

## الفصل الرابع عشر

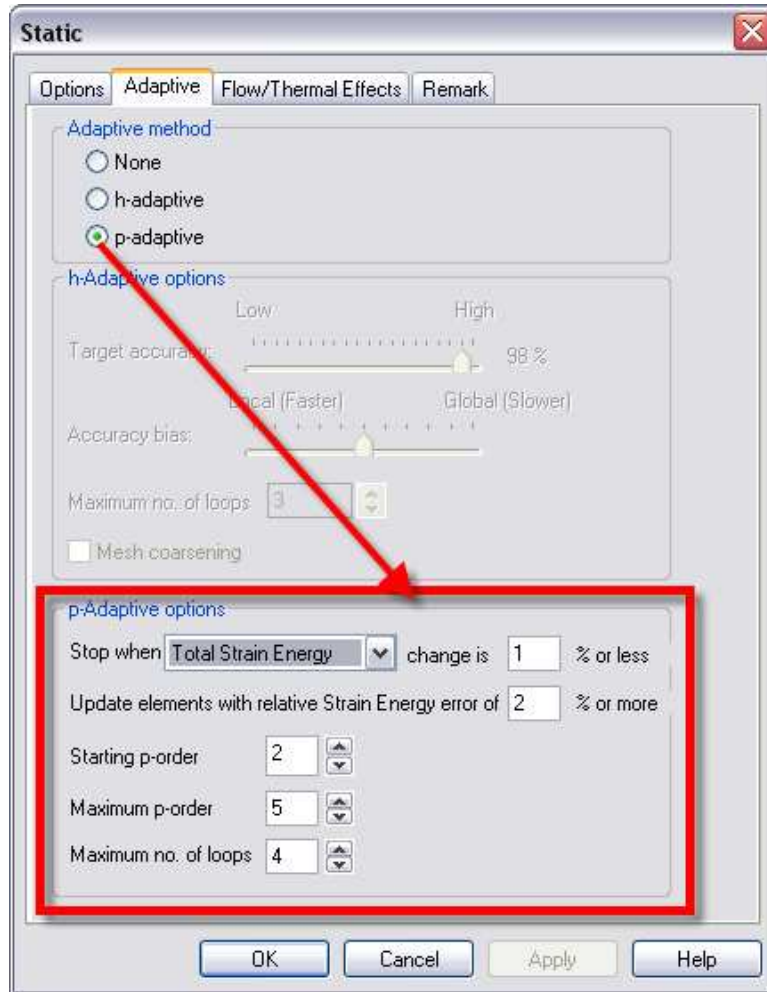
# التحليل الإستاتيكي لرف مستخدماً العناصر متطورة الرتبة Static analysis of a bracket using P- elements

يغطي هذا الفصل

- 1- التعرف على العناصر متطورة الرتبة .
- 2- طريقة الحل بهذه العناصر .
- 3- الفرق بينها وبين العناصر متطورة الحجم .

في هذا الفصل سنتعرف على مفهوم جديد في الـ FEA ... إذا استرجعت ما قلناه في الفصل الأول عن رتبة العناصر ستجد أننا قلنا أن البرنامج به عناصر من الرتبة الأولى وهي ذات جودة أو دقة منخفضة ، وعناصر الرتبة الثانية وهي ذات جودة عالية ويفضل استخدامها لأنها تستطيع تمثيل الأجسام ذات الأحرف الدورانية بدقة عالية ، فدعنا الآن ننقح هذا الكلام .

بالإضافة إلى عناصر الرتبة الأولى والثانية ، يستطيع البرنامج الحل بعناصر ذات رتب أعلى حتى الرتبة الخامسة ، ولكن لهذا حدود فيمكن استخدام هذه العناصر مع التحليل الإستاتيكي فقط وبالخصوصية العناصر الـ Solid فقط ، وتستطيع الوصول إلى هذه العناصر الأعلى رتبة من خلال الضغط بيمين الفأرة على الدراسة واختيار Properties وتحت تبويب Adaptive كما ترى في الشكل التالي ...



كما يتضح في الشكل السابق يوجد ثلاثة خيارات ، الأول وهو الوضع الافتراضي عدم استخدام الحل Adaptive ، والثاني h-Adaptive وهو يعني استخدام العناصر المتطورة الحجم h-elements و الثالث هو P-Adaptive وهو يعني استخدام العناصر متطورة الرتبة P-elements ، وكما نرى Starting p-order له قيمة 2 وإذا حاولت تكبيره ستجد أن أكبر قيمة تصل لها هي 5 ومعنى القيمة 2 أن البرنامج يبدأ الحل بعناصر من الرتبة الثانية ، والخيار التالي له أقصى رتبة تريد أن تصل لها ، والخيار الثالث عدد الالتفافات Loops ، ومعنى الالتفافات تكرير الحل بتطور الرتبة ، بمعنى آخر يبدأ البرنامج الحل بعناصر من الرتبة الثانية ثم يعيد الحل بعناصر من الرتبة الثالثة ثم الرابعة ثم الخامسة وهم أربع مرات لذلك عدد الالتفافات المتاح أربعة .  
هنا سؤال يطرح نفسه ... متى يتوقف البرنامج عن الحل ؟ ...

لاحظ الخيار Stop when فهو يتوقف عندما يصل التغير النسبي في طاقة الانفعال Strain Energy عند الحل الحالي والذي قبله إلى 1% كما هو موجود في النافذة ، وإن لم يصل هذه القيمة ووصل إلى الرتبة الخامسة فهو يتوقف أيضاً ... ( حاول معرفة تفاصيل كل الخيارات ) .

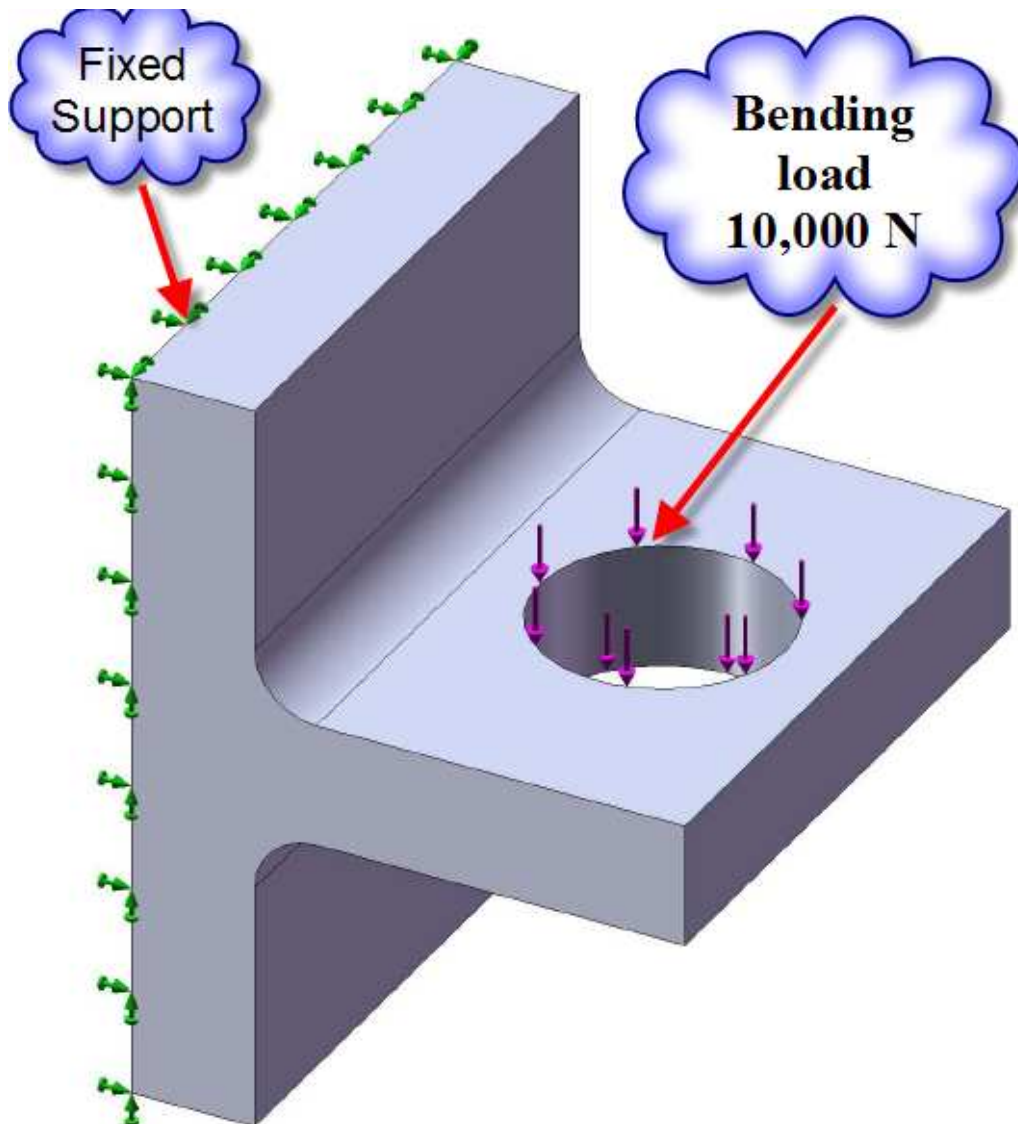
كما يتضح من الاسم فإن العناصر متطورة الرتبة P-elements ليس لها رتبة معينة ، فهي تتغير تلقائياً مع تكرار الحل بدون تدخلنا ، دعنا نتوقف لحظة لنوضح بعض المصطلحات ....

في الفصل الثاني كررنا الحل بأخذ حجم أصغر للعناصر في كل مرة ونكرر ذلك حتى تكون نسبة الخطأ مقبولة وقد فعلنا ذلك بأنفسنا كل مرة لكن يمكن أن نجعل البرنامج يصنع ذلك من خلال الخيار h-Adaptive وهذه تسمى عملية تقارب حجم العناصر وبما أن حجم العنصر يخصه الرمز h فهي تسمى h-Convergence Process والعناصر المستخدمة فيها تسمى h-elements وهذا ما أشرت إليه بالعناصر متغيرة الحجم وهذه العناصر لا تغير رتبته بل تغير حجمها ، بينما الـ P-elements لا تغير حجمها بل تغير رتبته في كل مرة ، أرى أن الفرق بين المصطلحين أصبح واضح بالقدر الكافي ، لكن لعله يدور في ذهنك سؤال وهو إذا كنا أطلقنا اسم h-elements لأن الحرف h يرمز إلى الحجم أو المقاس بمعنى أدق ... فلماذا أطلقنا على العناصر متطورة الرتبة اسم P-elements ؟ ...

رتبة العنصر تعرف برتبة الدالة كثيرة الحدود التي تصف الإزاحة عبر العنصر ، ولأن رتبة هذه الدالة تتغير وهي تسمى في اللغة الأجنبية Polynomial فقد أخذنا الحرف الأول لتعريفها .

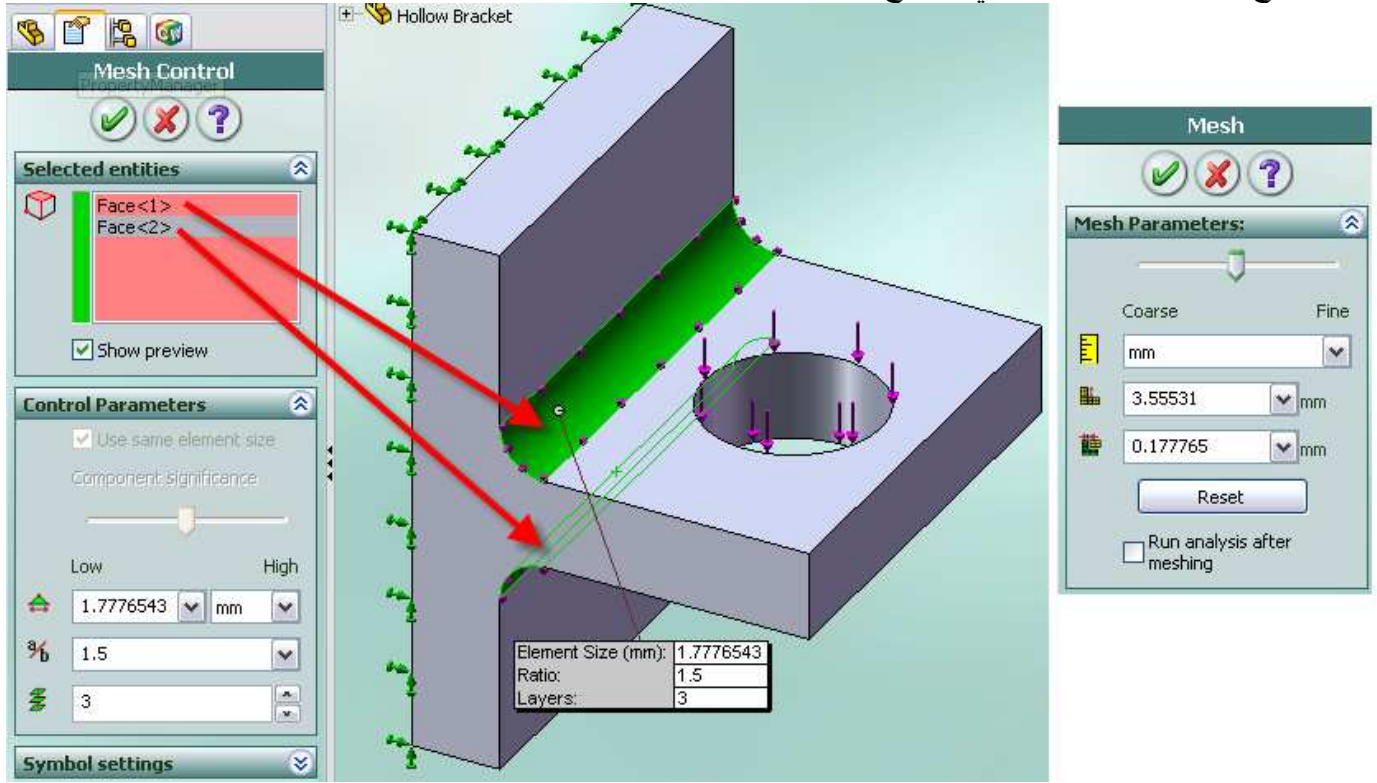
كذلك كلمة Adaptive تعني عدم ضرورة تغيير رتبة كل العناصر فالتغيير يكون في العناصر التي ما زال الخطأ النسبي فيها أكبر من 2% وفي الواقع يستطيع أن ترى ذلك كما هو موضح في النافذة السابقة .

لتوضيح هذه المفاهيم عملياً نقوم بالتمرين الموضح في الشكل التالي ....

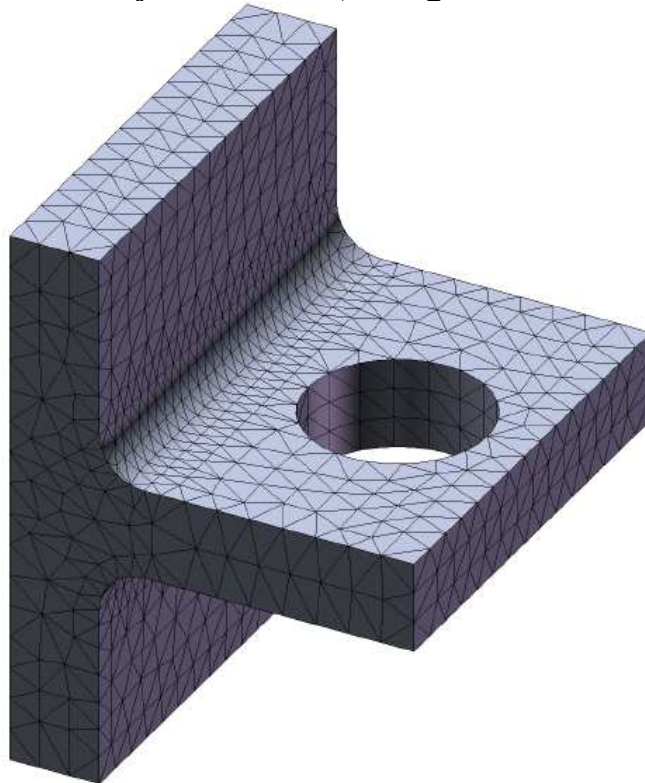


في هذا التمرين لدينا رف كابوني Cantilever مثقوب ، مثبت من خلال الجانب الخلفي ، ويؤثر عليه حمل ثني موزع توزيع منتظم على الوجه الاسطواني ، ونريد أن نعرف مكان وقيمة أقصى إجهاد ، ولأن النموذج متماثل الشكل والأحمال والقيود يمكننا أخذ نصفه لتبسيط المسألة ، لكننا لسنا بصدد توفير الوقت فهذا مقام تعليمي وقد وضحنا في الفصل السادس كيفية عمل ذلك ، وسبب آخر لعدم تبسيط الشكل أننا سنستخدمه في دراسة تحليل ترددي أخرى وهي تستدعي وجود الجسم كله .

قم أولاً بحل النموذج مستخدماً عناصر الرتبة الثانية Solid Tetrahedral بالحجم الافتراضي ، وطبق تحكّم في الشبكة عند الأسطح الدورانية والشكل التالي يوضح هذه الخطوات .

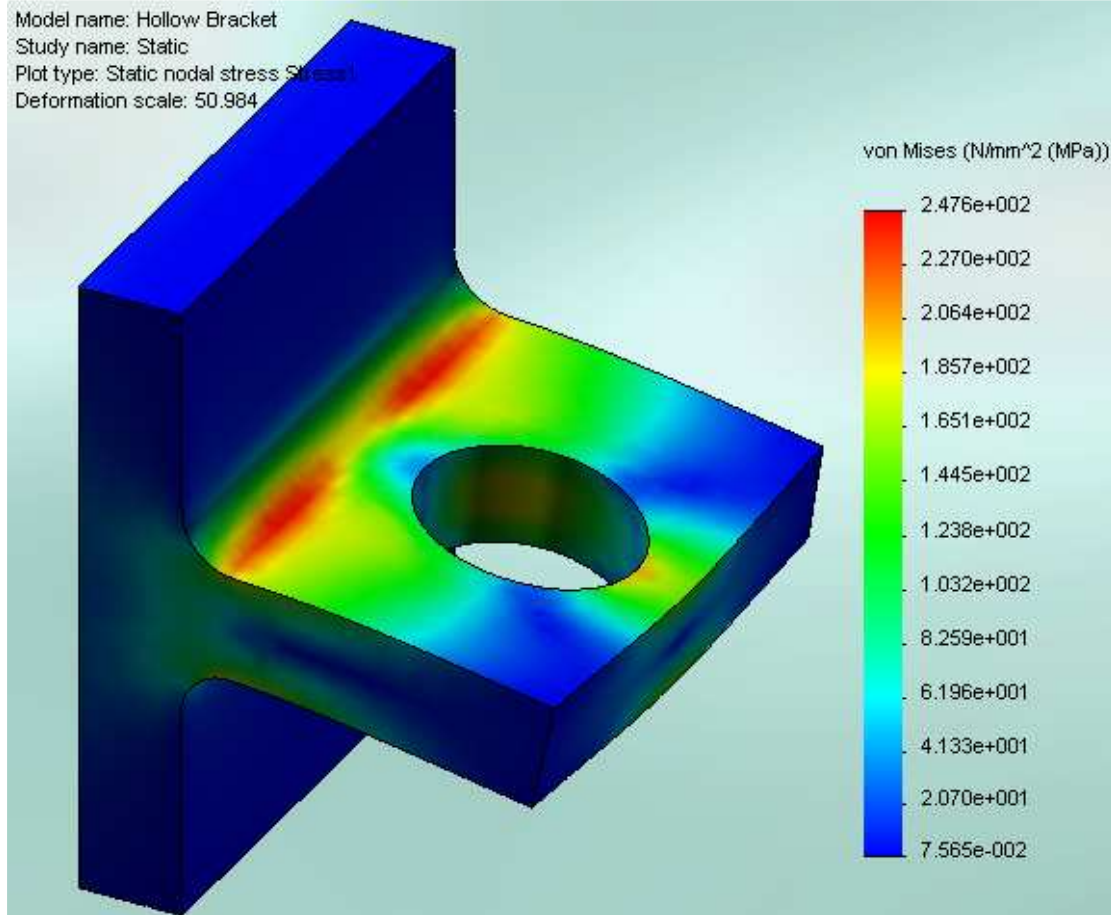


والنموذج المقسم كما بالشكل التالي

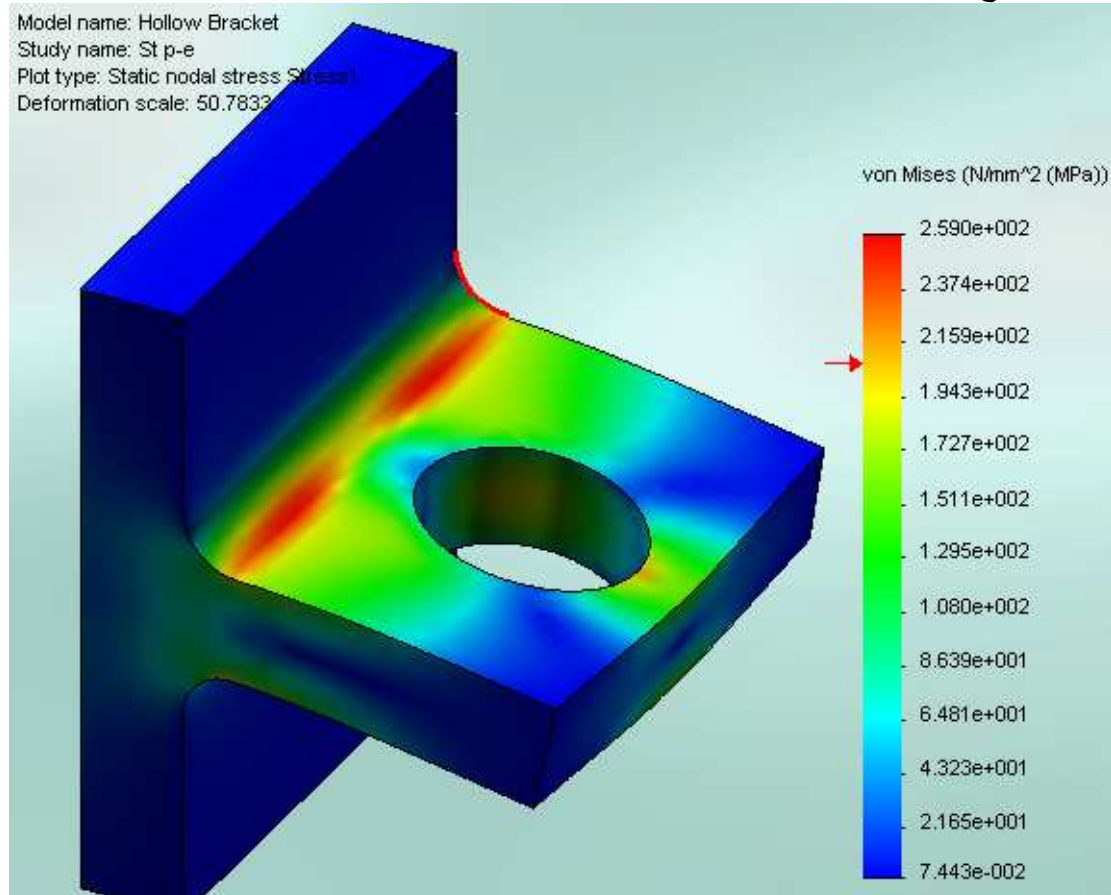




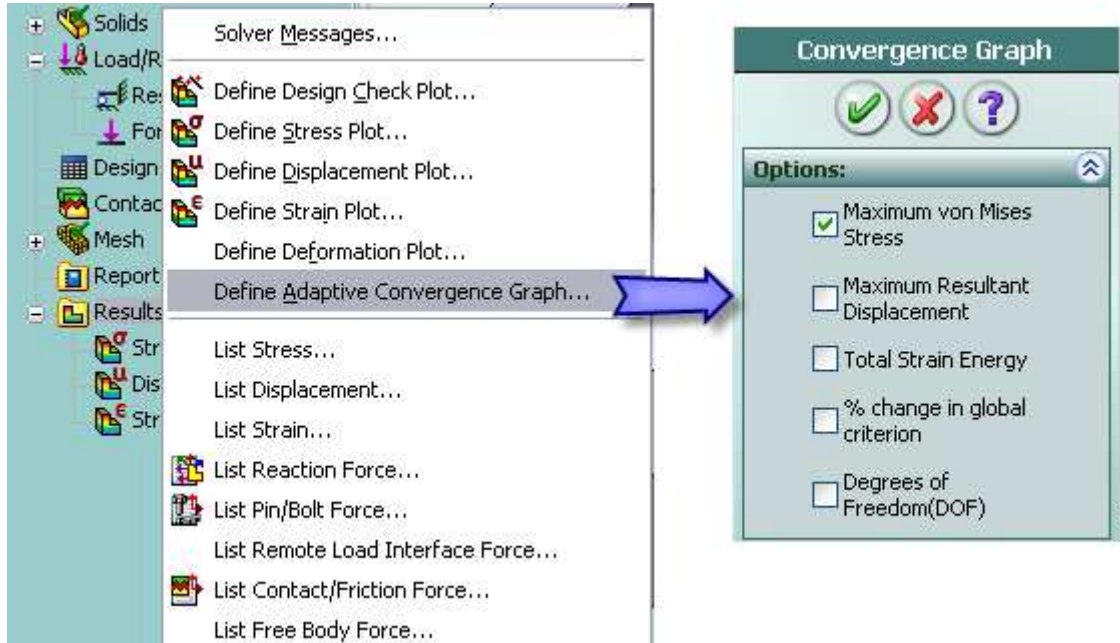
والشكل التالي يوضح نتائج الإجهاد طبقاً لنظرية von Mises وأقصى إجهاد هو 247.6 MPa



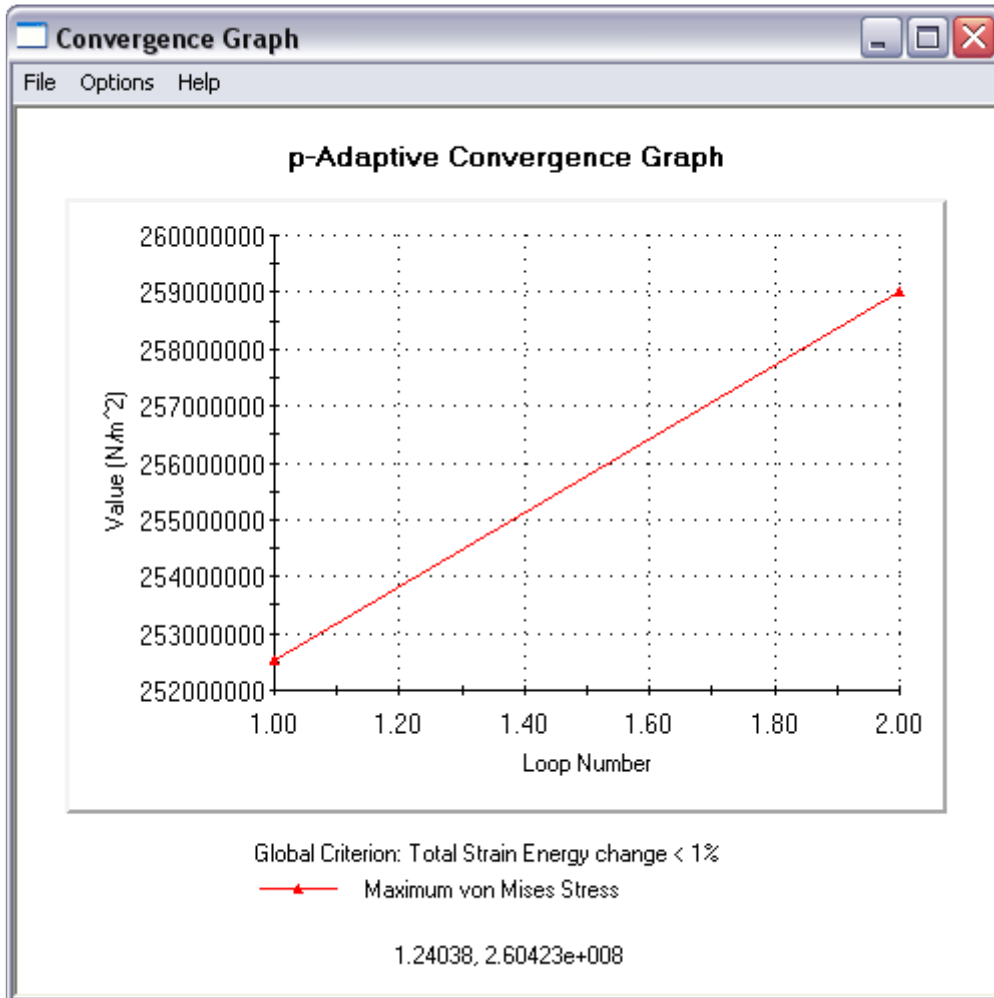
الآن نقوم بعمل دراسة مماثلة للتي سبقت ولكن تحت تبويب Adaptive اختر P-Adaptive ووافق علي الوضع الافتراضي ويمكنك نسخ الأحمال والقيود والمادة من الدراسة السابقة ونتيجة الحل كما بالشكل أقصى إجهاد 259 MPa



تلاحظ الفرق بين الحلين ، ولعرض منحنى تقارب الحل اضغط بيمين الفأرة على مجلد النتائج في الدراسة التي استخدمنا فيها الـ P-elements ويمكنك بعد ذلك اختيار النتيجة التي تريد أن تعرض كما بالشكل التالي ...



باختيار أقصى إجهاد لـ von Mises يمكنك عرض الرسم التالي وهو يعبر عن الدقة في أقصى إجهاد طبقاً لنظرية vonMises



علي الرغم من دقة هذه الطريقة إلا أننا لا نستخدمها إلا في الحالات الخاصة التي تحتاج دقة عالية نظرياً لتكلفتها الزمنية

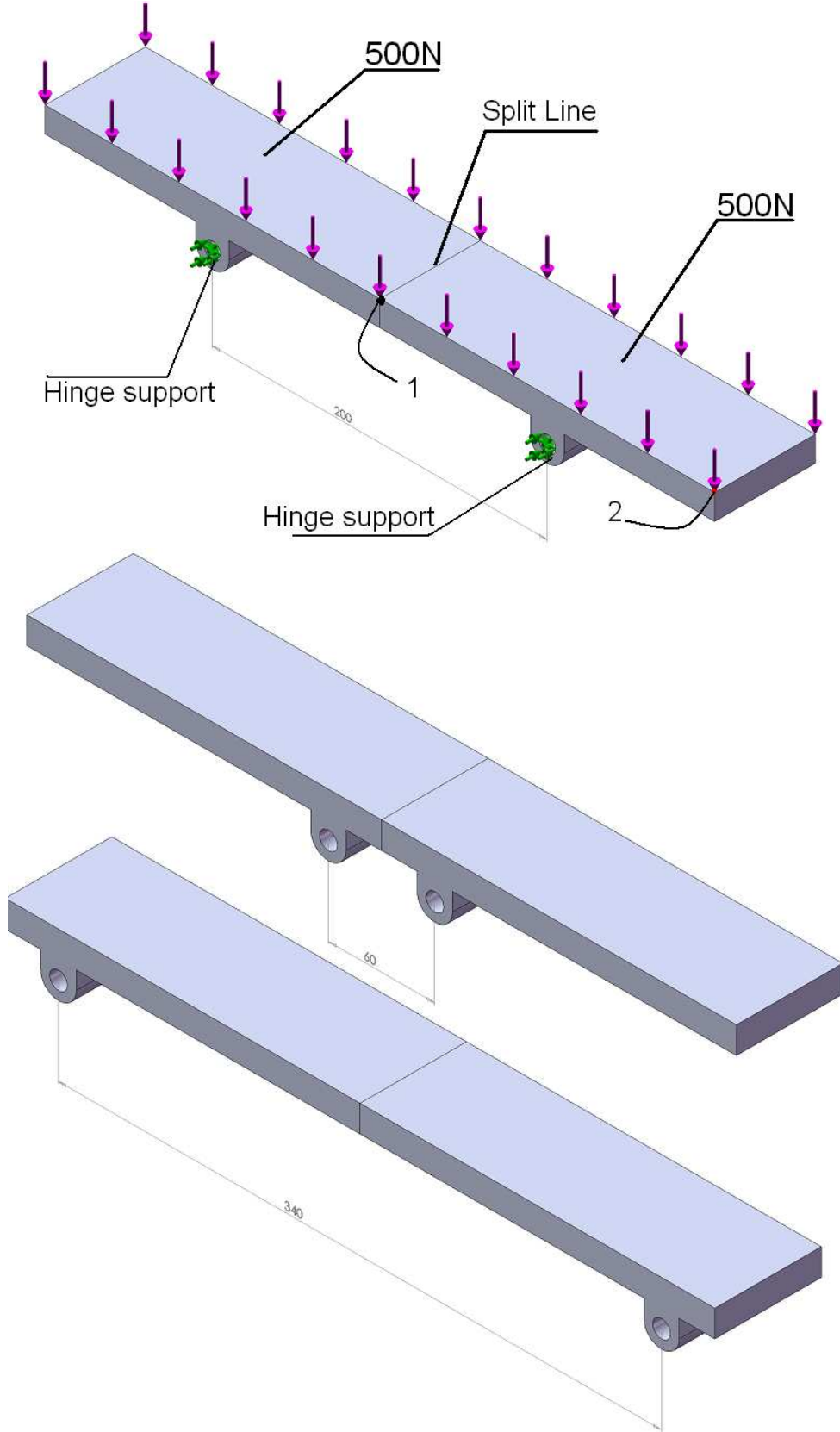
الفصل الخامس عشر

تحليل حساسية التصميم

Design sensitivity analysis

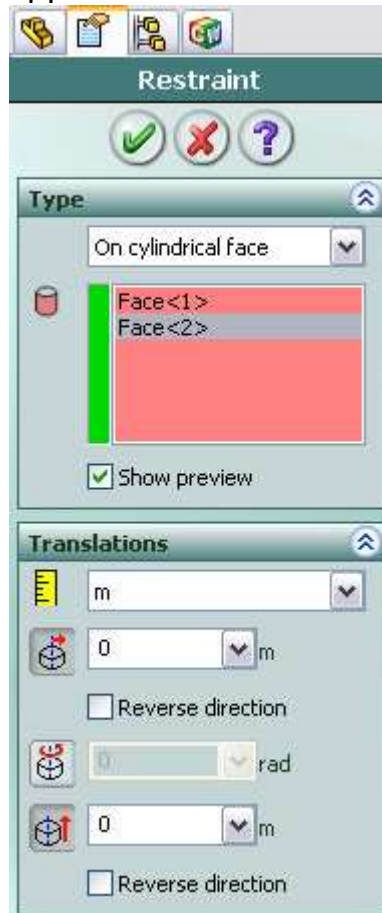
في هذا الفصل سوف نتعرض لدراسة الكمرة الموضحة في الشكل ، وهي محملة بـ 1000 N موزعة توزيع منتظم كل وجه يحمل 500 N ، وكما نعلم أن الـ Split Line عبارة عن خط مسقط على الجسم لتقسيم الوجه لوجهين لأغراض كثيرة ، لكن الجسم جزء واحد وله ثقبين للتثبيت بالمسامير Pins ، ولكننا نحكي هذه المسامير بالقيود بدلاً من التعرض لتحليل تجميع وتعريف مساحات التلامس .

كما نرى أن المسافة بين المسمارين في البداية 200 mm ونريد أن نعرف الـ Deflection عند النقطتين 1 و 2 عند قيم مختلفة لهذه المسافة تبدأ من 60 mm إلى 340 mm وذلك بخطوة 40 mm والأشكال التالية توضح هذه المعلومات



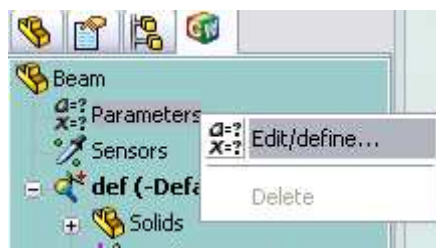


كما ذكرنا أننا لا نحرر المسامير ونحاكي تأثيرها بالقيود على الأسطح الاسطوانية لمنع الحركة المحورية والقطرية ونسمح بالحركة الدورانية في اتجاه المحيط وهذا ما أشرت إليه بـ Hinged Support كما بالشكل التالي ....

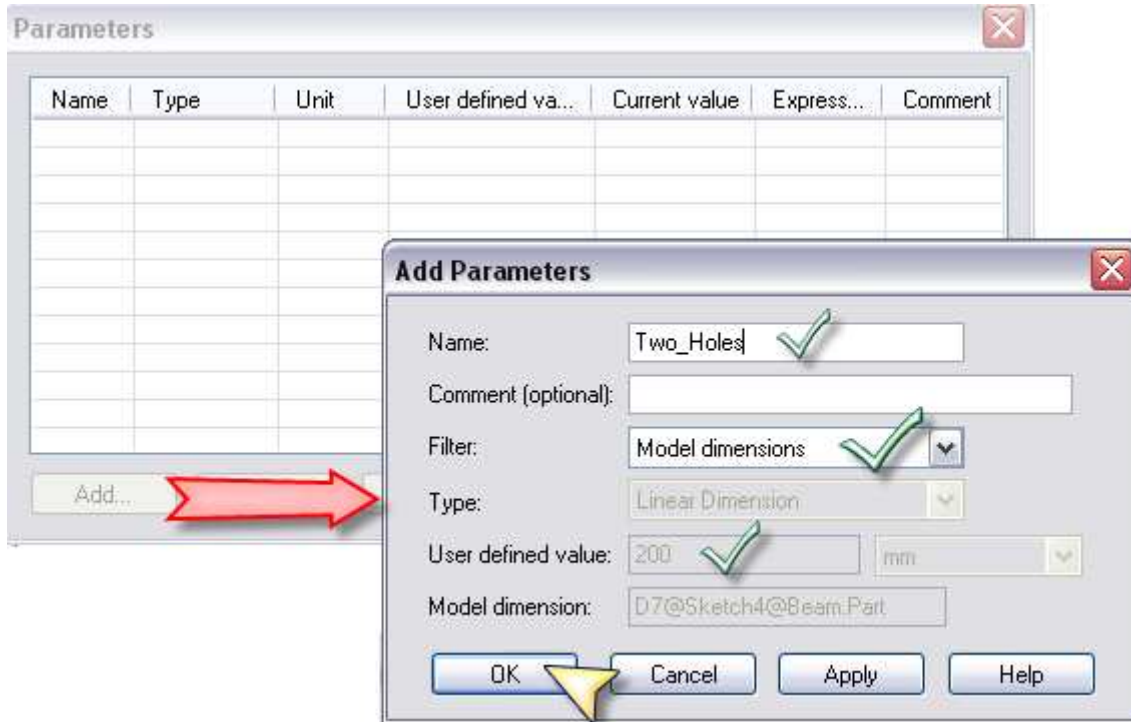


لكي نجري هذه الدراسة نبدأ بـ 60 وننتهي بـ 340 سوف نعيد التحليل 8 مرات ، ويكون تحليل النتائج أكثر ملاءمة ، لكن برنامج COSMOSWorks يوفر لنا طريقة أسهل لتنفيذ هذه الإجراءات وذلك باستخدام سيناريو التصميم ويسمى أيضاً دراسة الحساسية ، باستخدام Design Scenario يمكننا تعريف المسافة بين الثقبين على أنها Parameter وتتغير تلقائياً بالخطوة المطلوبة وهذا يختصر الثمانية خطوات في خطوة واحدة بل وتحليل النتائج فيهم وإخراجها في صورة رسم يسهل التعامل معه ، إذا حساسية التصميم هي دراسة يقوم فيها سيناريو التصميم بالإحساس بقيم استجابة النظام System Response ( وهو هنا الـ Deflection ) بناءً على تغير عامل معين Parameter ( وهو هنا المسافة بين الثقبين ) .

الآن قم بتعريف الأحمال والقيود كما تعودنا ، وتلاحظ وجود مجلد الـ Parameter قبل تعريف الدراسة ، ولكن مجلد سيناريو التصميم Design Scenario ينشأ عند تعريف الدراسة ، قم الآن بإظهار الأبعاد من شجرة تصميم الـ SolidWorks ، ثم قم بالضغط بيمين الفأرة على المجلد Parameter واختر Edit/define ... لكي تفتح نافذة الـ Parameter ....

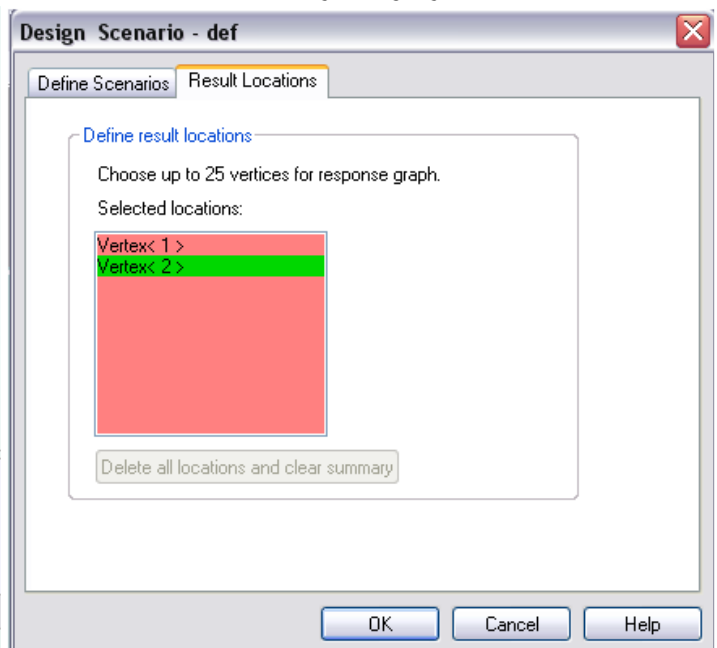
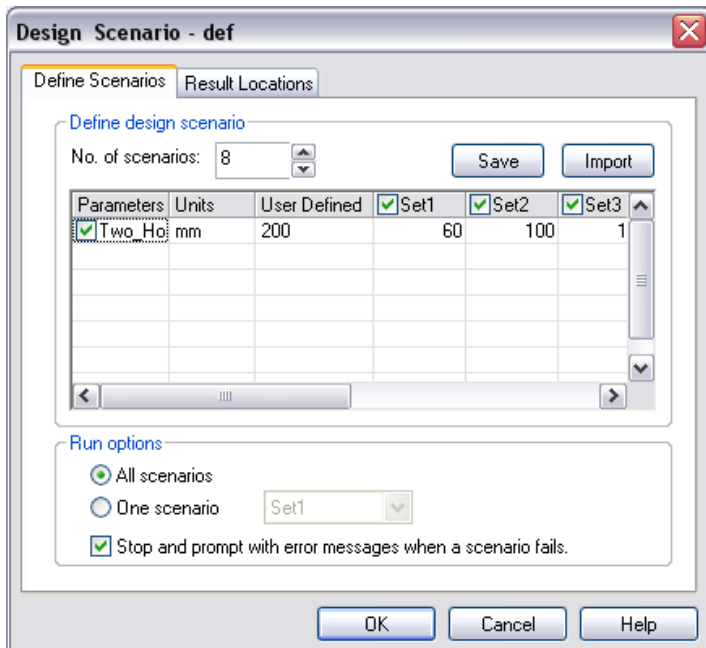


ثم اختر منها Add لتظهر لك نافذة أخرى لتعريف الـ Parameter كما بالشكل التالي ....

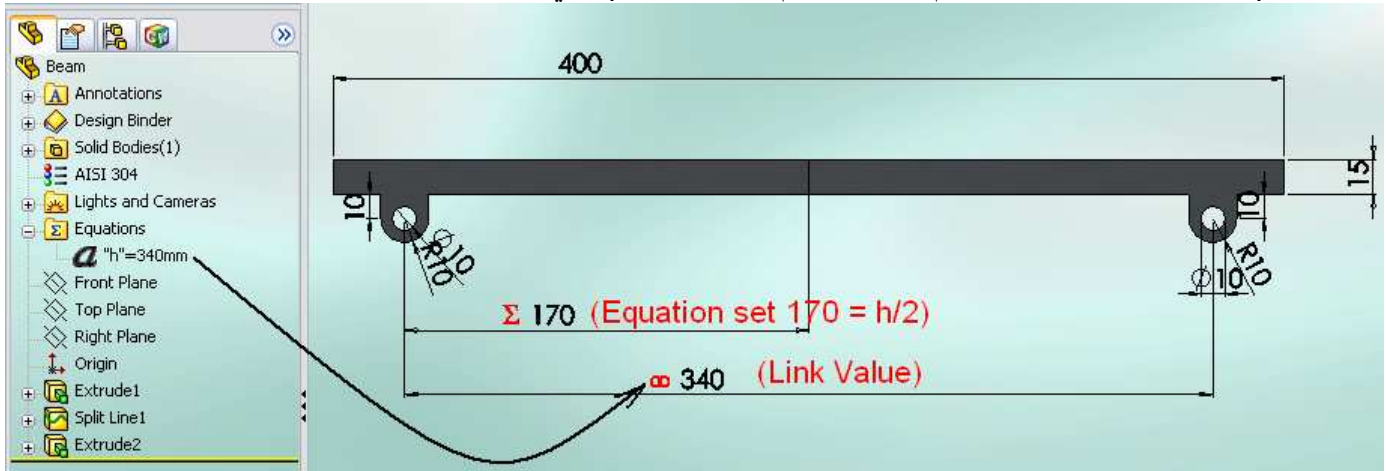


هنا وفي أول صندوق ضع الاسم الذي تريده مع ملاحظة عدم ترك مسافات ، والصندوق الثاني تعليق خيارى ، والثالث اختر نوع الـ Filter كما بالشكل Model Dimension ، وتلاحظ أن صندوق النوع غير نشط كذلك البعد ، ما عليك بعد أن أظهرت الأبعاد بالضغط بيمين الفأرة على مجلد Annotation في شجرة تصميم الـ SolidWorks ثم تختار Show Feature Dimension ، إلا أن تختار البعد من على الرسم و ستجد النوع غير النشط تحول إلى Linear Dimension والقيمة إلى 200 والصندوق الأخير لعنوان البعد . عند الموافقة بالضغط على OK ستجد هذه البيانات أدرجت في نافذة الـ Parameter .

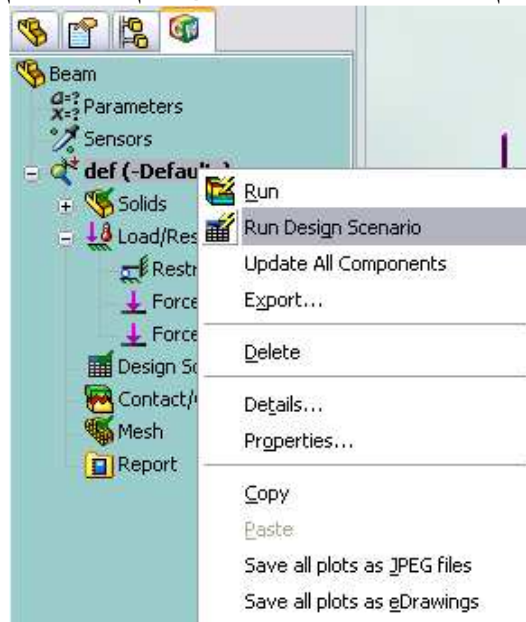
بعد أن عرفنا الـ Parameter نستطيع أن نعرف سيناريو التصميم بالضغط بيمين الفأرة على المجلد Design Scenario ثم اختيار Edit/define ... ولأننا نريد أن نبدأ من 60 إلى 340 بخطوة 40 فاجعل عدد الـ Scenarios ثمانية كما ذكرنا من قبل ، ثم اضغط Update وادخل الأرقام بالترتيب ، ولأننا يمكننا تعريف أكثر من Parameter فقم باختيار الـ Parameter الذي عرفناه بوضع علامة ✓ أمامه ثم في تبويب Result Location اختر النقطتين 1 و 2 الموضحة في بداية الفصل وهما المشار إليهما في الشكل التالي بـ Vertex 1 و Vertex 2 ويمكنك تغيير هذا الاسم بالضغط عليه بيمين الفأرة واختيار Rename ...



لأنه لا يمكن اختيار غير النقط في Result Location فإنه يتضح لماذا صنعنا الـ Split Line في هذا النموذج .  
إرشاد : من الممكن عند تعريف البعد 200 لا يقبل البرنامج ذلك وذلك على حسب تعريفك الأبعاد فالشكل التالي يوضح  
أحد الطرق التي تجعل ذلك ممكناً وهي جعل القيمة 200 Link Value ثم وضع معادلة لقيمة البعد بين النقط وبين الـ  
Split Line تجعلها نصفها على الدوام ، فهكذا يدوم الـ Split Line في وسط الثقبين .

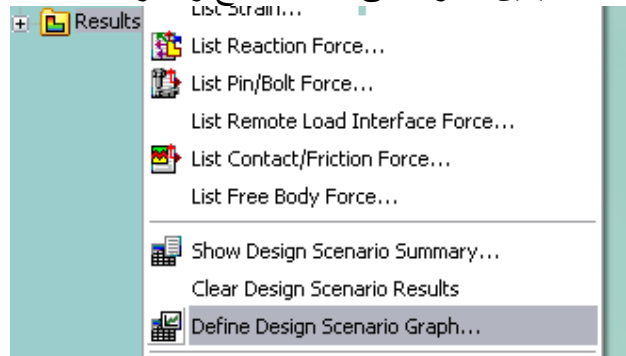


الآن نريد أن نشغل سيناريو التصميم فقم بالضغط بيمين الفأرة على اسم الدراسة ثم اختر Run Design Scenario

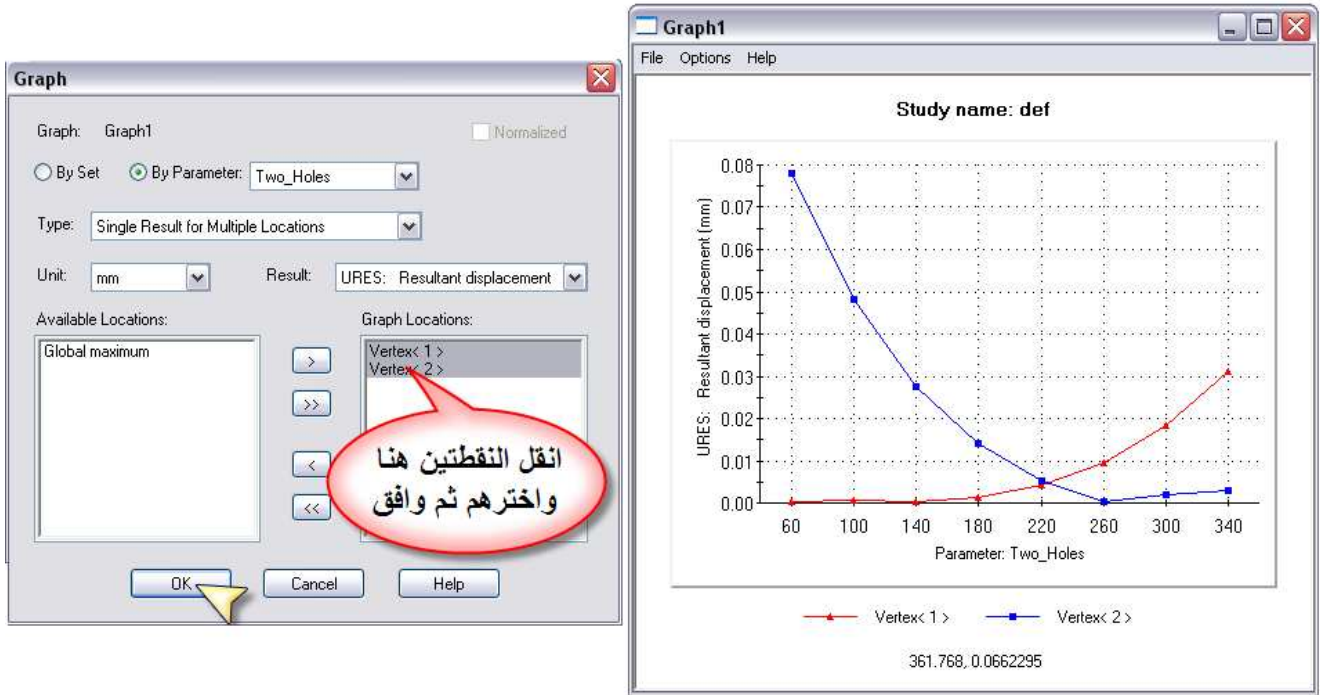


سيعيد البرنامج الحل ثماني مرات ، وبعد الانتهاء من الحل يقوم البرنامج بإدراج مجلد النتائج فقم بالضغط على Graph

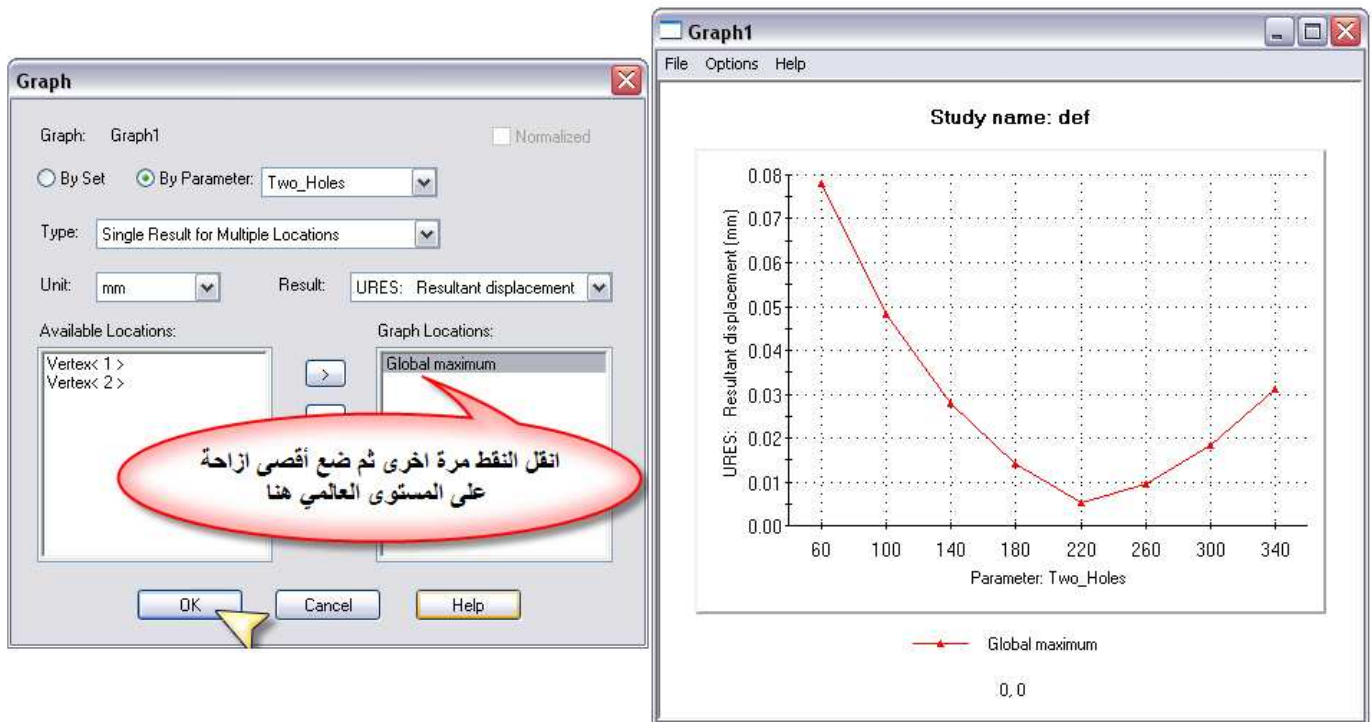
أو قم بالضغط بيمين الفأرة على مجلد النتائج واختر كما بالشكل التالي



بعدها تظهر لك نافذة تسمى Graph ، بعد تحديد الخيارات التي أعلى النافذة ، يوجد منطقتين أحدهما على اليسار وتسمى Available Location وهي قائمة الرسوم التي يمكن عرضها ، وعلى اليمين النقط التي سيعرض نتائجها بالفعل ، وبينهما أزرار يمكنك من نقل النقط بين المنطقتين ، فقم بنقل النقطتين ثم استمر في الضغط على مفتاح Ctrl حتى تختار النقطتين ثم اضغط موافق ، بعدها يظهر لك رسم الـ Deflection في النقطتين عند الثماني أوضاع هكذا ..



كما يمكنك إرجاع النقطتين مكانهما ثم إحضار Global Maximum والموافقة ليتم عرض أقصى Deflection في الثماني حلول كما بالشكل التالي



وكما تلاحظ أن أقل Deflection يحدث عندما تكون المسافة بين الثقيبين قريبة جداً من 220 mm ويمكن تكرير الدراسة وأخذ خطوة أصغر لتكون النتيجة أكثر دقة ، لأن هذا الرسم يمثل بخطوط مستقيمة بغض النظر عن التغير بين النقطتين ، يمكنك الآن أن تكمل وحدك وتجري دراسة حساسية التصميم مستخدماً سيناريو التصميم في معرفة المسافة بين الثقيبين التي تجعل التردد الطبيعي الأول للنموذج قيمة قصوى .