

تأثير الحرارة العالية على العارضات الخرسانية المسلحة المحسنة

منير عارف الأطرش¹، زكاتي طريفي²، مطيع عبشي²، إلهام بدور³، عصام محمد عبد الماجد^{4*}

¹ قسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية بجامعة دمشق، سوريا.

² قسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، سوريا.

³ جامعة حلب، كلية الهندسة التقنية، قسم تقانات الهندسة البيئية.

⁴ قسم الهندسة البيئية بكلية الهندسة بجامعة الامام عبد الرحمن بن فيصل.

* Corresponding author: Isam Abdelmagid (e-mail: jahmed@iau.edu.sa).

Article history: Received 13 March 2020, Received in revised form 4 November 2020, Accepted 11 November 2020

ABSTRACT This research examined the effect of high temperatures on reinforced concrete beams made from the groundworks of Hassia region in Syria. Concrete received additions of silica ash and plasticizers. Concrete cubic samples were then prepared with dimensions (15*15*15 cm), and samples for beams with simple support on both sides, with fixed dimensions for all samples of (b*h* L = 18*25*150 cm, respectively), and with a covering thickness of 3 cm. These samples were heated at the age of 28 days to different temperatures in all aspects using an electric oven, which was specially manufactured for this research. Samples were then cooled according to two cooling methods. The first is rapid cooling with water, and the second is a slow cooling with air. Then, necessary laboratory experiments were performed on these samples to measure the percentage of change in resistance, and the change of the torque resistance value in the samples of beams. The samples of beams were modeled and studied according to the finite element method, using the ABAQUS program. The results were read and compared with the experimental results. The results showed a decrease in the value of the resistive torque for the samples of beams with an increase in the heating temperature. The value of this decrease reached about 70% of the value of the resistive torque at the normal temperature. A difference in the value of this decrease is observed at the same temperature in accord with the used method of cooling. In air-cooled samples, it is greater than in water-cooled samples up to 750 °C. The decrease after this temperature in water-cooled samples becomes greater, noting the explosion of some samples heated up to 850 °C when cooled with water. Finally, the results and recommendations are indicated.

Key words: reinforced concrete, cubic samples, groundworks, silica ash, samples of beams, heating temperature, slow cooling, rapid cooling, loading, resisting torque, deflection, finite elements.

المخلص: درس هذا البحث تأثير درجات الحرارة المرتفعة على العارضات الخرسانية المسلحة المصنوعة من احضارات منطقة حسياء في سوريا، مضافاً إليها مادة رماد السيليكا والملدن، ثم تجهيز عينات مكعبية خرسانية بأبعاد (15*15*15 cm)، وعينات لعارضات ذات استناد بسيط من الطرفين بأبعاد ثابتة لجميع العينات (b*h*L=18*25*150 cm)، و بسماكة تغطية 3 سم. تم تسخين هذه العينات عند عمر 28 يوم حتى درجات حرارة مختلفة من جميع الأوجه باستخدام فرن كهربائي، تم تصنيعه خصيصاً لهذا البحث، ثم تبريدها وفق طريقتي تبريد. الأولى هي التبريد السريع بالماء، والثانية هي التبريد البطيء بالهواء. ثم إجراء التجارب المخبرية اللازمة على هذه العينات لقياس نسبة تغير المقاومة وتغير قيمة العزم المقاوم في عينات العارضات. ونُفذت عينات العارضات ودرست وفق نظرية العناصر المحدودة باستخدام برنامج أباكوس ABAQUS وقراءة النتائج ومقارنتها مع النتائج التجريبية. أظهرت النتائج انخفاض في قيمة العزم المقاوم لعينات العارضات بازدياد درجة حرارة التسخين، وقد وصلت قيمة هذا الانخفاض حتى حوالي 70% من قيمة العزم المقاوم في درجة الحرارة الطبيعية، وقد لوحظ اختلاف في قيمة هذا الانخفاض عند درجات الحرارة الواحدة تبعاً لطريقة التبريد المستخدمة، فكان الانخفاض في العينات المبردة بالهواء أكبر منه في العينات المبردة بالماء حتى درجة الحرارة 750 °C. ليصبح الانخفاض بعد هذه الدرجة في العينات المبردة بالماء أكبر مع ملاحظة انفجار بعض العينات المسخنة حتى الدرجة 850 °C عند تبريدها بالماء، وبالنسبة لنتائج والتوصيات.

الكلمات المفتاحية: خرسانة مسلحة، عينات مكعبية، احضارات، رماد السيليكا، عينات لعارضات، درجة حرارة التسخين، التبريد البطيء، التبريد السريع، التحمل، العزم المقاوم، الانحراف، العناصر المحدودة.

إضافةً إلى العمل المخبري التجريبي، تم نمذجة عينات العارضات باستخدام برنامج (ABAQUS)، ومقارنة النتائج في حالة النمذجة مع النتائج التجريبية.

4. البرنامج التجريبي

تم تصميم خلطة بيتونية باستخدام احضارات محلية (احضارات منطقة حسياء التابعة لمحافظة حمص في سوريا) وفق آخر التوصيات المحلية والعالمية، مع إضافة رماد السيلكا والملدن العالي الفعالية، حيث تم استخدام حصويات لا يزيد مقاسها الأعظمي على 14 mm وتحقيق التدرج الحبي وجميع الاختبارات اللازمة (تدرج حبي - معامل الاهتراء).

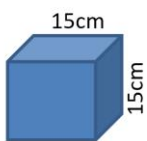
جدول (1): مكونات الخلطة الخرسانية

تداملا مسا	صحب	تيسد لو	تنمسلا	اكليسلا	ءاملا
1354	447	475	38	157	
(kg/m ³) ثولا					



شكل (1): مكونات الخلطة الخرسانية وتحضيرها.

تم تصنيع فرن كهربائي خاص بهذا البحث أبعاده (150×25×18) cm من الأجر المقاوم للحرارة، شكل (2)



شكل (2): الفرن المصنوع، والعينات المكعبية.

يبين الشكل (3) المخطط البياني لتغير مقاومات العينات المكعبية على الضغط مع تغير الحرارة بالتبريد بالهواء. كما يبين الشكل (4) المخطط

1. مقدمة

تتأثر العناصر الخرسانية المسلحة بالحرارة العالية خصوصاً الناتجة عن الحرائق، بالإضافة إلى تأثير طريقة التبريد، وذلك من خلال التبريد السريع بالماء أو التبريد البطيء بالهواء.

أبانت كثير من الدراسات التقدم المتصل وتحسن مواصفات المنشآت الخرسانية المنتجة باستخدام مضافات خاصة لها أثناء المزج مما يكسب الخرسانة المقاومة العالية، والديمومة الممتدة، وتقليل أبعاد العناصر الإنشائية عند تصميم منشآتها، وسهولة استخدامها في المباني العالية الإرتفاع. في الغالب تعزز الخرسانة المحسنة بإضافة مواد أو ألياف زجاجية وأخرى فولاذية للتغلب على الخواص القصفية للخرسانة المعرضة للشد. من الاعتراضات أن هذه المنشآت قد تتعرض للحريق مما يسبب لها الابعاد عن التقصير والاستخدام لتأثير الحرارة وتقليلها من ديمومة المنشأة وتقويض مقاومتها، وربما تنزيل عاملي الأمان والخدمة تحت ظروف العمل والاستخدام أو التعرض لعوامل متغيرة مثل للحرارة العالية وربما الحريق [1-3].

تم في هذا البحث إجراء برنامج تجريبي وبرنامج نمذجة تحليلية باستخدام برنامج ABAQUS للمقارنة وذلك لدراسة تأثير درجة الحرارة العالية على العارضات الخرسانية المسلحة وتبعاً لطريقة التبريد. يختلف تأثير درجات الحرارة العالية على المنشآت الخرسانية المسلحة تبعاً لعوامل عديدة، أهمها نوع وكمية وخصائص مكونات الخلطات الخرسانية المشكلة، ودرجة الحرارة العظمى التي تتعرض لها هذه العناصر ومدة تعرضها وطريقة تبريدها [6، 7].

2. أهمية البحث

معظم المنشآت في سوريا من الخرسانة المسلحة من احضارات محلية، ومع استخدام بعض الإضافات كمادة رماد السيلكا والملدنات تعطي كتامة عالية للعناصر الخرسانية المسلحة، إلا أن هذه الكتامة ووجود رماد السيلكا قد يلعب دوراً آخر في حالة الحريق، ولا بد من البحث في هذا المجال للإجابة عن هذه التساؤلات العديدة، والارتكاز عليها لمعرفة المجالات والطرق الفضلى لاستخدام هذه الخلطات، والاشتراطات والاحتياطات الواجب اتخاذها في حال تعرض هذه العناصر الخرسانية المسلحة للحريق.

3. منهجية البحث

يقوم هذا البحث على تصميم خلطة خرسانية باحضارات محلية وإضافة مادة رماد السيلكا و الملدن، ثم تشكيل عينات مكعبية وأخرى من عارضات خرسانية مسلحة باستخدام هذه الخلطة، ثم تسخين هذه العينات عند عمر 28 يوم لدرجات حرارة مختلفة، وذلك باستخدام فرن كهربائي خاص مصمم وفق المراجع والأبحاث والتوصيات الخاصة به. وبعدها، يتم تبريد عدد من هذه العينات تبريداً سريعاً بالماء، وعدد آخر تبريداً بطيئاً في الهواء، ثم إجراء التجارب اللازمة مخبرياً لقياس مقاومة العينات المكعبية على الضغط، ومقاومة عينات العارضات على عزم الانحناء [4، 5].

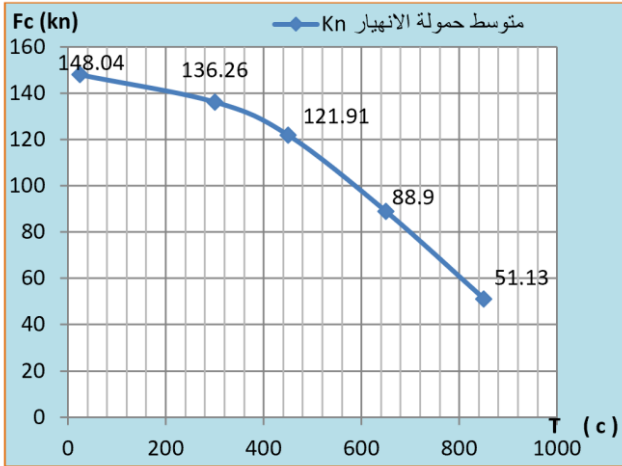
جدول (3): أرقام عينات العارضات ودرجة حرارة تسخينها وطريقة تبريدها

أرقام عينات العارضات	درجة حرارة التسخين	طريقة التبريد
1-2-3	25	--
4-5	300	تبريد بالهواء
7-8-9	450	تبريد بالهواء
10-11-12	650	تبريد بالهواء
13-14-15	850	تبريد بالهواء
16-17-18	25	--
19-20-21	300	تبريد بالماء
22-23-24	450	تبريد بالماء
25-26-27	650	تبريد بالماء
28-29-30	850	تبريد بالماء

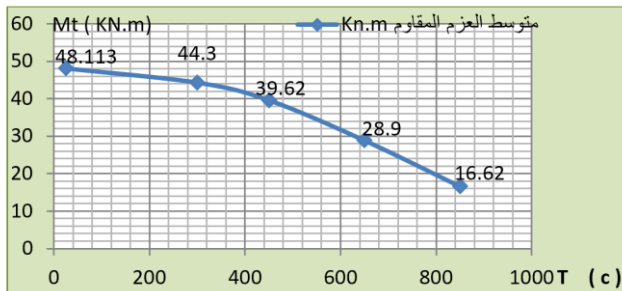


شكل (6) اختبار تحميل عينات العارضات.

تم تحميل عينات العارضات المبردة بالهواء، حتى الانهيار، تبين الأشكال (7، 8، 9) حمولة الانهيار، والعزم المقاوم، وقيمة الانحراف .

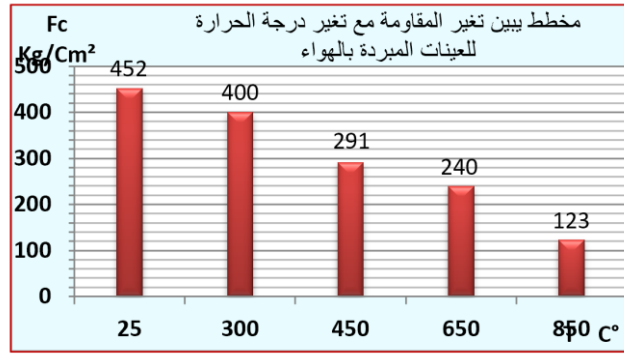


الشكل (7): تغير حمولة الانهيار الوسطية للعارضات المسخنة والمبردة بالهواء بازدياد درجة حرارة التسخين.

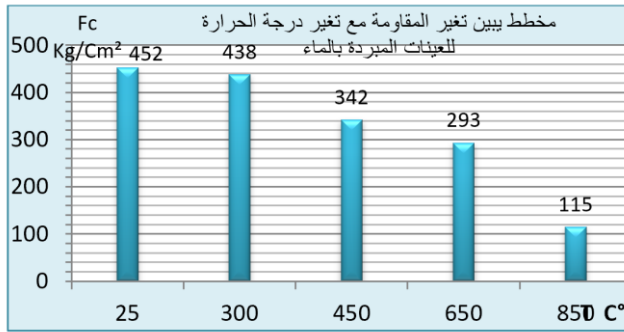


الشكل (8): تغير متوسط قيمة العزم المقاوم للعارضات المسخنة والمبردة بالهواء بازدياد درجة حرارة التسخين.

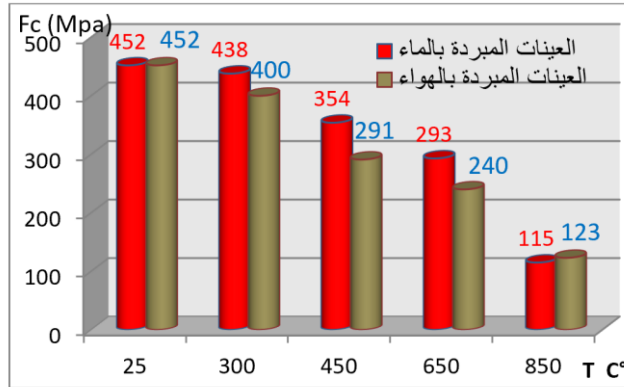
البياني لتغير مقاومات العينات المكعبية مع تغير الحرارة بالتبريد بالماء، ويبين الشكل (5) مقارنة بين نتائج الحالتين من التبريد. ويبين الجدول (2) مواصفات عينات العارضات المختبرة.



الشكل (3): مخطط بياني لتغير المقاومات مع تغير الحرارة والتبريد بالهواء للعينات.



الشكل (4): مخطط بياني لتغير المقاومات مع تغير الحرارة والتبريد بالماء للعينات.



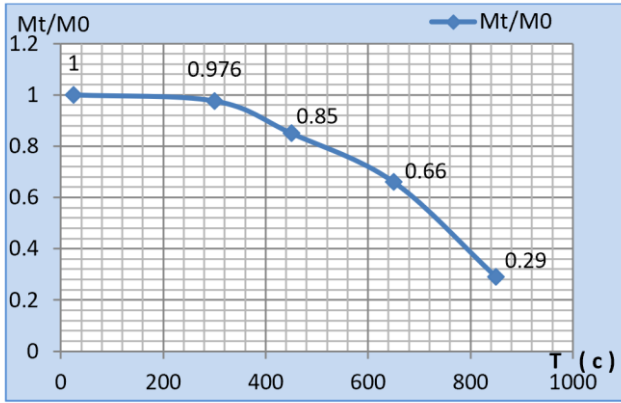
شكل (5): مخطط مقارنة نتائج الاختبارات للعينات المبردة بالهواء والأخرى المبردة بالماء.

جدول (2): المواصفات التصميمية لعينات العارضات المختبرة

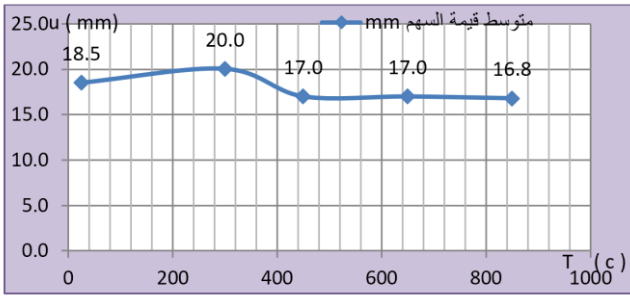
b*h*L=180 × 250 × 1500 (mm)		أبعاد الجائز
f _y = 400 MPa	2T14	التسليح السفلي
f _y = 400 MPa	2T12	التسليح العلوي

تم اختبار عينات العارضات وفق الحالات المبينة في الجدول (3) .

يوضح الشكل (13) نسبة العزم المقاوم للعارضات المسخنة والمبردة بالماء إلى العزم المقاوم للعارضات الغير مسخنة، والشكل (14) متوسط قيمة الانحراف للعارضات المسخنة والمبردة بالماء.

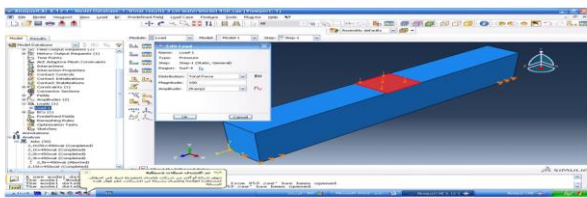
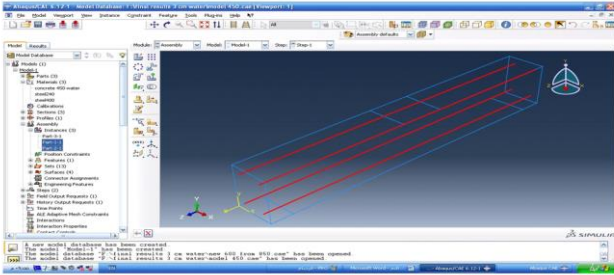


الشكل (13): نسبة العزم المقاوم للعارضات المسخنة والمبردة بالماء إلى العزم المقاوم للعارضات الغير مسخنة.



الشكل (14): متوسط قيمة الانحراف للعارضات المسخنة والمبردة بالماء الموافقة لحمولة الانهيار بازياد درجة حرارة التسخين.

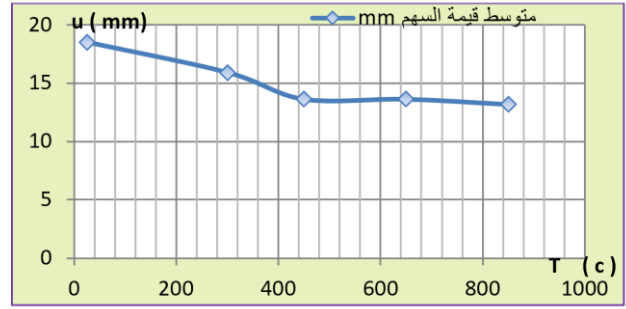
5. النمذجة العددية لعينات العارضات باستخدام برنامج ABAQUS



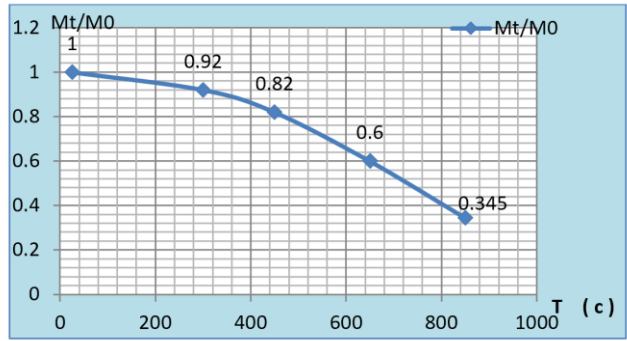
نتائج دراسة نموذج العارضة المسخنة حتى الدرجة C85 و المبردة بالهواء.

نتائج دراسة نموذج العارضة المسخنة حتى الدرجة C85 و المبردة بالهواء.

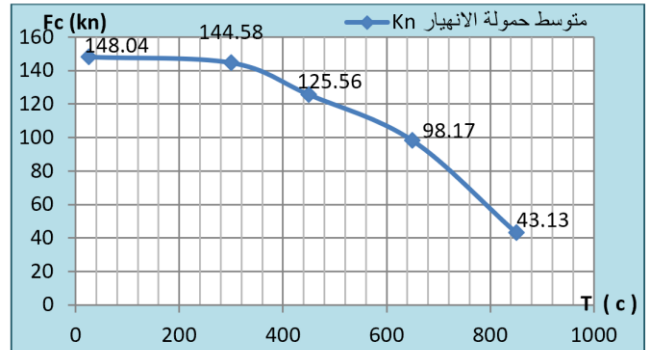
يبين الشكل (9) تغير القيمة الوسطية للانحراف في منتصف العارضات المسخنة و المبردة بالهواء الموافق لحمولة الانهيار بازياد درجة حرارة تسخين. ويبين الشكل (10) نسبة العزم المقاوم للعارضات المسخنة والمبردة بالهواء إلى العزم المقاوم للعارضات الغير مسخنة.



الشكل (9): منحنى بياني يمثل تغير القيمة الوسطية للانحراف في منتصف العارضات المسخنة والمبردة بالهواء الموافق لحمولة الانهيار بازياد درجة حرارة التسخين.

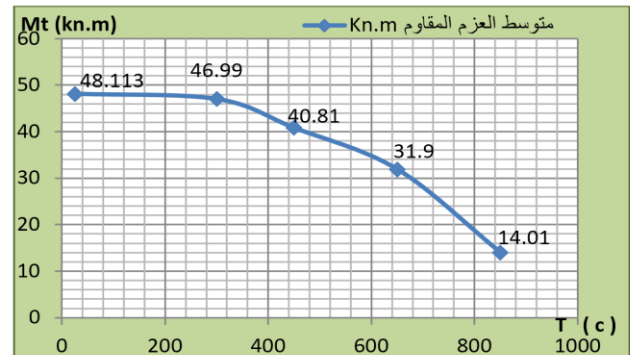


الشكل (10): نسبة العزم المقاوم للعارضات المسخنة والمبردة بالهواء إلى العزم المقاوم للعارضات الغير مسخنة.



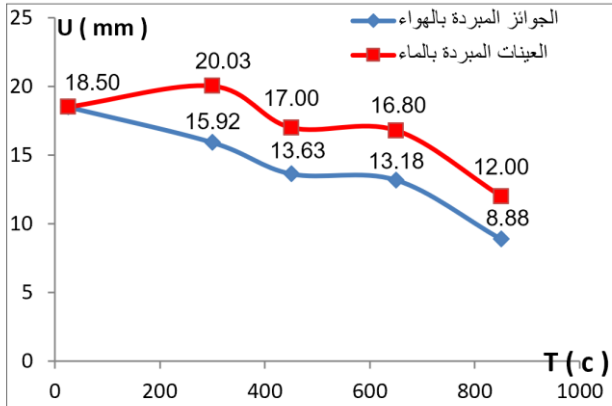
الشكل (11) تغير حمولة الانهيار الوسطية للعارضات المسخنة والمبردة بالماء بازياد درجة حرارة التسخين.

يوضح الشكل (12) تغير متوسط قيمة العزم المقاوم للعارضات المسخنة والمبردة بالماء بازياد درجة حرارة التسخين.

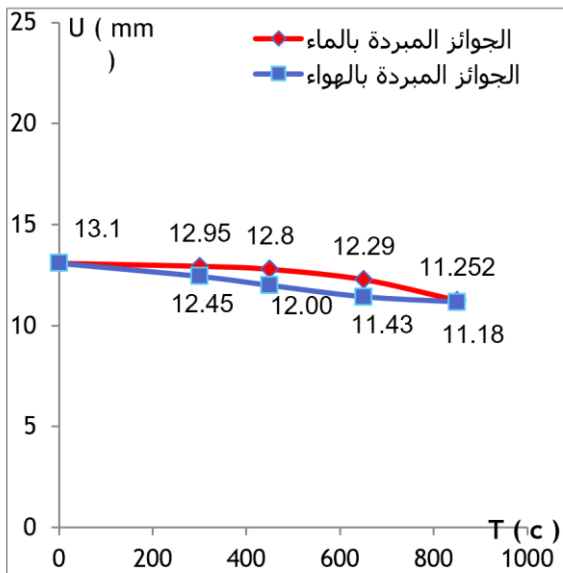


الشكل (12): تغير متوسط قيمة العزم المقاوم للعارضات المسخنة والمبردة بالماء بازياد درجة حرارة التسخين.

وأحمد {8} أظهرت نتائج فحص مقاومة الربط بين حديد التسليح والخرسانة أن الفشل في النموذج الخرساني يعتمد على قطر القضيب المستخدم ودرجة الحرارة التي تعرض لها النموذج بعد 28 يوم من المعالجة بالماء ونسبة المادة المضافة للمزجة الخرسانية.

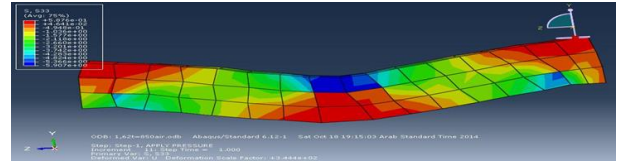


الشكل (15): مقارنة الانحراف الحاصل في العارضات المبردة بالماء والهواء عند حمولة الانهيار لكل درجة تسخين تجريبياً

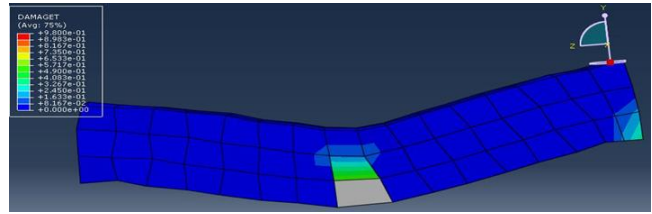


الشكل (16): مقارنة الانحراف الحاصل في العارضات المبردة بالماء والهواء عند حمولة الانهيار لكل درجة تسخين وفق ABAQUS.

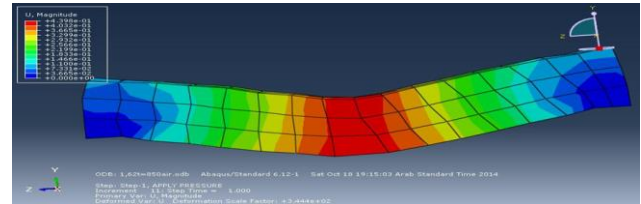
- بحالة التبريد بالهواء، عند الدرجة 300 C انخفضت مقاومة الخرسانة على الضغط بمقدار 18%، وعند الدرجة 450 C بمقدار 36%، وعند الدرجة 650 C بمقدار 47%، في حين انخفضت عند الدرجة 850 C بمقدار 70%، بل معظم العينات انهارت على شكل انفجار قبل الدرجة 850 C، وهذا يعود إلى الكتامة العالية للخرسانة وضغط البخار في الفراغات المغلقة ضمن الخرسانة.
- بحالة التبريد بالماء، عند الدرجة 300 C انخفضت مقاومة الخرسانة على الضغط بمقدار 3%، وعند الدرجة 450 C بمقدار 33%، وعند الدرجة 650 C بمقدار 45%، في حين انخفضت عند الدرجة 850 C بمقدار 75%، بل معظم العينات انهارت على شكل انفجار قبل الدرجة 850 C.
- وبالتالي فإن انخفاض المقاومة للعينات المبردة بالهواء أكثر حدة حتى الدرجة 650 مئوية. وهذا يعود إلى أن ترك الخرسانة تبرد بالهواء،



الاجهادات المتشكلة في العارضة عند حمولة الانهيار



منطقة الانهيار المتشكلة في العارضة عند حمولة الانهيار



الانحراف المتشكل في العارضة عند حمولة الانهيار

يبين الجدول (4) نتائج تحليل نماذج العارضات المبردة بالهواء، والجدول (5) نتائج تحليل النماذج المبردة بالماء باستخدام برنامج ABAQUS

الجدول (4): نتائج تحليل نماذج العارضات المبردة بالهواء باستخدام برنامج ABAQUS

T (C)	P (KN)	M (KN.m)	Mt/M0	U (mm)		
				0 L	0.25 L	0.5 L
25	139.32	45.279	1	0	8.48	13.1
300	126.72	41.184	0.91	0	8.3	12.446
450	108	35.1	0.77	0	8	12
650	90.36	29.367	0.65	0	7.62	11.43
850	58.32	18.954	0.42	0	7.44	11.176

الجدول (5): نتائج تحليل نماذج العارضات المبردة بالماء باستخدام برنامج ABAQUS

T (C)	P (KN)	M (KN.m)	Mt/M0	U (mm)		
				0 L	0.25 L	0.5 L
25	139.32	45.279	1	0	8.48	13.1
300	133.2	43.29	0.956072	0	8.38	12.95
450	120.6	39.195	0.865633	0	8.33	12.8
650	100.8	32.76	0.723514	0	8.18	12.29
850	54	17.55	0.387597	0	7.49	11.252

يبين الشكل (15) مقارنة الانحراف الحاصل في العارضات المبردة بالماء والهواء عند حمولة الانهيار لكل درجة تسخين تجريبياً، والشكل (16) مقارنة الانحراف الحاصل في العارضات المبردة بالماء والهواء عند حمولة الانهيار لكل درجة تسخين وفق ABAQUS.

6. التحليل والنتائج

- الخرسانة المصنوعة من احضارات محلية بإضافة رماد السيليكا وملدن، أعطت مقاومة مكعبية على الضغط عند عمر 28 يوماً تساوي 56.5 kg/cm².
- العوامل: نوع الاحضارات، درجة ومدة التسخين، شكل التبريد، كان لها تأثير واضح على مقاومة الخرسانة {9-11}. في دراسة أحمد

سوريا.

- [3] محمد ساطع الحصري (1993-1994) مواد البناء واختباراتها، منشورات جامعة حلب.
- [4] الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة، نقابة المهندسين السوريين، (2018).
- [5] الكود المصري لأسس التصميم واشتراطات التنفيذ لحماية المنشآت من الحريق عام 1998
- [6] منير الأطرش & زكاتي طريفي & مطيع عيشي (2016) تأثير الحرارة العالية على الجوائز من البيتون المسلح عالي المقاومة باستخدام الإحصارات المحلية ورماد السيليكا، جامعة تشرين، سوريا.
- [7] صدقي عبد الله تهامي & غاندي علي حججاج، (2017) دراسة لتأثير الحريق ودرجات الحرارة العالية على العناصر الإنشائية، جامعة المنيا، مصر.
- [8] أحمد، ح. ع.، أحمد، ي. ح. ش، (2103) تأثير درجات الحرارة العالية في مقاومة الربط للخرسانة المسلحة مقصودة الهواء، مجلة الرافدين، (1)، ص. 57-66.
- [9] Sika Services AG (2005), "Sika Concrete Handbook", Switzerland
- [10] ACI Committee (216) Guide for Determining the Fire 'Endurance of Concrete Elements Reported by (Reapproved 2001)
- [11] ASCE (2018) Effect Of Transient High Temperature On Heavyweight, High Strength Concrete 415th ASCE June

البروفيسور الدكتور المهندس منير عارف الأطرش

يحمل بكالوريوس هندسة مدنية من جامعة دمشق ودبلوم عالي من جامعة دريسدن التقنية، ألمانيا ودكتوراه من جامعة دريسدن التقنية، ألمانيا. الاختصاص خرسانة مسلحة. يعمل د. منير بقسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين / سوريا . الوظيفة الحالية التي يشغلها بروفيسور الأطرش رئيس قسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين/سوريا. والمؤسسات والشركات التي سبق له العمل فيها في سوريا: بلدية السويداء- بلدية الكفر - مؤسسة الإسكان العسكرية - المؤسسة العامة لتنفيذ الإنشاءات العسكرية- الشركة العامة لمشاريع المياه- الشركة العامة لتنفيذ المشاريع الصناعية . وفي السودان: جامعة الزعيم الأزهري - جامعة الخرطوم - جامعة علوم التقنية - أكاديمية السودان للعلوم > قام بروف منير بتأليف عدة كتب منهجية ومرجعية وله أوراق علمية رائدة مع مجالات علمية محكمة وأخرى منشورة في مؤتمرات وندوات علمية وطنية وإقليمية ودولية في مجالات الأبنية العالية، والبيتون المسلح، وتصميم الإنشاءات الخرسانية المسلحة، ومقاومة المواد. كما وإشرف على رسائل مشاريع التخرج، والدبلوم العالي، والمجستير، والدكتوراة في مجال تخصصه. وقدم كثير من الأعمال المهنية والاستشارات الفنية والتكنولوجية. ويحمل عضوية عدد من المنظمات والنقابات المهنية المتخصصة.



E-Mail: dr.alatrash@hotmail.com

Mobile: 00963947474767 & 0096393321576

يعني استمرار تفاعلات التفتك والتحلل لمكونات الخرسانة مع استمرار احتفاظه بالحرارة لمدة أطول.

○ في حين التبريد المباشر وحتى الدرجة 650 مئوية قد حافظ على بعض خواص الخرسانة وأوقف من هذه التفاعلات. أما انهيار العينات بعد الدرجة 850 مئوية المبردة بالماء فسببه الفرق الكبير بين درجة الخرسانة ودرجة الماء والهشاشة التي تصيب الخرسانة.

○ لوحظ أن التسخين المؤقت للخرسانة المستخدمة في هذا البحث (مع وجود السيليكا) إلى درجة حرارة 850 مئوية وتركه يبرد بالهواء الطبيعي يؤدي إلى هشاشة في الخرسانة وإمكانية كسره بسهولة باليد. ويمكن تفسير ذلك للأسباب التالية: التفاوت في التشوهات الحرارية للحبيبات الأسمنتية والركام والسيليكا، تغير أو تحول الكوارتز في الركام الذي تعتبر الدرجة 600 مئوية حدية لهذه الاحضارات، نزع ماء إماهة أكاسيد الكالسيوم وتحلل وتفتك الكيان الخرساني كجسم متماسك.

○ إن العزم المقاوم للعارضات الخرسانية البسيطة المسخنة والمبردة بالهواء الطبيعي انخفض عند الدرجة 300 بمقدار 8% وعند الدرجة 450 بمقدار 18% وعند الدرجة 650 بمقدار 40% أما عند الدرجة 850 فانخفض بمقدار 66% .

○ أما العارضات المبردة بالماء بعد التسخين مباشرة انخفض العزم المقاوم عند الدرجة 300 بمقدار 3% وعند الدرجة 450 بمقدار 16% وعند الدرجة 650 بمقدار 34% ولم يبق سوى حوالي 30% عند الدرجة 850 بل حدث انهيار هش للخرسانة عند هذه الدرجة لمعظم العينات .

○ أظهرت نتائج النمذجة نتائج متوافقة تقريباً مع النتائج التجريبية المخبرية من حيث حمولات الانهيار والعزم المقاوم، إلا أنه ظهر اختلاف في قيم التشوهات (الانحرافات) الموافقة للانهيار والتي تعزى إلى استخدام عامل مرونة مأخوذ من معادلات رياضية تقريبية.

○ انهيار العارضات والعينات المكعبية حدث بنفس الشكل الذي يتم عند إجراء الاختبار الستاتيكي في ظروف درجات الحرارة العادية. لذلك يمكن التصميم بالحالة الحدية للمنشآت الخرسانية المسلحة المعرضة للتسخين باستخدام نفس معادلات التوازن والتشوهات التي تستخدم لاستخراج علاقات الحساب الستاتيكي مع الأخذ بعين الاعتبار التغير في خواص مكونات الخرسانة.

المراجع العلمية

- [1] مجيد، س.س.، مبارك، م.، خالد، إ. (2013) دراسة تأثير الحرارة العالية على بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة ومونة الأسمنت المضاف إليهما غبار السيليكا والخرسانة المدعمة باللياف الزجاجية، مجلة الرافدين، (4)، ص. 11-1.
- [2] محمود وردة & بسام جمول، مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية العدد/23/2007 ، دمشق،