

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

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

(Received 17 / 1 / 2018. Accepted 20 / 3 / 2018)

□ ABSTRACT □

This article presents a study of the method of Finite Element Method using the CATIA V5 program to study the effect of various engineering parameters on the best performance of the joints used in metal structures. The proposed model adopts bolt fixation and takes into account the type of material, nonlinear geometry, initial deformation, friction between adjacent surfaces and pre-tensile force in screws. Using the finite element method we will study the best performance by changing the radius, the thickness of the final plate, the length of the supporting column and the angle of the supporting nerve. Results of failure patterns, resistance change, initial smoothness and rotation capacity were presented. Overall, the best performance of the metal joints of a screw-mounted plate was discussed in detail and recommendations were made for the design process

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

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

الدكتور محمد غانم زهرة*

الدكتور تمام جميل سلوم**

مهند فائز نصره***

(تاريخ الإيداع 17 / 1 / 2018. قُبِلَ للنشر في 20 / 3 / 2018)

□ ملخّص □

يقدم هذا البحث دراسة بمساعدة طريقة العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد و استخدام برنامج CATIA V5 لمعرفة تأثير البارامترات الهندسية المختلفة على أداء الوصلات المستخدمة في المنشآت المعدنية. النموذج المقترح يعتمد التثبيت باستخدام البراغي ويأخذ بالحسبان نوع المادة ، الشكل الهندسي اللاخطي، التشوه الأولي ، الاحتكاك بين السطوح المتجاورة وقوة الشد المسبقة في البراغي. ستقدم الدراسة الأداء الأفضل عن طريق تغيير نصف القطر و سماكة الصفيحة النهائية وطول العمود الداعم وزاوية العصب الداعم. في متن البحث تم عرض نتائج أنماط الفشل وتغير الصلابة الأولية والدوران. وتم تحليل اجهادات Von Mises و الانتقالات لمجموعة من العينات حسب عدد البراغي المستخدمة وأيضا لعينات تستخدم طريقة اللحام للتثبيت بين الصفيحة و العمود و عينات اخرى تستخدم اللحام و البراغي للتثبيت وبالنهاية تم مقارنة جميع هذه النتائج والتوصية بالحالات الافضل للتثبيت. بالمحصلة إن الأداء الأفضل للوصلات المعدنية لصفحة مثبتة بواسطة براغي و لحام تمت مناقشته بالتفاصيل وتم تقديم التوصيات لأجل عملية التصميم.

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 - اللاذقية - سورية
** مدرس - قسم الهندسة الصناعية كلية الهندسة الميكانيكية جامعة حلب - سورية
*** طالب دكتوراه - قسم هندسة التصميم و الانتاج كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

مقدمة

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

أجريت عدة أبحاث باستخدام الطرق التحليلية والتجريبية على الصفائح لتحديد طريقة دقيقة لتوقع سلوك الوصلة الدوراني وذلك عند تطبيق الأحمال المضطربة والدورية فقد طور الباحثون نظام عددي لحساب علاقة ال $M-\phi$ للوصلات المعدنية الصلبة والمرنة (وصلات عارضة إلى عمود ووصلات 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 Wald et al 2002 [3]. قدم الباحثون نموذج نظري لحساب علاقة ال $M-\phi$ لوصلات الصفيحة ووصلات 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 تحليلاً من تأثير الأحمال في الاتجاه الثانوي على أداء الوصلات نصف الصلبة في الاتجاه الرئيسي [5]. قام الباحثون بإجراء دراسة تجريبية لوصلات جازر عمود مزود بصفيحة نهاية وخاضعة لتأثير عزم انعطاف وقوة محورية وتوصل بنهاية التجربة لرسم مخططات عزم دوران للوصلة المدروسة يشرح بشكل مفصل الية تأثير القوة المحورية المتزايدة على سلوك الوصلة [6]. طور الباحثون نموذج أسي للتنبؤ بالمنحنيات $M-\phi$ 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 الى ان طريقة التحليل باستخدام نظرية العناصر المنتهية تعطي القدرة على محاكاة السلوك الحقيقي للجائر وبتكاليف بسيطة و بزمن قصير مقارنة مع النتائج التجريبية و ان 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 الاولية وعزم الخضوع وتقليل عزم الفشل وزيادة انتقالات الفشل [9]. بين الباحثون بأن تأثير القوة المحورية الضاغطة بقيمة أقل من 20% من المقاومة اللدنة للجائر تسبب زيادة ملحوظة في مقاومة الوصلة للعزوم و 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 جوائز عمود علي برنامج CATIA V5 أخذين بعين الاعتبار نوع المادة و المواصفات الهندسية للوصلة المدروسة [11]

أهمية البحث و أهدافه

إن الهدف الاساسي من هذا البحث هو تطوير نموذج عناصر منتهية ثلاثي الأبعاد موثوق لتحليل وصلات الصفيحة النهائية المعدنية المثبتة ببراعي مع الأخذ بعين الاعتبار قوى الشد المسبقة والتشوه الأولي، الانثناء، الاحتكاك بين السطوح المختلفة. أما الهدف الثاني من هذا البحث ويتلخص باستخدام نموذج العناصر المنتهية المقترح لدراسة تأثير مختلف العناصر على أداء هذه الوصلة.

طرائق البحث ومواده

يعتمد هذا البحث على استخدام النمذجة والمحاكاة من خلال برنامج CATIA V5 و طريقة العناصر المنتهية وذلك لتحليل نتائج المحاكاة وصولاً الى الأداء الافضل من خلال دراسة تأثير البارامترات الهندسية الأساسية وهي: سماكة الصفيحة ، قطر البراعي ، مدعّمات العمود و زاوية عصب التقوية. حيث تم القيام بدراسة 8 عينات مختلفة و حساب العزم و الدوران وتحديد نمط الفشل في كل عينة. و دراسة حالة صفيحة مثبتة بواسطة اللحام مع العمود و عدة حالات لصفائح تحوي عدد متغير من البراعي و لحام طرف الصفيحة ومقارنة مخططات الاجهادات و الانتقالات لكل عينة.

النتائج و المناقشة

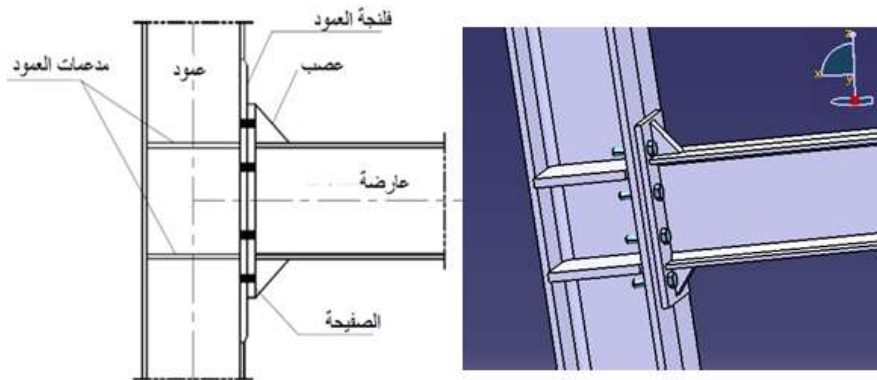
1. نموذج العناصر المنتهية ثلاثي الأبعاد

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير نموذج عناصر منتهية ثلاثي أبعاد عن طريق محاكاة اتصال صفيحة مدعمة وصفيحة غير مدعمة. إن محاكاة وصلة نصف صلبة يساعد على تتبؤ الأداء الحقيقي للوصلات تحت الأحمال المتزايدة ودراسة خصائص الوصلات مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير العوامل على الأداء. لقد تم بناء النموذج على برنامج [12] CATIA V5 لمحاكاة وصلات الصفائح المثبتة ببراعي تحت تأثير الأحمال المتغيرة. للتأكد من النموذج المقترح تم اختبار 8 عينات من الوصلات المستخدمة في تثبيت الصفائح المعدنية حيث ان الجدول رقم (1) يبين مواصفات الجائز و العمود

الجدول 1 : مواصفات الجائز والعمود

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

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

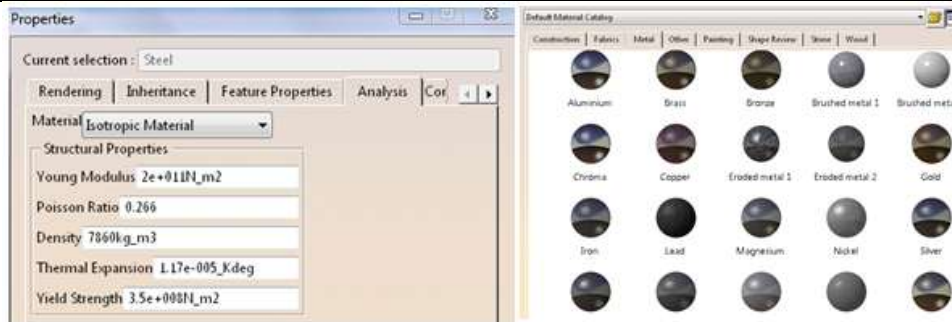


الشكل 1 : شكل و أبعاد الوصلة المدروسة

بعد رسم و تصميم النموذج الثلاثي 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

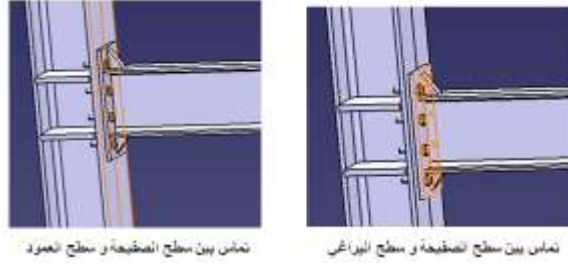
الجدول 2 : المواصفات الميكانيكية لمواد القطع الهندسية المكونة للوصلة المدروسة

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



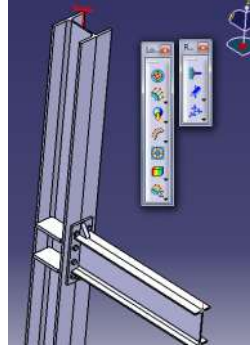
الشكل 2 كيفية اختيار مادة القطع الهندسية ومواصفاتها الميكانيكية

إن نمذجة الاتصال بين الأجزاء المختلفة للنموذج هو من أهم العمليات. فإذا لم يتم بالشكل الصحيح فلن تعكس نتائج التحليل سلوك النموذج الحقيقي. في حالة الاتصال بين اللوح الأخير وجسم العمود 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. والأخرى هي عبارة عن قيد Bolt Tightening المستخدم في وصل البرغي أو الصامولة مع العارضة أو العمود الشكل (3).



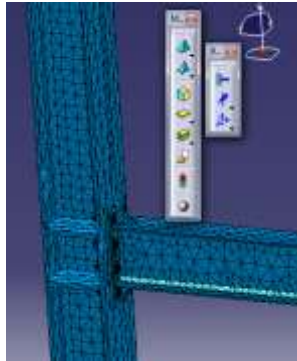
الشكل 3 : نوع الاتصال بين السطوح المستخدمة في الوصلة

بعد تحديد سطوح الاتصال يتم تحديد الشروط الحديدية و نوع القيود و التثبيت كنوع الوثاظة Clamp او ماهي 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 الحديدية 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. تم اختبار أحجام مختلفة للشبكات لتحديد شبكة عناصر جيدة تعطي قيم دقيقة بوقت حساب أقل. من الممكن أيضاً استخدام شبكة دقيقة عند مناطق الاجهاد وشبكة خشنة عند بقية المناطق وهذا الإجراء اختياري، كما في الشكل (5).

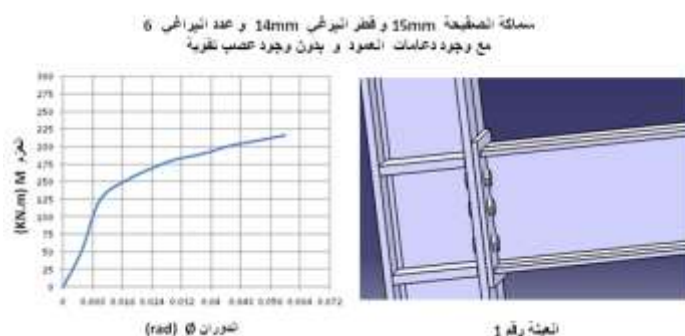


الشكل 5 : شبكة العناصر المنتهية التي تم توليدها باستخدام البرنامج CATIA V5

2. أنماط الفشل و العلاقة بين العزم والدوران لكل عينة من العينات

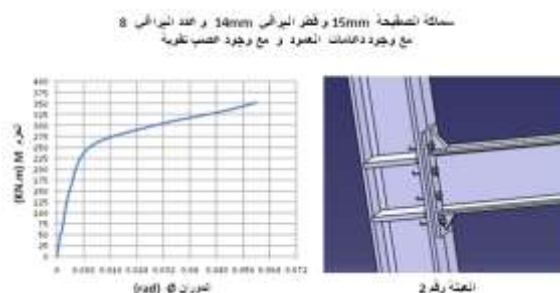
سنعرض في هذه الفقرة خصائص (العزم-الدوران) بالإضافة إلى أنماط الفشل في الوصلات. تم تحديد القوة في نقطة التحميل واعتبار قيمة القمة (القيمة العظمى) هي سعة التحميل في كل من نقاط الاتصال. تم حساب المقاومة اللحظية من خلال جداء عدد الحمولات المطبقة بطول الذراع الذي يبلغ 1200 mm حيث أن الذراع هو البعد بين

نقطة التحميل وحافة العمود الشاقولي و كما ذكرنا سابقا فقد تمت دراسة ثمانية عينات مختلفة و تم الحصول في كل حالة على مخططات العزم و الدوران و تم تحديد نمط الفشل الخاص بها.



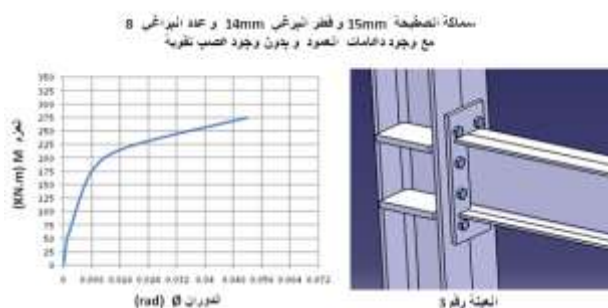
الشكل 6 : العينة رقم 1 مع مخطط العزم و الدوران الخاص بها

يبين الشكل (6) العينة الاولى حيث ان هذه العينة تملك صفيحة بسمكة 15mm و عدد البراغي 6 براغي و قطر كل برغي 14mm مع وجود دعامات للعمود و بدون عصب تقوية وتبين من خلال المخططات ان الفشل في هذه العينة ناتج عن تحطم البراغي حيث نلاحظ ان اعلى قيمة للعزم هي بحدود 225KN عند زاوية دوران 0.058 rad



الشكل 7 : العينة رقم 2 مع مخطط العزم و الدوران الخاص بها

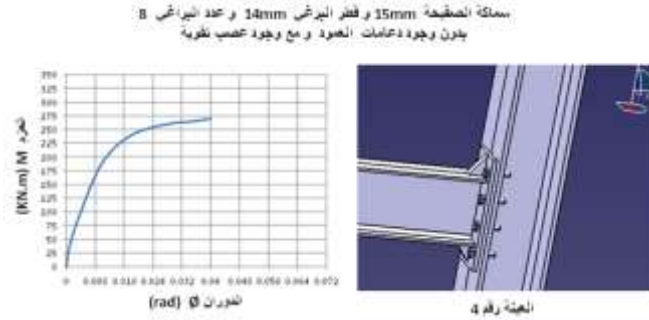
يبين الشكل (7) العينة الثانية حيث ان هذه العينة تملك صفيحة بسمكة 15mm و عدد البراغي 8 براغي و قطر كل برغي 14mm مع وجود دعامات وعصب تقوية للعمود وتبين من خلال المخططات ان الفشل في هذه العينة ناتج عن تحطم البراغي أيضا حيث نلاحظ ان اعلى قيمة للعزم هي بحدود 350KN عند زاوية دوران 0.06 rad



الشكل 8 : العينة رقم 3 مع مخطط العزم و الدوران الخاص بها

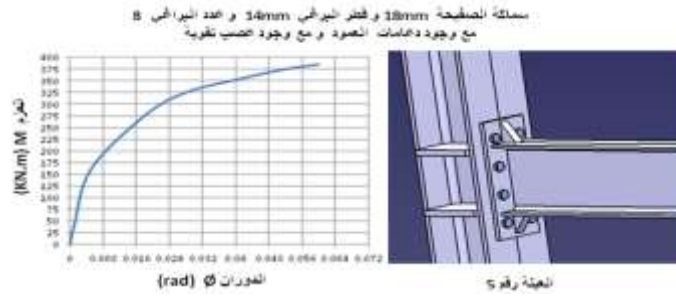
يبين الشكل (8) العينة الثالثة حيث ان هذه العينة تملك صفيحة بسمكة 15mm و عدد البراغي 8 براغي و قطر كل برغي 14mm مع وجود دعامات للعمود و بدون وجود عصب تقوية وتبين من خلال المخططات ان الفشل

في هذه العينة ناتج عن تحطم البراغي أيضا حيث نلاحظ ان اعلى قيمة للعزم هي بحدود 275KN عند زاوية دوران 0.05 rad



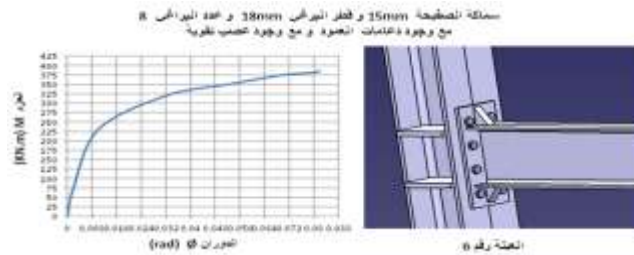
الشكل 9 : العينة رقم 4 مع مخطط العزم و الدوران الخاص بها

يبين الشكل (9) العينة الرابعة حيث ان هذه العينة تملك صفيحة بسماكة 15mm و عدد البراغي 8 براغي و قطر كل برغي 14mm بدون وجود دعائم للعمود و مع وجود عصب تقوية وتبين من خلال المخططات ان الفشل في هذه العينة ناتج عن تحطم البراغي وجناح العمود حيث نلاحظ ان اعلى قيمة للعزم هي بحدود 275KN عند زاوية دوران 0.04 rad



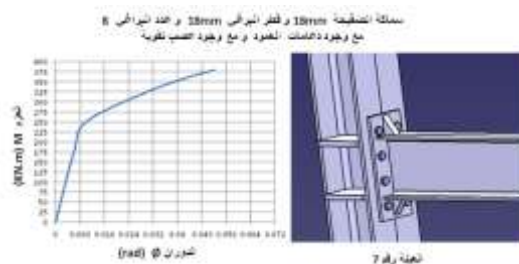
الشكل 10 : العينة رقم 5 مع مخطط العزم و الدوران الخاص بها

يبين الشكل (10) العينة الخامسة حيث ان هذه العينة تملك صفيحة بسماكة 18mm و عدد البراغي 8 براغي و قطر كل برغي 14mm مع وجود دعائم للعمود و مع وجود عصب تقوية وتبين من خلال المخططات ان الفشل في هذه العينة ناتج عن تحطم البراغي فقط حيث نلاحظ ان اعلى قيمة للعزم هي بحدود 380KN عند زاوية دوران 0.058 rad



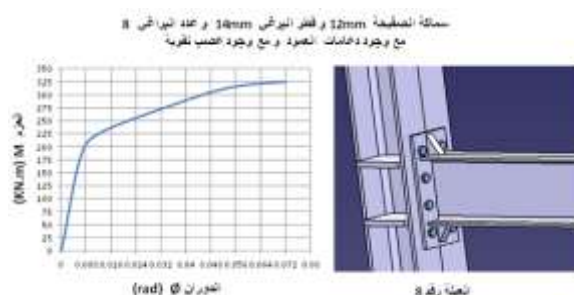
الشكل 11 : العينة رقم 6 مع مخطط العزم و الدوران الخاص بها

يبين الشكل (11) العينة السادسة حيث ان هذه العينة تملك صفيحة بسماكة 15mm و عدد البراغي 8 براغي و قطر كل برغي 18mm مع وجود دعائم للعمود و مع وجود عصب تقوية وتبين من خلال المخططات ان الفشل في هذه العينة ناتج عن تحطم الصفيحة وجسد الجائز حيث نلاحظ ان اعلى قيمة للعزم هي بحدود 400KN عند زاوية دوران 0.086 rad



الشكل 12 : العينة رقم 7 مع مخطط العزم و الدوران الخاص بها

يبين الشكل(12) العينة السابعة حيث ان هذه العينة تملك صفيحة بسماكة 18mm و عدد البراغي 8 براغي و قطر كل برغي 18mm مع وجود دعامات وعصب تقوية للعمود وتبين من خلال المخططات ان الفشل في هذه العينة ناتج عن تحطم الصفيحة وجسد الجائز حيث نلاحظ ان اعلى قيمة للعزم هي بحدود 380KN عند زاوية دوران 0.05 rad



الشكل 13 : العينة رقم 8 مع مخطط العزم و الدوران الخاص بها

يبين الشكل(13) العينة الثامنة حيث ان هذه العينة تملك صفيحة بسماكة 12mm و عدد البراغي 8 براغي و قطر كل برغي 14mm مع وجود دعامات للعمود و مع وجود عصب تقوية وتبين من خلال المخططات ان الفشل في هذه العينة ناتج عن تحطم الصفيحة وتحطم البراغي حيث نلاحظ ان اعلى قيمة للعزم هي بحدود 325KN عند زاوية دوران 0.072 rad

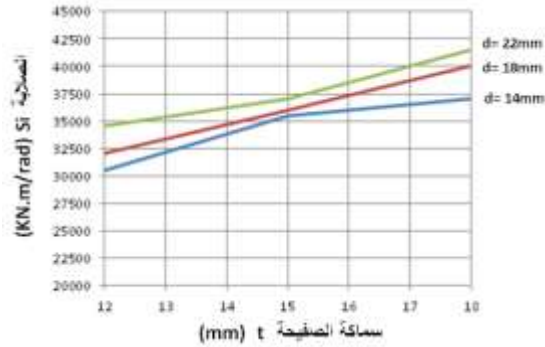
تعرف نقطة فشل الوصلة بأنها عبارة عن تقارب عددي في المجال اللاخطي وتدل على أن النموذج غير مستقر. هذا التقارب اللاخطي يتعلق بعدة متغيرات خاصة عند استخدام عناصر متلامسة السطوح. وفي الحقيقة، فإن التباعد العددي للحل لا يدل دوماً على نقطة الفشل الحقيقية ولذلك يتم استخدام عدة معايير لكشف الفشل والحالة النهائية للوصلة. المعيار الأول هو مراقبة الإجهادات والانفعالات في البراغي. المعيار الثاني هو التحكم بالانزياح والذي لا يجب أن يتجاوز أكثر من 15 ضعف القيمة المسموحة للانزياح. المعيار الثالث هو ملاحظة ومراقبة الالتواء المحلي لحافة الحزمة وذلك بعرض ورسم خطوط الانفعال بعامل تضخيم يساوي إلى الواحد.

3. البارامترات (المتغيرات) الواجب دراستها و المتعلقة بفشل الوصلة

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

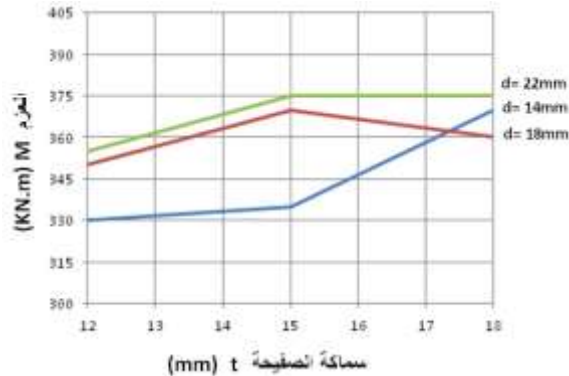
1.3. تأثير سماكة الصفيحة

إن الأشكال (14)، (15)، (16) تظهر تأثير عدد مختلف من سماكات الصفيحة على الصلابة و العزم القصوى و السعة الدورانية و تم عرض كل وصلة مع ثلاث قيم من سماكات الصفيحة 12 mm و 15 mm و 18mm من أجل ثلاث قيم لقطر البرغي 14mm و 18mm و 22mm

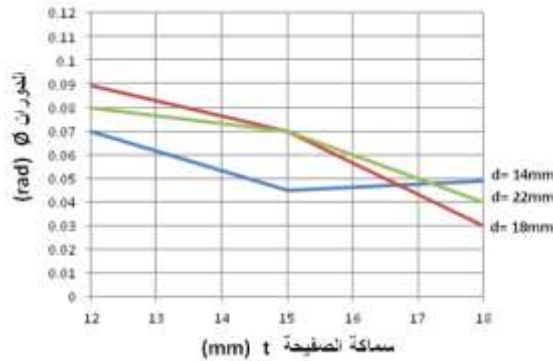


الشكل 14 : العلاقة بين سماكة الصفيحة و الصلابة عند قيم أقطار براغي مختلفة

عموماً، يمكن ملاحظة أن الصلابة الابتدائية تزيد بشكل ملحوظ مع زيادة سماكة الصفيحة ، في حين أنه يزيد قليلاً مع زيادة قطر البرغي وبالإضافة إلى ذلك، فإنه يمكن ملاحظة أن قطر البرغي وسماكة الصفيحة لها تأثير كبير على العزم النهائي والسعة الدورانية. وهذا يمكن أن يكون عائداً إلى أن الزيادة في سماكة الصفيحة يسمح بالمزيد من قوة الشد في البراغي التي تزيد من السعة و القدرة في العزم ، ولكن الزيادة هي ليست كبيرة جداً وسوف يسبب فشل تحطم في البراغي مع سعة دوران منخفضة للوصلة. ويقترح من الضروري التقليل من سماكة الصفيحة من أجل تجنب الفشل ومع ذلك يجب أن يكون للصفيحة أيضاً سماكة مناسبة لتجنب فشل وتحطم الصفيحة نفسها.



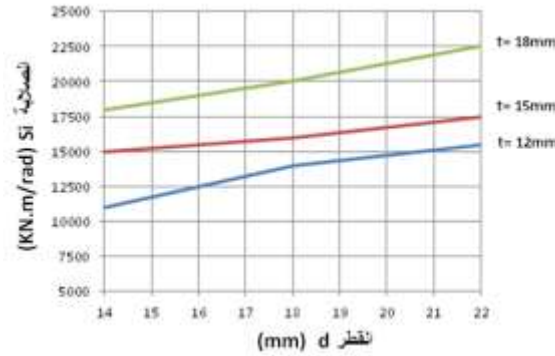
الشكل 15 : العلاقة بين سماكة الصفيحة و العزم عند قيم أقطار براغي مختلفة



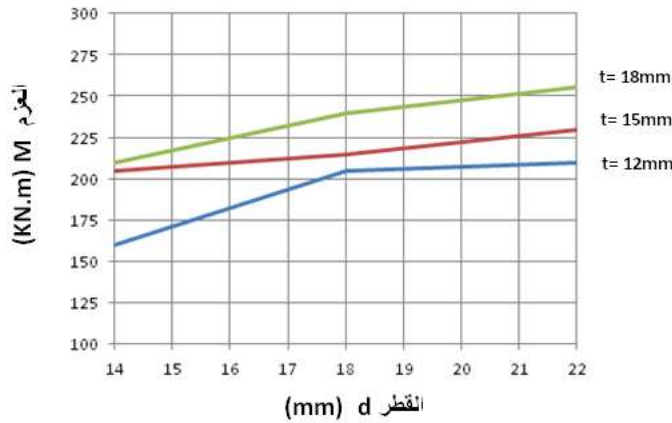
الشكل 16 : العلاقة بين سماكة الصفيحة و الدوران عند قيم أقطار براغي مختلفة

2.3. تأثير قطر البراغي

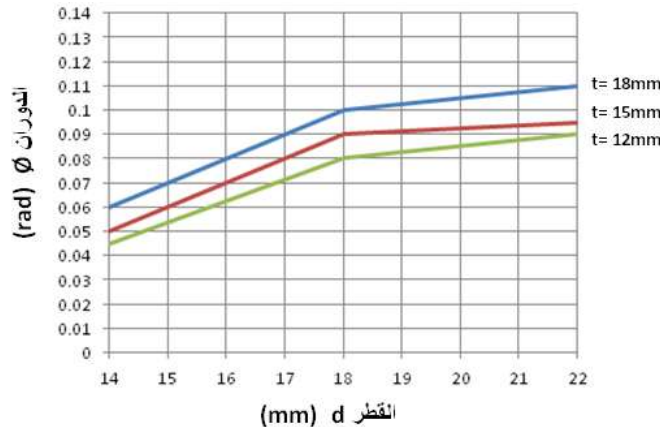
تظهر الأشكال (17)، (18)، (19) تأثير عدد مختلف من أقطار البراغي على الصلابة و العزوم القصوى و السعة الدورانية و تم عرض كل وصلة مع ثلاث قيم من سماكات لوحة النهاية 12mm ، 15mm و 18mm و نلاحظ انه بزيادة قطر البرغي و سماكة الصفيحة تزداد القيم السابقة كلها



الشكل 17: العلاقة بين أقطار البراغي و الصلابة عند قيم سماكات مختلفة



الشكل 18 : العلاقة بين أقطار البراغي و العزم عند قيم سماكات مختلفة



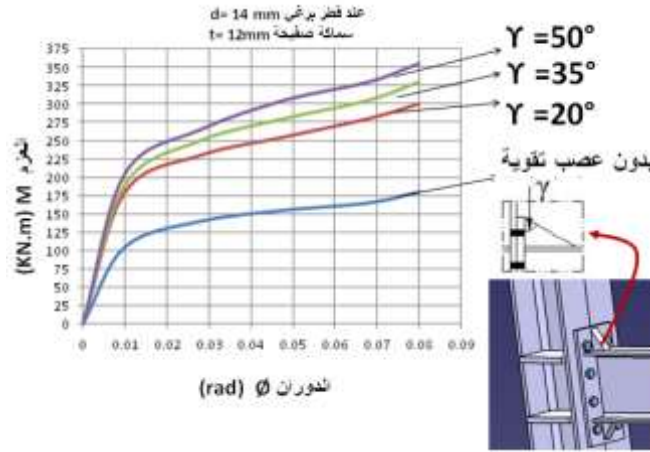
الشكل 19 : العلاقة بين أقطار البراغي و الدوران عند قيم سماكات مختلفة

عندما يكون قطر البرغي يساوي 14mm ، و في هذه الحالة يكون الفشل الناتج يعود إلى كسر (انهيار) البرغي و الذي يسبب فشل سريع في الوصلات و يسبب فقد في مقاومة الالتواء .

بشكل دقيق و من أجل صفيحة بسماكة معتدلة مقبولة 15mm و برغي يزداد قطره من 14mm إلى 18mm تزداد الصلابة الابتدائية بالنسبة التالية % 7.9 و العزوم بالنسبة التالية % 9 و السعة الدورانية بالنسبة التالية 78 % و بزيادة قطر البرغي من 18mm إلى 22mm تزداد الصلابة الابتدائية بالنسبة التالية % 8.5 و العزوم بالنسبة التالية % 4.4 و السعة الدورانية بالنسبة التالية % 5.5

3.3. تأثير الصفيحة المزودة بعصب تقوية وتأثير زاوية ضلع العصب γ

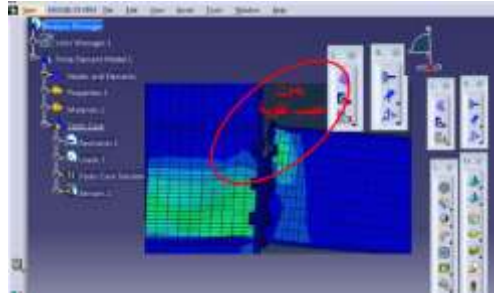
سندرس في هذه الفقرة تأثير الصفيحة المزودة بعصب تقوية على سلوك الوصلة المدروسة. لقد تم دراسة اربعة نماذج وهي النموذج الاول صفيحة بدون عصب تقوية و النموذج الثاني صفيحة بعصب تقوية بزاوية $\gamma=20^\circ$ و النموذج الثالث صفيحة بعصب تقوية بزاوية $\gamma=35^\circ$ و النموذج الرابع صفيحة بعصب تقوية بزاوية $\gamma=50^\circ$ الشكل (20) يوضح العلاقة بين الدوران و العزم لهذه الحالات الاربع عند قطر برغي $d=14\text{mm}$ و سماكة صفيحة $t=12\text{mm}$



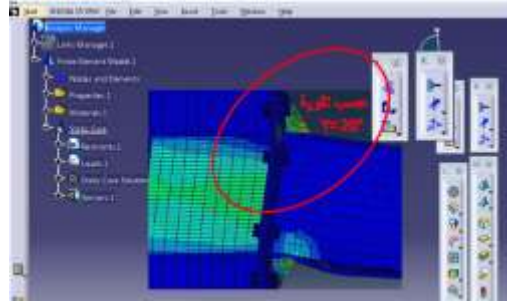
الشكل 20: العلاقة بين الدوران و العزم عند قيم مختلفة للزاوية γ

بالمقارنة مع النوع الأول (عدم وجود عصب تقوية) فإن الصلابة الابتدائية، العزم وسعة الدوران لوصلة بصفيحة ذات عصب تقوية تبدو بشكل واضح أكبر وذلك يدل على أن استخدام صفيحة بعصب تقوية يحسن حالة الوصلة المدروسة بشكل كبير. إن استخدام صفيحة بعصب تقوية يزيد قيمة العزم من 60% إلى 90%. وبشكل دقيق، فإن زيادة الزاوية γ من 20° إلى 35° يسبب زيادة بالعزم حوالي 10.4% ومن 35° إلى 50° يسبب زيادة بالعزم حوالي 6% و

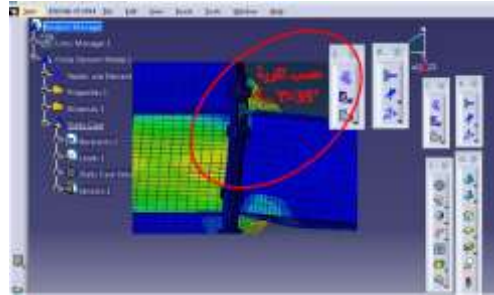
تبيين الأشكال (21)، (22)، (23)، (24) نوع التشوه الحاصل في الوصلة المدروسة عند الحالات الاربع السابقة . يمكن ملاحظة أن دوران صفيحة الوصلة يساهم بشكل أساسي بالتشوه النسبي بين سطح الصفيحة و وجه العمود. على العكس في حالات الصفيحة بعصب تقوية فإن دورانها يأتي من تشوه القص لسطح الصفيحة ويمكن أيضا ملاحظة أن الخلوص (الفجوة) بين سطح الصفيحة و وجه العمود يتأثر بزاوية ضلع العصب γ حيث أن زيادة زاوية ضلع العصب γ يقلل من فجوة التشوه ويمكن أن يعزى ذلك إلى أن زيادة ابعاد عصب التقوية يزيد من صلابة الصفيحة التي قد تؤجل أو تؤخر الوصول الى منطقة الخضوع و العزوم العظمى التي تسبب التشوهات



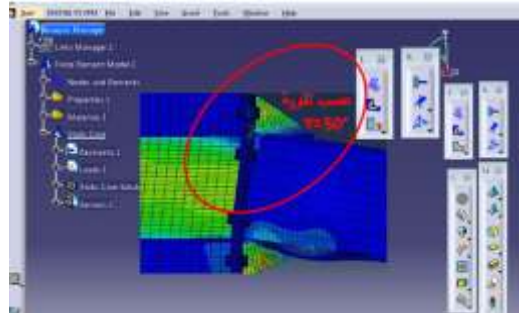
الشكل 21: التشوه الحاصل في الوصلة باستخدام صفيحة بدون عصب تقوية



الشكل 22: التشوه الحاصل في الوصلة باستخدام صفيحة بعصب تقوية بزاوية $Y=20^\circ$



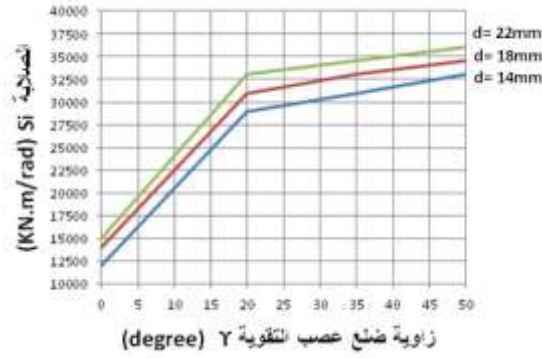
الشكل 23: التشوه الحاصل في الوصلة باستخدام صفيحة بعصب تقوية بزاوية $Y=35^\circ$



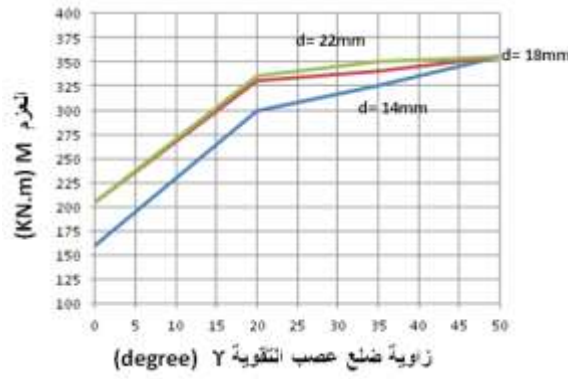
الشكل 24: التشوه الحاصل في الوصلة باستخدام صفيحة بعصب تقوية بزاوية $Y=50^\circ$

عصب التقوية له تأثير ملحوظ على سلوك الوصلة المدروسة وتشير الأشكال المذكورة أعلاه إلى أن الوصلات المدعمة لها عزم دوران أعلى لأن المدعمات (أعصاب التقوية) تغير آلية انتقال الحمل وتحسين الشرط الجدية للوصلة أيضا وتبين الأشكال (25)، (26)، (27) تأثير زاوية ضلع عصب التقوية على الصلابة الأولية و العزم و الدوران للوصلة، عند قيم مختلفة لقطر البرغي. وتظهر النتائج لحالات صفيحة بسماكة 12mm أن العزم يزداد بازدياد زاوية ضلع العصب من أجل كل قيم قطر البرغي. وعلاوة على ذلك تزداد قيمة الدوران مع زيادة زاوية ضلع العصب في حالة قطر البرغي يساوي 14mm، ولكنها تنخفض في حالات قطر البرغي أكبر أو يساوي 18mm على وجه التحديد، استخدام الصفيحة مع عصب تقوية قد تزيد من العزم بنسبة 50-80% والصلابة الأولية

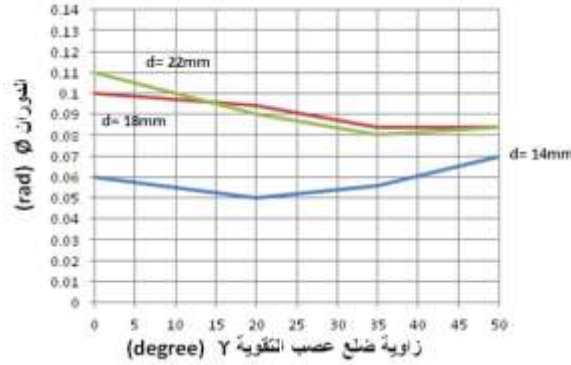
بنحو % 105-130 أكثر من الوصلات نوع (Flush). إن زيادة زاوية ضلع العصب من 20° إلى 50° تزيد الصلابة الأولية بنحو 8-10% و العزم و 10-16%



الشكل 25: العلاقة بين زاوية ضلع عصب التقوية و الصلابة الابتدائية



الشكل 26: العلاقة بين زاوية ضلع عصب التقوية و العزم

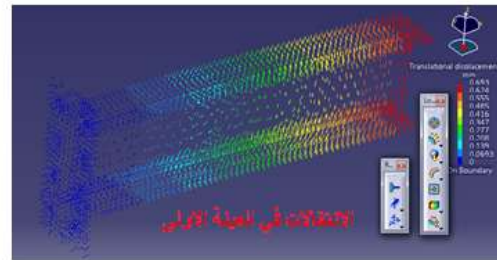


الشكل 27: العلاقة بين زاوية ضلع عصب التقوية و الدوران

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

يتم في هذه الفقرة دراسة تأثير عدد البراغي على الاجهادات و الانتقالات في الوصلة حيث تم دراسة ثلاث عينات مختلفة من حيث عدد البراغي حيث أن العينة الاولى 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 الاجهادات الرئيسية لكل عينة. يبين الشكل 28 توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات للعينة الاولى

العينة الأولى تحوي 8 براغي بقطر 18mm

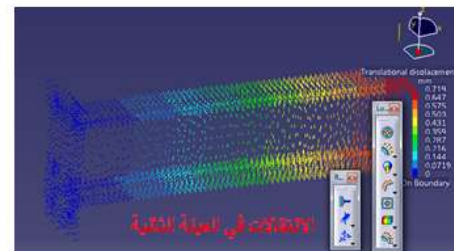
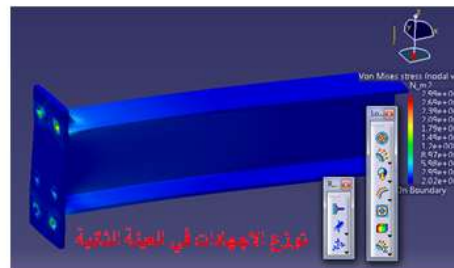


الشكل 28: توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في العينة الاولى

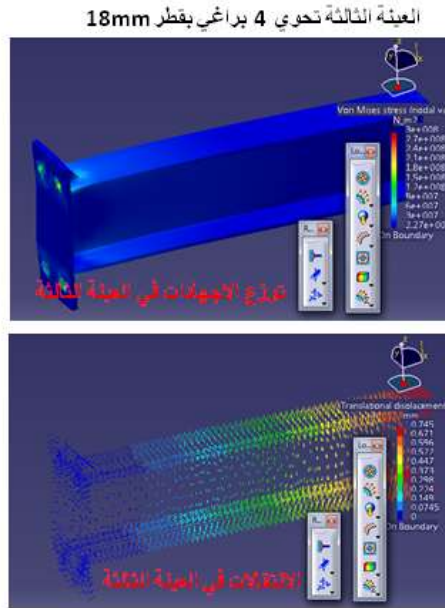
نلاحظ من الشكل (28) ان أعلى قيمة للإجهادات هي بحدود $2.2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات كانت بحدود 0.693 mm .

يبين الشكل (29) توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات للعينة الثانية نلاحظ من الشكل 29 ان 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 (30) توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات للعينة الثانية نلاحظ من الشكل 30 ان 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

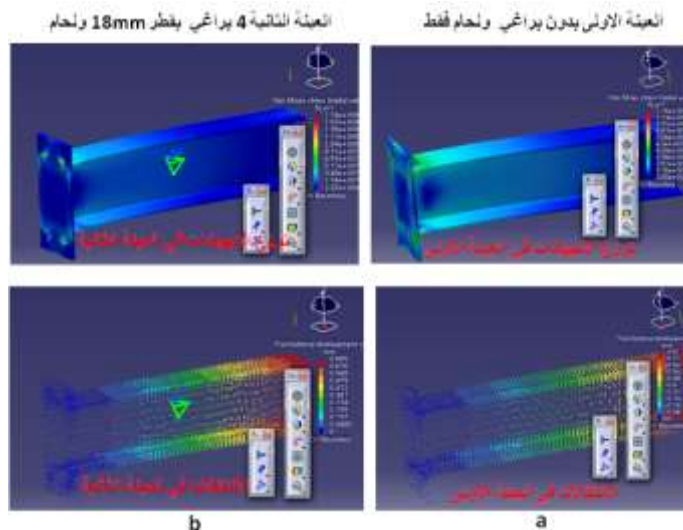


الشكل 29: توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في العينة الثانية



الشكل 30: توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في العينة الثالثة

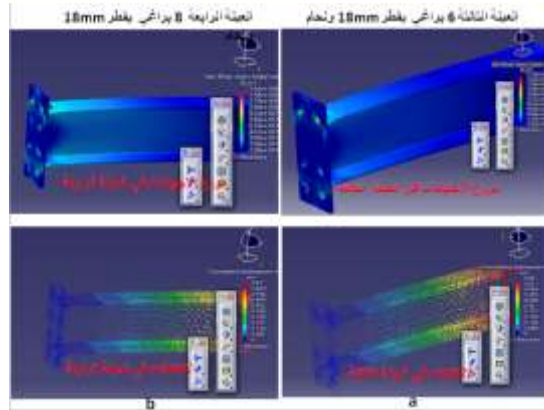
بعد ذلك تم دراسة اربع عينات مختلفة حيث ان العينة الاولى هي أن الصفیحة لاتحتوي براغي و تتصل مع العمود عن طريق لحام حواف الصفیحة فقط في حين أن العينة الثانية تحوي على 4 براغي بقطر 18mm و لحام على كافة حواف الصفیحة والعينة الثالثة تحوي 6 براغي بقطر 18mm ولحام حواف الصفیحة والعينة الرابعة تحوي 8 براغي و لحام حواف الصفیحة و تم اجراء التحليل باستخدام طريقة العناصر المنتهية على برنامج CATIA V5 وقمنا بالحصول على توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في كل عينة. يبين الشكل (31-a) توزيع الاجهادات و الانتقالات في العينة الاولى حيث أن الصفیحة تتصل بالعمود عن طريق لحام حواف الصفیحة مع العمود نلاحظ من الشكل (31 -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 31: توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في العينة الاولى و الثانية

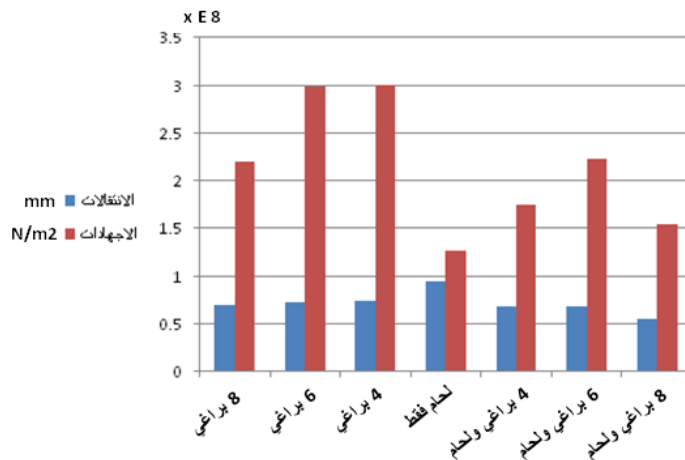
يبين الشكل (31-b) توزيع الاجهادات و الانتقالات في العينة الثانية حيث أن الصفیحة تتصل بالعمود عن طريق 4 براغي و لحام حواف الصفیحة مع العمود نلاحظ من الشكل (31 -b) أن أعلى قيمة للإجهادات هي

بحدود $1.74 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات هي بحدود 0.685 mm يبين الشكل (32-a) توزيع الاجهادات و الانتقالات في العينة الثالثة حيث أن الصفيحة تتصل بالعمود عن طريق 6 براغي ولحام حواف الصفيحة مع العمود نلاحظ من الشكل (32-a) أن أعلى قيمة للاجهادات هي بحدود $2.23 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات هي بحدود 0.68 mm



الشكل 32: توزيع اجهادات Von Mises و الانتقالات في العينة الثالثة و الرابعة

يبين الشكل (32-b) توزيع الاجهادات و الانتقالات في العينة الرابعة حيث أن الصفيحة تتصل بالعمود عن طريق 8 براغي ولحام حواف الصفيحة مع العمود نلاحظ من الشكل (32-b) أن أعلى قيمة للاجهادات هي بحدود $1.54 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حين أعلى قيمة للانتقالات هي بحدود 0.60 mm .



الشكل 33: مقارنة بين جميع الحالات السابقة التي تحوي براغي فقط و لحام فقط و لحام وبراغي معا

بالمقارنة بين العينات الاربع نلاحظ أن افضل حالة هي الحالة الرابعة التي تحوي 8 براغي و لحام حواف الصفيحة حيث تكون قيمة الاجهادات و الانتقالات اقل من قيمة الاجهادات و الانتقالات في بقية الحالات السابقة وبالمقارنة بين حالة 8 براغي و لحام كما في الشكل (32-b) مع حالة 8 براغي فقط بدون لحام كما في الشكل (28) حيث نجد أن قيمة الاجهادات $1.54 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حالة 8 براغي مع لحام في ان قيمة الاجهادات $2.2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حالة 8 براغي فقط في حين أن قيمة الانتقالات في حالة 8 براغي مع لحام هي 0.60 mm في حين أن قيمة الانتقالات في حالة 8 براغي فقط هي 0.693 mm

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

1. يقدم هذا البحث نموذج عنصر منتهي ثلاثي الأبعاد لتحليل الوصلات المستخدمة في المنشآت المعدنية و الخاضعة لحمولات مختلفة ، ودراسة تأثير مختلف المتغيرات على سلوك الوصلة. حيث أن نموذج العنصر المنتهي المقترح يأخذ بعين الاعتبار السلوك غير الخطي و غير المرن للوصلة المعدنية المدروسة حيث تم محاكاة قوة الشد المسبقة في البرغي و الوصلة بين الصفيحة والعمود بشكل جيد.
2. تم دراسة منحنيات العزم والدوران و الصلابة الدوراني و وحالات الفشل. من أجل وصلة من نوع Flush مع عمود مدعم وسماكة معتدلة للصفيحة
3. إن زيادة قطر البرغي من 14mm إلى 18mm يزيد من العزم بنحو 9% وقدرة الدوران بنحو 78%.
4. زيادة قطر البرغي من 18mm إلى 22mm يزيد العزم بنحو 4.4% وقدرة الدوران بنحو 5.5%.
5. من أجل الوصلة من نوع Extended مع عصب مدعم، الصلابة الأولية تزداد بشكل ملحوظ بزيادة سماكة الصفيحة، في حين أنه تزداد قليلا مع زيادة قطر البرغي. يمكن أيضا ملاحظة أن قطر البرغي وسماكة الصفيحة لها تأثير كبير على العزم وقدرة الدوران.
6. استخدام الصفيحة من نوع Extended مع عصب تقوية قد تزيد من العزم بنسبة 80% -50% والصلابة الأولية بنسبة حوالي 130% أكثر من الوصلات نوع Flush .
7. زيادة زاوية العصب من 20° إلى 50° يزيد من الصلابة الأولية 10%-8% والعزم بنحو 16%-10% .
8. استخدام عينة تحوي 8 براغي و لحام حواف الصفيحة كانت نتائجها افضل بالمقارنة مع العينات الاخرى حيث تكون قيمة الاجهادات و الانتقالات اقل من قيمة الاجهادات و الانتقالات في بقية الحالات السابقة بالمقارنة بين حالة 8 براغي و لحام مع حالة 8 براغي فقط بدون لحام حيث نجد أن قيمة الاجهادات $1.54 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حالة 8 براغي مع لحام في ان قيمة الاجهادات $2.2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ في حالة 8 براغي فقط في حين أن قيمة الانتقالات في حالة 8 براغي مع لحام هي 0.67mm في حين أن قيمة الانتقالات في حالة 8 براغي فقط هي 0.693 mm

التوصيات

1. إجراء دراسة تجريبية لعدد من العينات ومقارنة النتائج التجريبية مع النتائج التحليلية التي تم الوصول إليها 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

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., EI-BOGHADY, 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", Scientia Iranica, (2011). 827-834.
- [8] MASHALY, E., EI-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 BALC ALEXANDRU 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)