

Effect of bonding methods for metal structure joints on better performance using finite element method

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

(Received 21 / 2 / 2019. Accepted 28 / 3 / 2019)

□ ABSTRACT □

This research presents a study using the finite element method and using the CATIA V5 program for the types of joints used in metal structures. Several types of joints were studied using different linking methods through the design and modeling of these links and simulation of a virtual facility based on this type of connection. The links studied in this study (a link between two sections I welded from the top and bottom, and another link between the two sections I welded from the top and bottom and from the sides, joints of the I segments are connected with some using welded plates from the top and bottom, Screws, bolts and bolts fastened joints, threaded joints with bolts from the top and bottom, couplings, column and front plate using bolts). In each case, the resulting maximum stresses and transitions were calculated as well as the concentration of the concentric stresses in the link (Top, bottom and side) All values were compared and plotted Khttat between these cases. The effect of the number of bolts on the stresses and transitions was studied and compared with the presence of welding to connect to the best case. Also, the effect of the number and thickness of the reinforcing nerves on the stresses and transitions in the couplings of a column with a front plate was studied.

Key Words: Finite Element Method, CAD, Analysis and Simulation, Metal Structure,

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

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

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

تأثير طرق الربط لوصلات المنشآت المعدنية على الأداء الأفضل باستخدام طريقة العناصر المنتهية

الدكتور محمد غانم زهرة*

الدكتور تمام جميل سلوم**

مهند فائز نصره***

(تاريخ الإيداع 21 / 2 / 2019. قُبِلَ للنشر في 28 / 3 / 2019)

□ ملخص □

يقدم هذا البحث دراسة بمساعدة طريقة العناصر المنتهية وباستخدام برنامج CATIA V5 لأنواع الوصلات المستخدمة في المنشآت المعدنية حيث تمت دراسة عدة أنواع من الوصلات بأساليب ربط مختلفة عبر تصميم هذه الوصلات و نمذجتها وإجراء محاكاة لمنشأة افتراضية قائمة على هذا النوع من الوصلات. الوصلات التي تمت دراستها في هذا البحث (وصلة بين مقطعين | ملحومتين من الأعلى و الأسفل ، وصلة أخرى بين مقطعين | ملحومتين من الأعلى و الأسفل و من الجوانب ، وصلات من مقطعي | موصولين مع بعض باستخدام صفائح ملحومة من الجهة العلوية و السفلية ، وصلات صفائح مثبتة ببراغي ، وصلات مثبتة ببراغي ولحام ، وصلات صفائح مثبتة ببراغي من الأعلى الأسفل و من الجوانب ، وصلات عارضة وعمود و صفيحة جبهية باستخدام براغي) حيث تم في كل حالة حساب الإجهادات الأعظمية الناشئة و الانتقالات وكذلك حساب الإجهادات المركزة في الوصلة (علوية و سفلية و جانبية) وتمت المقارنة بين جميع القيم ورسم المخططات بين هذه الحالات. وبعد ذلك تمت دراسة تأثير عدد البراغي على الإجهادات و الانتقالات ومقارنتها بحالات وجود اللحام للوصل للحالة الأفضل وكذلك درس تأثير عدد و سماكة أعصاب التقوية على الإجهادات و الانتقالات الناشئة في وصلات عارضة عمود مع صفيحة جبهية.

الكلمات المفتاحية: طريقة العناصر المنتهية ، وصلة عارضة إلى عمود، وصلات البراغي، قوة الشد المسبقة للبرغي، التصميم بمساعدة الحاسب، النمذجة و المحاكاة.

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

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

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

مقدمة

تستخدم الوصلات التي تعتمد على البراغي واللحام بكثرة في البنى المعدنية كوصلات مقاومة للعزم، وخاصة في العوارض المستخدمة في الإطارات والجسور والمنشآت المعدنية، ويؤثر سلوك الوصلات بشكل كبير على القوى الداخلية والتشوه الكلي للبنية. إن مشكلة مرونة الوصلات وتأثيرها على أداء البنية المعدنية أصبحت الشغل للباحثين وتصنف وصلات الصفائح النهائية 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 الوصلة الدوراني وذلك عند تطبيق الأحمال الدورية فقد طور الباحثون نظام عددي لحساب علاقة ال $M-\phi$ للوصلات المعدنية الصلبة والمرنة (وصلات عارضة إلى عمود وصلات الصفيحة) [1]. قدم الباحثون نموذج عناصر منتهية باستخدام برنامج ANSYS للوصلات المزودة بصفيحة نهاية غير بارزة [2]. اقترح الباحثون نموذج تحليلي ليتنبأ بسلوك الوصلات الخاضعة لتأثير عزم انعطاف وقوة محورية. ولمعايرة نتائج التحليل قام بمقارنة النتائج مع نتائج التجارب المنفذة من قبل [3]. Wald et al 2002. قدم الباحثون نموذج نظري لحساب علاقة ال $M-\phi$ لوصلات الصفيحة وصلات العمود إلى العارضة (الوصلات الصلبة والمرنة). بالإضافة إلى أنه تم اختبار خمس عينات تجريبياً تحت أحمال مضطربة للتأكد من النموذج التحليلي [4]. اقترح الباحثون نموذج عناصر منتهية ثلاثي الأبعاد باستخدام برنامج ANSYS للتحقق تحليلياً من تأثير الأحمال في الاتجاه الثانوي على أداء الوصلات نصف الصلبة في الاتجاه الرئيسي [5]. قام الباحثون بإجراء دراسة تجريبية لوصلات جائر عمود مزود بصفيحة نهاية وخاضعة لتأثير عزم انعطاف وقوة محورية وتوصل بنهاية التجربة لرسم مخططات عزم دوران للوصلة المدروسة يشرح بشكل مفصل آلية تأثير القوة المحورية المتزايدة على سلوك الوصلة [6]. طور الباحثون نموذج أسي للتنبؤ بالمنحنيات ال $M-\phi$ لوصلات الصفيحة المثبتة ببراغي [7]. درس الباحثون تأثير خواص المادة والأبعاد الهندسية للبراغي الأربعة والصفيحة النهائية المرنة على سلوكهم أثناء التعرض لأحمال جانبية. دراسة البارامترات تضمنت دراسة 12 بارامتر والذي كان من المتوقع ان يقوموا بالتأثير على أداء الوصلة [8]. توصل الباحثون إلى أن طريقة التحليل باستخدام نظرية العناصر المنتهية تعطي القدرة على محاكاة السلوك الحقيقي للجائر وبتكاليف بسيطة و بزمن قصير مقارنة مع النتائج التجريبية و إن برامج ال CAD هي برامج جيدة ووسيلة سهلة لدراسة سلوك الوصلات المستخدمة في النموذج والتحقق من النتائج التجريبية وأن مخطط العزم - زاوية الدوران للوصلة التي قام الباحثون بنمذجتها هي مماثلة لتلك التي حصلوا عليها تجريبياً من حيث الصلابة الأولية وعزم الخضوع وتقليل عزم الفشل وزيادة انتقالات الفشل [9]. بين الباحثون أن تأثير القوة المحورية الضاغطة بقيمة أقل من 20% من المقاومة اللدنة للجائر تسبب زيادة ملحوظة في مقاومة الوصلة للعزوم وأنه عند زيادة القوة المحورية الضاغطة عن النقطة 20% يلاحظ بدء التحنيب في جناح الجائر مما يسبب انخفاضاً في مقاومة الوصلة للعزوم مما يعني أنه عند زيادة القوة المحورية الضاغطة فإن مقاومة الوصلة للعزوم تزداد تدريجياً حتى نقطة معينة موافقة لمنط انهيار مختلف لتبدأ عنده بالانخفاض عند تطبيق عزم انعطاف المؤثر مع قوة محورية شادة قيمتها 20% من المقاومة اللدنة للجائر فإن مقاومة الوصلة للعزوم بلغ 30% عن حالة تأثير عزم فقط [10]. قام الباحثون بدراسة وتصميم وتحليل وصلة جائر عمود علي برنامج CATIA V5 أخذين بعين الاعتبار نوع المادة و المواصفات الهندسية للوصلة المدروسة [11]

أهمية البحث و أهدافه

إن الهدف الأساسي من هذا البحث هو تطوير نموذج عناصر منتهية ثلاثي الأبعاد موثوق لدراسة وتحليل أنواع مختلفة من الوصلات المستخدمة في المنشآت المعدنية المثبتة بلحام وبراغي وتوضيح تأثير طرق الربط على الإجهادات والانتقالات الناشئة في المنشآت المعدنية مع الأخذ بعين الاعتبار قوى الشد المسبقة والتشوه الأولي، الانتشاء، الاحتكاك بين السطوح المختلفة. أما الهدف الثاني من هذا البحث يتلخص بدراسة تأثير عدد البراغي واللحام مع بعضهما وكل على حدا وكذلك عدد وسماكة أعصاب التقوية على الأداء الأفضل لهذه الوصلات.

طرائق البحث ومواده

يعتمد هذا البحث على استخدام النمذجة والمحاكاة من خلال برنامج CATIA V5 و طريقة العناصر المنتهية وذلك لتحليل نتائج المحاكاة لوصلات مختلفة مع طرق ربط مختلفة وصولاً إلى الأداء الأفضل لهذه الوصلات التي تعتمد على استخدام اللحام أو البراغي ومقارنة الحالات المدروسة مع بعضها من خلال مخططات الاجهاد الأعظمي للمنشأة الافتراضية والاجهادات المركزة في منطقة الربط بين العوارض وقيم الانتقالات الحاصلة في كل حالة من الحالات ومن ثم دراسة تأثير عدد البراغي على الاجهادات و الانتقالات ومقارنتها بحالات وجود لحام .

النتائج و المناقشة

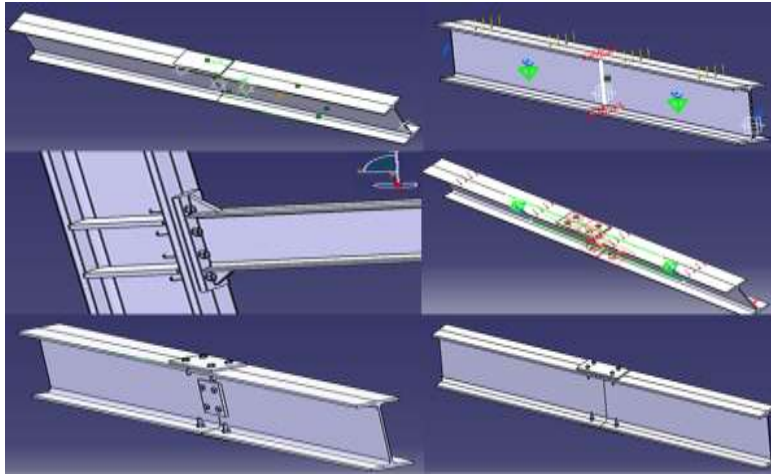
نموذج العناصر المنتهية ثلاثي الأبعاد

لقد تم بناء النماذج المدروسة على برنامج CATIA V5 [12] لمحاكاة وصلات الجوائز المثبتة بلحام أو ببراغي أو لحام وبراغي معا حيث أن الجدول رقم (1) يبين مواصفات الجائز و العمود .

الجدول 1 : مواصفات الجائز والعمود

سماكة الصفيحة	عرض الصفيحة	أبعاد المقطع	
8	120	240	الجائز
8	120	240	الجائز
12	200	240	الجائز
12	200	240	العمود

في النموذج الحالي جميع القطع (العارضة، العمود، الألواح، والبراغي) رسمت و صممت على برنامج CATIA V5 في البيئة الثنائية و البيئة الثلاثية الأبعاد كما في الشكل رقم (1) .

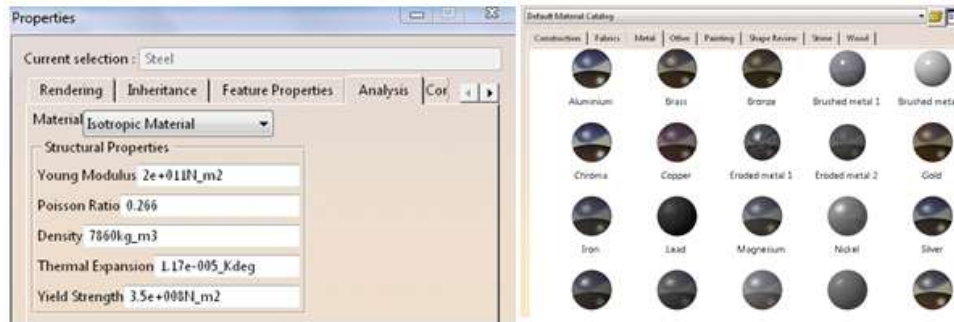


الشكل 1 : شكل و أبعاد الوصلة المدروسة

بعد رسم و تصميم النموذج الثلاثي الأبعاد تم إدخال المواصفات الميكانيكية لمادة كل قطعة من القطع المكونة للوصلات من قائمة Apply Material كما هو مبين بالشكل (2) و يبين الجدول (2) المواصفات الميكانيكية للمواد المستخدمة في الوصلة المدروسة .

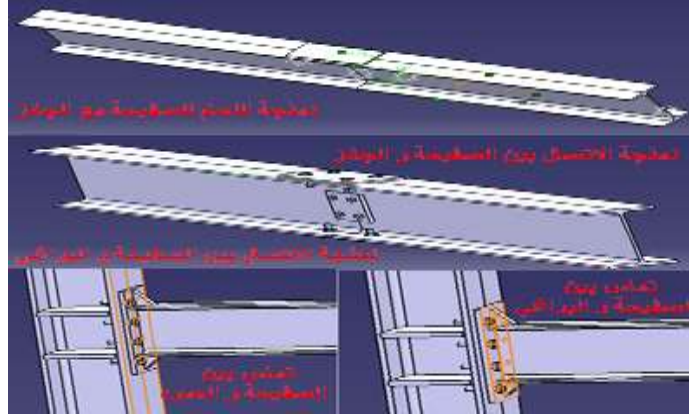
الجدول 2 : المواصفات الميكانيكية لمواد القطع الهندسية المكونة للوصلة المدروسة

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



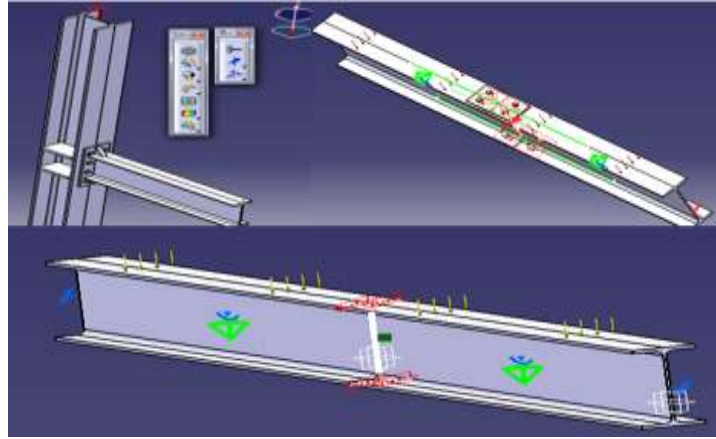
الشكل 2 كيفية اختيار مادة القطع الهندسية ومواصفاتها الميكانيكية

إن نمذجة الاتصال بين الأجزاء المختلفة للنموذج يعتبر من أهم العمليات فإذا لم يتم بالشكل الصحيح فلن تعكس نتائج التحليل سلوك النموذج الحقيقي. في حالة الاتصال بين الصفائح وجسم العمود أو العارضة يمكن اعتبار الخاصيتين التاليتين: السلوك المماسي والسلوك العادي لاتصال السطوح حيث يمكن التعريف عن السلوك المماسي بمعامل احتكاك قيمته 0.3 في شكل ثابت الصلابة والسلوك العادي يعرف بالاتصال القوي حيث تعتبر هذه الخاصية أن قيود الاتصال تحدث فقط عندما تكون السطوح متلامسة وليست ملتصقة. والقيد Bolt Tightening يستخدم في وصل البرغي أو الصامولة مع العارضة أو العمود أما عند وصل الصفيحة مع الجائز باللحام تم استخدام القيد seam welding الشكل (3).



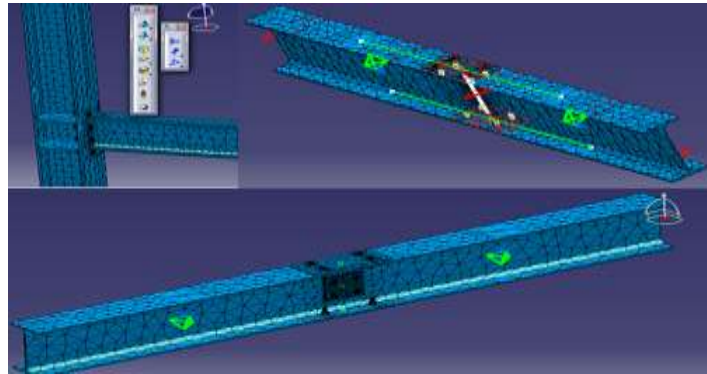
الشكل 3 : نوع الاتصال بين السطوح المستخدمة في الوصلة

بعد تحديد سطوح الاتصال يتم تحديد الشروط الحدية و نوع القيود و التثبيت كنوع الوثاقفة Clamp و نوع الحمولات المطبقة على هذه الوصلة كالضغط أو قوى موزعة أو قوى مركزة أو عزوم دوران لمتابعة مسار الحمل حتى الوصول إلى نقاط الفشل كما في الشكل (4).



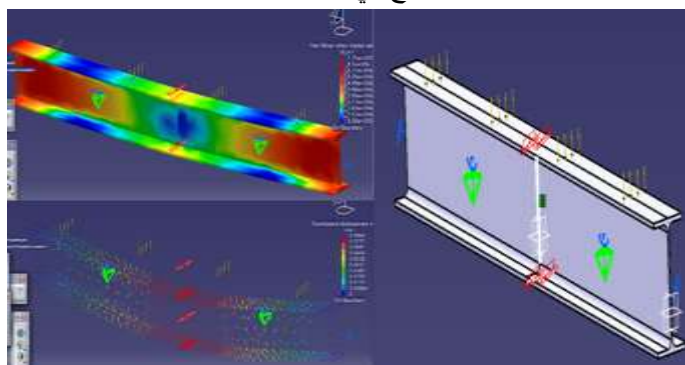
الشكل 4: الشروط الحدية اللازمة لإجراء عملية النمذجة للوصلة

من أهم المشاكل التي تعترض طريقة العناصر المنتهية هو توليد شبكات العناصر المنتهية المناسبة للنموذج (Mesh)، حيث أن دقة القيم تعتمد بشكل كبير عليها في هذه النماذج تم اختبار أحجام مختلفة للشبكات لتحديد شبكة عناصر جيدة تعطي قيم دقيقة بوقت حساب أقل حيث استخدمت شبكة دقيقة عند مناطق تركيز الاجهاد في أماكن الوصل وشبكة خشنة عند بقية المناطق البعيدة عن مناطق الاتصال وهذا الإجراء اختياري، كما في الشكل (5). توضح الاشكال 6,7,8,9,10,11,12 مخططات الاجهادات و الانتقالات عند جميع الحالات المدروسة .



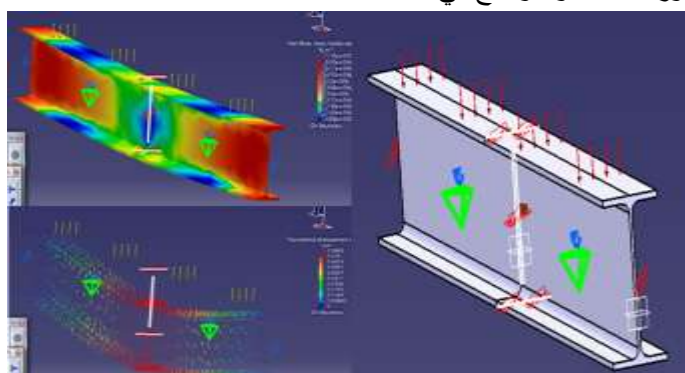
الشكل 5 : شبكة العناصر المنتهية التي تم توليدها باستخدام البرنامج CATIA V5

الحالة الأولى هي حالة ربط بواسطة لحام من الجهة العلوية والسفلية لعارضتين من نوع I تم تثبيتهما من الطرفين بوثاقتين ومعرضتين لحمولة موزعة كما هو موضح في الشكل 6 .



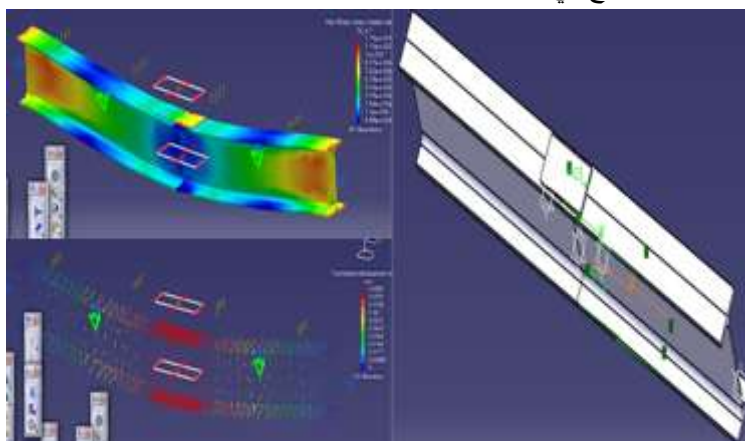
الشكل 6: الشروط الحدية و مخطط الاجهادات والانتقالات لحالة لحام علوي وسفلي

الحالة الثانية هي حالة لحام من جميع الجهات لمنطقة اتصال عارضتين من نوع I تم تثبيتهما من الطرفين بوثاقتين ومعرضتين لحمولة موزعة كما هو موضح في الشكل 7.



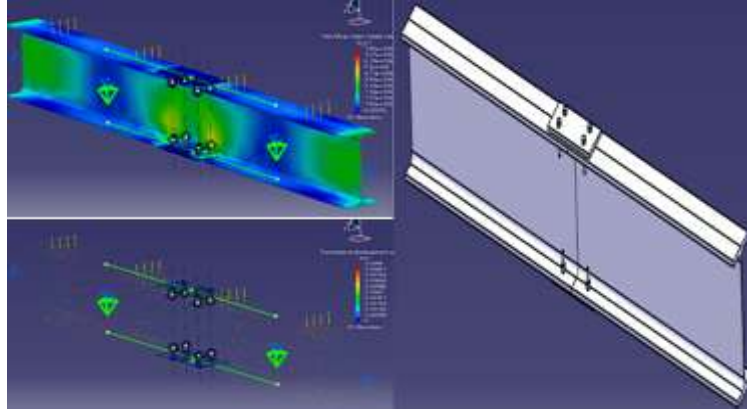
الشكل 7: الشروط الحدية و مخطط الاجهادات والانتقالات لحالة لحام من جميع الجهات

الحالة الثالثة هي حالة ربط بصفيحتين ملحومتين لعارضتين من نوع I تم تثبيتهما من الطرفين بوثاقتين ومعرضتين لحمولة موزعة كما هو موضح في الشكل 8



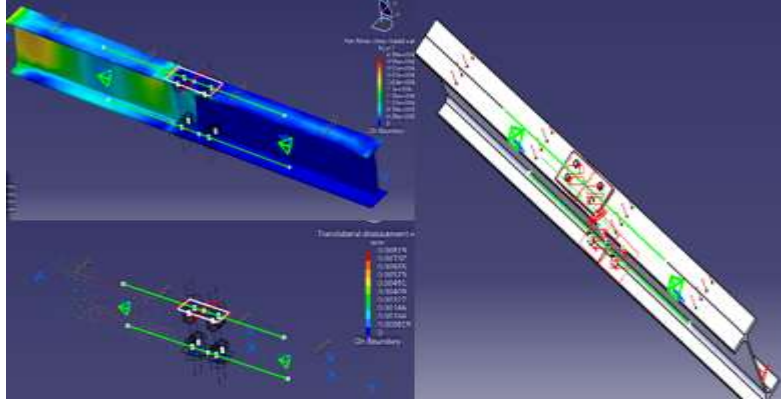
الشكل 8: الشروط الحدية و مخطط الاجهادات والانتقالات لحالة صفيحتين ملحومتين

الحالة الرابعة هي حالة ربط بصفيحتين مثبتتين وبراعي لعارضتين من نوع I تم تثبيتهما من الطرفين بوثاقتين ومعرضتين لحمولة موزعة كما هو موضح في الشكل 9



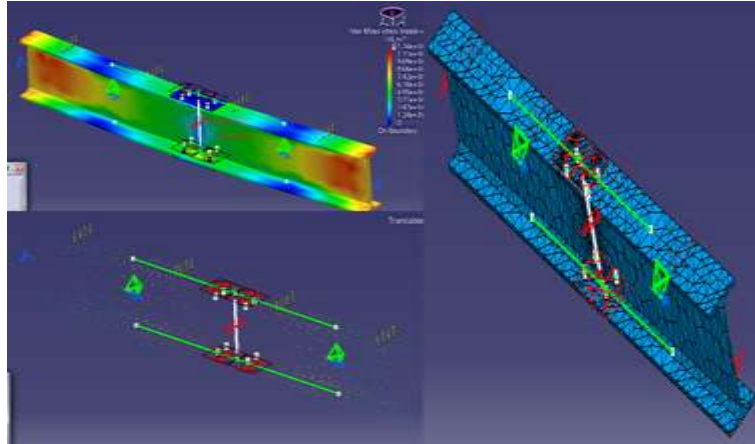
الشكل 9: الشروط الحدية و مخطط الاجهادات والانتقالات لحالة صفيحتين مثبتتين ببراعي

الحالة الخامسة هي حالة ربط بصفيحتين مثبتتين ببراعي ولحام لعارضتين من نوع I تم تثبيتهما من الطرفين بوثاقتين ومعرضتين لحمولة موزعة كما هو موضح في الشكل 10



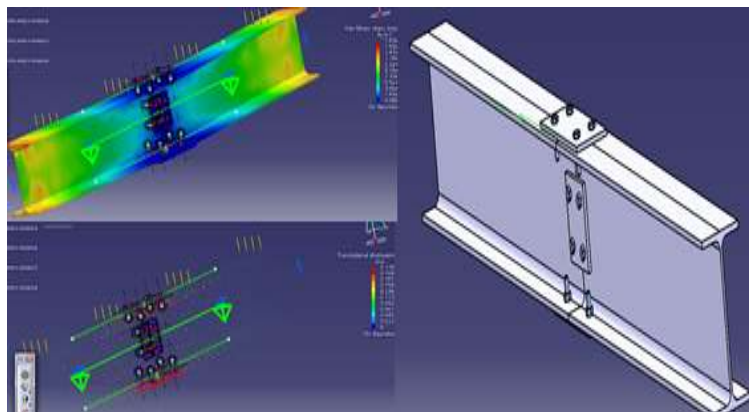
الشكل 10: الشروط الحدية و مخطط الاجهادات والانتقالات لحالة لصفيحتين مثبتتين ببراعي و لحام

الحالة السادسة هي حالة ربط بصفيحتين مثبتتين ببراعي ولحام جانبي لعارضتين من نوع I تم تثبيتهما من الطرفين بوثاقتين ومعرضتين لحمولة موزعة كما هو موضح في الشكل 11



الشكل 11: الشروط الحدية و مخطط الاجهادات والانتقالات لحالة صفيحتين مثبتتين ببراعي و لحام جانبي

الحالة السابعة هي حالة ربط بأربع صفائح وبراعي فقط لعارضتين من نوع I تم تثبيتهما من الطرفين بوثاقتين ومعرضتين لحمولة موزعة كما هو موضح في الشكل 12



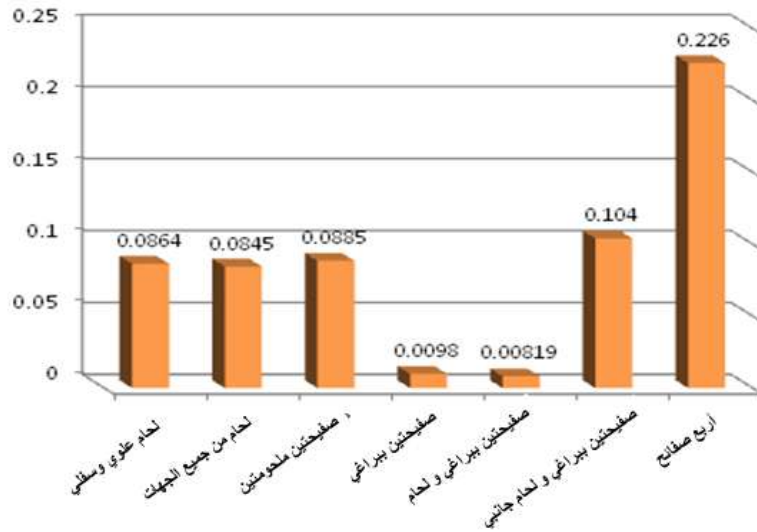
الشكل 12: الشروط الحديدية و مخطط الاجهادات والانتقالات لحالة أربع صفائح

ستتم المقارنة بين جميع الحالات السابقة بناءً على قيم الإجهاد الأعظمي الناشئة في المنشأة الافتراضية وعلى مجموعة من قيم الإجهادات المتركة في الوصلة المستخدمة وكذلك على قيم الانتقالات الناشئة في المنشأة المدروسة حيث كانت الشروط الحديدية و القوى الموزعة المطبقة ثابتة في جميع الحالات وحالة الربط الأفضل ستكون عند أقل قيمة للإجهادات الأعظمية الناشئة و المركزة وأقل قيمة ممكنة للانتقالات وفي البداية ستكون المقارنة بين الحالات السبعة وفق قيم الاجهادات الناشئة في المنشأة الافتراضية وفق ما هو مبين بالشكل 13 .



الشكل 13: مقارنة بين قيم الاجهادات الناشئة عند جميع حالات التثبيت

نلاحظ من الشكل 13 أنه في حالة وجود أربع صفائح ببراعي كانت أعلى قيمة للإجهاد الأعظمي الناشئ في المنشأة الافتراضية وبأنه عند استخدام الصفائح للربط في الجهتين العلوية و السفلية كان تثبيتها ببراعي افضل من تثبيتها بلحام عموماً وتسببت إضافة اللحام إلى الصفائح المثبتة ببراعي بتحسين (تخفيض) قيمة الاجهاد الناشئ بنسبة % 44.1 وأعطت أقل قيمة للإجهاد الناشئ بين جميع الحالات السابقة ونلاحظ أيضاً أن إضافة اللحام إلى الطرفين الجانبيين للجائزين لم تؤثر على قيمة الاجهادات الأعظمية الناشئة عند استخدام الربط المباشر باللحام وبأن إضافة اللحام الجانبي للجوائز المثبتة بصفائح و براغي زادت الاجهادات بنسبة % 36.6 مقارنة مع حالة التثبيت بصفائح مثبتة ببراعي فقط وكذلك تبين أن إضافة صفحتين جانبيتين للجوائز ببراعي زاد نسبة الاجهادات الأعظمية الناشئة % 57 مقارنة مع استخدام صفحتين علوية و سفلية مثبتتين ببراعي فقط حيث كانت جميع القيم ب N/m^2 . والحالة الثانية من المقارنات ستكون بين قيم الانتقالات الأعظمية المأخوذة ب mm^2 في كل حالة من الحالات السبعة السابقة وفق الشكل 14 .

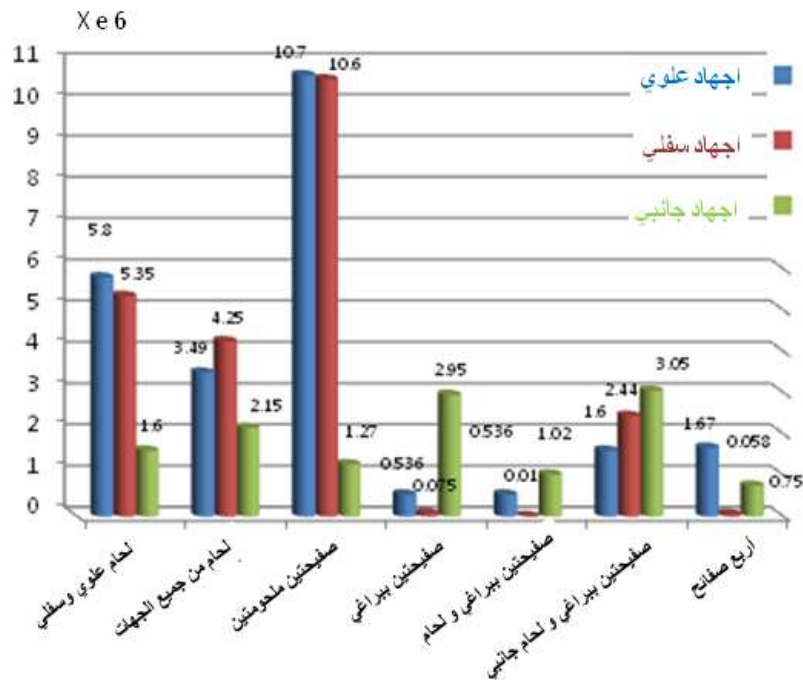


الشكل 14: مقارنة بين قيم الانتقالات عند جميع حالات التثبيت

من الشكل 14 نلاحظ أن أعلى قيمة للانتقالات كانت عند استخدام أربع صفائح مثبتة ببراغي (الحالة السابعة) و بالمقارنة بين الحالة الرابعة و الحالة السابعة يمكن القول أن إضافة الصفيحتين الجانبيتين أدى إلى زيادة كبيرة في قيم الانتقالات وبنسبة وصلت إلى 95% .

بالمقارنة بين الحالة الرابعة والخامسة نلاحظ أيضا أن إضافة اللحام إلى الصفائح المثبتة ببراغي لم يكن له تأثير واضح على الانتقالات في الوصلة مقارنة مع حالة صفيحة مثبتة ببراغي فقط ولكنه أعطى قيم انتقالات أقل . نلاحظ أيضا أنه بالمقارنة بين الحالات الثلاثة الأولى عند استخدام اللحام لوصل العوارض كانت قيم الانتقالات متقاربة سواء كان الوصل مباشر باللحام أو بصفائح ملحومة . بالمقارنة بين الحالة الثالثة و الحالة الرابعة نلاحظ إن استخدام التثبيت بصفائح مع براغي أفضل من استخدام صفائح ملحومة حيث قلت قيم الانتقالات بنسبة 89% .

الحالة الثالثة للمقارنة ستنم بين قيم الاجهادات الناشئة في مركز الوصلة ب N/m^2 حيث حسبت الاجهادات في ثلاث نقاط من الوصلة (علوية وسفلية وجانبية) في كل حالة من الحالات السبعة السابقة كما هو مبين في الشكل 15 .



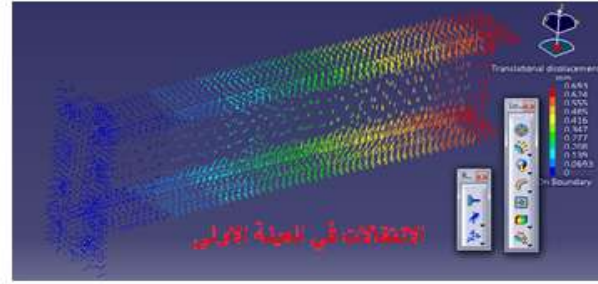
الشكل 15: مقارنة بين قيم الاجهادات العلوية و السفلية و الجانبية عند جميع حالات التثبيت

من الشكل 15 نلاحظ أن قيم الاجهادات الناشئة المتركة العلوية و السفلية و الجانبية كانت أقل في جميع الحالات التي استخدم فيها التثبيت بصفائح وبراغي مقارنة مع الحالات الأولى و الثانية والثالثة . بالمقارنة بين الحالة الخامسة والسادسة نلاحظ إن إضافة اللحام عند استخدام التثبيت بصفائح وبراغي إلى الصفيحة نفسها أفضل من إضافة اللحام إلى جانبي الجوائز بنسبة 77% (تم حساب النسب المئوية للانخفاض في الاجهاد بين الأنواع الثلاثة للإجهاد في الحالتين واخذ المعدل الوسطي للنسب) .

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

يتم في هذه الفقرة دراسة تأثير عدد البراغي على الإجهادات و الانتقالات في وصلة جوائز عمود مع صفيحة جبهية حيث تم دراسة ثلاث عينات مختلفة من حيث عدد البراغي فكانت العينة الأولى تحوي 8 براغي بقطر 18mm والعينة الثانية تحوي 6 براغي بقطر 18mm و العينة الثالثة تحوي 4 براغي بقطر 18mm أجري تحليل هذه العينات بطريقة العناصر المنتهية على برنامج CATIA V5 وحسبت اجهادات Von Mises و الانتقالات و الإجهادات الرئيسية لكل عينة، يبين الشكل 16 توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات للعينة الاولى .

العينة الاولى تحوي 8 براغي بقطر 18mm



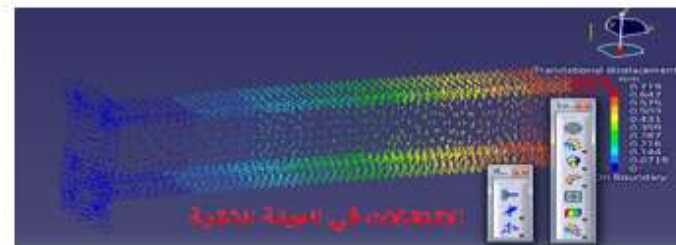
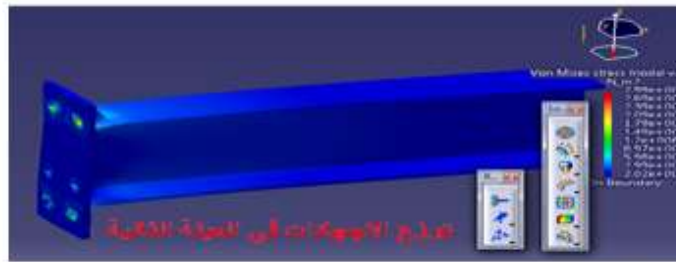
الشكل 16: توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في العينة الاولى

نلاحظ من الشكل 16 أن أعلى قيمة للإجهادات هي بحدود $2.2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات كانت بحدود 0.693 mm .

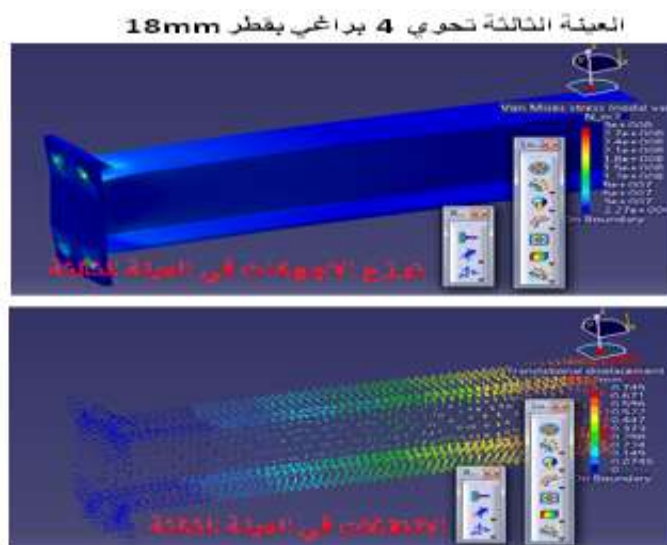
يبين الشكل 17 توزيع إجهادات Von Mises و الانتقالات للعينة الثانية حيث نلاحظ من الشكل أن أعلى قيمة للإجهادات هي بحدود $2.99 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات كانت بحدود 0.719 mm .

يبين الشكل 18 توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات للعينة الثالثة نلاحظ من الشكل 18 أن أعلى قيمة للإجهادات هي بحدود $3 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات كانت بحدود 0.745 mm .

العينة الثانية تحوي 6 براغي بقطر 18mm

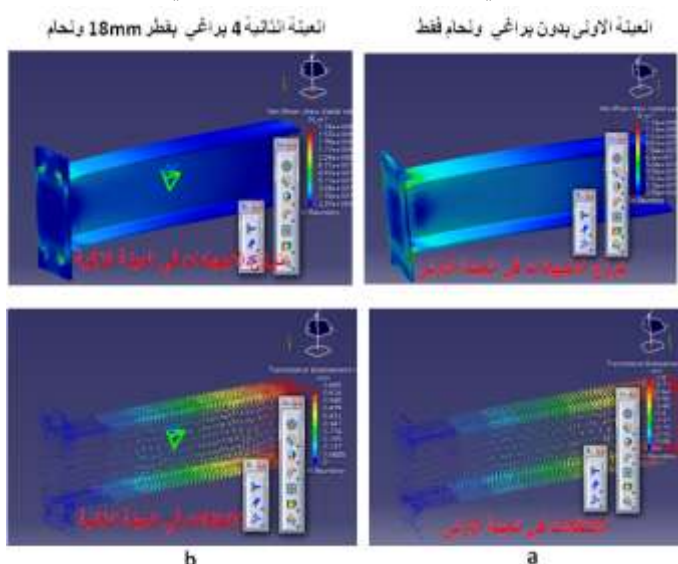


الشكل 17: توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في العينة الثانية



الشكل 18: توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في العينة الثالثة

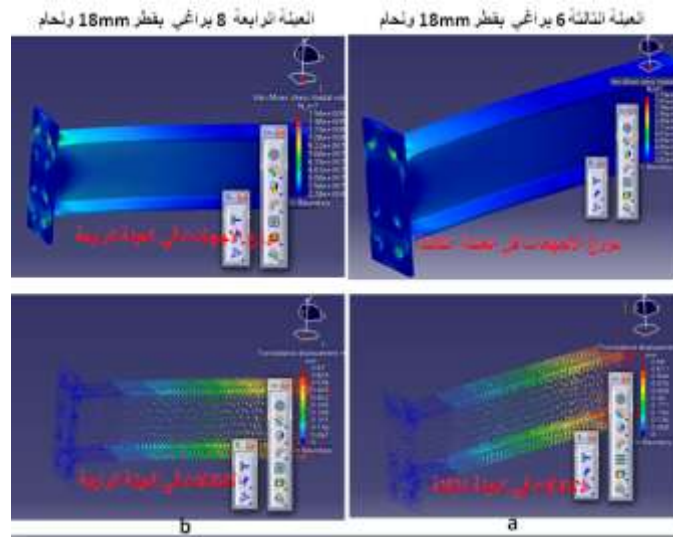
بعد ذلك تم دراسة أربع عينات مختلفة الأولى بصفحة لا تحتوي براغي و تتصل مع العمود عن طريق لحام حواف الصفحة فقط في حين أن العينة الثانية تحوي على 4 براغي بقطر 18mm و لحام على كافة حواف الصفحة والعينة الثالثة تحوي 6 براغي بقطر 18mm ولحام حواف الصفحة والعينة الرابعة تحوي 8 براغي و لحام حواف الصفحة و تم إجراء التحليل باستخدام طريقة العناصر المنتهية على برنامج CATIA V5 للحصول على توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في كل عينة ، حيث يبين الشكل (19- a) توزيع الاجهادات و الانتقالات في العينة الاولى التي تتصل فيها الصفحة بالعمود عن طريق لحام حواف الصفحة مع العمود و نلاحظ من الشكل (19-a) أن أعلى قيمة للإجهادات هي بحدود $1.26 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات هي بحدود 0.8mm



الشكل 19: توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في العينة الاولى و الثانية

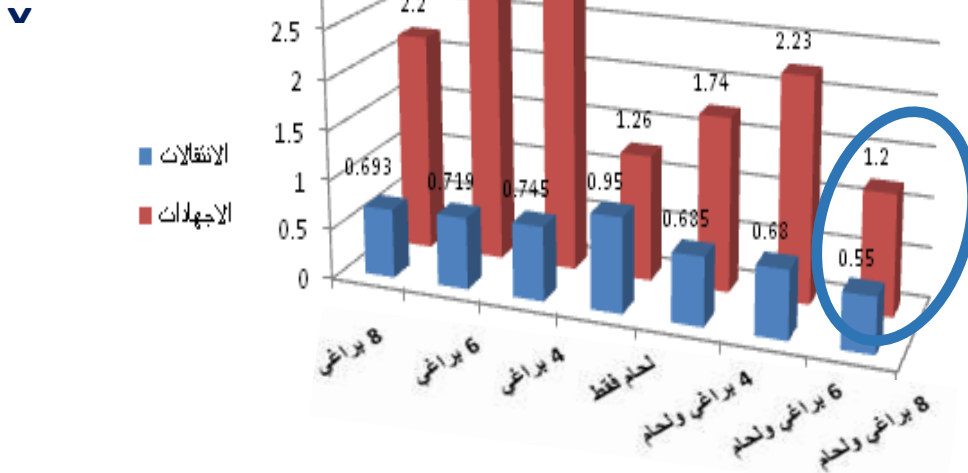
يبين الشكل (19-b) توزيع الاجهادات و الانتقالات في العينة الثانية حيث أن الصفحة تتصل بالعمود عن طريق 4 براغي و لحام حواف الصفحة مع العمود نلاحظ من الشكل (19-b) أن أعلى قيمة للإجهادات هي بحدود $1.74 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات هي بحدود 0.685mm يبين الشكل (20-a) توزيع الاجهادات و الانتقالات في العينة الثالثة حيث أن الصفحة تتصل بالعمود عن طريق 6 براغي و لحام حواف الصفحة

مع العمود نلاحظ من الشكل (a-20) أن أعلى قيمة للإجهادات هي بحدود $2.23 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات هي بحدود 0.68 mm



الشكل 20: توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في العينة الثالثة و الرابعة

يبين الشكل (b-20) توزيع الاجهادات و الانتقالات في العينة الرابعة حيث أن الصفيحة تتصل بالعمود عن طريق 8 براغي ولحام حواف الصفيحة مع العمود نلاحظ من الشكل (b-20) أن أعلى قيمة للإجهادات هي بحدود $1.54 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات هي بحدود 0.60 mm .



الشكل 21: مقارنة بين جميع الحالات البراغي فقط و لحام فقط و لحام وبراغي معا

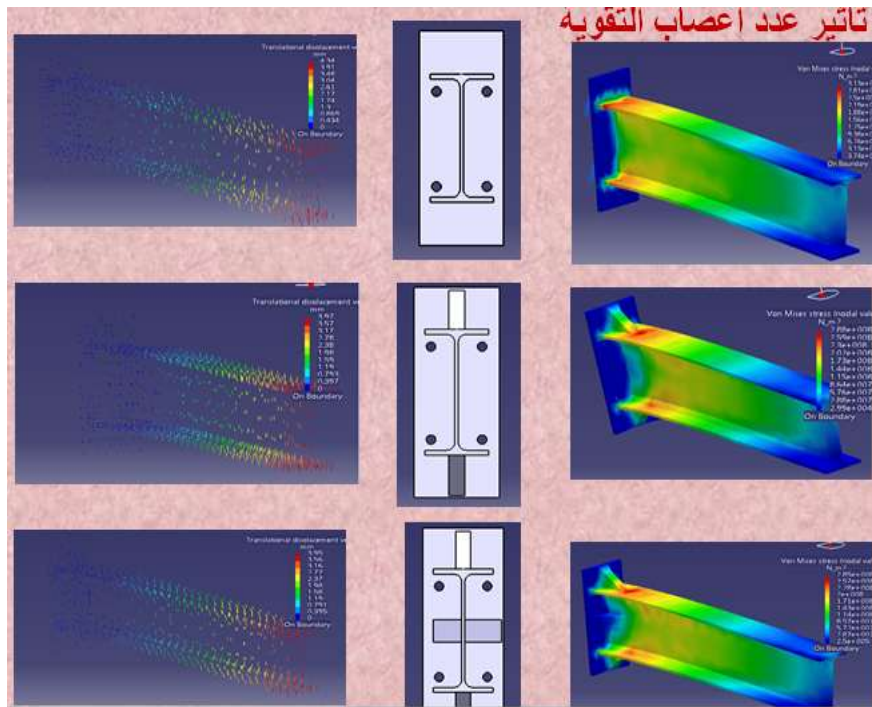
بالمقارنة بين العينات الأربعة كما في الشكل 21 نلاحظ أن أفضل حالة هي الحالة الرابعة التي تحوي 8 براغي و لحام حواف الصفيحة حيث تكون قيمة الاجهادات و الانتقالات أقل من قيمة الاجهادات و الانتقالات في بقية الحالات السابقة وبالمقارنة بين حالة 8 براغي مع حالة 8 براغي فقط بدون لحام نجد أن قيمة الاجهادات 1.21×10^8

N/m^2 في حالة 8 براغي مع لحام و قيمة الاجهادات $2.2 \times 10^8 N/m^2$ في حالة 8براغي فقط في حين أن قيمة الانتقالات في حالة 8 براغي مع لحام هي 0.60mm و قيمة الانتقالات في حالة 8 براغي فقط هي 0.693 mm .

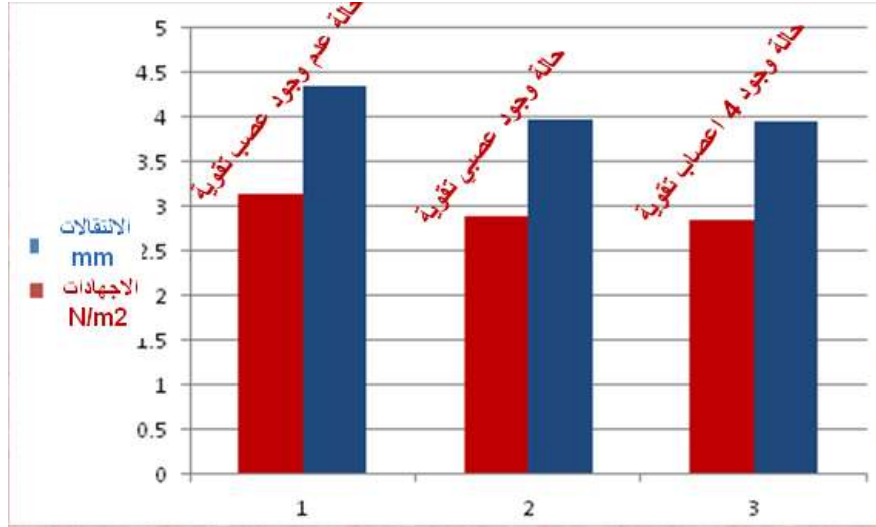
تأثير عدد أعصاب التقوية على أداء الوصلة المدروسة

في هذه الفقرة سوف ندرس تأثير عدد اعصاب التقوية على أداء الوصلة. حيث تم تثبيت كافة البارامترات الاخرى وتمت الدراسة على وصلة مكونة من صفيحة سماكة 15mm و عدد براغي 4 و بقطر 22mm و اخذت حالة وصلة بدون وجود اعصاب تقوية و حالة مع وجود عصبي تقوية من الجهة العلوية و السفلية و حالة مع وجود 4 أعصاب تقوية من الجهة العلوية و السفلية و من الجهتين الطرفيتين وحسبت قيم الاجهادات و الانتقالات في كل حالة كما هو مبين بالشكل 22 . وأجريت مقارنة بين جميع الحالات السابقة كما هو موضح بالشكل 23

نلاحظ من المخطط بالشكل 23 أن وجود عصبي تقوية حسن مقاومة الوصلة للإجهادات بنسبة 9% بالمقارنة مع عدم وجود عصب تقوية ووجود اربع اعصاب تقوية حسن مقاومة الوصلة للإجهادات بنسبة 10% بالمقارنة مع عدم وجود عصب تقوية .



الشكل 22: توزيع الاجهادات والانتقالات بحالة عدم وجود عصب ووجود اعصاب مختلفة



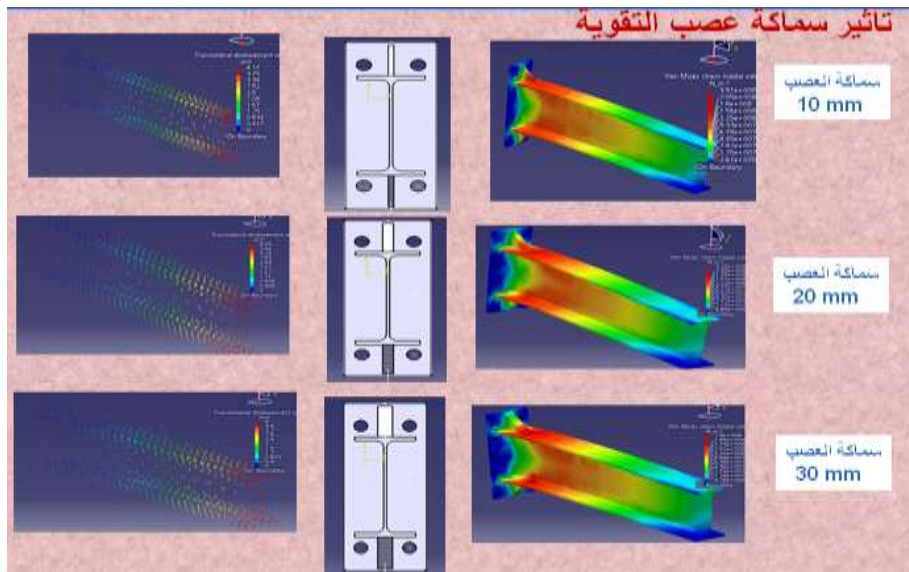
الشكل 23: مقارنة بين حالة عدم وجود عصب تقوية و حالة وجود عصبين و حالة وجود 4 أعصاب تقوية

نلاحظ أيضا أن وجود عصبي تقوية حسن مقاومة الوصلة للإجهادات بنسبة 9% بالمقارنة مع عدم وجود عصب تقوية ووجود اربع اعصاب تقوية حسن مقاومة الوصلة للإجهادات بنسبة 10% بالمقارنة مع عدم وجود عصب تقوية .

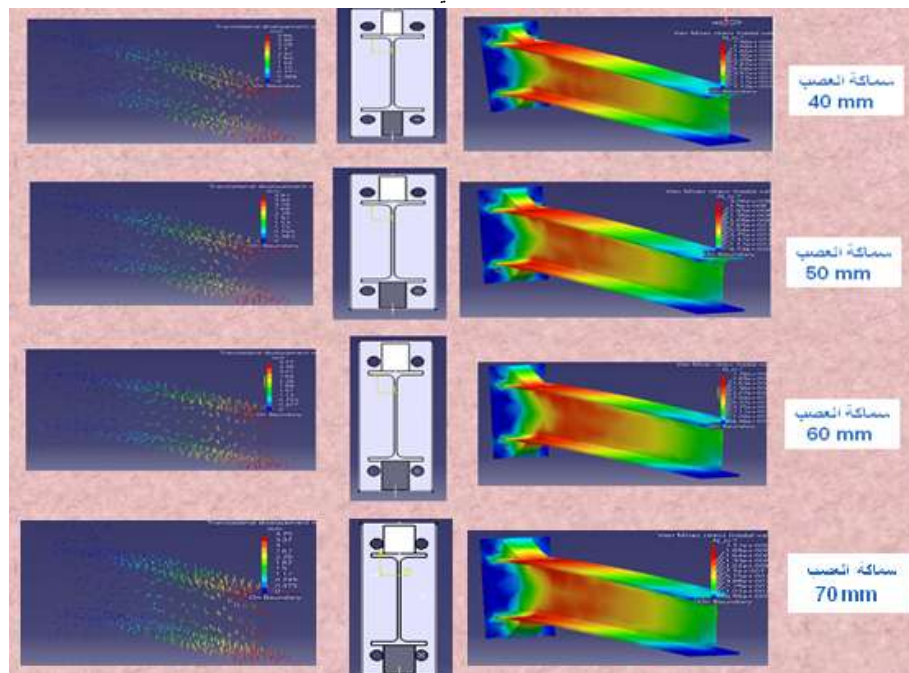
تأثير زيادة عدد الاعصاب على الانتقال كان اكبر من تأثيره على الاجهادات حيث أن وجود اعصاب التقوية بغض النظر عن عددها خفض قيم الانتقال في الوصلة بنسبة شبه ثابتة 10% أي تأثير عدد الاعصاب على الاجهاد كان اوضح بشكل عام.

تأثير سماكة أعصاب التقوية على أداء الوصلة المدروسة

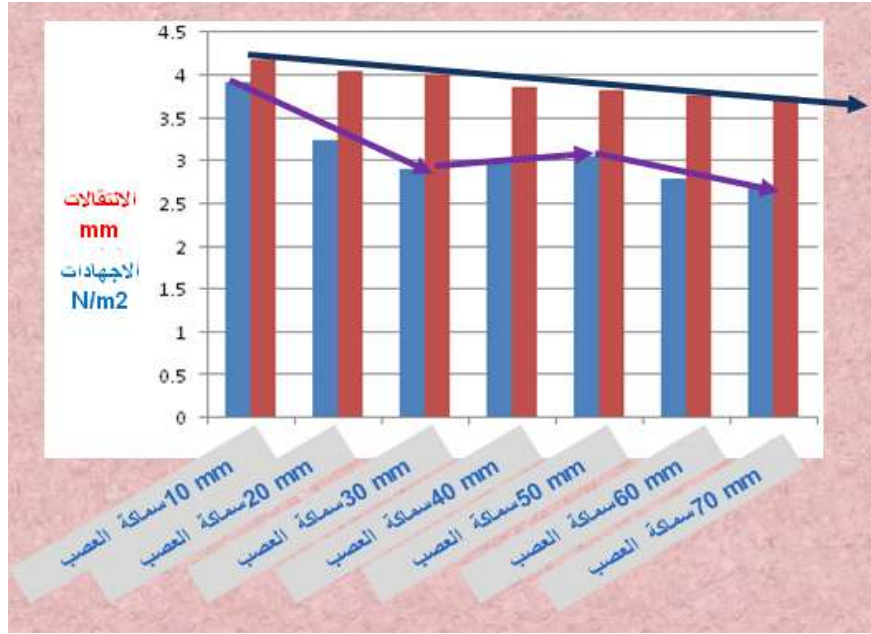
في هذه الفقرة سوف ندرس تأثير سماكة اعصاب التقوية على أداء الوصلة. حيث ثبتت كافة البارامترات الاخرى وتمت الدراسة على وصلة مكونة من صفيحة سماكة 15mm و عدد براغي 4 وبقطر 22mm و اخذت سماكات مختلفة لأعصاب التقوية 60mm, 40mm, 50mm, 10mm, 20mm, 30mm, و 70mm وحسبت قيم الاجهادات و الانتقالات في كل حالة كما هو مبين بالشكل 24 و 25. وأجريت مقارنة بين جميع الحالات السابقة كما هو موضح بالشكل 26.



الشكل 24: تأثير سماكة اعصاب التقوية في حالة 10mm و 20mm و 30mm



الشكل 25: تأثير سماكة اعصاب التقوية في حالة 40mm و 50mm و 60mm و 70mm



الشكل 26: مقارنة قيم الاجهادات و الانتقالات عند سماكات أعصاب مختلفة

نلاحظ من المخطط في الشكل 26 أنه بزيادة سماكة عصب التقوية تتناقص قيمة الانتقالات في الوصلة بشكل طردي ونلاحظ أيضا انه بزيادة سماكة عصب التقوية من 10 mm الى 30 mm تتناقص قيمة الاجهادات بشكل واضح لتعود وتزداد قيمة الاجهادات عند سماكة 40 mm و 50 mm ثم لتعود بالتناقص من جديد بزيادة سماكة عصب التقوية. يمكن ان نستنتج في حالتنا هذه العلاقة المثالية بين سماكة العصب وعرض الصفيحة المستخدمة في الوصلة $t = 0.1875 \cdot t_1$ حيث أن t_1 هي سماكة عصب التقوية و t هو عرض الصفيحة المستخدمة وذلك على اعتبار ان افضل قيمة للإجهادات كانت عند سماكة عصب التقوية 30 mm وكانت سماكة الصفيحة 160 mm وعلى اعتبار ان فارق التحسن في الاجهادات عند السماكات الكبيرة غير مجدي مقارنة مع التكلفة.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- 1) استخدام الصفائح ببراغي (الجانبية) للتثبيت سبب زيادة كبيرة في الانتقالات والاجهادات حيث ترافق استخدام الصفيحتين الجانبيتين للجوائز ببراغي مع زيادة كبيرة في الاجهادات الاعظمية الناشئة بنسبة وصلت إلى 57% وزيادة في الانتقالات بنسبة 95% مقارنة مع استخدام صفيحتين علوية و سفلية مثبتتين ببراغي فقط أي أن استخدام الصفائح ببراغي يكون مثاليا عندما تكون الحمولات متعامدة مع الصفائح المستخدمة في الوصل.
- 2) عند استخدام الصفائح للربط في الجهتين العلوية و السفلية كان تثبيتها ببراغي افضل من تثبيتها بلحام.
- 3) إضافة اللحام الى الصفائح المثبتة ببراغي حسن قيمة الاجهاد الناشئ % 44.1 واعطى أقل قيمة للإجهاد الناشئ بين جميع الحالات السابقة.
- 4) إضافة اللحام الى الطرفين الجانبين للجائزين لم يؤثر على قيمة الاجهادات الاعظمية الناشئة عند استخدام الربط المباشر باللحام.

- (5) عند اضافة اللحم الطرفي للجوائز المثبتة بصفائح و براغي زادت الاجهادات بنسبة %36.6 مقارنة مع حالة التثبيت بصفائح مثبتة ببراعي فقط .
- (6) ان اضافة اللحم الى الصفائح المثبتة ببراعي لم يكن له تأثير واضح على الانتقالات في الوصلة مقارنة مع حالة صفيحة مثبتة ببراعي فقط.
- (7) عند استخدام اللحم لوصل العوارض كانت قيم الانتقالات متقاربة سواء كان الوصل مباشر باللحم او بصفائح ملحومة.
- (8) نلاحظ ان استخدام التثبيت بصفائح مع براغي افضل من استخدام صفائح ملحومة حيث قلت قيم الانتقالات بنسبة %89
- (9) قيم الاجهادات الناشئة المتركة العلوية و السفلية و الجانبية كانت اقل في جميع الحالات التي استخدم فيها التثبيت بصفائح وبراعي مقارنة مع الحالات الاولى و الثانية والثالثة.
- (10) ان اضافة اللحم عند استخدام التثبيت بصفائح وبراعي في الصفائح (I مع I) الى الصفيحة نفسها افضل من اضافة اللحم الى جانبي الجوائز بنسبة %77 من حيث قيمة الاجهادات المتركة في الوصلة (تم حساب النسب المئوية للانخفاض في الاجهاد بين الانواع الثلاثة للإجهاد في الحالتين واخذ المعدل الوسطي للنسب).
- (11) افضل حالة هي الحالة التي تحوي 8 براغي و لحام حواف الصفيحة في الوصلات من نوع جائز-عمود مع صفيحة حيث تكون قيمة الاجهادات و الانتقالات اقل من قيمة الاجهادات و الانتقالات في بقية الحالات الأخرى المدروسة.
- (12) أن وجود عصبي تقوية خفض قيم للإجهادات بنسبة %9 بالمقارنة مع عدم وجود عصب تقوية ووجود اربع اعصاب تقوية حسن مقاومة الوصلة للإجهادات بنسبة %10 بالمقارنة مع عدم وجود عصب تقوية أي أن نسبة التحسن التي ترافقت مع زيادة عدد الأعصاب شبه مهملة مقارنة مع التكاليف المادية .
- (13) تأثير زيادة عدد الاعصاب على الانتقال كان اكبر من تأثيره على الاجهادات حيث أن وجود اعصاب التقوية بغض النظر عن عددها خفض قيم الانتقال في الوصلة بنسبة شبه ثابتة %10 أي تأثير عدد الاعصاب على الاجهاد كان اوضح بشكل عام.
- (14) بزيادة سماكة عصب التقوية تتناقص قيمة الانتقالات في الوصلة بشكل طردي ونلاحظ أيضا انه بزيادة سماكة عصب التقوية من 10 mm الى 30mm تتناقص قيمة الاجهادات بشكل واضح وتكون أفضل قيمة من حيث الجدوى مقارنة مع جميع القيم الأخرى لذلك يمكن ان نستنتج في حالتنا هذه العلاقة المثالية بين سماكة العصب وعرض الصفيحة المستخدمة في الوصلة $t_1 = 0.1875.t$ حيث أن t_1 هي سماكة عصب التقوية و t هو عرض الصفيحة المستخدمة على اعتبار ان فارق التحسن في الاجهادات عند السماكات الكبيرة غير مجدي مقارنة مع التكلفة.

التوصيات

1. إجراء دراسة تجريبية لعدد من العينات ومقارنة النتائج التجريبية مع النتائج التحليلية التي تم الوصول اليها باستخدام طريقة العناصر المنتهية على برنامج CATIA V5
2. 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

3. إجراء دراسة تحليله و تجريبية لعينات مشابهة و تستخدم صفائح ذات سماكات أكبر من التي تم دراستها في بحثنا هذا و أيضا تستخدم براغي اقطارها أكبر من اقطار البراغي المستخدمة في دراستنا وذلك بغية دراسة السلوك العام لهذه الوصلات

4. دراسة الوصلات المعدنية ذات العوارض المختلفة المقاطع والبروفابلات ومقارنتها بالبروفابلات I

المراجع

- [1] SHI Y. J, CHAN S.L. and WONG Y. L., "Modeling for moment-rotation characteristics for end-plate connections" Journal of Structural Engineering-ASCE, (1996). 1300-1306.
- [2] FANNING, P., TUCKER, M. "Non-Linear Finite Element Analysis of Semi-Rigid Bolted End-Plate Connections". Proceedings of the Fifth International Conference on Computational Structures Technology, Japan, (2006). 58-72.
- [3] SOKOL, Z, F. "Design of End Plate Joints Subject to Moment and Normal Force". Proceedings of the Third European Conference on Steel Structures, (2002). 55-65
- [4] SHI Y., SHI ,G. and WANG, Y. , "Experimental and theoretical analysis of the moment-rotation behavior of stiffened extended end-plate connections", Journal of Constructional Steel Research., (2007). 1279-1293.
- [5] DABAO, M. A., El-BOGHADADY, M. H. and KHAROOB, O. F. "Semi-rigid joints in bare steel and composite frames subjected to loading in space part II: Finite element modeling" Twelfth international colloquium on structural and geotechnical engineering, (2007). 60- 72.
- [6] GANG SHI, Y, M. "Finite element analysis of beam-column bolted end-plate connections in steel frames". Department of Engineering, China, 2007, 88-99
- [7] MOHAMADI-SHOORE, M.R. and MOFID, M. "New modeling for moment-rotation behavior of bolted endplate connections", ScientiaIranica, (2011). 827-834.
- [8] MASHALY, E., El-HEWEITY, M., ABOU-ELFATH, H. and OSMAN, M., "Behavior of four-bolt extended end-plate connection subjected to lateral loading", Engineering Journal, (2011). 79-90.
- [9] ROXANA BALCALEXANDRU CHIRA NICOLAE CHIRA "Finite element analysis of beam to column end plate bolted connection", (2012). 23-29
- [10] K.ALHAJ, H. BADIA, G.LOHO "The Effect of Axial Force on the Behavior of Bolted flush End-plate single-sided beam-to-column moment connections", (2016). 439-451
- [11] K. S. RAGU RAM, D. AJAY KUMAR "Stress Analysis of Traverse Beam Crane Hook Used in Steel Melting Shops of Steel Plant by ANSYS and CATIA "(2017). 37-43
- [12] CATIA. users' manual. Structure Design, User's Guide Version 5 (2014)