

دراسة تأثير تغير البارامترات الهندسية المختلفة على أداء الوصلات المستخدمة في المنشآت المعدنية على الحريق لإيجاد تصاميمها المثلى بمساعدة الحاسب

الدكتور محمد غانم زهرة*

الدكتور تمام جميل سلوم**

مهند فائز نصره***

(تاريخ الإيداع 17 / 7 / 2018. قُبِلَ للنشر في 26 / 8 / 2018)

□ ملخص □

يقدم هذا البحث دراسة بمساعدة طريقة العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد و استخدام برنامج CATIA V5 لمعرفة سلوك وصلة جائر - عمود المستخدمة في المنشآت المعدنية عند درجات حرارة مرتفعة (على الحريق). في هذه المقالة سوف نقدم تحليل باستخدام طريقة العناصر المنتهية باستخدام برنامج CATIA V5 لتأثير البارامترات الهندسية المختلفة (سماكة الصفيحة ، قطر البرغي، أعصاب التقوية) على سلوك الوصلات المستخدمة في المنشآت المعدنية على الحريق. وتم دراسة تأثير عدد البراغي على الاجهادات و الانتقالات في الوصلة و مقارنتها بحالات اللحام وعرضنا أيضا دراسة تأثير استبدال أعصاب التقوية بلحام من الطرفين العلوي و السفلي على سلوك الوصلة المدروسة. وقمنا بدراسة وتحليل النموذج المدروس والحصول على مخططات التشوه والفسل الناتج عند درجات الحرارة العالية ومخططات الدوران ودرجات الحرارة التي توضح سلوك هذه الوصلة على الحريق بالإضافة إلى ذلك تم الحصول على مخططات الاجهاد و الانفعال للوصلة ومخططات الانتقال و الحمولة عند درجات حرارة مختلفة وسلوك هذه الوصلة عند هذه الدرجات المختلفة.

الكلمات المفتاحية: طريقة العناصر المنتهية ، وصلة عارضة إلى عمود، وصلات البراغي، سلوك الوصلات المعدنية على الحريق

* أستاذ في قسم هندسة التصميم و الانتاج كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية جامعة تشرين

**مدرس في قسم الهندسة الصناعية كلية الهندسة الميكانيكية جامعة حلب

*** طالب دكتوراه في قسم هندسة التصميم و الانتاج كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية جامعة تشرين

Study the effect of changing the different engineering parameters on the performance of the joints used in the metal structures on fire to find their optimal designs by CAD

Dr. Mohamad Ghanem Zahra *
Dr. Tammam Jamil Salloum **
Mouhanad Faez Nasra ***

(Received 17 / 7 / 2018. Accepted 26 / 8 / 2018)

□ ABSTRACT □

This research presents a study with the help of Finite Element Method and the use of CATIA V5 program to know the behavior of a permissible link - column used in metal structures at high temperatures (on fire). In this article we will present an analysis using the finite element method using the CATIA V5 program for the effect of different engineering parameters (plate thickness, screw diameter, reinforcement nerves) on the behavior of joints used in metal structures on fire. We also studied the effect of the number of bolts on the stresses and transitions in the link and their comparison with the welding cases. We studied and analyzed the studied model and obtained the deformation and failure schemes at high temperatures, the flow charts and the temperatures that show the behavior of this link to the fire. We also obtained the stress and strain schemes for the link and the transport and load schemes at different temperatures and the behavior of this link at these different temperature>

Key Words: Finite Element Method, CAD, Fire Analysis in Metal Structure,

*Professor - Design and Production Engineering Dep -Mechanical & Electrical college- Tishreen University- Lattakia – Syria

** Assistant Professor – Industrial Engineering Dep, Mechanical college - Aleppo University- Aleppo – Syria-

***Postgraduate Student - Design and Production Engineering Dep -Mechanical & Electrical college- Tishreen University- Lattakia – Syria

مقدمة

إن وصلات الصفائح التي تعتمد على البراغي مستخدمة بكثرة في البنى المعدنية كوصلات مقاومة للعزم، وتستخدم كبديل للصفائح الملحومة كلياً المستخدمة في الإطارات والجسور المعدنية، هذه الصفائح مؤلفة من صفيحة ملحومة على نهاية العارضة ومثبتة ببراغي على وصلة العمود. سلوك وصلات الصفيحة النهائية يؤثر بشكل كبير على القوى الداخلية والتشوه الكلي للبنية. مشكلة مرونة الوصلات وتأثيرها على أداء البنية المعدنية أصبحت الشغل الشاغل للباحثين. وصلات الصفائح النهائية تصنف على أنها وصلات نصف صلبة وذلك لأن مفهوم الوصلات الصلبة المثالية أو المثبتات المثالية هي مفهوم نظري بحت.

أجريت عدة أبحاث باستخدام الطرق التحليلية والتجريبية على الصفائح لتحديد طريقة دقيقة لتوقع سلوك الوصلات على الحريق والهدف الأساسي من هذه الدراسات هو تحديد و إيجاد مخططات العزم - دوران ودرجات الحرارة لأنواع مختلفة من الوصلات حيث قام الباحث S. Spyrou وآخرون في عام 2004 بالتحقق تجريبياً وتحليلياً من سلوك وصلات المنشآت المعدنية عند درجات حرارة مرتفعة حيث قام بدراسة عدة نماذج من الوصلات المعدنية على الحريق وحدد نمط الفشل لكل نموذج وتحقق من ذلك تجريبياً وقارن بين المخططات التي حصل عليها من الدراسة الرياضية مع المخططات التجريبية وقام بوضع موديل رياضي يوضح سلوك هذه الوصلات عند درجات الحرارة المرتفعة. [1]

قدم الباحث Block وآخرون في عام 2007 دراسة سلوك الوصلات المستخدمة في المنشآت المعدنية على الحريق حيث قام الباحث باشتقاق مصفوفة الصلابة بالاعتماد على نموذج النابض ومن ثام قام بإدراج النتيجة بنموذج العناصر المنتهية الغير خطية لطريقة فولكان حيث يساعد هذا النموذج بالتنبؤ بمخططات العزم دوران للوصلات المعدنية عند درجات الحرارة المرتفعة. [2]

عرض الباحث Wang وآخرون في عام 2007 بإجراء دراسة تجريبية على اربع عينات من وصلات جائز - عمود من الشكل H باستخدام الفرن وقام بدراسة تأثير اعصاب التقوية و سماكة الصفيحة على مقاومة الحريق وقد وضع نموذج رياضي يصف الحالات المدروسة وكانت النتائج التجريبية متطابقة مع النتائج التجريبية الى حد كبير. [3]

قدم الباحث Michal Strejček وآخرون في عام 2011 دراسة تجريبية لسلوك وصلة جائز وعمود مثبتين بالبراغي على الحريق بغرض التحقق من نتائج الموديل الرياضي حيث بينت النتائج تدهور في خصائص المواد والحصول على قوة محورية عالية عند درجات الحرارة العالية وهذا بدوره أثر بشكل كبير على استجابة العزم - دوران لهذه الوصلات كما يبدو جلياً في المخططات التي تم الحصول عليها من التجارب. [4]

قدمت الباحثة Santiago وآخرون في عام 2015 نموذج رياضي للتنبؤ بسلوك الوصلات المعدنية على الحريق وصولاً للفشل وبينت المراحل التي تمر بها هذه الوصلات عند درجات الحرارة المرتفعة وتشمل المنهجية التي قدمتها الباحثة دراسة تأثير تغير الحرارة العابرة الناتجة عن الحريق على الزمن وكيف يؤثر ذلك على تغيير القوى المطبقة على الوصلات وتعطي هذه المنهجية ارشادات و توجيهات لأخذها بعين الاعتبار عند تصميم الوصلات المعدنية وخصوصاً عند درجات الحرارة المرتفعة. [5]

أهمية البحث و أهدافه

إن الهدف الاساسي من هذا البحث هو تطوير نموذج عناصر منتهية ثلاثي الأبعاد موثوق لتحليل وصلات الصفيحة النهائية المعدنية المثبتة ببراغي عند درجات حرارة عالية (على الحريق) ومعرفة سلوك هذه الوصلة عند درجات حرارة

مرتفعة و الحصول على مخططات الاجهاد و الانتعال و مخططات الحمولة و الانتقال تحت تأثير درجات الحرارة المرتفعة والحصول على العلاقة بين قوة القص و الانتقال عند درجة الحرارة المحيطة و درجات حرارة مرتفعة متزايدة ودراسة تأثير البارامترات الهندسية (سماكة الصفيحة وقطر البراغي و وجود أعصاب تقوية) ودراسة تأثير اللحام وعدد البراغي على سلوك الوصلة.

طرائق البحث ومواده

يعتمد هذا البحث على المنهجية العلمية الحاسوبية باستخدام النمذجة والمحاكاة من خلال برنامج CATIA V5 و طريقة العناصر المنتهية وذلك لتحليل نتائج المحاكاة وصولاً إلى الأداء الأفضل من خلال دراسة سلوك الوصلات المستخدمة في المنشآت المعدنية عند درجات حرارة مرتفعة. حيث قمنا بدراسة عينات من صفيحة تصل بين الجائز والعمود بواسطة ثمانية براغي و قمنا بحساب العزم و الدوران والتوزيع الحراري والتشوهات وتحديد نمط الفشل المتوقع في هذه العينة وقمنا بدراسة العلاقة بين قوة القص و الانتقال عند درجة الحرارة المحيطة و عند درجات حرارة مرتفعة وقمنا بدراسة تأثير البارامترات الهندسية.

النتائج و المناقشة

1. نموذج العناصر المنتهية ثلاثي الأبعاد

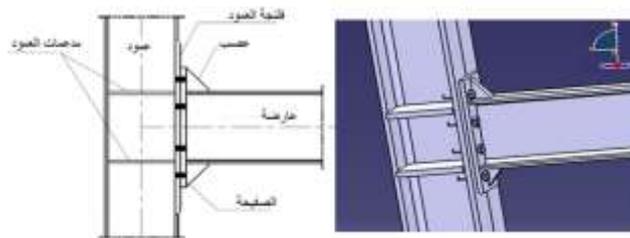
هدف هذه الدراسة هو تطوير نموذج عناصر منتهية ثلاثي أبعاد عن طريق محاكاة اتصال الصفيحة بالعمود. إن محاكاة وصلة نصف صلبة يساعد على تنبؤ الأداء الحقيقي للوصلات تحت الأحمال المتزايدة ودراسة خصائص الوصلات عند درجات الحرارة العالية.

لقد تم بناء النموذج على برنامج [6] CATIA V5 لمحاكاة وصلات الصفائح المثبتة ببراعي تحت تأثير الأحمال الحرارية. حيث ان الجدول رقم 1 يبين مواصفات الجائز و العمود

الجدول 1 : مواصفات الجائز والعمود

أبعاد المقطع	عرض الصفيحة	سماكة الصفيحة	
240	200	12	الجائز
240	250	12	العمود

في النموذج الحالي تكون جميع القطع متضمنة العارضة، العمود، الألواح، والبراغي. قد تم رسمها و تصميمها على برنامج CATIA V5 في البيئة الثنائية و البيئة الثلاثية الأبعاد كما في الشكل رقم 1

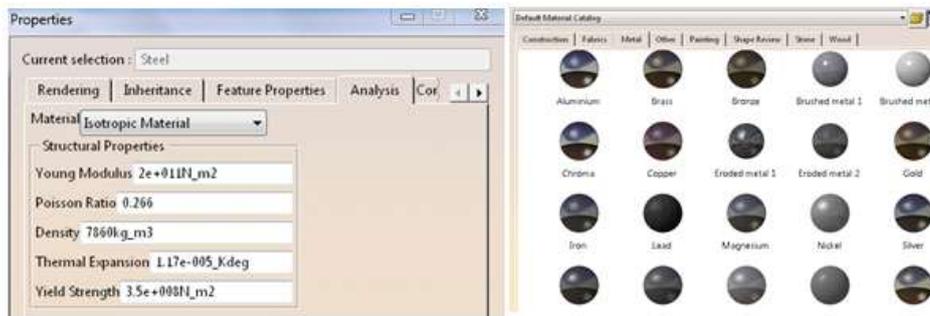


الشكل 1 : شكل النموذج المدروس

حيث انه بعد رسم و تصميم النموذج الثلاثي الابعاد تم ادخال المواصفات الميكانيكية لمادة كل قطعة من القطع المكونة للوصلة من قائمة Apply Material كما هو مبين بالشكل 2 و يبين الجدول 2 المواصفات الميكانيكية للمواد المستخدمة في الوصلة المدروسة

الجدول 2 : المواصفات الميكانيكية لمواد القطع الهندسية المكونة للوصلة المدروسة

المادة	اجهاد الخضوع MPa	اجهاد الشد MPa	قوة الشد المسبقة للبراغي KN
الفولاذ – الجائز والعمود و الصفيحة	390 – 350	570 – 550	–
الفولاذ- البراغي	990 – 960	1190 – 1150	240 – 180



الشكل 2 كيفية اختيار مادة القطع الهندسية ومواصفاتها الميكانيكية

2. الموديل الرياضي للوصلة المدروسة

يبين الشكل 3 الموديل الرياضي لوصلة جائز عمود مزود بصفيحة جبهية وخاضعة لتأثير حملات شادة أو ضاغطة N تعادل نسبة مئوية من المقاومة اللدنة للجائز والى عزم انعطاف M ناتج عن القوة W. من الشكل نستنتج أن:

$$W \cdot L1 = F1 \cdot L2 + F2 \cdot L3 \quad (1)$$

$$\frac{F1}{L2} = \frac{F2}{L3} \quad (2)$$

وتعطى قوة القص بالعلاقة التالية:

$$P1 = \frac{F2}{n} + \frac{W}{\mu n} \quad (3)$$

والقوة الناظمية بالعلاقة التالية

$$P2 = \frac{F2}{n} + \frac{W}{n} \quad (4)$$

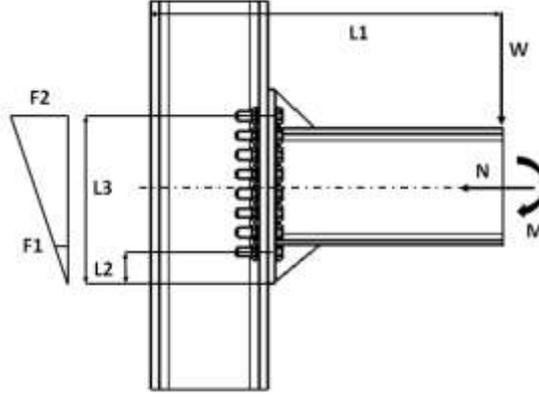
حيث أن: L1 هي المسافة بين نقطة تأثير القوة W نهاية العمود

L2 المسافة بين الطرف السفلي للصفيحة الجبهية ومحور البرغي السفلي الاول

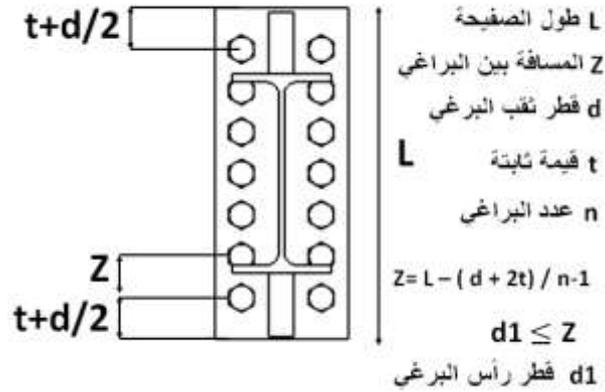
L3 المسافة بين الطرف السفلي للصفيحة الجبهية ومحور البرغي العلوي الاخير

n عدد البراغي

تم اختيار القوة F2 في الحساب لأنها القوة الابعد وتكون متضمنة القوة F1



الشكل 3 الموديل الرياضي للوصلة المدروسة



الشكل 4: المسافة بين البراغي حسب عدده و طول الصفيحة و قطر البرغي

يبين الشكل 4 كيفية حساب المسافة بين البراغي والموضح بالعلاقة التالية

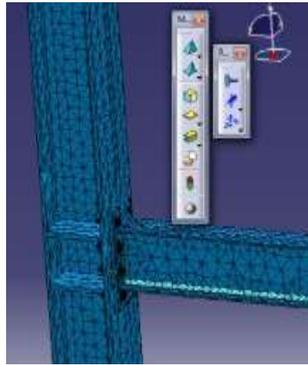
$$Z = L - (d + 2t) / (n - 1)$$

حيث أن L طول الصفيحة و d قطر البرغي و t قيمة ثابتة و n عدد البراغي كما هو موضح بالشكل 38 بحيث أن $d1 \leq Z$ حيث أن d1 هو قطر رأس البرغي

3. نتائج النمذجة والمحاكاة

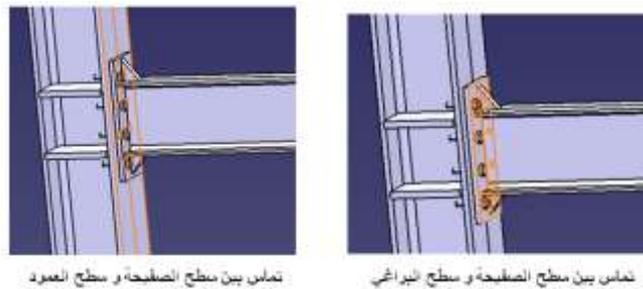
بعد رسم وتصميم القطع المكونة للنموذج المدروس في بيئة Part Design ومن ثم تجميع قطع النموذج في بيئة Assembly Design قمنا بالانتقال إلى بيئة التحليل و المحاكاة Analysis and Simulation وأول خطوة في هذه البيئة هو توليد شبكة العناصر المنتهية (Mesh) حيث تعتبر طريقة العناصر المنتهية من أهم الطرق لدراسة سلوك الوصلات المعدنية وكان لهذه الطريقة في السنوات الاخيرة دور كبير في دراسة سلوك الوصلات المعدنية عند درجات الحرارة المرتفعة حيث ان النمذجة الدقيقة لعناصر الوصلة بالإضافة إلى المحاكاة الواقعية لفشل الوصلات عند زيادة درجة الحرارة ضرورية جدا للحصول على نتائج مقبولة حيث ان هناك عوامل هامة تؤثر على دقة التحليل باستخدام طريقة العناصر المنتهية منها حجم الشبكة الأمثل (شبكة العناصر المنتهية) وخصائص وسلوك مادة البراغي المستخدمة وطريقة اختيار العناصر و المواد و الاهم من كل ذلك الاختيار الصحيح لطبيعة الاتصال بين هذه العناصر حيث ان الميزة الاساسية لطريقة العناصر المنتهية التي تتميز بها عن بقية طرق النمذجة الاخرى هي ان سلوك الوصلة يمكن التنبؤ به عند فشل كامل المنشأة وتبين طريقة الفشل لكل جزء من اجزاء الوصلة. حيث أن نماذج

العناصر المنتهية المتاحة التي تم تطويرها من قبل العديد من المهتمين بهذا المجال تستخدم للتنبؤ باستجابة الوصلات المعدنية عند درجات الحرارة العالية مع الأخذ بعين الاعتبار الشكل الهندسي و لا خطية المواد المستخدمة . استخدمت نظرية العناصر المنتهية لدراسة خصائص منحنيات العزم- دوران لوصلات جائر عمود عند قوى مركزة ودرجات حرارة مرتفعة ودراسة أنماط الفشل لوصلات مختلفة ومقارنتها مع النتائج التجريبية. حيث تم تقسيم الوصلات إلى شبكة دقيقة ناعمة مع عدد كبير من عناصر متناهية في الصغر. حيث تم استخدام شبكة ناعمة و أكثر دقة في منطقة الوصلة حيث يكون توزع الاجهادات و الانفعال كبيرا في حين تم استخدام شبكة خشنة في المناطق البعيدة عن الوصلة حيث تكون مستويات الاجهادات منخفضة حيث أن هذه النمذجة تؤدي إلى نتائج دقيقة في منطقة الوصلة وهي المنطقة ذات الأهمية الرئيسية. يبين الشكل 5 شبكة العناصر المنتهية للعناصر المكونة للوصلة في البيئة ثلاثية الأبعاد



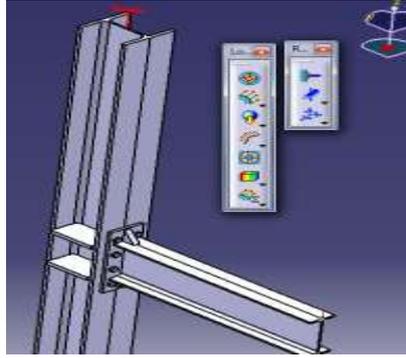
الشكل 5: شبكة العناصر المنتهية التي تم توليدها باستخدام البرنامج

بعد ذلك تم نمذجة الاتصال بين الأجزاء المختلفة للنموذج والذي يعتبر هو من اهم العمليات. فإذا لم يتم بالشكل الصحيح فلن تعكس نتائج التحليل سلوك النموذج الحقيقي. في حالة الاتصال بين اللوح الأخير وجسم العمود من الجهتين يمكن اعتبار الخاصيتين التاليتين: أولاً هو السلوك المماسي والسلوك العادي لاتصال السطوح لوجود سطوح انزلاق صغيرة. يمكن التعريف عن السلوك المماسي بمعامل احتكاك قيمته 0.3 في شكل ثابت الصلابة. السلوك العادي يعرف بالاتصال القوي. وهذه الخاصية تعتبر أن قيود الاتصال تحدث فقط عندما تكون السطوح متلامسة وليست ملتصقة. الأخرى هي عبارة عن قيد Bolt Tightening المستخدم في وصل البرغي أو الصامولة مع العارضة أو العمود الشكل 6



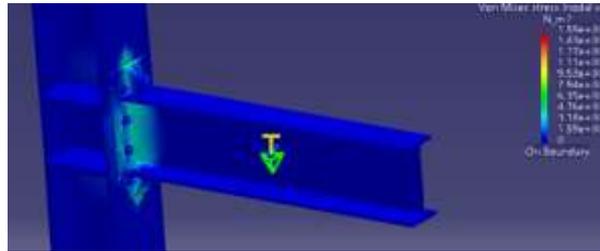
الشكل 6 : نوع الاتصال بين جسم الصفيحة و العمود والصفيحة والبراغي

بعد ذلك قمنا بوضع القيود المطلوبة على مكونات الوصلة مثل قيود الوثاقعة clamp وقيود البراغي وحددنا نوع الاتصال بين الصفيحة و العمود والصفيحة والبراغي كما هو مبين بالشكل 7

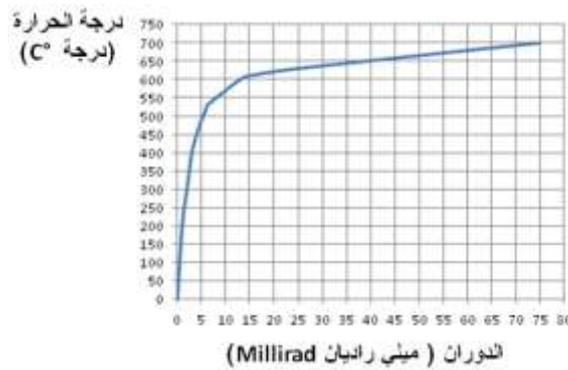


الشكل 7 : القيود المطبقة على الوصلة و تحديد بيئة عامل الاحتكاك في البرنامج Catia v5

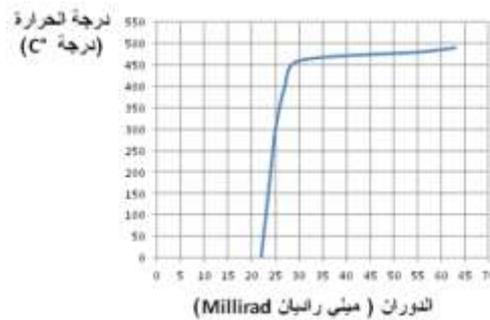
بعد ذلك قمنا بتحديد نوع الحمل الحراري من قائمة Loads ثم Temperature Filed



الشكل 8 : شكل التشوه الحاصل في الوصلة وتوزيع الاجهادات



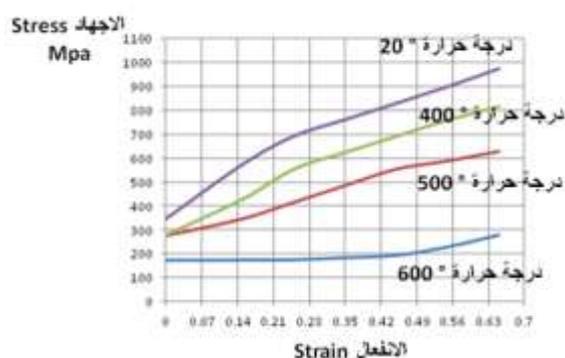
الشكل 9 : العلاقة بين الدوران و درجة الحرارة يظهر الفشل المتوقع للوصلة المدروسة عند درجات حرارة مختلفة



الشكل 10 : العلاقة بين الدوران و درجة الحرارة والذي يبين استجابة الوصلة عند درجات حرارة مختلفة

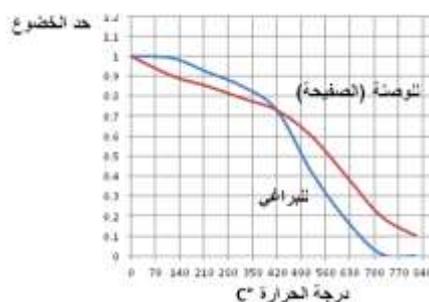
تبين الاشكال 8، 9، 10 النتائج الرقمية الواصفة لأنماط الفشل حسب طريقة العناصر المنتهية ومخططات العزم دوران عند درجات حرارة مرتفعة للوصلة المدروسة. يبين الشكل 8 أن البرغي العلوي الذي هو تحت تأثير اجهاد الشد المحوري لا يتمدد بشكل كافي وهذا ما يدل على ان البراغي تعامل على انها أجسام صلبة في طريقة العناصر المنتهية

وهذا يدل ايضا على ان مقاومة العزم في الوصلة تتخفف تدريجيا عند زيادة العزم المطبق و درجة الحرارة في ان واحد. يبين الشكل 11 منحنيات الاجهاد انفعال للوصلة المدروسة عند درجات حرارة مختلفة



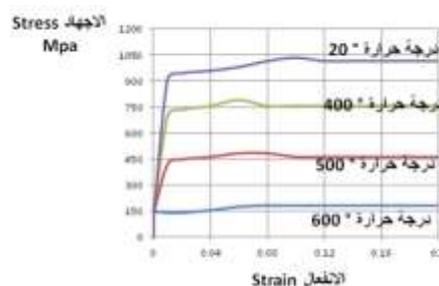
الشكل 11 : العلاقة بين الاجهاد و الانفعال للوصلة عند درجات حرارة مختلفة

يبين الشكل 12 العلاقة بين حد الخضوع لمعدن الوصلة و معدن البراغي عند درجات الحرارة المختلفة حيث نلاحظ انخفاض حد الخضوع للمادة مع زيادة درجة الحرارة . حيث نلاحظ من المخطط عند درجة حرارة 400 درجة مئوية تكون قيمة حد الخضوع للمادتين (الوصلة والبراغي) بحدود 0.8 وعند زيادة درجة الحرارة الى 600 درجة مئوية فإن حد الخضوع للوصلة ينخفض إلى النصف تقريبا أي يصبح بحدود 0.4 وأن حد الخضوع للبراغي ينخفض الى القيمة 0.2



الشكل 12 : العلاقة بين درجة الحرارة و حد الخضوع لمعدن الوصلة ومعدن البراغي

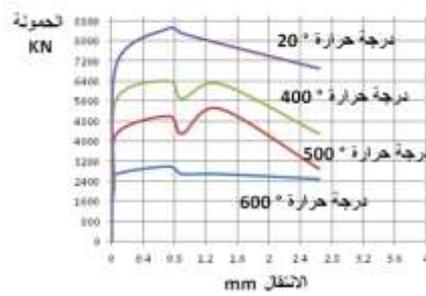
يوضح الشكل 13 العلاقة بين الاجهاد و الانفعال للبراغي عند درجات حرارة مختلفة متزايدة. حيث يعتمد معيار الفشل على قيمة الانفعال اللدن



الشكل 11 : العلاقة بين الاجهاد و الانفعال للبراغي عند درجات حرارة مختلفة

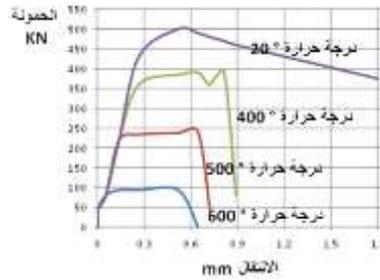
يبين الشكل 14 العلاقة بين الحمل المحوري والانتقال تحت الضغط عند درجات حرارة مختلفة متزايدة حيث ان هذه الحمولة المحورية مطبقة على الطرف الحر للوصلة. حيث تظهر النتائج أنه عند زيادة درجة الحرارة من 20 درجة مئوية إلى 400 درجة مئوية انخفضت فعالية الوصلة أو الاتصال بحدود 18% ومع زيادة درجة الحرارة من 400

درجة مئوية إلى 500 درجة مئوية انخفضت فعالية الوصلة بحدود 32% وعند زيادة درجة الحرارة إلى 600 درجة مئوية انخفضت فعالية الوصلة بشكل كبير بحدود 75%



الشكل 14 : العلاقة بين حمولة الضغط و الانتقال للوصلة عند درجات حرارة مختلفة

يبين الشكل 15 العلاقة بين الحمل المحوري في البراغي والانتقال تحت الضغط عند درجات حرارة مختلفة متزايدة عند تطبيق الحمل على الطرف الحر للجائز. وتبين هذه المخططات أن الصفيحة لها فعالية أكبر من البراغي ويمكن أن تتحمل تشوه أكبر قبل الفشل أو الانهيار.



الشكل 15: العلاقة بين حمولة الضغط و الانتقال للبراغي عند درجات حرارة مختلفة

يعتمد نمط الفشل في الوصلة المدروسة على الانخفاض النسبي في حد الخضوع مع زيادة درجة الحرارة لمادتي الوصلة و البراغي. حيث بينت النتائج السابقة أن مادة الوصلة ومادة البراغي يحافظان على 80% من فعالية حد الخضوع حتى درجة حرارة 400 درجة مئوية بعد ذلك فإن حد الخضوع في مادة البراغي ينخفض بشكل كبير و أسرع من حد الخضوع الوصلة. ولكن بعد درجة الحرارة 400 درجة مئوية فإن أنماط الفشل تعتمد بشكل كبير على السلوك المزدوج للوصلة والبراغي معا حيث أن نوع الفشل بعد هذه الدرجة هو من النوع الانهيار أو الفشل الناتج عن القص.

ويمكن أن نبين ان انماط الفشل الناتجة عن حمولة الضغط عند درجات الحرارة المختلفة المتزايدة كما يلي:

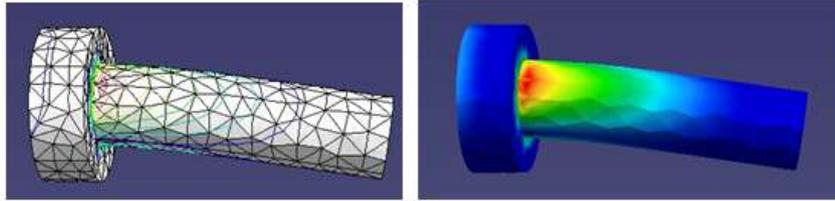
- عند درجة حرارة 20 درجة مئوية فإن الفشل يعود إلى التواء او انحناء الصفيحة ولا يلاحظ أي نوع من أنواع

الكسر كما هو مبين بالشكل 16



الشكل 16: نوع الفشل التواء أو انحناء الصفيحة

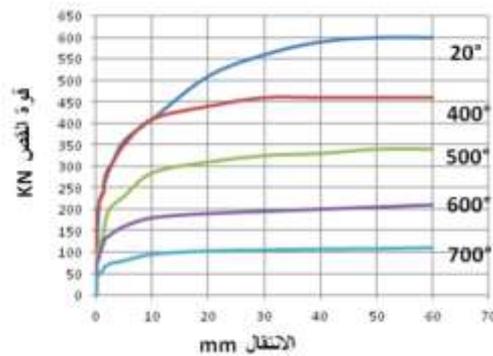
- عند درجات الحرارة 400 ، 500 ، 600 درجة مئوية فغن الفشل يعود إلى الكسر الناتج عن القص في البراغي ثم يلي ذلك التواء أو انحناء الصفيحة كما هو مبين بالشكل 17



الشكل 17: نوع الفشل الكسر الناتج عن القص في البراغي

دراسة العلاقة بين قوة القص Shear Force والانتقال Displacement

قمنا بدراسة العلاقة بين قوة القص و الانتقال عند درجات مختلفة للحرارة حيث يبين الشكل 18 العلاقة بين قوة القص و الانتقال عند درجة حرارة مختلفة متزايدة



الشكل 18: العلاقة بين قوة القص و الانتقال عند درجات حرارة متزايدة

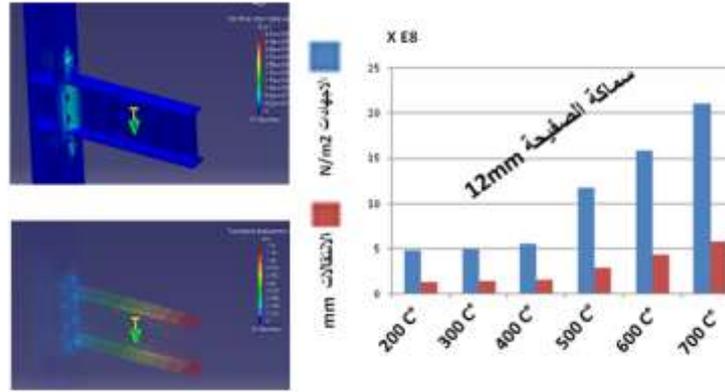
نلاحظ من المخططات السابقة أنه بزيادة درجة الحرارة فإن قوة القص تنخفض أي أن الفشل يتم عند قيم قوى قص أقل كلما زادت درجة الحرارة بمعنى اخر يمكن ان نقول أنه يزداد الانتقال عند قيم قوى قص اقل كلما زادت درجة الحرارة حيث أنه عند درجة حرارة 20° فإن الانهيار يحصل عند قوة قص بحدود 600 KN في حين عند درجة حرارة 400° فإن الانهيار يحصل عند قوة قص بحدود 400 KN وعند درجة حرارة 500° فإن الانهيار يحصل عند قوة قص بحدود 300 KN وعند درجة حرارة 600° فإن الانهيار يحصل عند قوة قص بحدود 200 KN وعند درجة حرارة 700° فإن الانهيار يحصل عند قوة قص بحدود 100 KN

البارامترات (المتغيرات) الواجب دراستها و المتعلقة بفشل الوصلة

من أجل انجاز الدراسة البارامتريية يجب تحديد متغيرات الدخول بشكل واضح و سوف ندرس تأثير سماكة الصفيحة وتأثير قطر البرغي و تأثير اعصاب التقوية على سلوك الوصلة بشكل مفصل

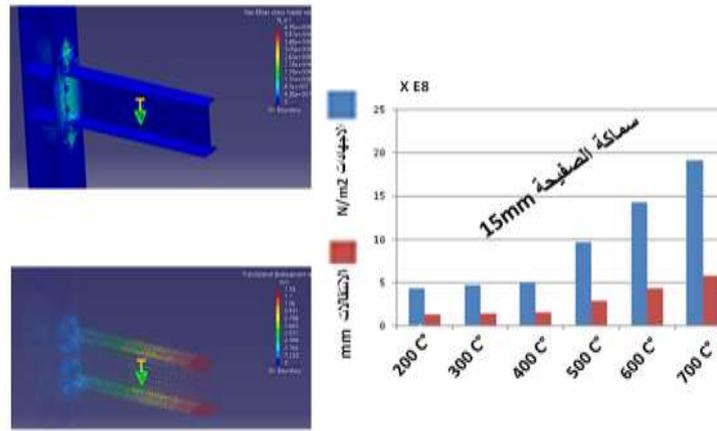
تأثير سماكة الصفيحة

إن الأشكال التالية تظهر تأثير سماكة الصفيحة على الاجهادات و الانتقالات حيث تم عرض كل وصلة مع ثلاث قيم من سماكات الصفيحة 12 mm و 15 mm و 18mm عند درجات حرارة متزايدة 200C°, 300 C°, 400 C° و الأشكال 19 يبين الاجهادات و الانتقالات حيث سماكة الصفيحة 12mm وبزيادة درجة الحرارة تزداد قيمة الاجهاد و تزداد قيمة الانتقال



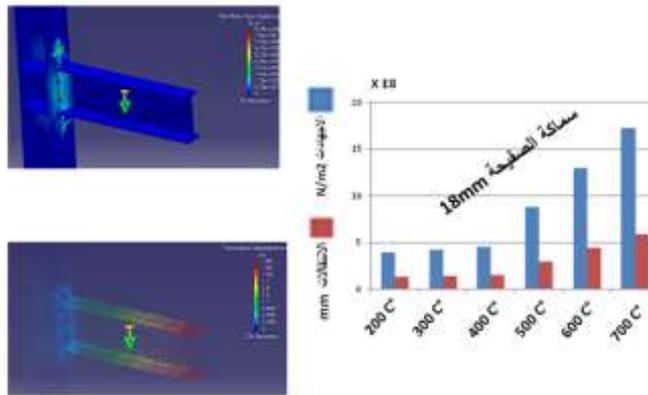
الشكل 19: الاجهادات والانتقالات لسماكة 12mm عند درجات حرارة مختلفة متزايدة

الشكل 20 يبين الاجهادات و الانتقالات حيث سماكة الصفيحة 15 mm ونلاحظ بزيادة درجة الحرارة تزداد قيمة الاجهاد و تزداد قيمة الانتقال



الشكل 20: الاجهادات والانتقالات لسماكة 15mm عند درجات حرارة مختلفة متزايدة

الشكل 21 يبين الاجهادات و الانتقالات حيث سماكة الصفيحة 18 mm ونلاحظ أنه بزيادة درجة الحرارة تزداد قيمة الاجهاد و تزداد قيمة الانتقال

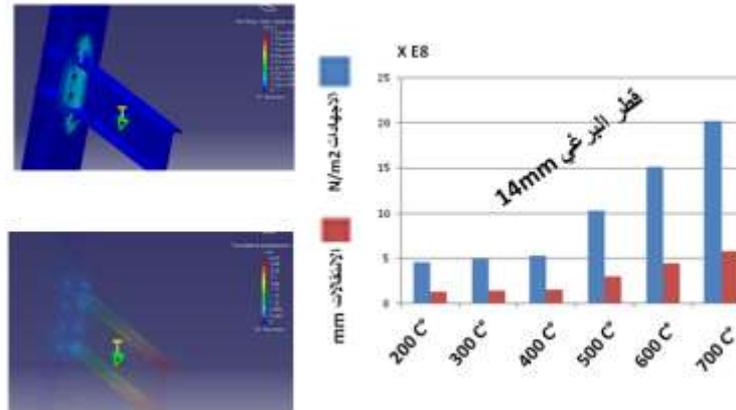


الشكل 21: الاجهادات والانتقالات لسماكة 18mm عند درجات حرارة مختلفة متزايدة

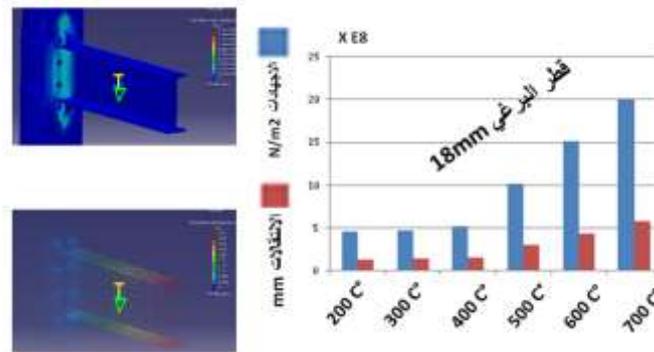
من الاشكال السابقة نستنتج أن أفضل حالة هي السماكة 18mm حيث أن عند درجة حرارة 700°C تكون أقل قيمة للإجهاد في حين أن السماكة 12mm عند درجة حرارة 700°C تكون أقل قيمة للانتقال. نلاحظ من المخططات السابقة أنه عند زيادة سماكة الصفيحة تقل قيمة الاجهاد في حين تزداد قيمة الانتقال عند درجات حرارة متزايدة

تأثير قطر البراغي

إن الأشكال التالية تظهر تأثير قطر البراغي على الاجهادات و الانتقالات حيث تم عرض كل وصلة مع ثلاث قيم من أقطار البراغي 14 mm و 18 mm و 22mm عند درجات حرارة متزايدة 200C°, 300 C°, 400 C°,500 C°,600 C°,700 C° الشكل 22 يبين الاجهادات و الانتقالات عند قطر 14mm ونلاحظ أنه بزيادة درجة الحرارة تزداد قيمة الاجهاد و تزداد قيمة الانتقال



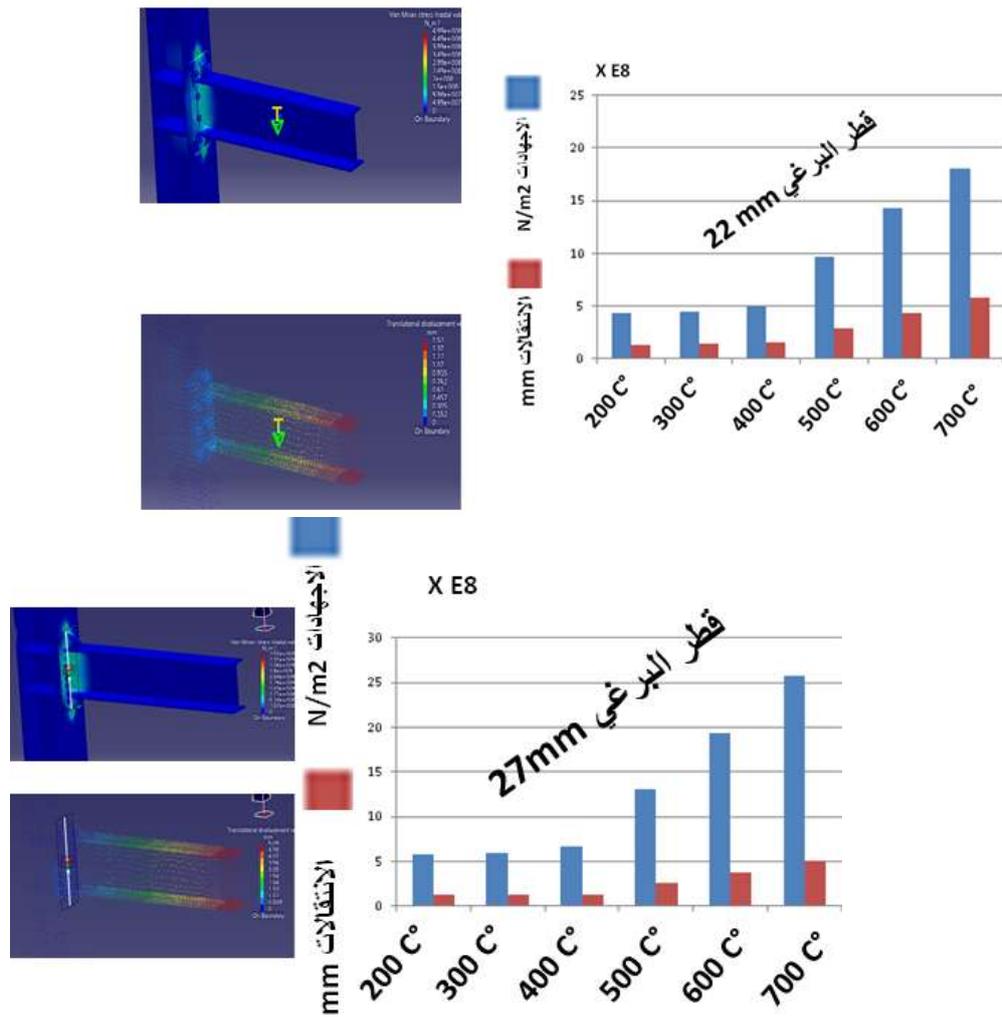
الشكل 22: الاجهادات والانتقالات لقطر 14mm عند درجات حرارة متزايدة



الشكل 23: الاجهادات والانتقالات لقطر 18mm عند درجات حرارة متزايدة

الشكال 23 يبين الاجهادات و الانتقالات عند قطر 18mm ونلاحظ أنه بزيادة درجة الحرارة تزداد قيمة الاجهاد و تزداد قيمة الانتقال

الشكال 24 يبين الاجهادات و الانتقالات عند قطر 22mm ونلاحظ أنه بزيادة درجة الحرارة تزداد قيمة الاجهاد و تزداد قيمة الانتقال

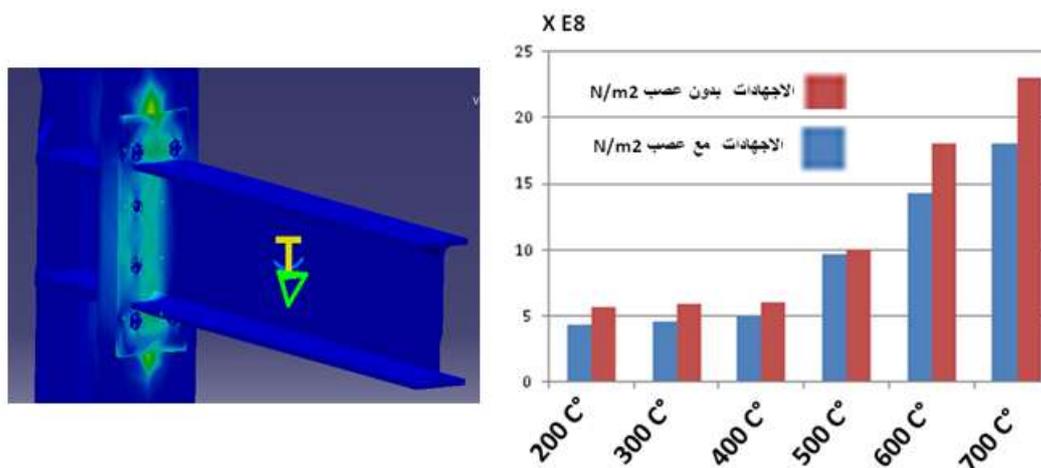


الشكل 24: الاجهادات والانتقالات لقطر 22mm عند درجات حرارة متزايدة

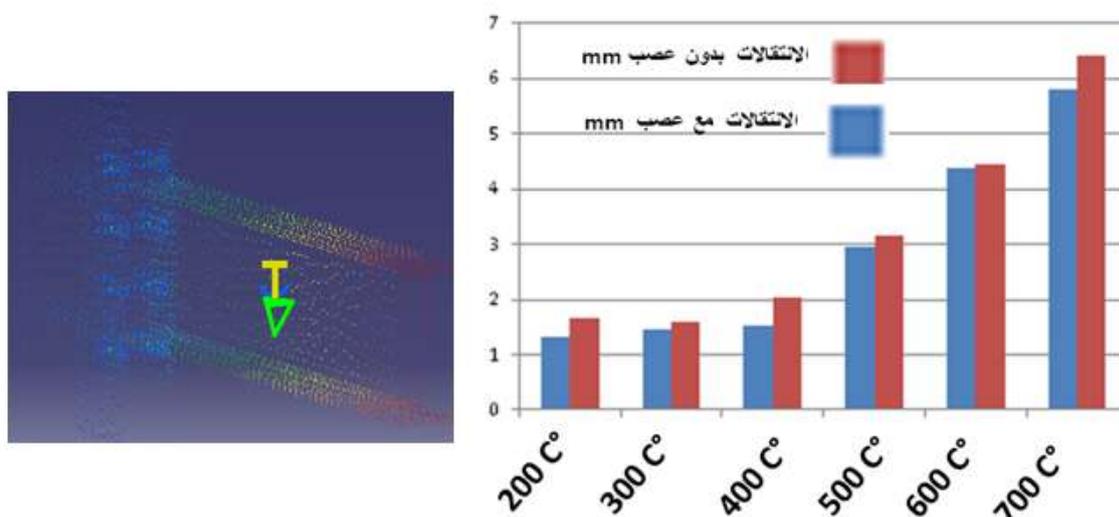
من الاشكال السابقة نستنتج أن أفضل حالة هي القطر 22mm حيث أن عند درجة حرارة 700°C تكون أقل قيمة للاجهاد و أقل قيمة للانتقال. و نلاحظ ايضا من المخططات السابقة أنه عند زيادة قطر البرغي تقل قيمة الاجهاد وتقل قيمة الانتقال حتى القطر 22mm وبعد هذه القيمة تزداد قيمة الاجهادات كما هو مبين عند القطر 27mm.

تأثير أعصاب التقوية

إن الشكلين 25 و 26 تظهر تأثير وجود أو عدم وجود أعصاب تقوية على الاجهادات و الانتقالات عند درجات حرارة متزايدة 200°C, 300 C°, 400 C°, 500 C°, 600 C°, 700 C°. من الشكل 25 نجد أن الاجهادات بدون وجود عصب تقوية تزداد بازدياد درجة الحرارة وأنه بوجود أعصاب تقوية تقل قيمة الاجهادات. من الشكل 26 نجد أن قيمة الانتقالات بدون وجود عصب تقوية تزداد بازدياد درجة الحرارة وأنه بوجود أعصاب تقوية تقل قيمة الانتقالات أيضا لذلك يفضل دائما تدعيم الوصلات بأعصاب تقوية.



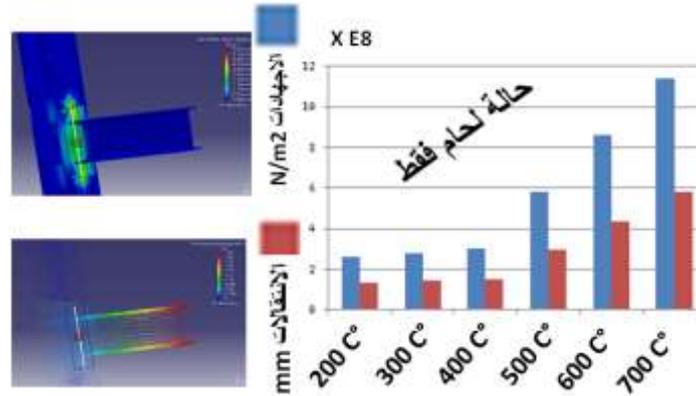
الشكل 25: الاجهادات للوصلة مع و بدون وجود عصب تقوية عند درجات حرارة متزايدة



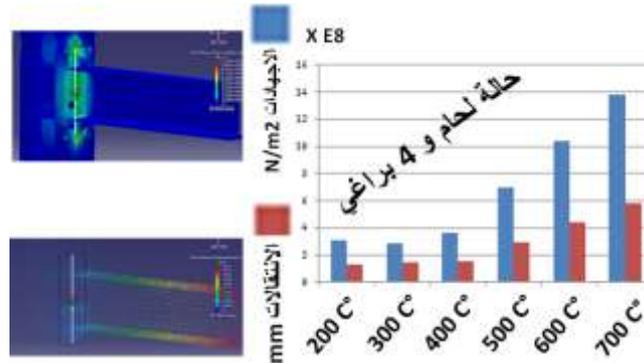
الشكل 26: الانتقالات للوصلة مع و بدون وجود عصب تقوية عند درجات حرارة متزايدة

تأثير عدد البراغي على الاجهادات و الانتقالات في الوصلة ومقارنتها بحالات اللحام

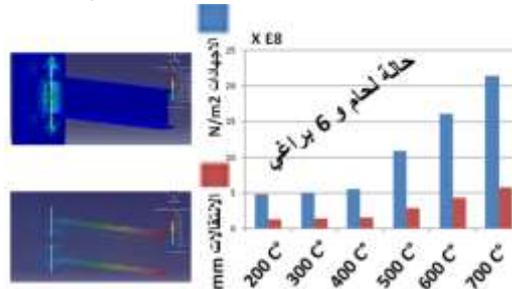
قمنا بدراسة اربع عينات مختلفة عند درجات حرارة مختلفة متزايدة حيث ان العينة الاولى هي أن الصفيحة لا تحتوي براغي و تتصل مع العمود عن طريق لحام حواف الصفيحة فقط في حين أن العينة الثانية تحوي على 4 براغي بقطر 22mm و لحام على كافة حواف الصفيحة والعينة الثالثة تحوي 6 براغي بقطر 22mm ولحام حواف الصفيحة والعينة الرابعة تحوي 8 براغي و لحام حواف الصفيحة وتم احراء التحليل باستخدام طريقة العناصر المنتهية على برنامج CATIA V5 وقمنا بالحصول على توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في كل عينة تبين الأشكال 27، 28، 29، 30 الاجهادات و الانتقالات عند درجات الحرارة 200°C، 300°C، 400°C، 500°C، 600°C و 700°C للعينات السابقة حسب الحالات التي ذكرناها سابقا



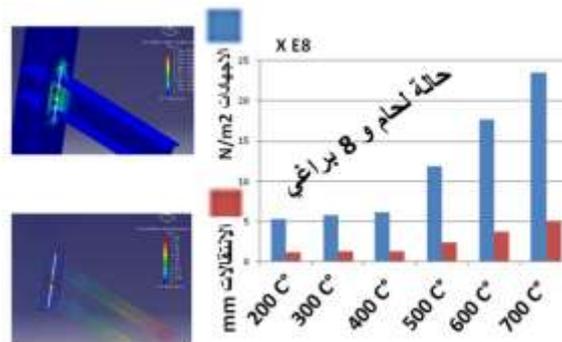
الشكل 27: الاجهادات والانتقالات عند درجات حرارة متزايدة في حالة لحام فقط



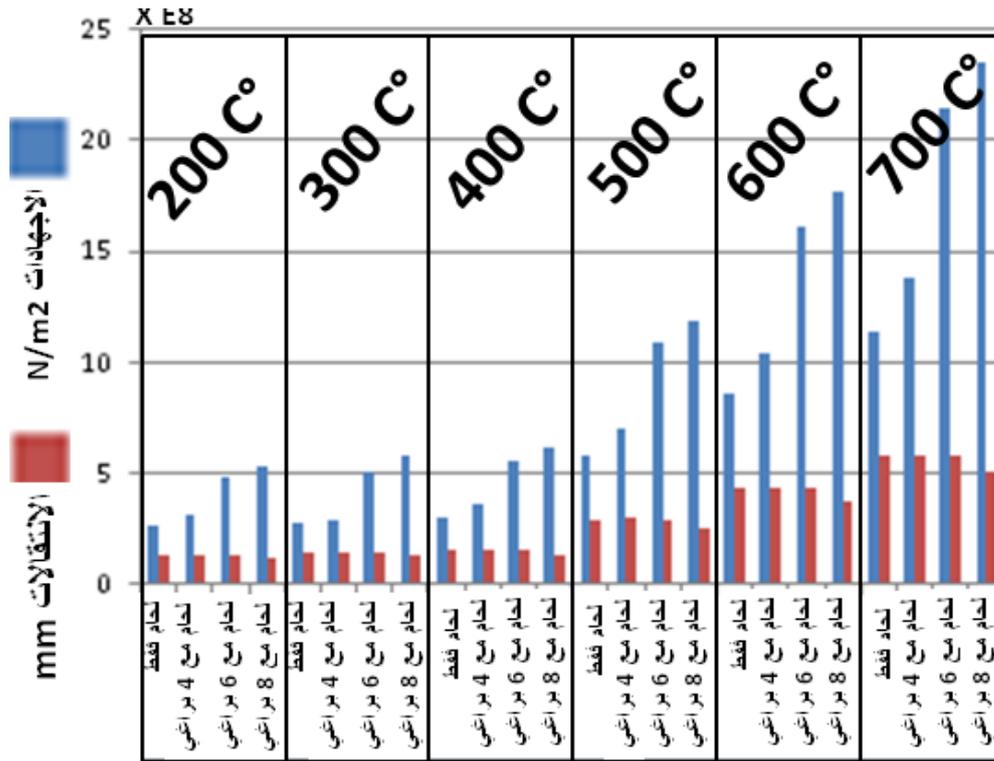
الشكل 28: الاجهادات والانتقالات عند درجات حرارة متزايدة في حالة لحام و 4 براغي



الشكل 29: الاجهادات والانتقالات عند درجات حرارة متزايدة في حالة لحام و 6 براغي



الشكل 30: الاجهادات والانتقالات عند درجات حرارة متزايدة في حالة لحام و 8 براغي

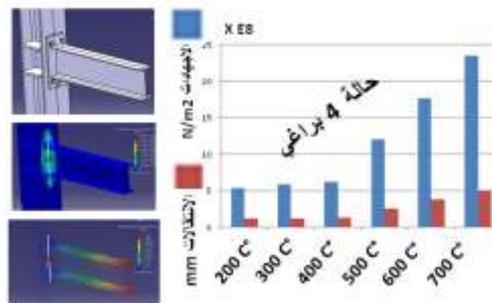


الشكل 31: مقارنة بين الحالات التي تحوي لحم فقط و لحم وعدد من البراغي عند درجات حرارة مختلفة

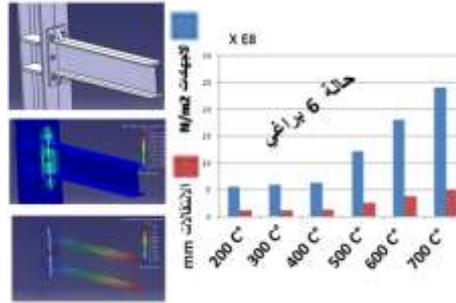
يبين الشكل 31 مقارنة بين الحالات المختلفة للوصلة وذلك من حيث وجود لحم فقط او لحم وبراغي عند درجات حرارة مختلفة متزايدة 200°C ، 300°C ، 400°C ، 500°C ، 600°C و 700°C من هذا الشكل نستنتج أن أفضل حالة من حيث أقل قيم للإجهادات و الانتقالات هي حالة اللحم فقط. أما في حالة وجود براغي فأفضل حالة هي حالة لحم و 4 براغي حيث أنه عند هذه الحالة يوجد أقل قيمة للإجهادات و الانتقالات

تأثير عدد البراغي على سلوك الوصلة

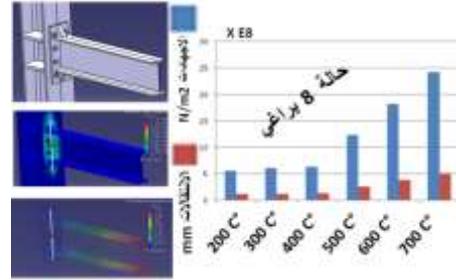
سوف ندرس في هذه الفقرة دراسة تأثير عدد البراغي على سلوك الوصلة المدروسة عند درجات حرارة متزايدة. تم دراسة عدة حالات وهي 4 براغي ، 6 براغي، 8 براغي ، 10 براغي، 12 برغي، 14 برغي و 16 برغي وتبين الأشكال 32، 33، 34، 35، 36، 37، 38 مخططات الاجهاد و الانتقالات عند كل حالة.



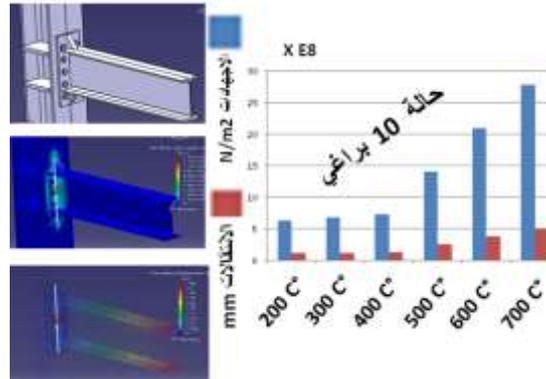
الشكل 32: تأثير حالة عدد البراغي 4 على سلوك الوصلة المدروسة عند درجات حرارة متزايدة



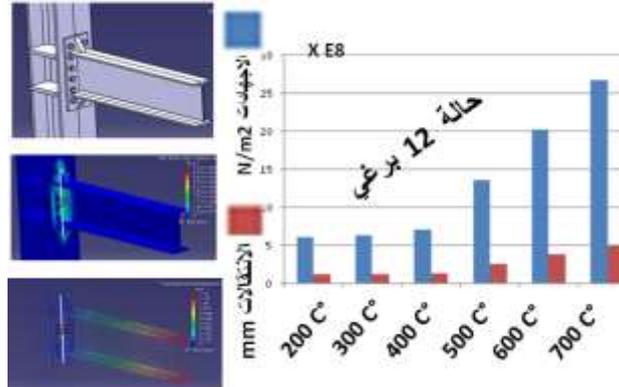
الشكل 33: تأثير حالة عدد البراغي 6 على سلوك الوصلة المدروسة عند درجات حرارة متزايدة



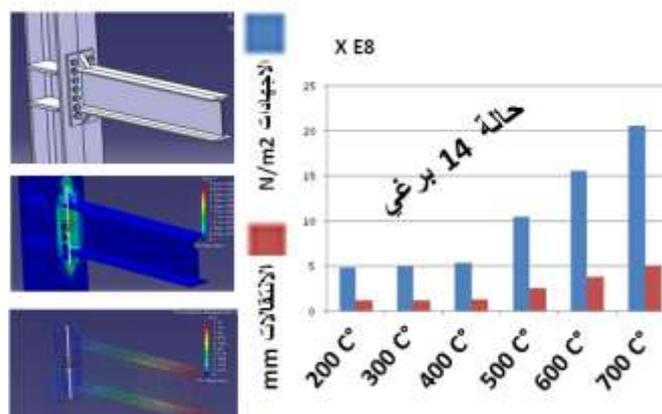
الشكل 34: تأثير حالة عدد البراغي 8 على سلوك الوصلة المدروسة عند درجات حرارة متزايدة



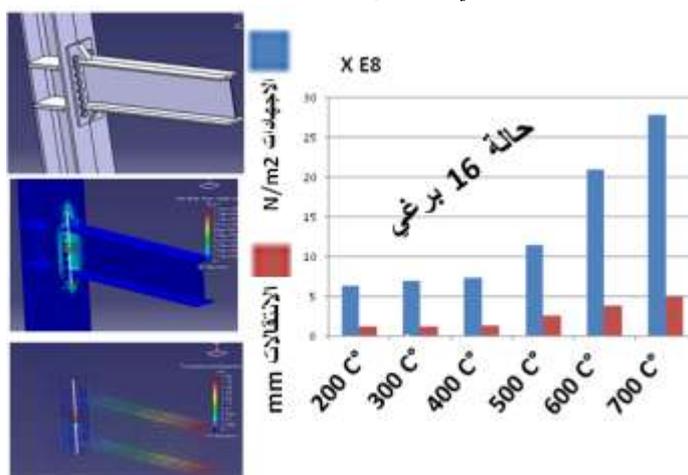
الشكل 35: تأثير حالة عدد البراغي 10 على سلوك الوصلة المدروسة عند درجات حرارة متزايدة



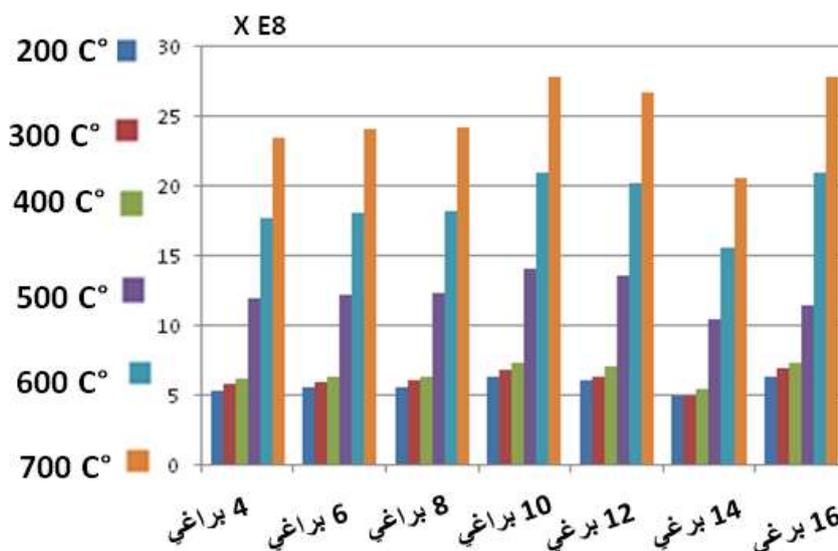
الشكل 36: تأثير حالة عدد البراغي 12 على سلوك الوصلة المدروسة عند درجات حرارة متزايدة



الشكل 37: تأثير حالة عدد البراغي 14 على سلوك الوصلة المدروسة عند درجات حرارة متزايدة



الشكل 38: تأثير حالة عدد البراغي 16 على سلوك الوصلة المدروسة عند درجات حرارة متزايدة

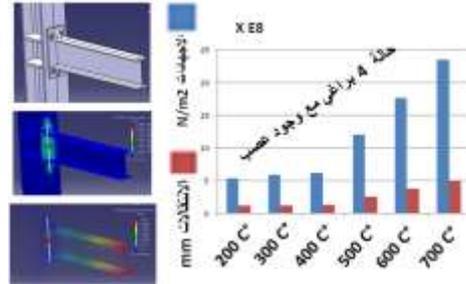


الشكل 39: مقارنة بين حالات عدد البراغي على سلوك الوصلة المدروسة عند درجات حرارة متزايدة

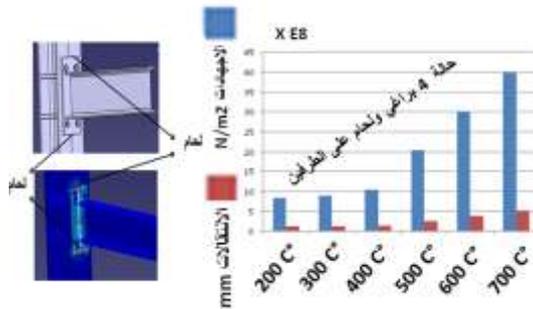
يبين الشكل 39 مقارنة بين الحالات السابقة حيث تبين أن أفضل حالة هي التثبيت باستخدام 14 برغي حيث حقق أقل قيمة للإجهادات و الانتقالات حيث نلاحظ أن الاجهادات تزداد في حالة 4 ، 6 ، 8 ، 10 برغي ثم تتناقص في حالة 12 و 14 برغي لتكون أقل قيمة للإجهادات عند حالة 14 برغي ثم تبدأ بالزيادة في حالة 16 برغي

دراسة تأثير استبدال عصب التقوية بلحام من الجانبين العلوي و السفلي

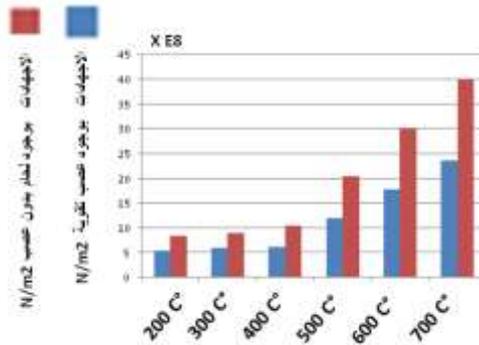
في هذه الفقرة سنقوم بإجراء مقارنة بين حالة وجود عصب تقوية و حالة استبدال عصب التقوية بلحام على الطرفين العلوي و السفلي. يبين الشكل 40 و 41 مخطط الاجهادات و الانتقالات للحالتين المذكورتين عند درجات حرارة متزايدة



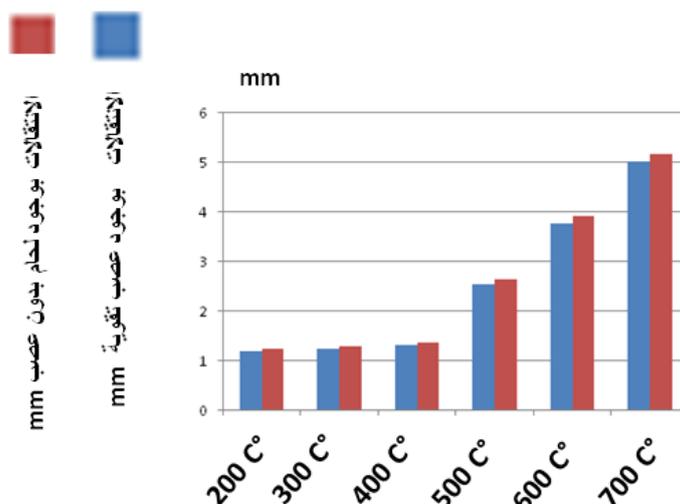
الشكل 40: تأثير حالة عدد البراغي 4 مع وجود عصب تقوية على سلوك الوصلة المدروسة عند درجات حرارة متزايدة



الشكل 41: تأثير عدد البراغي 4 مع وجود لحام الطرفين العلوي والسفلي بدون عصب على سلوك الوصلة عند درجات حرارة متزايدة



الشكل 42: مقارنة بين الاجهادات في حالة عدد البراغي 4 مع وجود لحام الطرفين العلوي والسفلي بدون عصب ومع وجود عصب



الشكل 43: مقارنة بين الانتقالات في حالة عدد البراغي 4 مع وجود لحم الطرفين العلوي والسفلي بدون عصب ومع وجود عصب الشكليين 42 و 43 يظهران مقارنة بين الاجهادات و الانتقالات بين الحالة الاولى بوجود عصب تقوية و الحالة الثانية بحالة لحم من الطرفين العلوي و السفلي بدون عصب تقوية. نستنتج ان قيمة الاجهادات و الانتقالات في حالة وجود عصب تقوية أقل من حالة اللحم من الطرفين العلوي والسفلي بدون وجود عصب تقوية حيث أن عصب التقوية أعطى متانة أكبر للوصلة المدروسة

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

1. يقدم هذا البحث نموذج عنصر منتهي ثلاثي الأبعاد لتحليل الوصلات المستخدمة في المنشآت المعدنية و الخاضعة لحمولات مختلفة عند درجات الحرارة المرتفعة ، ودراسة تأثير زيادة درجة الحرارة على سلوك الوصلة. حيث أن نموذج العنصر المنتهي المقترح يأخذ بعين الاعتبار السلوك غير الخطي و غير المرن للوصلة المعدنية المدروسة.
2. قمنا بدراسة منحنى العزم والدوران و درجات الحرارة المختلفة المتزايدة لأنماط الفشل المتوقعة للوصلة المدروسة المؤلفة من ثمانية براغي.
3. قمنا أيضا بدراسة منحنى العزم والدوران و درجات الحرارة المختلفة المتزايدة لأنماط الاستجابة المتوقعة للوصلة المدروسة
4. بينت النتائج أن البرغي العلوي الذي هو تحت تأثير اجهاد الشد المحوري لا يتمدد بشكل كافي وهذا ما يدل على أن البراغي تعامل على أنها أجسام صلبة في طريقة العناصر المنتهية
5. أظهرت النتائج أن مقاومة العزم في الوصلة تنخفض تدريجيا عند زيادة العزم المطبق و درجة الحرارة في أن واحد
6. درست هذه المقالة العلاقة بين حد الخضوع لمعدن الوصلة و معدن البراغي عند درجات الحرارة المختلفة حيث نلاحظ انخفاض حد الخضوع للمادة مع زيادة درجة الحرارة . حيث تبين أنه عند درجة حرارة 400 درجة مئوية تكون قيمة حد الخضوع للمادتين (الوصلة والبراغي) بحدود 0.8 وعند زيادة درجة الحرارة الى 600 درجة مئوية

فإن حد الخضوع للوصلة ينخفض إلى النصف تقريباً أي يصبح بحدود 0.4 وأن حد الخضوع للبراعي ينخفض إلى القيمة 0.2

7. قمنا في هذه المقالة بدراسة العلاقة بين الحمل المحوري (حمولة ضغط) والانتقال عند درجات حرارة مختلفة متزايدة. حيث أظهرت النتائج أنه عند زيادة درجة الحرارة من 20 درجة مئوية إلى 400 درجة مئوية انخفضت فعالية الوصلة أو الاتصال بحدود 18% ومع زيادة درجة الحرارة من 400 درجة مئوية إلى 500 درجة مئوية انخفضت فعالية الوصلة بحدود 32% وعند زيادة درجة الحرارة إلى 600 درجة مئوية انخفضت فعالية الوصلة بشكل كبير بحدود 75%

8. عند درجة حرارة 20 درجة مئوية وحمولة ضغط فإن الفشل يعود إلى التواء أو انحناء الصفيحة ولا يلاحظ وجود أي نوع من أنواع الكسر

9. عند درجات الحرارة 400 ، 500 ، 600 درجة مئوية وحمولة ضغط فإن الفشل يعود إلى الكسر الناتج عن القص في البراعي ثم يلي ذلك التواء أو انحناء الصفيحة

10. أنه بزيادة درجة الحرارة فإن قوة القص تتخفف أي أن الفشل يتم عند قيم قوى قص أقل كلما زادت درجة الحرارة بمعنى آخر يمكن أن نقول أنه يزداد الانتقال عند قيم قوى قص أقل كلما زادت درجة الحرارة

11. عند زيادة سماكة الصفيحة تقل قيمة الاجهاد في حين تزداد قيمة الانتقال عند درجات حرارة متزايدة حيث أن أفضل حالة هي السماكة 18mm حيث أن عند درجة حرارة 700C° تكون أقل قيمة للاجهاد في حين أن السماكة 12mm عند درجة حرارة 700C° تكون أقل قيمة للانتقال. نلاحظ من المخططات السابقة أنه عند زيادة سماكة الصفيحة تقل قيمة الاجهاد في حين تزداد قيمة الانتقال عند درجات حرارة متزايدة

12. عند زيادة قطر البرغي تقل قيمة الاجهاد وتقل قيمة الانتقال. حيث أن أفضل حالة هي القطر 22mm حيث أن عند درجة حرارة 700C° تكون أقل قيمة للاجهاد و أقل قيمة للانتقال. ولكن بعد هذه القيمة تبدأ قيمة الاجهادات بالزيادة.

13. بوجود أعصاب تقوية تقل قيمة الاجهادات وتقل قيمة الانتقال أيضاً لذلك يفضل دائماً تدعيم الوصلات بأعصاب تقوية.

14. قمنا بإجراء مقارنة بين الحالات المختلفة للوصلة وذلك من حيث وجود لحام فقط أو لحام وبراعي عند درجات حرارة مختلفة متزايدة 200C°، 300C°، 400C°، 500C°، 600C° و 700C° وتبين معنا أن أفضل حالة هي حالة لحام و أربع براغي عند درجة حرارة 300C° حيث يوجد أقل قيمة للاجهاد وأقل قيمة للانتقال. وأفضل حالة من حيث أقل قيم للاجهادات و الانتقالات هي حالة اللحام فقط. أما في حالة وجود براغي فأفضل حالة هي حالة لحام و 4 براغي حيث حققت عند هذه الحالة يوجد أقل قيمة للاجهادات و الانتقالات

15. إن أفضل حالة هي التثبيت باستخدام 14 برغي حيث حقق أقل قيمة للاجهادات و الانتقالات حيث نلاحظ أن الاجهادات تزداد في حالة 4 ، 6 ، 8 ، 10 برغي ثم تتناقص في حالة 12 و 14 برغي لتكون أقل قيمة للاجهادات عند حالة 14 برغي ثم تبدأ بالزيادة في حالة 16 برغي

16. ان قيمة الاجهادات و الانتقالات في حالة وجود عصب تقوية أقل من حالة اللحام من الطرفين العلوي والسفلي بدون وجود عصب تقوية حيث أن عصب التقوية أعطى متانة أكبر للوصلة المدروسة.

التوصيات

1. نوصي بإجراء دراسة تجريبية لعدد من العينات ومقارنة النتائج التجريبية مع النتائج التحليلية التي تم الوصول اليها باستخدام طريقة العناصر المنتهية على برنامج CATIA V5
2. نوصي اذا كان بالإمكان إجراء دراسة تحليلية مشابهة لهذه العينات على برامج هندسية اخرى مثل ANSYS او SIMULA للتأكد من وثوقه النتائج التي تم الحصول عليها من برنامج CATIA V5

المراجع

- [1] SPYRO S. DAVISON J.B and PLANK R. J " Experimental and analytical investigation of the 'compression zone' component within a steel joint at elevated temperatures". "Journal of Constructional Steel Research 60 (2004) 841–865.
- [2]. BLOCK F M ., BURGESS I W. " The development of a component-based connection element for endplate connections in fire". Fire Safety Journal 42 (2007) 498–506
- [3] WANG W Y , LI G Q " Experimental study and spring-component modeling of extended end-plate joints in fire ". Journal of Constructional Steel Research 63 (2007) 1127–1137
- [4] MICHAL S ., KANG-HAI T . " Behavior of column web component of steel beam-to-column joints at elevated temperatures ", Journal of Constructional Steel Research 67 (2011) 1890–1899
- [5] ALDINA S , LUIS S. " FIRE DESIGN OF BOLTED STEEL BEAM-TO-COLUMN JOINTS" Journal Constructional Steel Research, (2015) (1169-1195).
- [6] CATIA. users' manual. Structure Design, User's Guide Version 5 (2014)