتيجة للحرائق او غيرها لأكثر من مرة مثل الغرف الخرسانية الخاصة بحرق النفايات والمداخن الحرارية وكذالك الابنية الحاوية على مواد سريعة الاشتعال والتي تتكرر فيها اشتعال الحرائق ، تنخفض مقاومة انضغاطها وصمودها ضد الحريق بشكل طردي مع تكرار تعرضها للحرارة حتى إن كان ذلك التعرض بدرجات حرارة عالية بحدودها المتوسطة (400 م^0) .

2- كلما كان ابعاد المقاطع في الهياكل الخرسانية اكبر كلما كان صمودها بوجه الحرائق اكبر حيث بينت نتائج هذا البحث ان نسبة الأنخفاض في مقاومة الأنضغاط للخرسانة المعرضة لدرجات حرارة عالية اقل كلما كانت ابعاد هذه المقاطع اكبر اي ان العلاقة عكسية بينهما . ويمكن التنبؤ بأن اي زيادة في ابعاد اجزاء الهياكل الخرسانية عن التصميم الأولي لها (اضافة الى الغطاء الخرساني لحديد التسليح) تؤدي الى زيادة كبيرة في مقاومتها وصمودها ضد الحرائق.

REFERENCE

- Toumi and Musa Rasheidat, *Influence of high temperatures on surface cracking of concrete studied by Image Scanning Technique*, Jordan Journal of Civil Engineering, volume 4, No. 2, 2010.
- Zween , Ali Talib Jasim *Performance of light weight aggregate concrete in corpora ting fiber exposed to elevated temperature* PhD , Thesis , University of Technology , Iraq , pp. 6-12 , 2008 .
- ALAN LAU , "*Effect of high Temperature on normal strength concrete and high performance concrete containing steel fibers*" , the Hong Kong polytechnic university , 2000 .
- Sri Ravindrarjah , R. , Lopez , R. and Reslan , H. , "Effect of Elevated Temperature on the properties of High strength concrete containing cement supplementary materials" , *International conference on Durability of Building materials and components* , Brisbane , Australia , pp. 1-9, 17 – 20th March , 2002.
- Venkatesh kodur "*properties of concrete at elevated temperature*", Department of civil and Environmental Engineering, Michigan state University – 2014.
- B. Toumi , M . Resheidat , Z. Guemmadi and H. chabil , "*Coupled effect of high temperature and heating time on the residual strength of normal and high strength concrete*" , Jordan Journal of Civil Engineering, volume 3 , No.4 , 2009 .
- Alexander etal. "*Concrete Containing Steel Slag aggregate "Performance after high temperature Exposure"*, concrete repair, Rehabilitation 111, Netinger , 2012 .
- R.V. Balendran , T. Maqsood , A. Nadeem , " *Effect of cooling method on residual compressive strength of high strength concrete cured for 28 days and 180 days and heated to elevated temperatures*" , 26 th conference on our world in concrete and structures , Singapore , 2003 .
- A. Ferhat Bingol & Rustem GUL, "*Compressive strength of light weight aggregate concrete exposed to high temperature*", Indian Journal of Engineering & material science, vol. 11, pp.68 – 72, February, 2004.
- Prof. D. B. Kulkurni & Prof. Mrs. SN patil , "*Compressive study of effect of sustained high temperature on strength properties of self compacting concrete and ordinary conventional concrete* " , International Journal of engineering and technology , vol. 3 (2) , 106 – 118 , 2011 .
- Arundeb Gupta , Saroj Mandal and somnath Ghosh , " *Recycled Aggregate concrete exposed to elevated temperature* " , APPN Journal of engineering and Applied sciences , vol .7 , No.1 , 2012 .
- Rahol Sobhash patil , *" Effect of elevated temperature and type of cooling on M20 Grade concrete using Fibers "* , International Journal of science and research (IJSR) , vol.3 ISSve 2 , 2014 .
- Sullivan , "*Deterioration and spalling of high strength concrete under fire*" , HSE , offshore Technology Report , 2001 / 074 .
- Kadhum , Mohammed Mansour , *" Behavior of fire Exposed Reinforced concrete columns "* , PHD . Thesis civil engineering Department, university of Baghdad , Iraq , 2010 .
- Iraqi specification No. S. "Portland cement", 1984.
- Iraqi specification No.; 45, "Aggregate from natural sources for concrete and construction", 1984.

جدول (1) نتائج الفحوصات للسمنت

نوع الفحص	النتائج	حدود المواصفة العراقية
وقت التماسك الابتدائي (دقيقة)	82	لا يقل عن 45 دقيقة
وقت التماسك النهائي (ساعة)	5.3	لا يزيد عن 10 ساعة
نعومة الأسمنت بطريقة بلين m^2/Kg	300	لا يقل عن 230
تحمل الأنضغاط بعمر 7 ايام MPa	42.1	لا يقل عن 23 MPa بعمر 7 أيام
الأستطالة %	0.18	لا يزيد عن 0.8%

جدول (2) نتائج الفحوصات الكيميائية للسمنت

المركب الكيميائي	الرمز الكيميائي	المحتوى (%)	حدود المواصفة العراقية
الكلس	CaO	65.8	-
السليكا	SiO_2	19.8	-
الالومينا	Al_2O_3	4.77	-
اوكسيد الحديد	Fe_2O_3	2.99	-
المغنيسيا	MgO	1.89	لا يزيد عن 5%
الكبريتات	SO_3	2.6	لا يزيد عن 2.8%
الفقدان في الحرق	L.D.I.	3.8	لا يزيد عن 4%
النواتج غير الذائبة	I.R.	1.3	لا يزيد عن 1.5%
معامل الأشباع بالكلس	L.S.F.	1.02	0.66 – 1.02

جدول رقم (3) التحليل المنخلي للرمل

قياس المنخل (mm)	النسبة المارة %	حدود المواصفة العراقية (منطقة التدرج 3)
4.75	100	90 – 100
2.36	87	85 – 100
1.18	82	75 – 100
0.6	68	60 – 79
0.3	24	12 – 40
0.15	7	0 – 10
0.075	0	0 – 3

جدول (4) التحليل المنخلي للركام الخشن

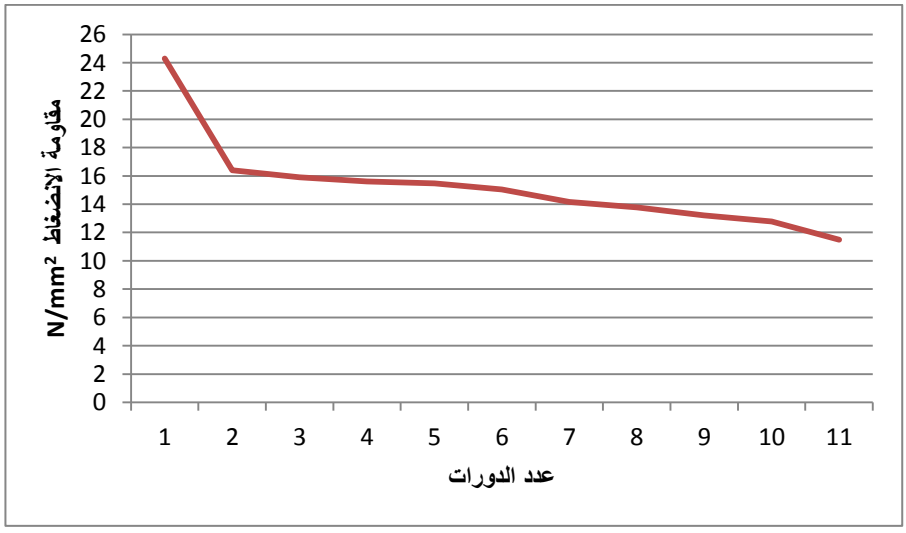
قياس المنخل (mm)	النسبة المارة %	حدود المواصفة العراقية
14	100	90 – 100
9.5	60	50 – 85
4.75	10	0 – 10
2.36	0	0 – 5

جدول (5) فحوصات الماء

الفحوصات المطلوبة		حدود المواصفة ملغم / لتر
الكبريتات SO_3	135	1000
الكلوريدات	65	500
الشوائب غير العضوية	450	مجموع الايونات لا يتجاوز 3000 ملغم / لتر
الشوائب العضوية	صالح للشرب	يجرى فحص المياه التي لها لون ورائحة ملحوظة

جدول (6) نتائج مقاومة الأنضغاط للخرسانة المعرضة لتعاقب دورات التسخين والتبريد الى درجة حرارة $400\ C^0$

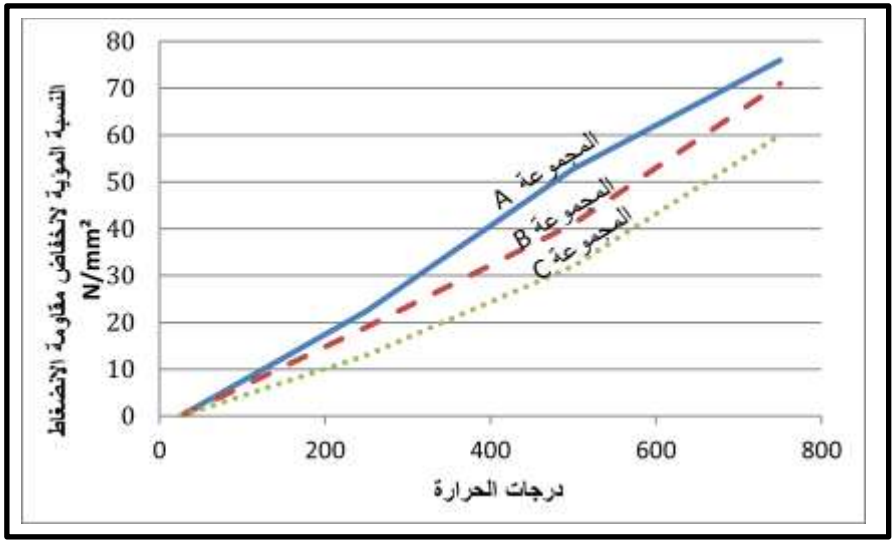
المجموعة	عدد دورات التسخين الى درجة حرارة 400م^0 والتبريد لدرجة حرارة المختبر	مقاومة الأنضغاط نيوتن / مليمتر^2	النسبة المئوية للانخفاض في مقاومة الأنضغاط
1	0	24.3	% 0
2	1	16.4	% 32.5
3	2	15.9	% 34.6
4	3	15.6	% 35.8
5	4	15.47	% 36.33
6	5	15.04	% 38.00
7	6	14.17	% 41.68
8	7	13.78	% 43.30
9	8	13.20	% 45.68
10	9	12.78	% 47.41
11	10	11.50	% 52.70



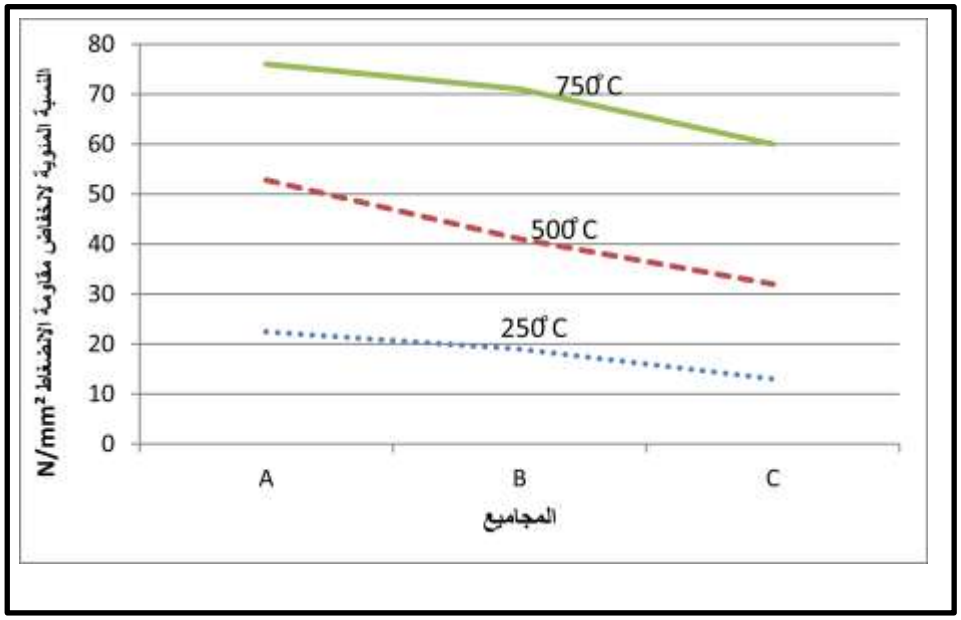
شكل (1) العلاقة بين مقاومة انضغاط النماذج وعدد دورات التسخين

جدول رقم (7) نتائج الأختبارات على العينات بأحجام مختلفة

المجموعة ابعاد النموذج	مقاومة الأنضغاط بدرجة حرارة المختبر $25C^0$ N /mm^2 **حمل الفشل**	مقاومة الأنضغاط بدرجة حرارة $250C^0$ N /mm^2 **حمل الفشل**	النسبة المئوية للأنخفاض في مقاومة الأنضغاط بدرجة حرارة N/mm^2 $250C^0$	مقاومة الأنضغاط بدرجة حرارة $500C^0$ N /mm^2 **حمل الفشل**	النسبة المئوية للأنخفاض في مقاومة الأنضغاط بدرجة حرارة N/mm^2 $500C^0$	مقاومة الأنضغاط بدرجة حرارة $750C^0$ **حمل الفشل**	النسبة المئوية للأنخفاض في مقاومة الأنضغاط بدرجة حرارة N/mm^2 $750C^0$
A 100x100x100mm	**320 KN** 32	**248 KN** 24.8	22.5 %	**151 KN** 15.10	52.8%	**77 KN** 7.7	76%
B 150x150x150mm	**641 KN** 28.5	**517 KN** 23.0	19%	**378 KN** 16.80	41%	**187 KN** 8.3	71%
C 200x200x200mm	**1040 KN** 26.0	**904 KN** 22.6	13%	**708 KN** 17.70	32%	**416 KN** 10.4	60%



شكل (2) : العلاقة بين النسبة المئوية لأنخفاض مقاومة الانضغاط ودرجات الحرارة للنماذج حسب احجامها



شكل (3):العلاقة بين النسبة المئوية لأنخفاض مقاومة الانضغاط وحجم النماذج حسب درجات الحرارة المسلطة