

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/337604387>

Evaluation of the concrete Exposed to fire

Research · November 2018

DOI: 10.13140/RG.2.2.27019.44324

CITATIONS

0

READS

2

1 author:



Manar Takla

Al-Baath University

8 PUBLICATIONS 9 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Effect Of Fire On Confined Concrete Columns Under Axial Loading by ANSYS [View project](#)



Effect of fire on confined concrete columns under axial loading [View project](#)

Evaluation of the concrete Exposed to fire

Manar Takla⁽¹⁾

1-PhD student at Structural Engineering Depart. Engineering Faculty of
AL-Baath University.

Email: m.takla2015@hotmail.com

Abstract

The first scientific attempts to test the resistance of the elements of the installations to the fires, dating back to the beginning of the twentieth century, and then evolved continuously, until it resulted in the development of standard specifications for testing both materials and elements. The European, Australian and other codes provided recommendations that take into account the minimum width of the structural section and the thickening of the fire-resistant coating over a given time. With the development of numerical studies, it is possible to use the computer model to simulate the experimental model and conduct studies and obtain important results, so the analytical study needs less time and reduces the material cost of conducting experiments. Therefore, a numerical model was developed in this research to demonstrate the thermal propagation. Through this model, helps in conducting the assessment and visual inspection better.

Keywords: visual inspection, thermal analysis, thermal diffusion, finite elements.

تقييم البيتون المعرض للحريق

م. منار تقلا (1)

1- طالبة دكتوراه في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث.

Email: m.takla2015@hotmail.com

ملخص البحث:

ترجع المحاولات العلمية الأولى لاختبار مقاومة عناصر المنشآت للحرائق لبداية القرن العشرين، وبعد ذلك تطورت بشكل مستمر، إلى أن أثمرت عن وضع مواصفات قياسية لاختبار المواد والعناصر على حد سواء، وقدم الكود الأوروبي والاسترالي وغيرهم توصيات تأخذ بالاعتبار العرض الأصغر لمقطع العنصر الإنشائي وسماكة طبقة التغطية لمقاومة الحريق خلال زمن معين. ويتطور الدراسات العددية أصبح بإمكاننا استخدام النموذج الحاسوبي لمحاكاة النموذج التجريبي وإجراء الدراسات والحصول على نتائج هامة، وبالتالي فإن الدراسة التحليلية تحتاج لزمان أقل وتقل التكلفة المادية لإجراء التجارب. لذلك تم في هذا البحث بناء نموذج عددي يوضح الانتشار الحراري، وهذا يساعد في إجراء التقييم والمعاينة البصرية بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية: المعاينة البصرية، التحليل الحراري، الانتشار الحراري، العناصر المحدودة.

تقييم البيتون المعرض للحريق

1. مقدمة:

يصبح الحكم السليم على سلامة المنشأة في غاية الأهمية عندما تتعرض أي منشأة للضرر نتيجة الحريق أو غيره وذلك لأن العلاج السليم لا بد أن يبدأ بالتشخيص، فالتشخيص الخاطئ ينتج عنه نوعين من الأخطاء:

1- الخطأ في المبالغة في تقدير الأضرار وهذا يؤدي لإزالة أجزاء كبيرة من العناصر الخرسانية ويسبب فقداً في الأموال وضياعاً للوقت.

2- الخطأ في عدم القدرة على معرفة العناصر التي أصبحت غير صالحة انشائياً. وعادةً ما يكون شكل المنشأة رهيباً بعد التعرض لحريق دام عدة ساعات، ولأن الضرر الفعلي قد يكون أقل من الضرر الظاهري، ولهذا فمن المهم أن تتحلى مجموعة الحكم على سلامة المنشأة بالموضوعية وتتسلح بالخبرة في تأثير الحريق على البيتون. ومن حسن الحظ أن أساليب الاختبارات غير المتلفة للبيتون الذي تعرض للحريق قد تطورت تطوراً كبيراً وأصبح بالإمكان معرفة الزمن الفعلي للحريق وتقييم الضرر الحاصل بشكل أفضل.

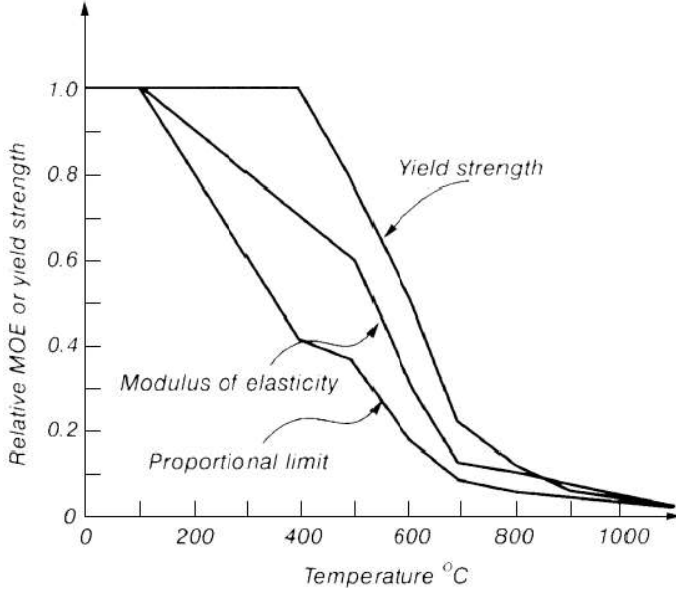
2. هدف البحث:

تم في هذا البحث تسليط الضوء على تقييم البيتون من خلال المعاينة البصرية وإجراء دراسة تحليلية باستخدام برنامج ANSYS لمعرفة الانتشار الحراري في مقطع عرضي لعمود بيتوني محمول محورياً ومعرض للحريق القياسي Hydrocarbon Fire من الجهات الأربعة عند أزمنة مختلفة.

3. تأثير الحريق على المنشآت البيتونية [1],[2],[3]:

تتغير مواصفات البيتون عند تعرضه لدرجات حرارة مرتفعة، من ناحية المقاومة المميزة ومعامل المرونة وتركيبه الحبيبي وغير ذلك، حيث يتناقص معامل المرونة في حال التسخين إلى (500 درجة مئوية) ليصبح حوالي (50%) من قيمته الفعلية، وفي درجة

حرارة (700 درجة مئوية) يصبح (18%) من قيمته الفعلية، كما هو موضح في الشكل (1).



الشكل (1): تأثير درجة الحرارة على معامل المرونة للبيتون

ويمكننا تفسير هذا النقصان في معامل المرونة عند التسخين بأنه ناتج عن تزايد التشوهات

المرونة واللدنة في مثل هذه الدرجات من الحرارة.

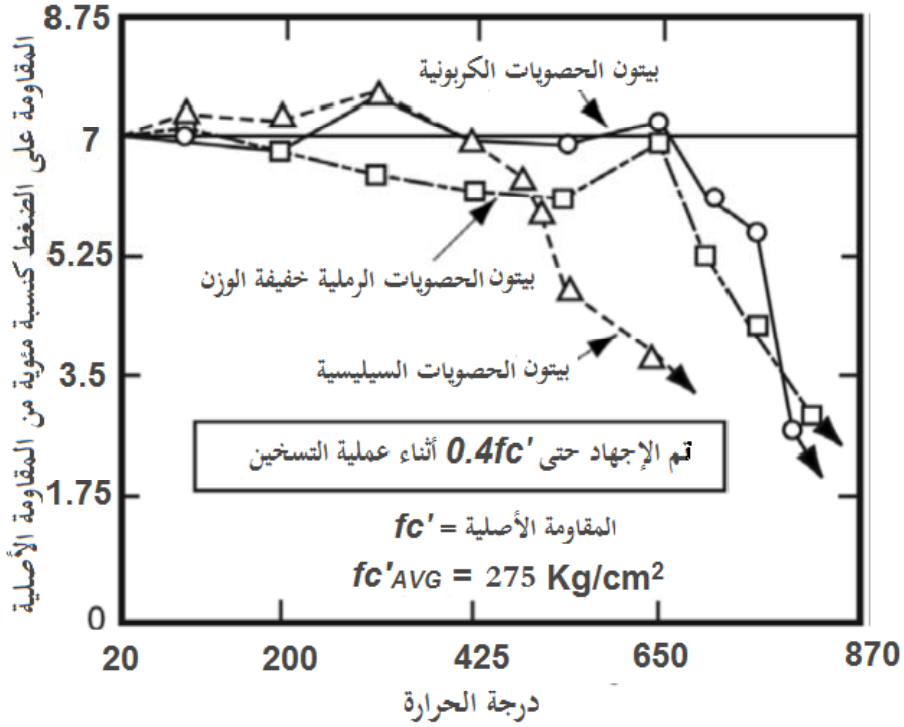
ولدراسة تأثير ارتفاع درجة الحرارة على مقاومة الضغط للبيتون، تم إجهاد ثلاثة أنواع من العينات (بيتون الحصى الكريونية، بيتون الحصى الرملية خفيفة الوزن، بيتون

الحصى السيليسية) إلى (40%) من مقاومتها على الضغط تحت تأثير التسخين، كما هو موضح في الشكل (2)، وبعد الوصول إلى درجة حرارة الاختبار المعينة، تمت زيادة الأحمال تدريجياً حتى انهارت العينة

النتائج مقاومة البيتون الحاوي على حصى سيليسية بدأت تنخفض عند حوالي (425

درجة مئوية)، وانخفضت إلى (55%) عند (650

درجة مئوية). أما البيتونا الحاويعلنا الحصويات تخفيفه الوزنوا الحصويات الكربونية فإنه يحتفظ بمعظم مقاومته علنا للضغط عند (650 درجة مئوية) [14-16].

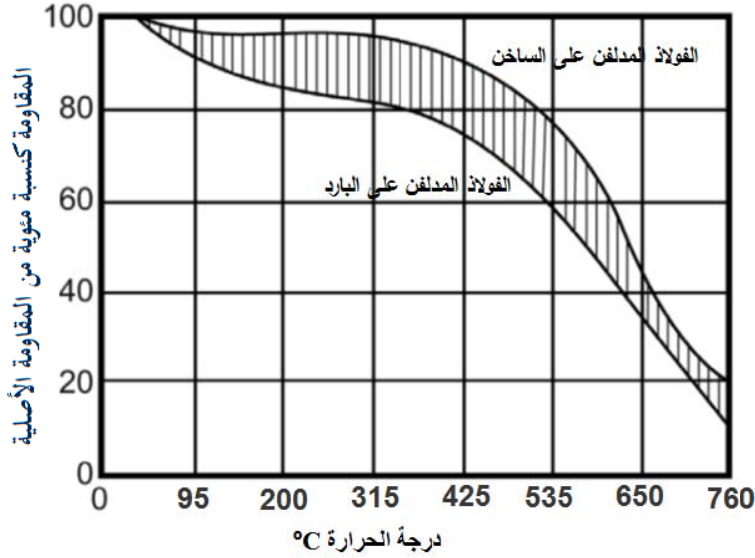


الشكل (2): تأثير ارتفاع درجة الحرارة على مقاومة الضغط للبيتون

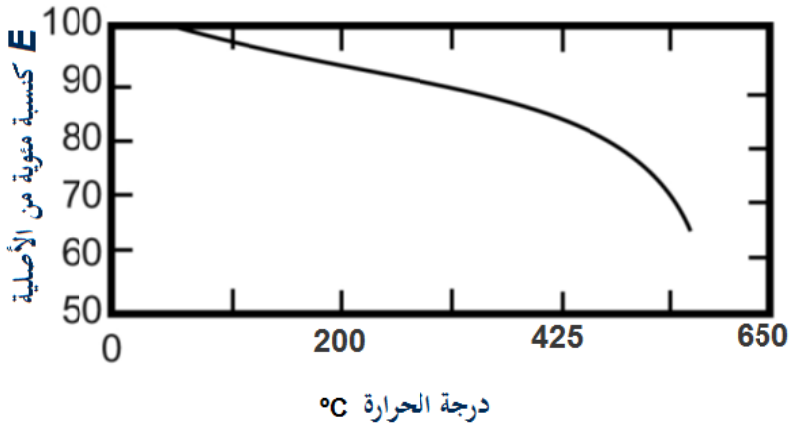
وبالتالي إن نوع الحصويات المستخدمة في تركيب البيتون لها تأثير كبير على تصرف البيتون المعرض للحريق، حيث يتصرف البيتون المسلح المصنوع من الحصويات الجيرية (الكلسية)، بالنسبة للحريق، على نحو أفضل من البيتون المسلح المصنوع من الحصويات السيليسية، سواء فيما يتعلق بدرجة الحرارة التي يتحملها البيتون مع المحافظة على مقاومته، أو بمعدل نقصان المقاومة مع درجة الحرارة، أو بالنسبة لمعامل التمدد الطولي الحراري، أو بالنسبة لتفتت الغطاء البيتوني بالحرارة عندما تزداد سماكة هذا الغطاء عن حد معين بحدود (40 mm). وبصورة عامة يمكن القول إن البيتون المسلح يبقى محافظاً على مقاومته للضغط حتى (250 درجة مئوية)، وفوق هذه الدرجة تبدأ

المقاومة بالتناقص [5]. أما بالنسبة للفرق بين البيتون العادي المقاومة والبيتون العالي المقاومة، فقد أثبتت دراسات تجريبية عديدة أن سلوك البيتون العادي المقاومة للحريق أفضل من البيتون عالي المقاومة حيث أن مسامية البيتون العالي المقاومة أقل وبالتالي يحدث انكسار انفجاري وتشظي في البيتون [12]. أما البيتون خفيف الوزن يتمتعاً بخصائص معزلة، وينقل الحرارة بكمعدلاً ببطءاً من البيتون العادي لنفس السماكة، وبالتالي فإنه يمتلك موماً مقاوماً أكبر على الحريق. ويلعب مستوى التحميل الذي يتعرض له العنصر البيتوني قبل تسخينه دوراً أساسياً في مقاومته، فإذا كان التحميل لمستويات إجهاد صغيرة تكون المقاومة على الضغط للعينات المسخنة وهي معرضة للتحميل أكبر بمقدار (12-15%) من مقاومة العينات التي تم إجراء اختبار حالة الحريق عليها أولاً وبعد ذلك تعرضت لاختبار التحميل، أما إذا زاد التحميل وأصبح مستوى الإجهادات أكبر وبعد ذلك تم التسخين فالمقاومة تكون أقل من حالة تسخين العينة أولاً ثم تعريضها للتحميل.

أما بالنسبة لسلوك فولاذ التسليح المعرض للحريق فقد أوضح الكود العربي السوري [5] وغيره من الكودات العالمية أن الفولاذ المدلفن على الساخن يعطي مقاومة أعلى للحريق من الفولاذ المدلفن على البارد، إذ أن مقاومة النوع الأخير تنخفض كثيراً مع ارتفاع درجة الحرارة، الشكل (3) الخط العلوي يشير للفولاذ المدلفن على الساخن والخط السفلي للفولاذ المدلفن على البارد، حيث نلاحظ تأثير الحرارة العالية على حديد التسليح والانخفاض الكبير الذي يحدث في مقاومة فولاذ التسليح عند درجات الحرارة المرتفعة، لدرجة أن نصف مقاومة الخضوع الأصلية يفقدها فولاذ التسليح إذا ارتفعت حرارته إلى 550 درجة مئوية. ولا ارتفاع درجة الحرارة دور أيضاً في تخفيض قيمة معامل المرونة للفولاذ، إذ يوضح الشكل (4) التناقص في قيمة معامل مرونة الفولاذ حيث أنه عند ارتفاع درجة الحرارة إلى حوالي 550 درجة مئوية نلاحظ تناقصاً في قيمة معامل المرونة ليصبح حوالي (70%) من قيمته الفعلية ويزداد التناقص بارتفاع درجة الحرارة.



الشكل (3): تأثير الحرارة على الفولاذ المدلفن على الساخن والبارد



الشكل (4): انخفاض معامل مرونة الفولاذ مع ارتفاع درجة الحرارة

مما سبق نلاحظ أن تعرض العناصر الإنشائية للحريق يغير في مواصفات المواد المكونة لهذه العناصر ويؤثر على سلوكيتها تحت تأثير الأحمال المختلفة ويخفض من مقاومة المواد لتحمل الإجهادات المختلفة ويزيد من تشوهاتها اللدنة. وبالتالي نجد أنه من الضروري إعادة تقييم قدرة تحمل العناصر التي تعرضت لدرجات حرارة عالية نتيجة

الحريق عن طريق المعاينة البصرية للمنشأة المتضررة وإجراء الاختبارات والدراسات اللازمة وتحديد مدى صلاحيتها للاستثمار اللاحق.

4. المعاينة البصرية للمنشأة المعرضة للحريق:

بعد تعرض المنشأة للحريق لابدّ من إلقاء النظر والتجول داخل المنشأة لتقديم انطباعاتاً أولاً عن مدى الضرر الحاصل وعلى مدى أهمية علاج هذه المنشأة ووضع خطة أولية للعمل ومعرفة إذا كان هناك جدوى من ترميم هذا المبنى أم لا، لأنه عادةً ما تكون الأنقاض والمخلفات هامة في معرفة سبب الحريق ومساره ودرجة الحرارة التي وصل إليها، ولا بدّ من الإشارة إلا أن المعاينة البصرية تعتمد بدرجة كبيرة على خبرة القائم بفحص الضرر اللاحق بالبيتون بعد الحريق، والهدف من الفحص البصري يمكن أن يشمل:

1- تقدير درجة حرارة الحريق ويمكن أن تساعد المواد الموجودة في مكان الحريق من توقع زمن الحريق وخاصة المخلفات الخشبية.

2- التوصية بالاختبارات اللازمة.

3- تحديد العناصر البيتونية التي يلزم استبدالها والتي حدث بها تشققات كبيرة لدرجة واضحة نتيجة لخضوع فولاذ التسليح.

واللحصول على تقدير أولي لخطر الحريق يمكن تقدير درجة الحرارة من خلال لون البيتون، فاللون الزهري يحدث عند درجات حرارة حوالي (300 درجة مئوية) نتيجة تفكك مركبات فولاذ التسليح في بعض أنواع الحصى خاصة النوع السيليسي، أما اللون البيج أو الكريمي فلا يحدث إلا عند درجات أكبر من (600 درجة مئوية)، ويجب الانتباه جيداً أثناء إجراء المعاينة البصرية لضرورة إجراء بعض الاختبارات لمواد بناء المنشأة

وذلك لتقدير وتأكيد المقامات المتبقية في المنشأة ويمكن أن تكون طرق الاختبار المستعملة طرقاً غير متلفة تتضمن

أخذ عينات من العناصر المتضررة وكذلك عينات من العناصر غير المتضررة من المنشأة لضرورة

المقارنة والمراقبة وفي هذه المرحلة من الضرورية الحصول على المخططات التنفيذية

للمبنى إن كان ذلك ممكناً، فهذا يسمح لنا بتقييماً وتخميناً لكيفية قيام المنشأة

بنقلا لأحما للمؤثرة عليهم جراء الحريق. وفي بعض الحالات إذا كان تأثير الحريق منحصراً في جزء من المنشأة فمن الضروري اتساع المعاينة وشمولها لأجزاء أخرى من المنشأة لمتعرض لخطر الحريق مباشرة لأنهمنا الممكن حدوثاً عادة توزيعاً لحما لهذا العنصر الغير متأثر مباشرة وبشكل مخالف لما هو مصد ممعليه [6].

5. تقدير مدخورة الحريق:

يتم تقييم الأضرار وتقديرها بمرحلتين وهما: المعاينة التفصيلية الكاملة للمنشأة، والتأكد من مقدار المقاومة وقدرة تحمل العناصر الإنشائية ومقاومة المنشأة ككل للانهيار. وعند اختبار البناء المتعرض للحريق يجب توثيق الأمور التالية [7-11]:

- 1- تغير في لون السطح البيتوني.
 - 2- ظهور أو انكشاف فولاذ التسليح.
 - 3- ظهور تشوهات وتحنيب في قضبان فولاذ التسليح.
 - 4- قياس سعة الشقوق.
 - 5- تحريب في التماسك بين فولاذ التسليح والبيتون.
 - 6- تحديد المناطق المخربة وانسلاخ الطبقات البيتونية.
 - 7- تحديد التحنيب الحاصل في العناصر البيتونية.
- ولابد من الإشارة إلى أن التماسك بين البيتون وفولاذ التسليح ينخفض نتيجة تأثير الحرارة المرتفعة على الشكل التالي:

- 1- في حال كون التسليح أملس ينخفض التماسك بمقدار (25%) عند (100 درجة مئوية) وينهار التماسك عند (450 درجة مئوية).
- 2- في حال كون التسليح محلزن لا يتأثر التماسك حتى (200 درجة مئوية) وينخفض بمقدار (25%) عند درجة الحرارة (450 درجة مئوية).

ومناهما لإشارة إلى أنه يجب عدم رفع الأتقاضاً والحطام قبل تنفيذ المعاينة البصرية بمعناً وجود الأتقاض الدليل الحيوي لإعطاء دليل أو إشارة إلى درجة الحرارة التي تم الوصول إليها خلال الفترة الحريق خاصة أن أغلب المواد ذات مواصفات حرارية معروفة كدرجة الذوبان والليونة. ويوضح الجدول (1) طريقة مبسطة للاستدلال على درجة حرارة الحريق من حالة الأتقاض [6].

الجدول (1):

| درجة الحرارة (درجة مئوية) | الحالة | أمثلة الاستخدام | المادة |
|------------------------------|-------------------------------------|---|------------------------------|
| 120 225 | تلين ثم تنهار تذوب ثم تسيّل | حاويات الأطعمة، تغليف الأجهزة الكهربائية، مواد مالئة خفيفة foam | Polystyrene بولي ستيرين |
| 120 150 | تتفحم تلين ثم تذوب | حقائب أفلام، علب، دلو المياه | Polyethylene بولي إيثيلين |
| 200-130 250 | تلين تتحول إلى فقاعات | أغطية، اكسسوار | بوليإيثيلين ميثاكريلات |
| 300-200 250 | يسود لونها يذوب | خشب، ورق، قطن وصلات الأنابيب | سيللوز اللحم |
| 350-300 | يذوب والحواف تأخذ شكلاً دورانياً | أعمال الترميمات الصحية | الرصاص |
| 650-400 | يلين، يذوب | النوافذ، الأبواب | الألمنيوم |
| 800-700 850 1000 | يلين يتشكل بسهولة يذوب | زجاج النوافذ والأبواب | الزجاج |
| 950 | تذوب | المجوهرات | الفضة |
| 1000-800 | تذوب | الأقفال، المقابض | النحاس الأصفر |
| 1100 | تذوب | الأسلاك | النحاس الأحمر |
| 1200-1100 | تذوب | أغطية المجاري، بعض الأدوات الرياضية | الحديد الزهر |

الجدول السابق يوضح أهمية المعاينة البصرية في توصيف حالة المواد، وأهمية تغير اللون الحاصل في البيتون وبالتالي فإنه لمعرفة الانتشار الحراري في المقطع العرضي للعنصر الإنشائي عند التعرض لحريق قياسي أهمية كبيرة وخاصة أنه بإمكاننا ربط حدة

الحريق الطبيعي بحريق قياسي مكافئ، ويتم ذلك عن طريق مساواة المساحة تحت منحنى (حرارة - زمن) للحريق الطبيعي بمساحة تحت منحنى (حرارة - زمن) لحريق قياسي، ومنها يتم تحديد مدة الحريق القياسي المكافئ للحريق الطبيعي وفي الفقرة (6) نوضح الفرق بين هذين الحريقين.

وبالتالي فإنه بعد تحديد المعاينة البصرية والعيوب والتشوهات الحاصلة في البناء نتيجة الحريق يمكن تحديد درجة تضرر البناء وفق درجات التصنيف المدرجة في الجدول (2)[7].

الجدول (2):

| الرقم | العيوب والتشوهات | درجة التصنيف | | | | |
|-------|---------------------------------|---------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | الانحناء | ضمن الحدود المسموحة | | | | |
| 2 | تغير لون البيتون | لا يوجد تغير | حتى الزهري | من الزهري حتى الأحمر | حتى الأصفر الغامق | |
| 3 | انحناء في فولاذ التسليح | لا يوجد | انحناء في فولاذ التسليح بحدود 20 سم | انحناء في فولاذ التسليح لا تزيد عن 30 سم | انحناء في فولاذ التسليح بشكل كامل | |
| 4 | الشقوق في البيتون لا تزيد عن mm | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 1 | |
| 5 | انخفاض في مقاومة البيتون % | لا يوجد | 5 | 20 | 30 | |

6. أنواع الحرائق [13-14-16] :

يعتمد تحقيق التقدم في التصميم العلمي للمنشآت المقاومة للحريق بشكل أساسي على الفهم الدقيق للعلاقة بين طبيعة الحريق القياسي الذي سيتم الاعتماد عليه في البحث وبين الحريق الطبيعي. حيث تعتبر الحرائق القياسية أبسط نماذج الحرائق، ويتم التعبير عن

الحريق بعلاقات بسيطة تربط بين الحرارة والزمن، من سلبيات هذه الحرائق أنها لا تعبر بشكل أمثل عن الحرائق الطبيعية ولا تعتبر بشكل عام أخطر الحرائق التي يمكن أن يتعرض لها العنصر، فيمكن أن تنهار العناصر الإنشائية، التي كانت قد صممت تحت تأثير حريق قياسي، إذا تعرضت لحريق حقيقي.

نذكر من الحرائق القياسية والمتعارف عليها عالمياً في الأكواد-1 1991 BS EN PD 7974-1,2:

1. الحريق القياسي [4] ASTM E119: وهو حريق قياسي وفقاً للمواصفات الأمريكية لقياس أداء المواد والعناصر الإنشائية المختبرة بواسطة قياس مدة تحملها لهذا الحريق قبل الوصول إلى أول نقطة حرجة في تصرف تلك المواد أو العناصر المختبرة، ويعطى بالعلاقة (1):

$$T_g = 750 \cdot [1 - e^{(-3,79533 \sqrt{t})}] + 170,41 \cdot \sqrt{t} + T_0 \quad (1)$$

2. الحريق القياسي [9] ISO 834: وهو يعبر تماماً عن تطور حريق الحجرة compartment fire، ومعادلته موضحة بالعلاقة (2):

$$T_g = 345 \cdot \text{Log}_{10}(8 \cdot t + 1) + T_0 \quad (2)$$

3. الحريق الخارجي

$$T_g = 660 \cdot (1 - 0,687 \cdot e^{-0,32t} - 0,313 \cdot e^{-3,8t}) + 20 \quad \text{:external fire}$$

ويعطى بالعلاقة (3):

(3)

4. الحريق الهيدروكربوني hydrocarbon fire: ومعادلته موضحة بالعلاقة (4):

$$T_g = 1080.(1 - 0,325.e^{-0,167t} - 0,675.e^{-2,5t}) + 20 \quad (4)$$

5. ولابد من الإشارة إلى أن الكود PD 7974-1 اعتمد الحريق القياسي ISO834 السابق لكنه استعاض عن الحريق الهيدروكربوني بحريقين قياسييين آخرين هما:

- حريق لتجميع عدد كبير من المركبات الهيدروكربونية large pool hydrocarbon fire، ويعطى بالعلاقة (5):

$$T_g = 1100.(1 - 0,325.e^{-0,167t} - 0,204.e^{-1,417t} - 0,471.e^{-15,833t}) + 20 \quad (5)$$

- حريق داخن بدون لهب smoldering fire ويسمى أحياناً الحريق المتزايد ببطء slow growing fire، ويعطى بالعلاقة (6):

$$T_g = \begin{cases} 154.t^{0,25} + 20 & \text{for } 0 < t \leq 21\text{min} \\ 345.\log_{10}[B.(t-20)+1] + 20 & \text{for } t > 21\text{min} \end{cases} \quad (6)$$

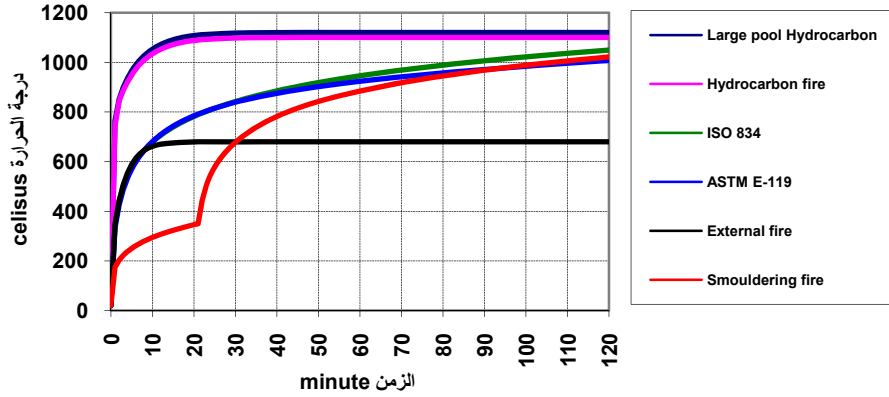
حيث:

T_g - درجة حرارة حجرة الحريق أو الحرارة قرب العنصر المختبر °C .

T_0 - درجة حرارة الوسط المحيط مقدرة بالدرجة المئوية Celsius °C .

t - الزمن مقدراً بالدقيقة في العلاقات (4) → (2) وبالساعة في العلاقة (1) .

وللمقارنة بين تلك الحرائق القياسية فقد تمّ رسم المنحنيات البيانية لها في الشكل (5):



الشكل (5): أنواع الحرائق القياسية

❖ في هذا البحث تم استخدام الحريق القياسي Hydrocarbon Fire . 7. الانتشار الحراري:

إن طريقة حساب توزيع درجة الحرارة ضمن العنصر هي طريقة تعتمد على منهجية تطبيق مبادئ حفظ الطاقة، حيث يتناسب معدل انتقال الحرارة بالتوصيل في اتجاه ما، تناسباً مباشراً مع ميل درجة الحرارة $(\frac{dT}{dx})$ ، أو ما يسمى بالتدرج الحراري (مقدار التغير في درجة الحرارة لكل مقدار واحد من الطول في ذلك الاتجاه). حيث صاغ العالم فورييه عام 1822 معادلة التدفق الحراري بالعلاقة (7)[10]:

$$q_x = -k \frac{dT}{dx}$$

تعتبر هذه المعادلة على أن التدفق الحراري q_x يساوي معدل انتقال الحرارة في الاتجاه x في مقدار واحدة المساحة المتعامدة مع اتجاه انتقال الحرارة. وأضيفت الإشارة السالبة لجعل انتقال الحرارة في الاتجاه x موجباً. ويعبر $\frac{dT}{dx}$ عن التدرج الحراري. المعادلة السابقة هي لمقدار واحدة المساحة، أما معدل انتقال الحرارة بالتوصيل خلال سطح A فيعطى بالعلاقة (8):

$$Q_x = q_x \cdot A$$

حيث:

K - معامل التوصيل الحراري [W]/[m].[K].

والشكل العام لمعادلة الانتشار الحراري لأي مادة تعطى بالعلاقة (9):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (9)$$

حيث:

ρ - الكثافة [Kg/m³].

c - الحرارة النوعية [J]/ [Kg].[K].

q - معدل التدفق الحراري [J]/m³.s.

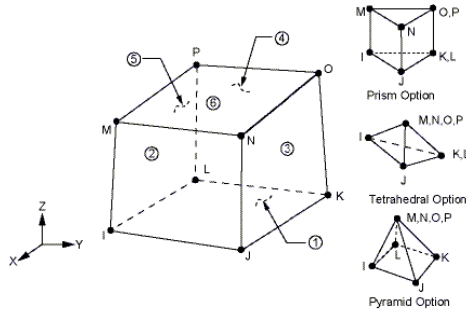
ولمعرفة الانتشار الحراري تم استخدام برنامج ANSYS حيث تعتبر نمذجة مادة لا خطية كالبيتون أمر معقد جداً وبتطور نظرية العناصر المحدودة أصبح بالإمكان معرفة تصرف البيتون بشكل جيد وتحديد أماكن توضع الشقوق وإظهار اجهادات الخضوع لفولاذ التسليح وغير ذلك. واعتبرت نظرية العناصر المحدودة من أفضل التقنيات العامة المستخدمة في التحليل العددي لمختلف أنواع المسائل الهندسية. وباستخدام البرامج الحاسوبية أصبح بالإمكان نمذجة العناصر الإنشائية ومعرفة سلوكها تحت تأثير عوامل مختلفة ومن أهمها الحريق، حيث يمكن من خلال النمذجة الحاسوبية معرفة التوزيع الحراري في المقطع العرضي للنموذج المدروس عند تعرضه لحريق معين. لذلك تم في هذا البحث استخدام برنامج ANSYS APDL V15.0 الذي يعتمد طريقة العناصر المحدودة القادر على تحليل سلوك العناصر الإنشائية على مستوى عالٍ من الدقة، وذلك من أجل معرفة التوزيع الحراري في مقطع عرضي لعمود عند تعرضه للحريق القياسي Hydrocarbon Fire.

8. بناء النموذج العددي باستخدام برنامج ANSYS:

بناء نموذج عددي باستخدام برنامج العناصر المحدودة ANSYS، يمر بالخطوات التالية: اختيار نوع العنصر الملائم، تعريف الثوابت الحقيقية للعناصر، إسناد خصائص المادة، نمذجة الشكل الهندسي وتقسيمه إلى عناصر هندسية، تطبيق الحملات وتعريف الشروط الطرفية، ضبط خيارات التحليل.

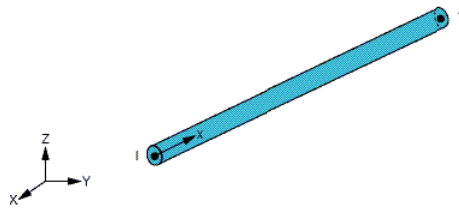
9. العناصر المستخدمة في النمذجة لإجراء التحليل الحراري [15]:

العنصر Solid70: استخدم العنصر الحجمي Solid70، الشكل (6)، لمحاكاة سلوك البيتون في التحليل الحراري. يمكن استعماله في الحالة الثابتة (steady state) أو الحالة العابرة (Transient). العنصر له ثمان عقد ولكل عقدة درجة حرية واحدة هي درجة الحرارة في كل عقدة.



الشكل (6): العنصر Solid70

العنصر Link33: العنصر الخطي Link33، الشكل (7)، له القدرة على نقل الحرارة بين عقده، لديه درجة حرية واحدة في كل عقدة وهي درجة الحرارة. يمكن استعمال العنصر Link33 في الحالة الثابتة (steady state) أو الحالة العابرة (Transient)، ويتم محاكاة فولاذ التسليح باستخدام هذا العنصر.



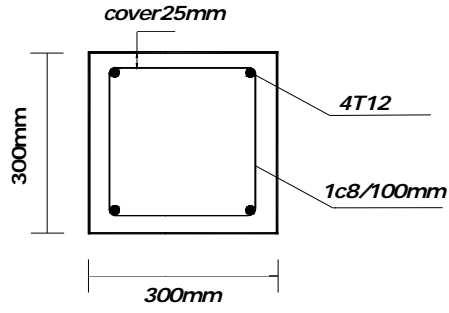
الشكل (7): العنصر Link33

الجدول (3): الخصائص الحرارية للعناصر المستخدمة

| الخصائص الحرارية للعناصر المستخدمة في التحليل الحراري | | | |
|---|---------|------------------------------------|--------|
| 1 | Solid70 | الكثافة [Kg/m ³] | 2300 |
| | | الحرارة النوعية [J]/ [Kg].[K] | 1100 |
| | | معامل التوصيل الحراري [W]/ [m].[K] | 1,2 |
| | | معامل التمدد الحراري | 1e-5 |
| 2 | Link33 | الكثافة [Kg/m ³] | 7850 |
| | | الحرارة النوعية [J]/ [Kg].[K] | 700 |
| | | معامل التوصيل الحراري [W]/ [m].[K] | 45 |
| | | معامل التمدد الحراري | 1,3e-5 |

10. نتائج التحليل الحراري:

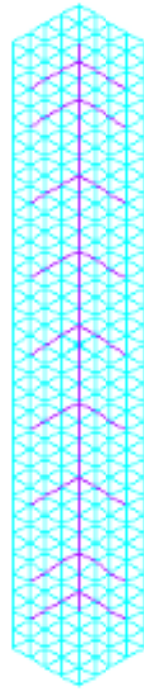
لقد تمت نمذجة عمود بيتوني بأبعاد (30*30*100 cm) موضح في الشكل (8) حيث تمت الاستفادة من خاصية التناظر ونمذجة ربع العمود حيث يؤدي هذا الإجراء إلى توفير الوقت والإقلال من حجم الذاكرة المستخدمة في الحاسب. أما الأشكال (9) و(10) فتوضح نمذجة المقطع الطولي، وتوضيح نمذجة التسليح الطولي والعرضي باستخدام برنامج [13] ANSYS. والأشكال (11-12-13-14) توضح العناصر المستخدمة وتابع الحريق القياسي المستخدم في البرنامج وتعريف المواد والثوابت الحقيقية على التوالي. وأدرجت نتائج التحليل الحراري في الأشكال من (15) حتى (20)، والتي توضح انتشار الحرارة في المقطع العرضي لربع العمود المعرض للحريق القياسي المستخدم وذلك للفترة الزمنية (20-30-60-90-120-180) دقيقة وتم تمثيل الاستجابة الحرارية لنقطتين من النموذج المدروس في الشكل (21).



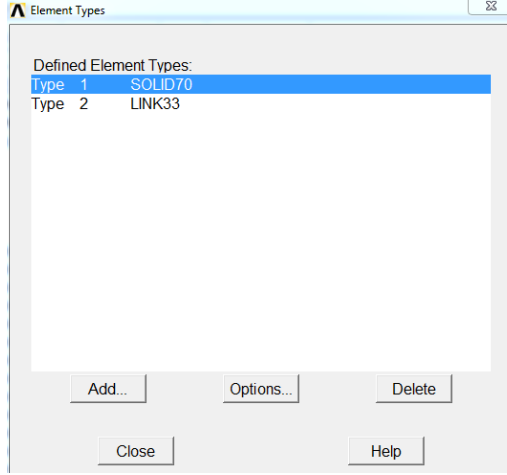
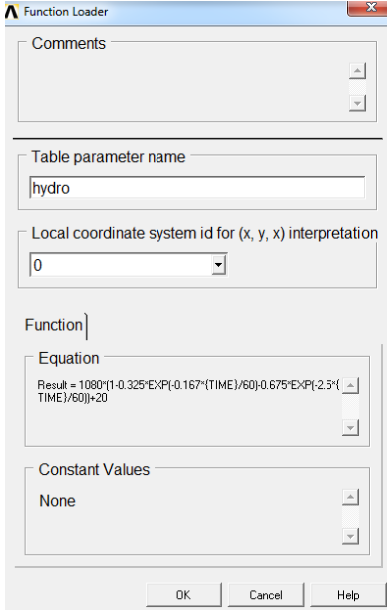
الشكل (8): مقطع عرضي للنموذج



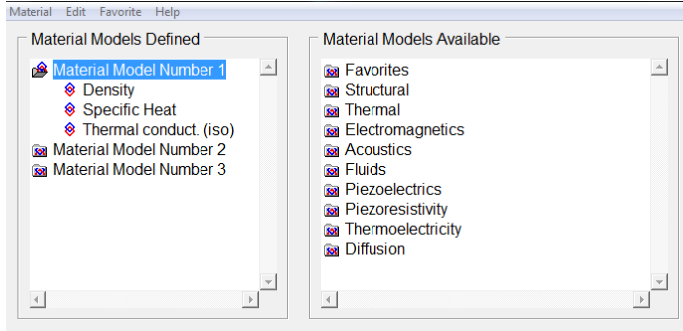
الشكل (10): التسليح الطولي والعرضي



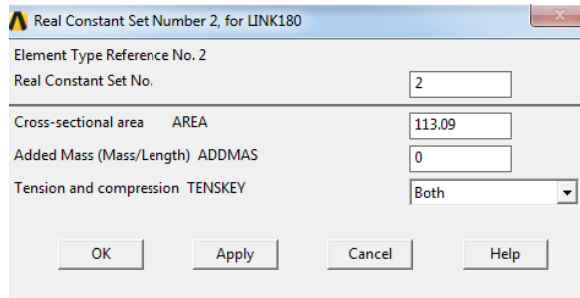
الشكل (9): النموذج الحاسوبي لربع العمود



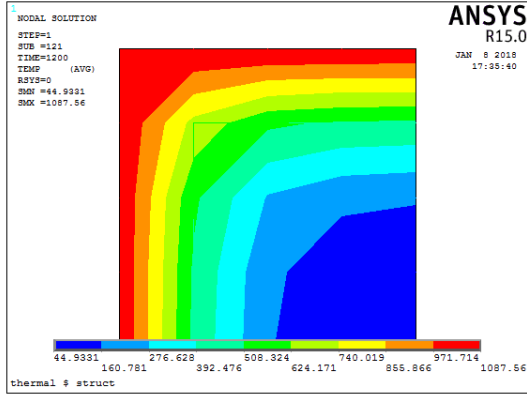
الشكل (11): العناصر المستخدمة الشكل (12) نموذج تابع الحريق المستخدم



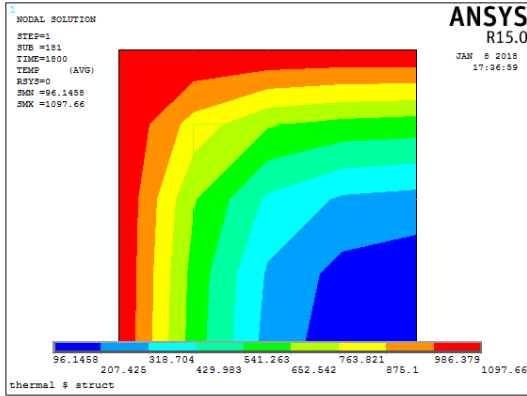
الشكل (13): المواد المستخدمة



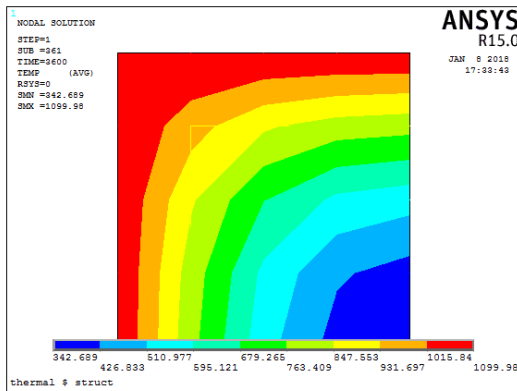
الشكل (14): الثوابت الحقيقية للتسليح الطولي بقطر 12 mm



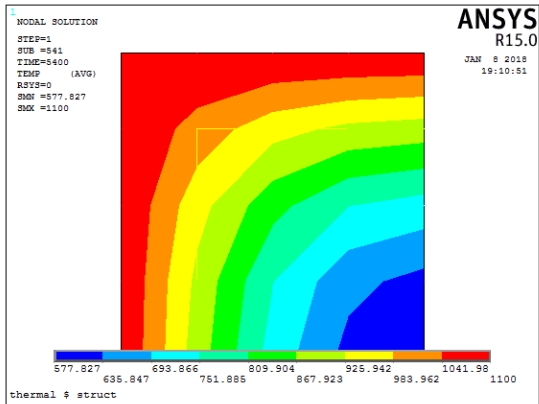
الشكل (15): التوزيع الحراري عند 20 دقيقة



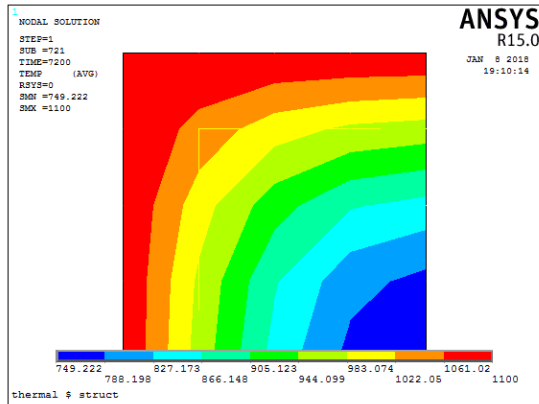
الشكل (16): التوزيع الحراري عند 30 دقيقة



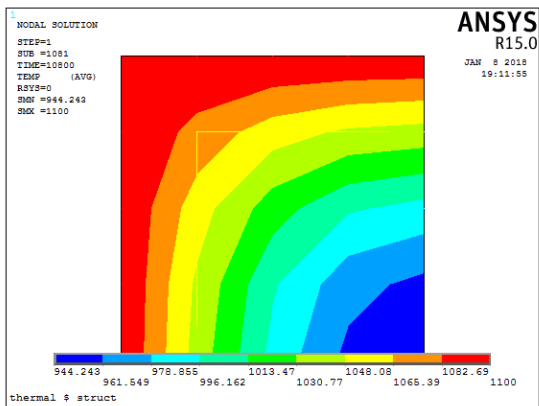
الشكل (17): التوزيع الحراري عند 60 دقيقة



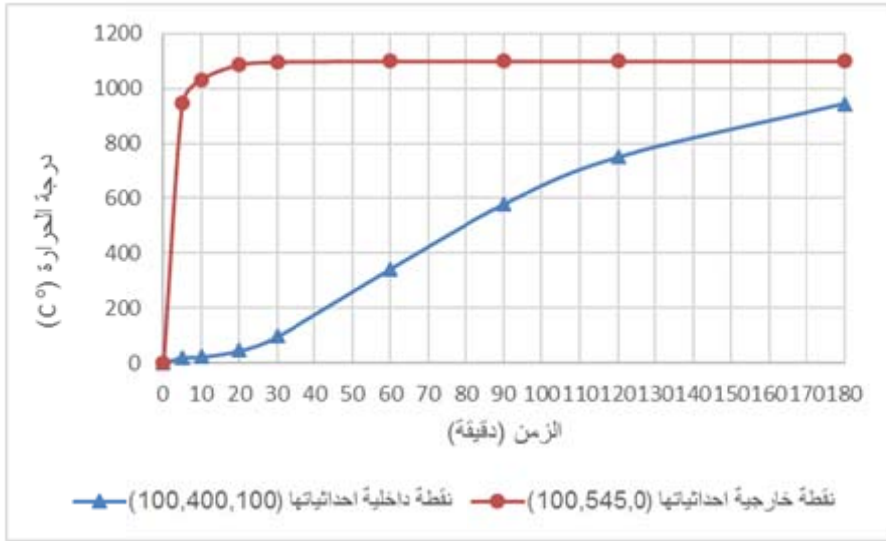
الشكل (18): التوزيع الحراري عند 90 دقيقة



الشكل (19): التوزيع الحراري عند 120 دقيقة



الشكل (20): التوزيع الحراري عند 180 دقيقة



الشكل (21): الاستجابة الحرارية لنقطتين داخلية وخارجية

11. الاستنتاجات:

- 1- تبين الأشكال من (15) حتى (20) أنّ التوزيع الحراري منطقي في المقطع العرضي حيث نلاحظ تناقص الحرارة تدريجياً باتجاه الداخل (النواة البيتونية).
- 2- ومن الشكلين (17،20) نلاحظ أن الحرارة في منتصف العمود بعد ساعة من التعرض للحريق القياسي Hydrocarbon Fire وثلاث ساعات بلغت (944,243342,-689) درجة مئوية (على التوالي ، وهذا يؤدي إلى انخفاض معامل المرونة للبيتون ليصبح (80%) من قيمته الفعلية بعد ساعة من التعرض للحريق، وينخفض إلى (10%) من قيمته الفعلية بعد 3 ساعات من التعرض للحريق وذلك وفقاً للشكل (1)، وكذلك نلاحظ أن مقاومة الضغط للبيتون تنخفض لتصبح أقل من (10%) من قيمته الفعلية وفقاً للشكل (2) وذلك بعد 3 ساعات من التعرض للحريق القياسي Hydrocarbon Fire، وذلك عند أبعاد محددة للمقطع العرضي.

3- باستخدام برنامج ANSYS يمكننا نمذجة الحريق القياسي وبذلك نأخذ فكرة واضحة للتوزيع الحراري في المقطع وهذا يساعد في تقييم الحريق لاتخاذ الإجراءات المناسبة.

12. التوصيات:

- 1- إجراء دراسات تحليلية باستخدام برنامج ANSYS لمقطع مستو بدلاً من المقطع الحجمي، لتوفير الوقت والجهد.
- 2- القيام بدراسات تحليلية لتوضيح تأثير عزل السطح على توزع الحرارة في المقطع العرضي للأعمدة.

References

- 1- ASTM. International, "Building Construction," vol. 04.11, p. E119, 2004
- 2- Abrams M,S., "Compressive Strength of Concrete at Temperature to 1600°F," American Concrete Institute (ACI) SP 25, Temperature and Concrete, Detroit, Michigan, 1971.
- 3- Malhotra, H.L., "The effect of temperature on the compressive strength of concrete", Magazine of Concrete Research, v.8(22)(London,1956), 85-94.
- 4- Schneider, U., "Concrete at high temperatures-A general review" , Fire Safty Journal, The Netherlands (1988) 55-68.
- 5- الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة، دمشق، 2012
- 6- حرائق المنشآت الخرسانية، الحكم عليها واصلاحها، شركة الفتح للطباعة 1994.
- 7- تقييم وتقدير الحالة الفنية الإنشائية للأبنية، دم عبد الحميد كيخيا .جامعة دمشق
- 8-Eurocode4, Design of composite steel and concrete structures, part 1-2: General rules-structural fire design, 2005.11- ANSYS. Manuals, 2015.
- 9-D. Bernhart, "The Effect of support conditions on the fire Resistance of a Reinforced Concrete Beam," University of Karlsruhe, 2004.
- 10- انتقال الحرارة، دم علي العبدالله . منشورات جامعة البعث.
- 11- Manar Takla, "Behavior of concrete columns subjected to ASTM-E119 fire", "Journal of Al- Baath University ", Vol.39,2017.
- 12- kodur, F.P.C.,F.P.C.,Tien.C.W.,2003," Effect of strength and fiber reinforcement on fire resistance of high strength concrete columns vol 10.1061 ASCE.
- 13- Ihsan Tarsha, Manar Takla, "Effect of fire on confined concrete columns under axial loading", "International Knowledge Sharing LoadingmAdvance in physics", Vol.9,No.9,2017.
- 14- Ihsan Tarsha, Manar Takla, Ultimate load for composite column Subjected to ISO 834 fire, Journal of Al- Baath University, Vol.38, 2016.
- 15- ANSYS. Manuals, 2015.
- 16- Ihsan Tarsha, The Effect Of Fire Modeling on heat Distributions In Composite columns, journal AL-Baath University, Vol.32,2010.