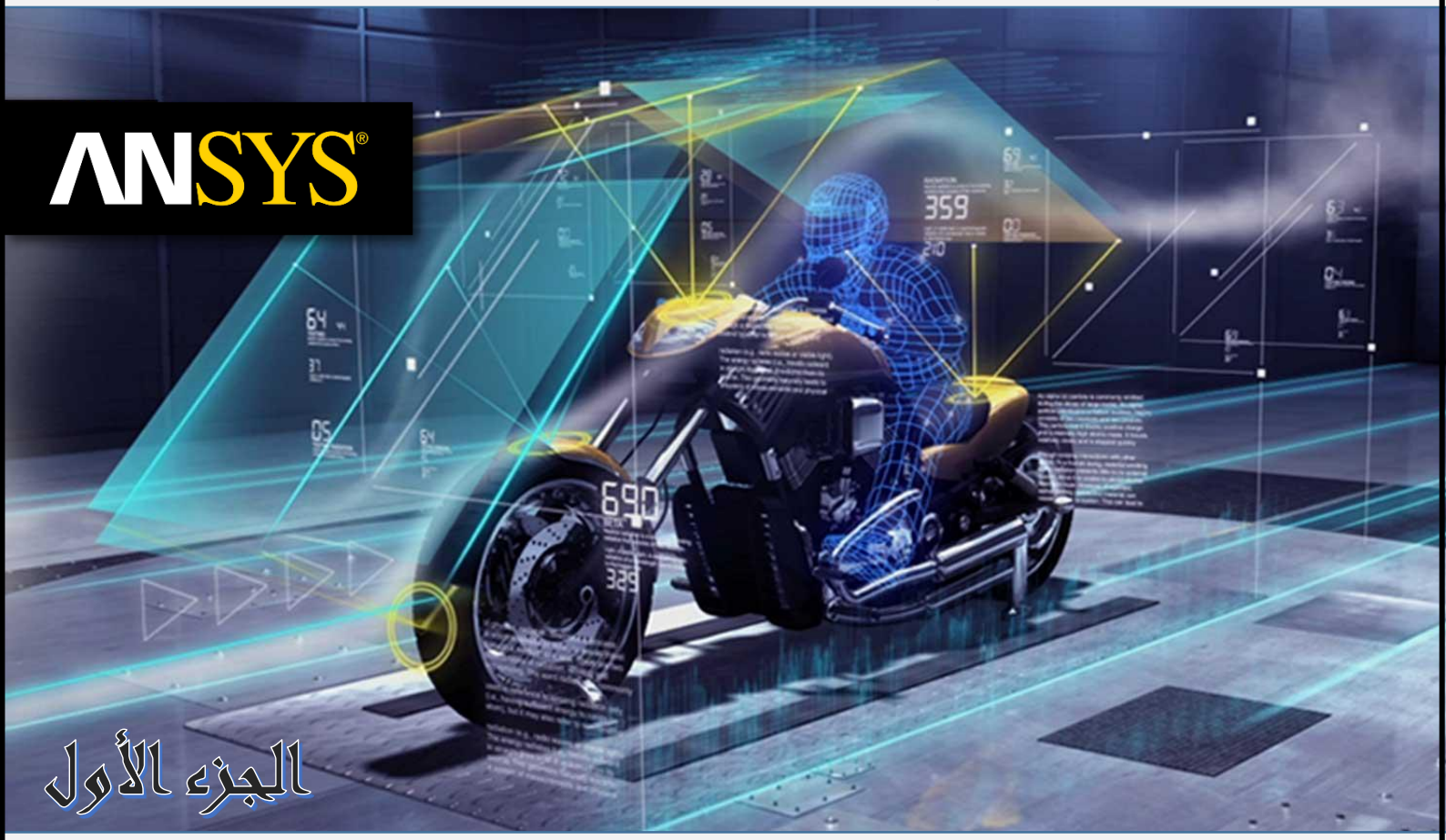
برنامج ANSYS في الهندسة المدنية



الجزء الأول

المهندس
معتز حسين

الدكتور المهندس
محمد صفو

برنامج ANSYS في الهندسة المدنية

إعداد

المهندس

معتز حسين

معيد في قسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب

الدكتور المهندس

محمد صفو

أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب

1438 هـ _ 2017 م

مقدمة

الحمد لله رب العالمين وأفضل الصلاة وأتمُّ التسليم على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين.

يعتبر برنامج (ANSYS) من أقوى وأشهر برامج النمذجة العددية التي تمتاز بالقدرة العالية على تمثيل المسألة المدروسة مهما بلغت درجة التعقيد. وهو من البرامج العريقة حيث تم البدء بتسويق البرنامج منذ عام (1970)، ويتم تطويره نسخته سنوياً. يتم استخدام البرنامج في معظم أنحاء العالم وفي مختلف مجالات العلمية المتقدمة مثل علوم الهندسة المدنية والهندسة الميكانيكية والطيران والفضاء والصناعة وجريان السوائل والغازات والمجالات الكهربائية والكهرومغناطيسية بالإضافة إلى مجالات أخرى، كما يتم الإعتماد على هذا البرنامج من قبل الكثير من الجامعات العالمية الشهيرة في أغراض البحث العلمي واختبار النماذج الجديدة.

أردنا من خلال هذا العمل المتواضع أن نقدم لزملائنا المهندسين المدنيين فكرة أولية وبإسلوب سهل ومبسَّط لطريقة التعامل مع برنامج (ANSYS-APDL)، وخاصةً أننا نعاني من نقص كبير وحاد بعدد المراجع العربية المهتمة بتعليم هذا البرنامج المميز.

يتضمن هذا الكتاب أربعة فصول، حيث يقدم الفصل الأول بعض المعلومات الأساسية عن البرنامج، ويتناول الفصل الثاني بعض الأمثلة التطبيقية عن نماذج خطية، أما الفصل الثالث فيقدم أمثلة أخرى على نماذج سطحية، ويختم الفصل الرابع بتقديم أمثلة عن نماذج حجمية مع توضيح طرائق وأساليب متنوعة لنمذجة الجيزان البيتونية والمعدنية.

في الختام فإن أي عمل قد يحوي على أخطاء أو ملاحظات لأن الكمال لله وحده، ورجاؤنا من زملائنا الأعزاء أن يكونوا عوناً لنا بإطلاعنا على أرائهم السديدة ونقدهم البنّاء ليتم تلافي تلك الملاحظات في الطبعات المقبلة.

نرجو من الله أن يحقق هذا العمل الغاية المرجوة، وأن يقدم جديداً للمكتبة العربية العلمية.

والله ولي التوفيق

المهندس
معتز حسين

الدكتور المهندس
محمد صفو

فهرس المحتويات

TABLE OF CONTENTS

الملخص I

فهرس المحتويات II

الفصل الأول: معلومات أساسية عن البرنامج

1-2 مقدمة 1

1-2 طرق التعامل مع البرنامج 1

1-3 واجهات البرنامج 2

1-4 حفظ ملف العمل (Save) واستعادته 6

1-5 خطوات العمل الأساسية لدراسة مسألة ما في برنامج (ANSYS) 8

1-6 تحديد العناصر المستخدمة (Element Type) 9

1-6-1 خصائص العناصر المحدودة 10

1-6-2 تصنيف العناصر المحدودة وفقاً لأبعادها 11

1-6-3 العناصر المتوفرة في البرنامج 12

1-7 تعريف خصائص المواد (Material Properties) 17

1-8 بناء النموذج المدروس (Modeling) 19

1-8-1 العمليات المنطقية الأساسية 21

1-8-2 أنواع جمل الإحداثيات العامة (Global Coordinate Systems) 28

1-9 التقسيم إلى عناصر محدودة (Meshing) 31

1-10 تحديد شروط الإستناد (Boundary Conditions) 34

1-11 تطبيق الحمولات (Loading) 34

1-12 تحديد نوع التحليل (Analysis Type) 37

1-12-1 التحليل الستاتيكي (Static Analysis) 38

1-12-2 التحليل النمطي (Modal Analysis) 38

1-12-3 التحليل التوافقي (Harmonic Analysis) 39

1-12-4 التحليل الإنتقالي (Transient Analysis) 39

1-12-5 التحليل الطيفي (Spectrum Analysis) 39

1-12-6 تحليل التحنيب (Buckling Analysis) 39

1-13 ضبط إعدادات التحليل (Solve) 40

1-14 بدء التحليل (Solve) 40

1-15 معاينة النتائج (Postprocessor) 43

16-1 معايير التشوه.....43
17-1 طباعة الواجهة الرسومية إلى ملف صورة.....46
18-1 أنواع الملفات التي يتم إنشاؤها من قبل البرنامج.....48
19-1 التعامل مع الماوس (Mouse) في البرنامج.....49
20-1 نوافذ الإختيار والتحديد في البرنامج.....50
21-1 مزايا لغة التصميم المعتمد على المتغيرات (البرمجة) (APDL).....52
22-1 مثال بسيط باستخدام طريقة البرمجة:.....53

الفصل الثاني: أمثلة تطبيقية على نماذج خطية

1-2 نمذجة جائز إنطلاقاً من النقاط الرئيسية (Keypoints) 57
2-2 نمذجة جائز إنطلاقاً من العقد (Nodes) 85
3-2 جائز شبكي (Truss Beam) مع مسند مائل.....117
4-2 إجراء تحليل نمطي (Model Analysis) لجائز فولاذي.....145
5-2 إجراء تحليل توافقي (Harmonic Analysis) لجائز فولاذي.....160
6-2 إجراء تحليل إنتقالي (Transient Analysis) لجائز فولاذي.....175
7-2 إجراء تحليل التحنيب (Buckling Analysis) لجائز فولاذي.....191

الفصل الثالث: أمثلة تطبيقية على نماذج سطحية

1-3 نمذجة صفيحة معدنية بشكل حرف (L) تحوي فتحات دائرية.....207
2-3 نمذجة قشرية إسطوانية ذات مقطع ربع دائري.....228
3-3 تطبيق حمل حراري على صفيحة مستوية.....242
4-3 التصميم الإحتمالي (Probabilistic Design) 260

الفصل الرابع: أمثلة تطبيقية على نماذج حجمية

1-4 نمذجة جائز بيتوني بطريقة العقد مع استخدام التسليح الضمني.....284
2-4 نمذجة جائز بيتوني بطريقة الإنبثاق مع استخدام عنصر التسليح (Beam) 317
3-4 نمذجة جائز بيتوني بطريقة التقطيع الحجمي مع استخدام عنصر التسليح (Link180) 343
4-4 نمذجة جائز بيتوني باستخدام عنصر التسليح (REINF264).....388
5-4 نمذجة جائز بيتوني بالإستفادة من مبدأ التناظر 410
6-4 نمذجة جائز فولاذي بالإستفادة من طريقة المتغيرات (Parameters) 438
7-4 نمذجة عقدة جائز عمود (Joint) 465
8-4 دراسة حالة تماس (Contact).....489
المراجع.....512

الفصل الأول: معلومات أساسية عن البرنامج

1-1 مقدمة:

يمتاز برنامج (ANSYS) بالقدرة العالية على تمثيل المسألة المدروسة مهما بلغت درجة التعقيد، ويعتبر هذا البرنامج من أقوى وأهم برامج النمذجة العددية التي تستخدم طريقة العناصر المحدودة، وهو قابل للتطبيق في مجالات مختلفة: مثل المجالات الإنشائية الستاتيكية، اللاخطية، الحرارية، الديناميكية، جريان السوائل، الكهرومغناطيسية، التحليل الكهربائي...إلخ، ويمكن أن يجمع معاً بين واحد أو أكثر من هذه المجالات.

يوفر البرنامج عدة أنوع من التحليلات نذكر منها: التحليل الستاتيكي، التحليل النمطي، التحليل التوافقي، التحليل الإنتقالي، التحليل الطيفي، تحليل التحنيب...إلخ، كما لديه القدرة على إجراء عملية التصميم الأمثلي، والتصميم الإحتمالي.

ونظراً لكون البرنامج ضخم جداً ويمتلك ميزات متعددة وكثيرة (حتى ضمن مجال واحد فقط من تلك المجالات) لذلك فمن الصعوبة أن يتم تغطية كامل المعلومات المتعلقة به ضمن كتاب واحد.

إن هذا الكتاب سيساعد المستخدم المبتدئ على التعرف على كيفية استخدام البرنامج واستخدام أبرز المهارات المرتبطة به، وسيتم التركيز على المجال الإنشائي (التشوهات، الإجهادات، ردود الأفعال...إلخ).

يهدف هذا الفصل إلى تقديم لمحة عامة عن البرنامج تشمل التعرف على واجهاته وخطوات العمل الرئيسية للنمذجة، مع تقديم شرح مبسط عن أهم المعلومات ذات الصلة.

2-1 طرق التعامل مع البرنامج:

يمكن أن يتم التعامل مع البرنامج بعدة أساليب:

أ. طريقة التفاعل التبادلي (Interactive Mode):

تدعى هذه الطريقة بالتفاعل المتبادل بين المستخدم والبرنامج (Graphical User Interface) ويرمز لها إختصاراً بالرمز (GUI) وهي تتضمن: قوائم، وأزرار، وصناديق حوار، ونوافذ منبثقة..إلخ. كما هو الحال في نظام (Windows) حيث يتم النقر على ما نريده في الواجهة الرئيسية للبرنامج، فتظهر نافذة جديدة تتضمن خيارات تفصيلية تتعلق بالأمر الذي طلبناه، وتتكرر العملية حتى يتم تحديد المطلوب. وينصح باستخدام هذه الطريقة بالنسبة للمبتدئين بتعلم البرنامج لأنها الأسهل.

ب. الطريقة البرمجية (Batch Mode):

يتم التعامل مع البرنامج في هذه الطريقة من خلال إعطاء الأوامر للبرنامج عن طريق كتابتها على ملف إدخال (Input File)، أو من خلال إدخالها بشكل نصي في نافذة الإدخال (Input Window)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

الموجودة ضمن الواجهة الرئيسية في البرنامج، بحيث تتم كتابة هذه الأوامر باستخدام لغة التصميم المعتمد على المتغيرات (ANSYS Parametric Design Language) والتي يرمز لها إختصاراً بالرمز (APDL).

حيث تسمح هذه الطريقة باستخدام المتغيرات (Parameters) بالإضافة إلى أبرز المزايا البرمجية مثل: الحلقات (DO loops)، والعبارات الشرطية (IF statements). كما تتميز هذه الطريقة بإمكانية إصلاح الأخطاء من خلال تعديل جزء محدود من ملف الإدخال وإعادة قراءته، مما يوفر على المستخدم الكثير من الوقت.

جـ. الطريقة الثنائية (Combined Mode):

يتم في هذه الطريقة الدمج بين الطريقتين السابقتين، حيث يمكن إدخال البيانات باستخدام الطريقة الثانية (APDL)، ومعاينة النتائج باستخدام الطريقة الأولى (GUI). وتعتبر هذه الطريقة هي الأفضل لأنها تسمح بالإستفادة من ميزات كل من الطريقتين السابقتين.

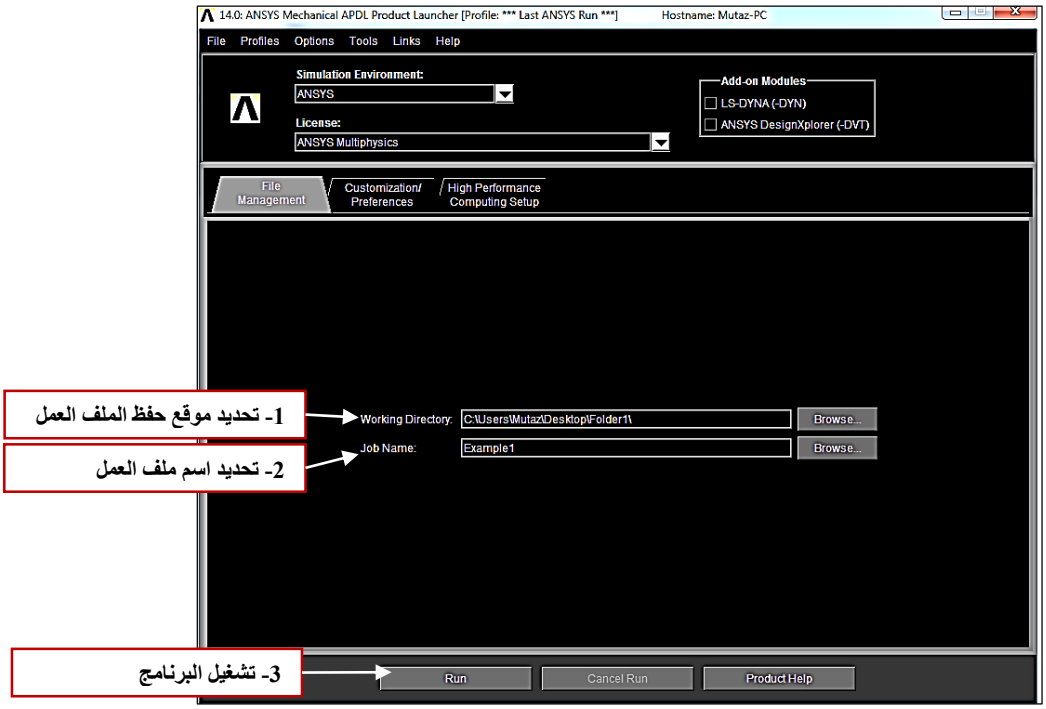
سيتم التركيز في هذا الكتاب على الطريقة الأولى (GUI) لأنها تعتبر أكثر سهولة بالنسبة للمستخدم المبتدئ.

3-1 واجهات البرنامج:

يمكن أن يتم فتح البرنامج وفق المسار التالي:

- **START>All Programs> Mechanical APDL Product Launcher**

فتظهر النافذة المبينة في الشكل (1-1)، والتي يتم من خلالها تحديد اسم ملف العمل (JobName) وموقع حفظه (Working Directory) على الحاسب حيث من خلال الزر (Browse...) اختيار الموقع الجديد للحفظ، ثم يتم تشغيل البرنامج من خلال الزر (Run) الموجود في أسفل النافذة.

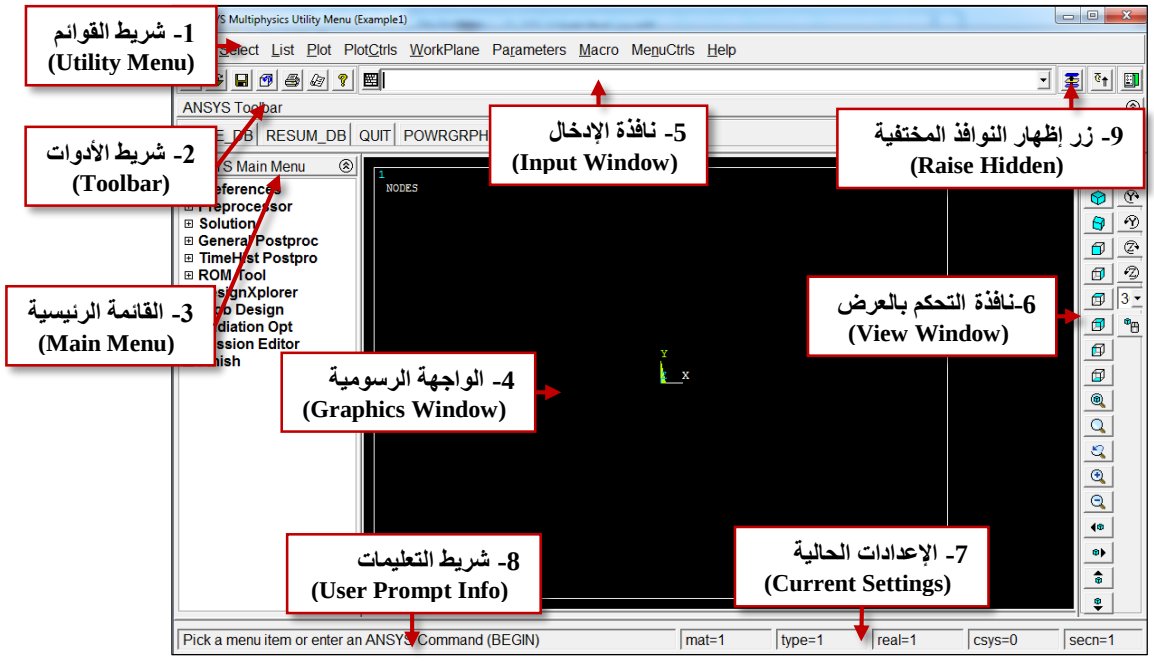


الشكل (1-1): نافذة تحديد اسم ملف العمل وموقعه (Mechanical APDL Product Launcher)

عند تشغيل البرنامج تظهر واجهتين، تعرف الواجهة الأولى بالواجهة الرئيسية (GUI)، والواجهة الثانية هي واجهة الإخراجات (Output Window).

1-3-1 الواجهة الرئيسية (Graphical User Interface_ GUI):

تتضمن الواجهة الرئيسية الأقسام الموضحة في الشكل (1-2).



الشكل (1-2): أقسام الواجهة الرئيسية (Graphical User Interface_ GUI)

وهذه الأقسام هي:

1- شريط القوائم (Utility Menu):

يتضمن هذا الشريط عشرة قوائم هي:

1. File: تتضمن الإعدادات المتعلقة بملف العمل، مثل حذف البيانات، أو قراءة ملف إدخال، أو حفظ البيانات على ملف، أو استعادة البيانات من ملف بالإضافة إلى الخروج من البرنامج.
2. Select: تتضمن الأوامر التي تسمح للمستخدم باختيار بعض البيانات، وكذلك تجميعها ضمن مجموعة خاصة تدعى (Components).
3. List: تسمح للمستخدم بتصنيف أية بيانات مخزنة ضمن البرنامج وفق قوائم.
4. Plot: تسمح للمستخدم برسم مكونات معينة مثل النقاط الرئيسية (Keypoints)، أو الخطوط، أو المساحات، أو الحجوم، أو العقد (Nodes)، أو العناصر.
5. PlotCtrls: تتضمن الأوامر التي تتحكم بالمعاينة وشكل إظهار النموذج على الواجهة الرسومية.
6. WorkPlane: تسمح بتفعيل أو إلغاء تفعيل المحاور المؤقتة (WorkPlane) بالإضافة إلى تحريكها وتدويرها والتحكم بإعداداتها. كما تتضمن أيضاً الأوامر المتعلقة بجمل الإحداثيات.
7. Parameters: تتضمن الأوامر التي تسمح بتعريف أو تحرير أو حذف المتغيرات.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

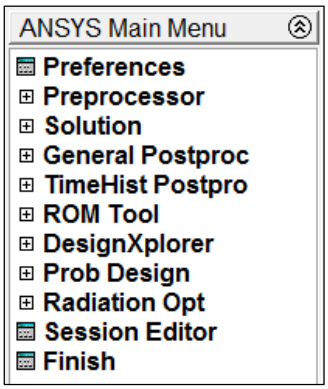
8. Macro: تسمح للمستخدم بتسجيل ماكرو (Macro)، كما يمكن من خلالها إضافة أو حذف أزرار على شريط الأدوات (Toolbar).
9. MenuCtrls: تسمح للمستخدم بالتحكم بتنسيقات القوائم، وكذلك بشريط الأدوات.
10. Help: يتم من خلالها فتح دليل التعليمات المساعدة في البرنامج.

2- شريط الأدوات (Toolbar):

يتضـــمن أزرار تقوم بالتنفيذ المباشـــر للأوامر مثل أمر الحفظ (SAVE_DB) وأمر الإســـتعادة (RESUM_DB)، ويمكن إضـافة أزرار أخرى مخصـصـة (Customized) لهذا الشـريط، مما يسـهل عملية إستدعاؤها خلال العمل.

3- القائمة الرئيسية (Main Menu):

تحتوي على أوامر البرنامج الرئيسية وهي مرتبة وفقاً لمراحل العمل الأساسية، كما هو مبين في الشكل (1-3)، أبرز هذه التبويبات هي:



الشكل (1-3): القائمة الرئيسية (Main Menu)

1. **(Preference):** يتم من خلاله تحديد طبيعة المسـألة (إنشـائية، حرارية، جريان،مغناطيسية، كهربائية...).
2. **(Preprocessor):** مرحلة ما قبل التحليل، يتم ضـــمنها بناء الشكل الهندسي للنموذج المدروس، وتحديد العناصر المستخدمة، وخصائص المواد...إلخ.
3. **(Solution):** مرحلة التحليل، يتم فيها تطبيق الحمولات وشـروط الإستناد وتحديد نوع التحليل والتحكم بخياراته وتنفيده.
4. **(General Postpro):** مرحلة ما بعد التحليل، يتم فيها معاينة نتائج كامل النموذج عند خطوة تحميل محددة.
5. **(TimeHist Postpro):** مرحلة ما بعد التحليل، يتم فيها معاينة نتائج عقد معينة من النموذج على كامل مراحل التحميل.
6. **(DesignXplorer):** لتطوير التصميم الأولي.
7. **(Prob Design):** يقيس تأثير التبعثر (Scatter) والشـــكوك (uncertainties) المرافقة للمتغيرات المستخدمة في تحليل العناصر المحدودة على نتائج التحليل.
8. **(Session Editor):** يفتح نافذة الأوامر البرمجية التي تم إدخالها أثناء نمذجة المسألة المدروسة.
9. **(Finish):** يقوم بإغلاق التبويبات السابقة في حال كانت مفتوحة.

4- الواجهة الرسومية (Graphics Window):

يظهر ضمن هذه الواجهة الشكل الذي يتم نمذجته، وكما يمكن أن يتم إختيار العناصر ضمن هذه الواجهة، بالإضافة إلى أنها تعرض نتائج التحليل والمخططات...إلخ.

5- سطر الأوامر البرمجية أونافذة الإدخال (Input Window):

يمكن من خلاله أن يتم إعطاء الأوامر البرمجية مباشـــرة للبرنامج بشـــكل خطي، كما يمكن رؤية الأوامر السابقة في نفس النافذة.

6- نافذة التحكم بالعرض (View Window):

تحوي على أزرار مهمتها التحكم بمعاينة شـكل النموذج الموجود ضـمن الواجهة الرسـومية، على سـبيل المثال عرض مسـقط للنموذج في مسـتوي معين، أو عرض منظور جانبي له، أو تدويره حول أحد المحاور، أو إزاحته باتجاه معين.

7- شريط الإعدادات الحالية (Current Settings):

يظهر الأرقام الترتيبية للإعدادات الحالية للعناصـر والتي تشـمل: المادة المسـتخدمة (Mat)، ونوع العنصر (Type)، والثوابت (Real)، والجملة الإحداثية (Csys)، والمقطع (Sec).

8- شريط التعليمات (User Prompt Info):

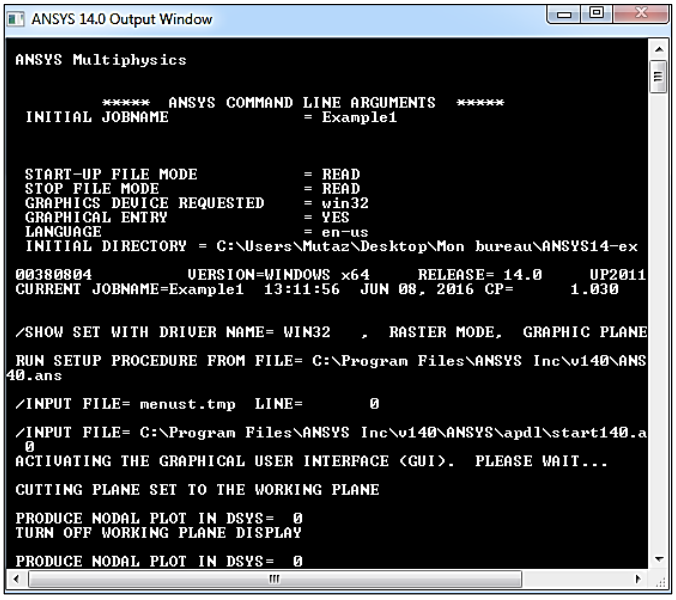
يتضمن بعض التعليمات الموجهة لمساعدة المستخدم، عند قيامه بتنفيذ عملية ما.

9- زر إظهار النوافذ المختفية (Raise hidden) :

يقع بجانب نافذة الإدخال (Input Window)، ويفيد في إظهار النوافذ المنبثقة أمام الواجهة الرئيسية في حال أصبحت تلك النوافذ خلف الواجهة الرئيسية.

2-3-1 واجهة الإخراجات (Output Window):

تتضـــمن العمليات التي يقوم بها البرنامج بشـــكل نصـــي مثل (مخرجات تنفيذ الأوامر، رســـائل التحذير، رسائل الخطأ...)، وتقع هذه الواجهة عادةً خلف الواجهة الرئيسية. الشكل (1-4).



الشكل (1-4): واجهة الإخراجات (Output Window)

4-1 حفظ ملف العمل (Save) واستعادته:

إن البرنامج لا يقوم بحفظ العمل بشـــكل تلقائي، كما أنه لا يحوي على أمر التراجع (Undo) الذي يســتخدم في حال أرتكاب خطأ ما. ولذلك فإنه من المفيد أن يتم حفظ الملف على عدة مراحل مختلفة خلال بناء النموذج، حيث غالباً ما يفضــل الحفظ بعد إنجاز مرحلة معينة بنجاح. ويُنصــح بإعطاء اســم أو رمز يشــير إلى هذه المرحلة، وبهذه الطريقة يمكن العودة بســـهولة إلى الملف المطلوب في حال ارتكاب بعض الأخطاء لاحقاً أو في حال حدوث مشاكل غير متوقعة.

يتم حفظ ملف العمل بعدة طرق:

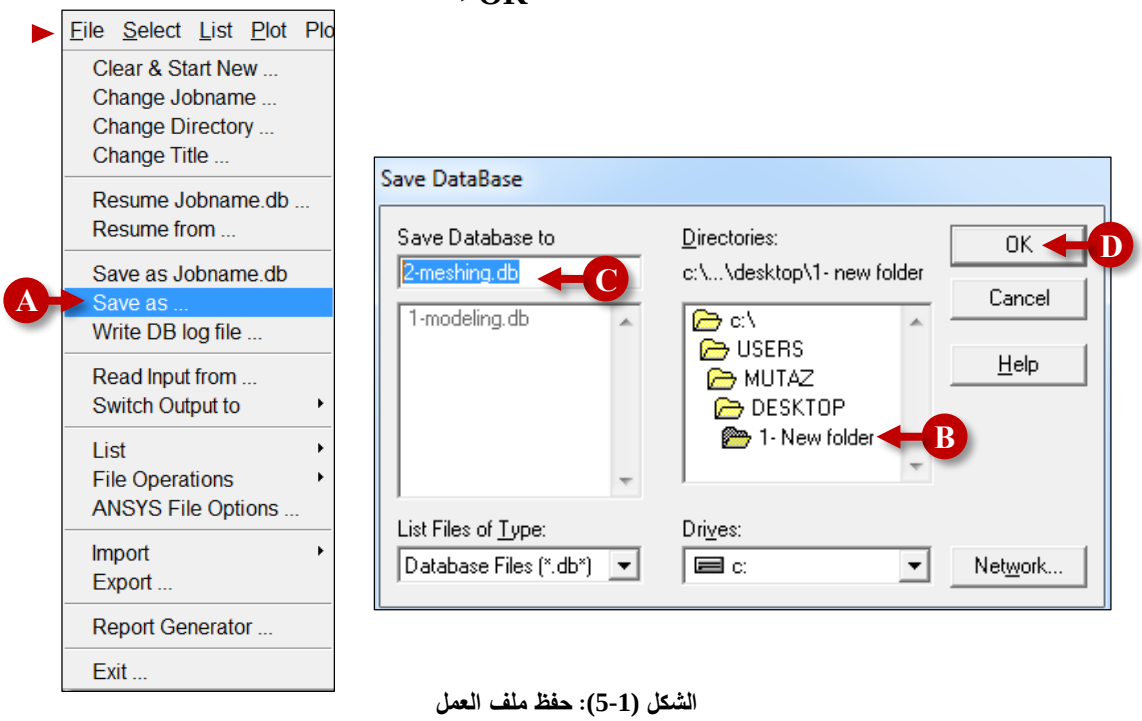
- عند الرغبة بحفظ الملف مع إعطائه إســـم خاص يدل على مرحلة العمل المنجزة نتبع المســـار التالي، والموضح في الشكل (1-5):

➢ **Utility Menu> File> Save as…>**

تحديد موقع الحفظ: Directions **: c:/USERS >…**

تسمية الملف باسم يشير إلى المرحلة الناجحة: Save Database to**: 2-mesh.db**

>OK



الشكل (1-5): حفظ ملف العمل

- أو يمكن أن يتم الحفظ بشكل مباشر على نفس الملف (بدون تغيير الإسم) من خلال:

➢ **Utility Menu> File> Save as Jobname.db**

- أو من خلال الزر (Save-DB) SAVE_DB الموجود أســفل شــريط الأدوات (Toolbar)، والذي يقوم بالحفظ على نفس الملف (أي بدون تغيير الإسم أيضاً).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

❖ لإستدعاء الملفات التي تم حفظها، يمكن أن تتم العملية بعدة طرق:

- في حال الرغبة باستدعاء ملف له اسم مختلف، فيتم ذلك من خلال:

➢ **Utility Menu> File> Resume from…> (ثم يتم تحديد اسم الملف المطلوب) >OK**

- أما إذا تم الحفظ بطريقة مباشرة بنفس اسم الملف المفتوح فيمكن الإستدعاء من خلال:

➢ **Utility Menu> File> Resume Jobname.db**

- كما يمكن أيضاً استدعاء الملف الذي تم حفظه بطريقة مباشرة من خلال الزر (Resume -DB) RESUM_DB الموجود أسفل شريط الأدوات (Toolbar).

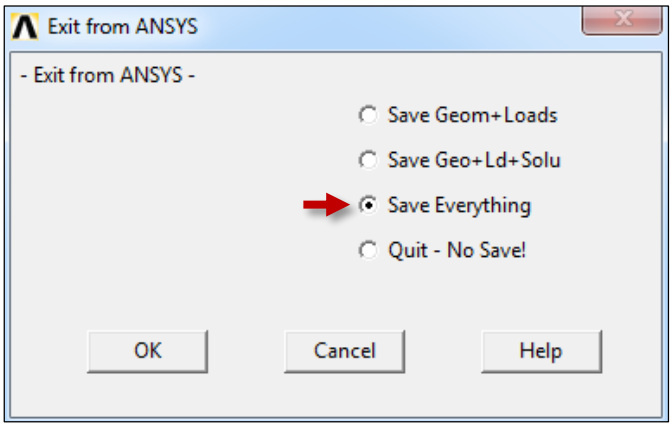
❖ الحفظ عند الخروج من البرنامج:

- يتم الخروج من البرنامج إما من خلال:

➢ **Utility Menu> File> Exit…**

- أو من خلال الزر (Quit) QUIT الموجود أسفل شريط الأدوات (Toolbar).

فتظهر النافذة المبينة في الشـــكل (1-6) ويتم فيها تحديد حفظ كافة البيانات (Save Everything) ثم النقر على زر (OK). وعند فتح الملف يتم النقر على خلال الزر (Resume -DB) RESUM_DB لإســـتدعاء البيانات.



الشكل (1-6): الخروج من البرنامج مع حفظ العمل

ملاحظة: يمكن حفظ جميع الأوامر التي تم إدخالها إلى ملف من خلال:

➢ **Utility Menu> File> Write DB Log File…**

ثم يتم تحديد اسم معين والنقر على زر (OK) ليتم الحفظ، ويكون الإمتداد الإفتراضي للملف هو (*.lgw).

5-1 خطوات العمل الأساسية لدراسة مسألة ما في برنامج (ANSYS):

يتم بناء نموذج المسألة المراد دراستها وفق الخطوات الأساسية التالية:

1- تحديد العناصر المستخدمة (Element Type).

2- تعريف خصائص المواد (Material Properties).

3- بناء النموذج المدروس (Modeling).

4- التقسيم إلى عناصر محدودة (Meshing).

5- تحديد شروط النهايات (Boundary Conditions).

6- تطبيق الحمولات (Loading).

7- تحديد نوع التحليل (Analysis Type).

8- الحل (Solve).

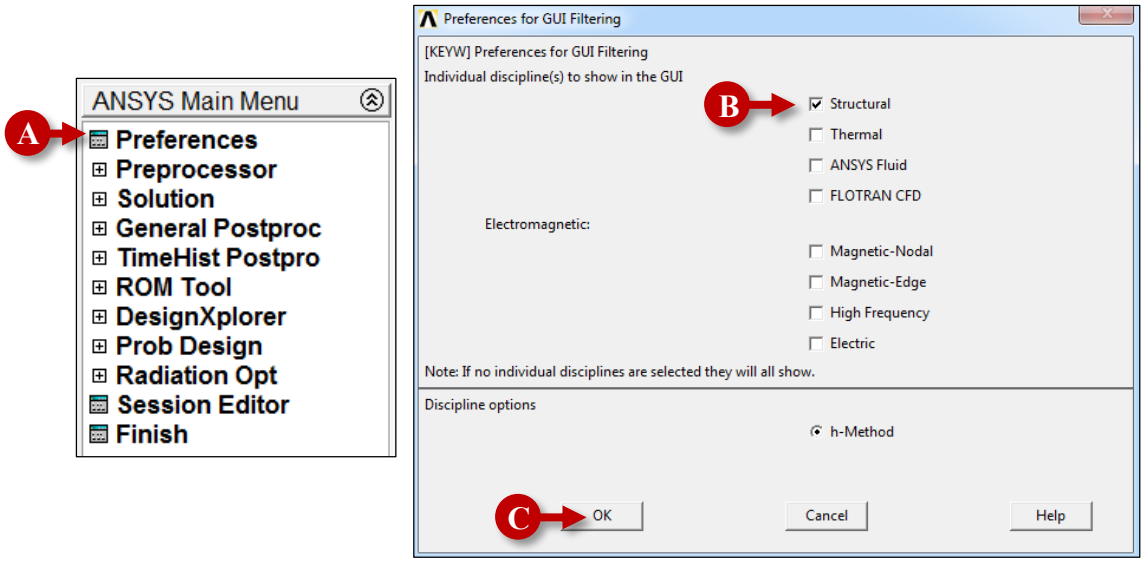
9- معاينة النتائج (Postprocessor).

وسيتم شرح كل خطوة من هذه الخطوات في الفقرات التالية.

ملاحظة:

- يمكن من التبويب (Preference) المتواجد ضمن القائمة (ANSYS Main Menu) الموجودة على الطرف الأيسر من واجهة البرنامج، كما هو موضح في الشكل (1-7)، أن يتم تحديد طبيعة المسألة، على سبيل المثال إنشائية (Structural)، مما يساعد في اختصار بعض الخيارات المتاحة ضمن القائمة (ANSYS Main Menu) خلال نمذجة المسألة:

➢ **Main Menu> Preference>** Structural> OK

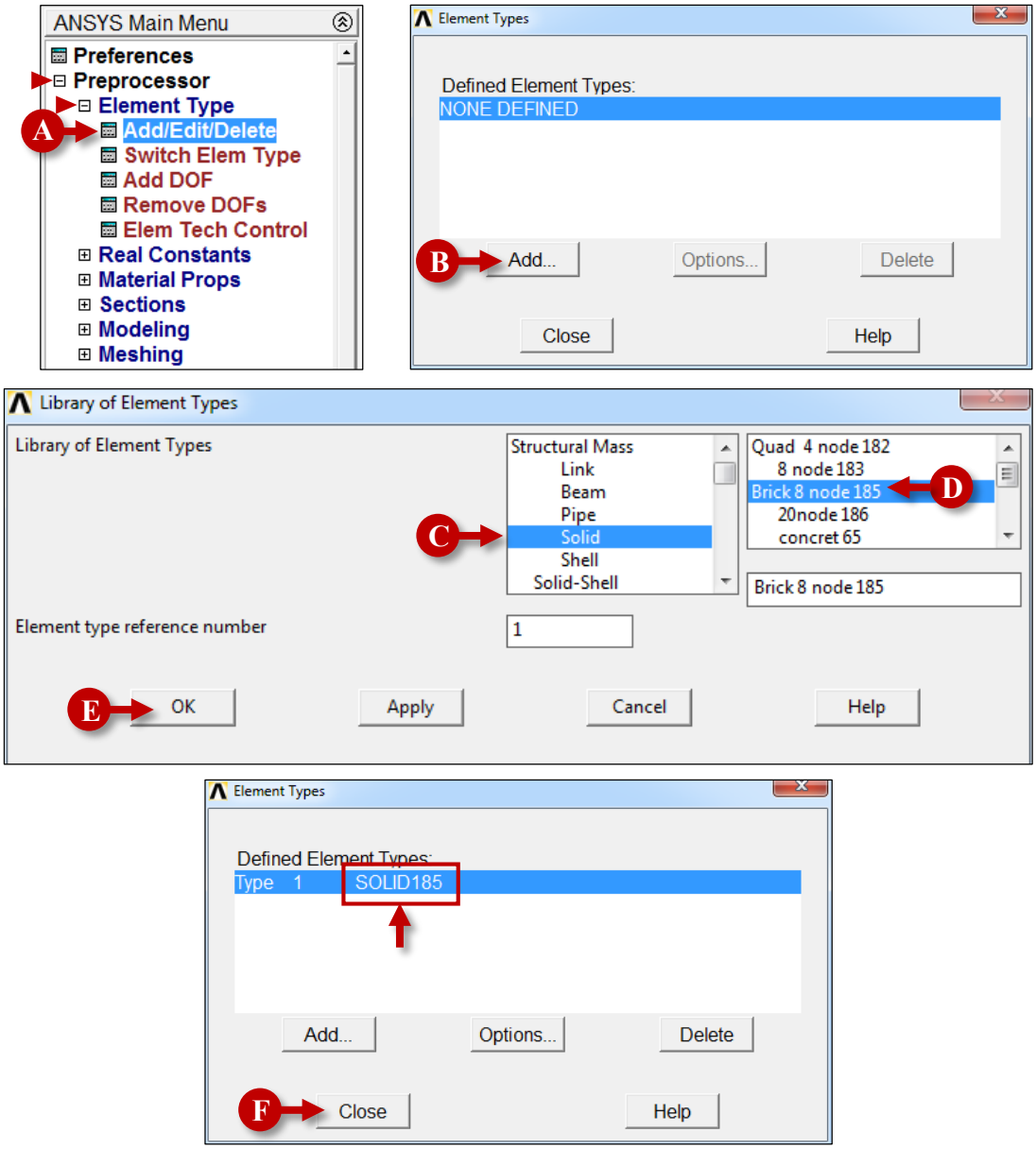


الشكل (1-7): تحديد طبيعة المسألة

6-1 تحديد العناصر المستخدمة (Element Type):

يتم تحديد العناصـــر المســـتخدمة لبناء النموذج كما هو مبين في الشـــكل (1-8)، ووفق المســـار التالي:

- **Main Menu> Preprocessor> Element Type> Add/Edit/Delete> Add**



الشكل (1-8): تحديد العناصر المستخدمة

تظهر نافذة تحوي على قســمين: القســم الأيســر يتم فيه تحديد اســم المجموعة التي ينتمي إليها العنصـر، ثم يتم في القسـم الثاني (الأيمن) تحديد الرقم التعريفي للعنصـر كما هو موضـح في الشـكل، وبعد الضـــغط على زر (OK) يتم إدراج العنصـــر الذي تم اختياره ضـــمن نافذة (Element Type) ويكون هذا الإسم مؤلف من شطرين _ مثلاً (Solid185)_ الشطر الأول (Solid) يمثل اسم المجموعة، والشطر

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

الثاني(185) يمثل الرقم التعريفي للعنصر.

1-6-1 خصائص العناصر المحدودة:

يمتلك كل عنصر خواص معينة تميزه عن العناصر الأخرى، من هذه الخواص:

❖ **أبعاد العنصر:**

توجد عناصر أحادية البعد (خطية)، وثنائية البعد(سطحية)، وثلاثية البعد (حجمية) بالإضافة لوجود عناصر ذات أبعاد معدومة (نقطية).

❖ **العقد:**

يملك كل عنصر مجموعة من النقاط المميزة التي تدعى بالعقد، وتتوضع في الزوايا، أو على الأضلاع، وفي نقاط نهاية العنصر، وتفيد في تحديد الشكل الهندسي للعنصر المحدود (عنصر خطي أو لا خطي) وتحديد درجات الحرية.

❖ **الشكل الهندسي:**

يعَّرف الشكل الهندسي للعنصر المحدود بموضع العقد، ومعظم العناصر تملك أشكال هندسية بسيطة، وبشكل عام يوجد أربع أشكال محتملة للعناصر: نقطية، خطية، سطحية، حجمية.

❖ **درجات الحرية:**

وتمثل الانتقالات للعنصر (انتقالات ودورانات). إن درجات الحرية للعنصر هي التي تحدد المجال التطبيق (إنشائي- حراري- سوائل-كهربائي- مغناطيسي- مجالات مترافقة) وباختيار درجات الحرية المطلوبة في العنصر يتم تحديد استجابة النموذج، وإن إضافة درجات حرية غير ضرورية يؤدي إلى زيادة مدة التحليل ويحتاج ذاكرة تخزينية أكبر. والأمر مشابه عند اختيار عنصر يتمتع بميزات غير ضرورية، على سبيل المثال استخدام عنصر يتمتع بميزات اللدونة من أجل الحل في المجال المرن فقط يؤدي إلى زيادة زمن التحليل.

❖ **القوى في العقد:**

تكون القوى في الدراسات الإنشائية عبارة عن (القوى أو العزوم)، وتتركز على عقد العنصر.

❖ **سلوك العنصر:**

حيث توجد علاقات تحدد سلوك المادة، فمثلاً من أجل عنصر قضيب ذي سلوك خطي يكفي أن نحدد عامل المرونة الطولي له.

❖ **خصائص المقطع العرضي:**

فمثلاً من أجل بعض العناصر مثل العنصر (Beam) يتم تحديد شكل المقطع العرضي وأبعاده. وكذلك يتم تحديد السماكة من أجل بعض العناصر الأخرى مثل العنصر (shell).

2-6-1 تصنيف العناصر المحدودة وفقاً لأبعادها:

تصنف العناصر المحدودة وفقاً لأبعادها إلى أربعة أنواع هي:

1. **عناصر نقطية:**

تتكون عادة من عقدة واحدة، كما هو الحال في العنصر الكتلي.

2. **عناصر خطية أو أحادية البعد (1D Elements):**

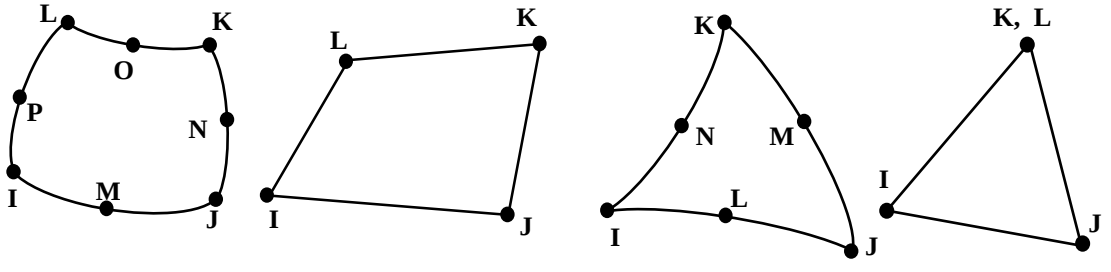
يكون الشكل الهندسي لها عبارة عن قطعة مستقيمة أو منحنية تتألف من عقدتين أو ثلاثة عقد، مثل العناصر (Link, Bar, Spar) والتي تستخدم في حالات الشد والضغط كما في حالة العنصر الشبكي. أما في حالات الانعطاف (كما في حالة الجائز) فيستخدم العنصر (Beam). ويمكن أن تكون هذه العناصر خطية (Linear) أو تربيعية (Quadratic)، كما هو مبين في الشكل (1-9).

الشكل (1-9): عناصر خطية أو أحادية البعد (1D)

3. **عناصر سطحية أو ثنائية البعد (2D Elements):**

تملك شكل هندسي مثلثي أو رباعي وقد تكون ناتجة عن عناصر حجمية (2D Solid Elements) أو عناصر قشرية (Shell Elements).

أبرز العناصر السطحية هما العنصر (Plate) و(Shell)، وقد يكون العنصر المستوي مثلثي (Triangle) خطي مكون من (3) عقد، أو تربيعي (Quadratic) مكون من (6) عقدة. وكذلك الأمر فإن العنصر المستوي رباعي الأضلاع (Quadrilateral) قد يكون خطي مكون من (4) عقد، أو تربيعي مكون من (8). كما هو مبين في الشكل (1-10).



الشكل (1-10): عناصر سطحية (2D)

4. عناصر حجمية أو ثلاثية البعد (3D Elements):

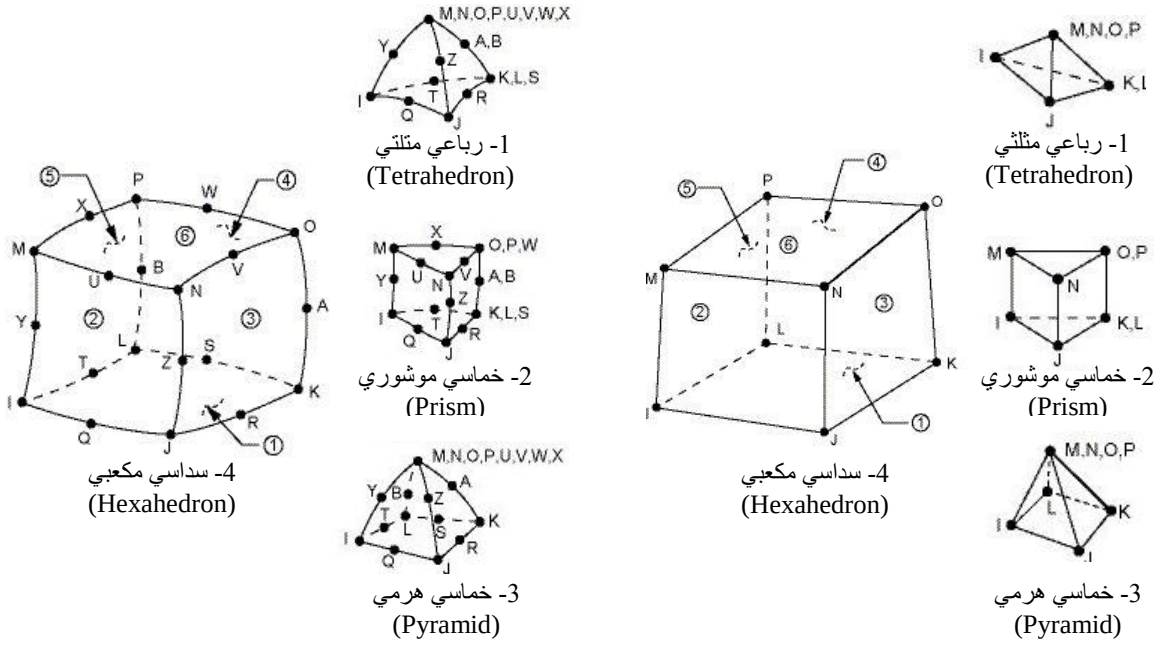
يوجد للعناصر الحجمية عدة أشكال كما هو مبين في الشكل (1-11) وهي:

1) العنصـــر رباعي الســـطوح "المثلثي" (Tetrahedron): قد يكون خطي يتكون من (4) عقد أو تربيعي (Quadratic) يتكون من (10) عقدة.

2) العنصر خماسي السطوح "الموشوري" (Prism): قد يكون خطي يتكون من (6) عقد أو تربيعي يتكون من (15) عقدة.

3) العنصر خماسي السطوح "الهرمي" (Pyramid): قد يكون خطي يتكون من (5) عقد أو تربيعي يتكون من (13) عقدة.

4) العنصر سداسي السطوح "المكعبي" (Hexahedron): قد يكون خطي يتكون من (8) عقد أو تربيعي يتكون من (20) عقدة.



أ. عناصر حجمية خطية **ب. عناصر حجمية تربيعية (Quadratic)**

الشكل (1-11): عناصر حجمية أو ثلاثية البعد (3D)

1-6-3 العناصر المتوفرة في البرنامج:

يوفر البرنامج عدد كبير من العناصـــر (أكثر من 165 عنصـــر) والتي يمكن أن تســـتخدم في مجالات متعددة من الدراســات. يوضــح الجدول التالي أســماء مجموعات العناصــر المتوفرة في البرنامج (وهي مرتبة حســب التســلســل الأبجدي)، وقد تم تمييز أبرز المجموعات المســتخدمة عادةً في المســائل الإنشائية باللون الغامق.

هذا بالإضــافة إلى أن البرنامج يتيح إمكانية إنشــاء عنصــر خاص بالمســتخدم (User define element) وهذا العنصر يأخذ الإسم (USER300).

الجدول(1-1): أسماء مجموعات العناصر المتوفرة في البرنامج

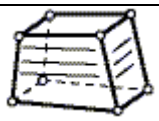
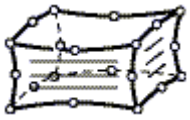
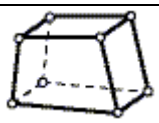
SHELL Elements	MESH Elements	HF Elements	BEAM Elements
SOLID Elements	MPC Elements	HSFLD Elements	CIRCU Elements
SOLSH Elements	PIPE Elements	INFIN Elements	COMBIN Elements
SOURC Elements	PLANE Elements	INTER Elements	CONTAC Elements
SURF Elements	PRETS Elements	LINK Elements	CPT Elements
TARGE Elements	REINF Elements	MASS Elements	FLUID Elements
TRANS Elements	ROM Elements	MATRIX Elements	FOLLW Elements

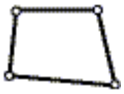
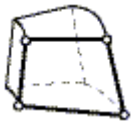
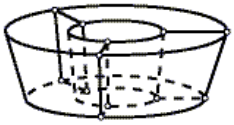
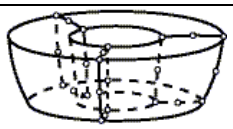
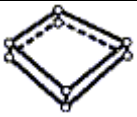
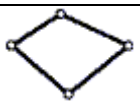
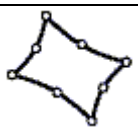
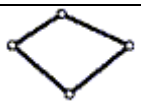
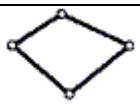
يتم اختيار العنصر الأفضل وفقاً لطبيعة المسألة المدروسة والتي يمكن أن تندرج ضمن أحد المجالات الموضحة في الجدول (1-2)، ويوضح الجدول (1-3) التالي أسماء العناصر التي تستخدم في المسائل الإنشائية (Structural).

الجدول(1-2): أنواع المسائل التي يمكن أن يعالجها البرنامج

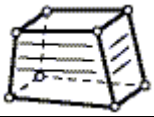
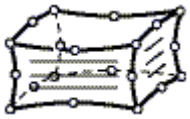
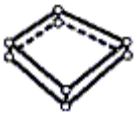
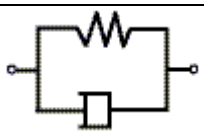
Acoustic	Thermal	Explicit Dynamics	Structural
Coupled-Field	Electric Circuit	Magnetic Electric	Fluid
Infinite	Matrix	Combination	Contact
User-Defined	Reinforcing	Meshing	Load

الجدول(1-3): أسماء العناصر التي يمكن استخدامها في المسائل الإنشائية (Structural)

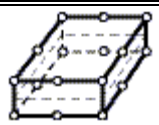
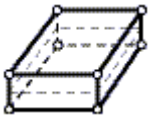
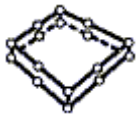
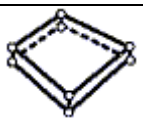
النوع	الأبعاد	اسم العنصر	وصف العنصر	شكل العنصر
Structural Solid	3-D	SOLID185	8- عقد Structural Solid DOF: UX, UY, UZ	
		SOLID186	20 عقدة Structural Solid DOF: UX, UY, UZ	
		SOLID187	10 عقد Tetrahedral Structural Solid DOF: UX, UY, UZ	
		SOLID285	4 عقد Tetrahedral Structural Solid with Nodal Pressures DOF: UX, UY, UZ, HDSP	
		SOLID65	8 عقد Reinforced Concrete Structural Solid DOF: UX, UY, UZ	

	4 عقد Structural Solid DOF: UX, UY	**PLANE182**	**2-D**	
	8 عقد Structural Solid DOF: UX, UY	**PLANE183**		
	4 عقد Axisymmetric-Harmonic Structural Solid DOF: UX, UY, UZ	**PLANE25**		
	8 عقد Axisymmetric-Harmonic Structural Solid DOF: UX, UY, UZ	**PLANE83**		
	من 4 إلى 48 عقدة General Axisymmetric Solid DOF: UX, UY, UZ	**SOLID272**	**General Axisymmetric**	
	من 8 إلى 96 عقدة General Axisymmetric Solid DOF: UX, UY, UZ	**SOLID273**		
	8 عقد Structural Solid Shell DOF: UX, UY, UZ	**SOLSH190**	**3-D**	**Structural Solid Shell**
	4 عقد Structural Shell DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	**SHELL181**	**3-D**	**Structural Shell**
	8 عقد Structural Shell DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	**SHELL281**		
	4 عقد Structural Shear/Twist Panel DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	**SHELL28**		
	4 عقد Structural Membrane Shell DOF: UX, UY, UZ	**SHELL41**		
	2 عقدة Axisymmetric Shell DOF: UX, UY, ROTZ	**SHELL208**	**2-D**	
	3 عقد Axisymmetric Shell DOF: UX, UY, ROTZ	**SHELL209**		

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

	2 عقدة Axisymmetric-Harmonic Structural Shell DOF: UX, UY, UZ, ROTZ	**SHELL61**		
	8 عقد Layered Solid DOF: UX, UY, UZ	**SOLID185**	**3-D**	**Structural Layered Composite**
	20 عقد Layered Structural Solid DOF: UX, UY, UZ	**SOLID186**		
	8 عقد Solid Shell DOF: UX, UY, UZ	**SOLSH190**		
	2 عقدة Structural Beam DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	**BEAM188**	**3-D**	**Structural Beam**
	3 عقد Structural Beam DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	**BEAM189**		
	2 عقدة Pipe DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	**PIPE288**	**3-D**	**Structural Pipe**
	3 عقد Pipe DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	**PIPE289**		
	3 عقد Elbow DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	**ELBOW 290**		
	2 عقدة Structural 3-D Spar (or Truss) DOF: UX, UY, UZ	**LINK180**	**3-D**	**Structural Line**
	2 عقدة Structural Linear Actuator DOF: UX, UY, UZ	**LINK11**		
	1 عقدة Structural Mass DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	**MASS21**	**3-D**	**Structural Point**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

	Interface عقد 16 Gasket DOF: UX, UY, UZ	**INTER194**	**3-D**	**Structural Interface**
	Interface عقد 8 Gasket DOF: UX, UY, UZ	**INTER195**		
	Interface عقد 16 Cohesive DOF: UX, UY, UZ	**INTER204**		
	Interface عقد 8 Cohesive DOF: UX, UY, UZ	**INTER205**		
	Interface عقد 4 Gasket DOF: UX, UY	**INTER192**	**2-D**	
	Interface عقد 6 Gasket DOF: UX, UY	**INTER193**		
	Interface عقد 4 Cohesive DOF: UX, UY	**INTER202**		
	Interface عقد 6 Cohesive DOF: UX, UY	**INTER203**		
	Structural Multipoint Constraint (Link/Beam- Slider- Revolute- Universal- Slot- Point- Translational- Cylindrical- Planar- Weld- Orient- Spherical- General- Screw) 2 أو 3 عقد DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ KEYOPT Dependent	**MPC184**	**3-D**	**Structural Multipoint Constraint**

- **ملاحظة:**

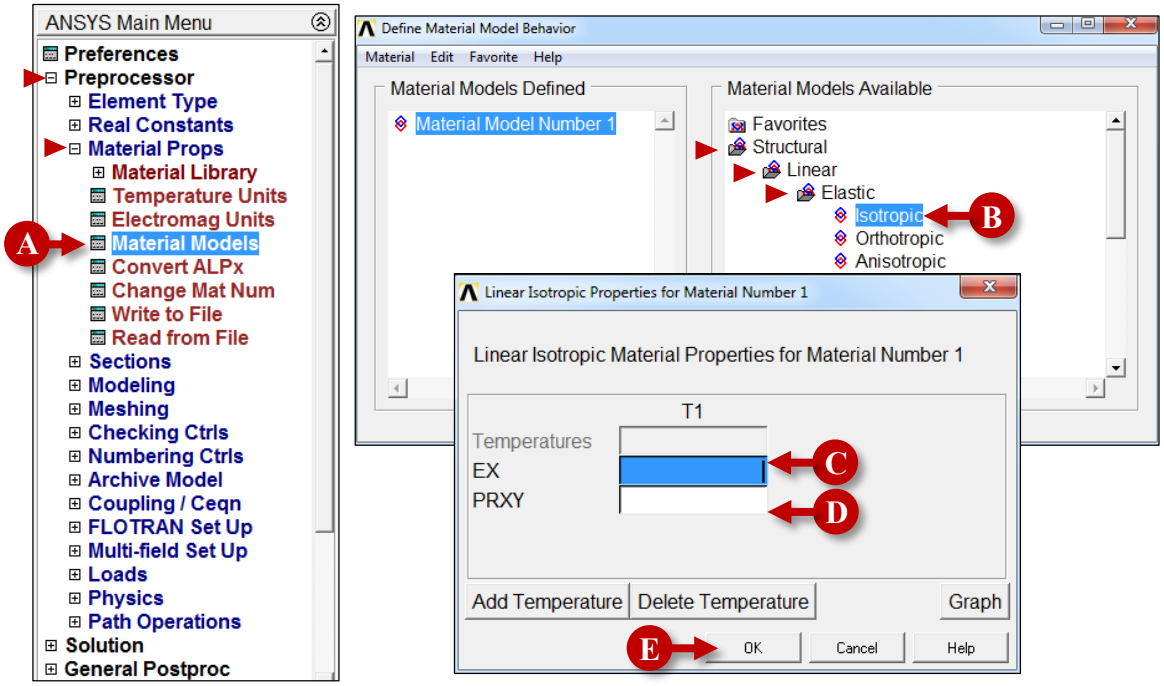
على الرغم من أن الشكل الهندسي لبعض العناصر هو خطي، ولكنه تم تصنيفها في هذا الجدول على أساس أنها حجمية (3D) _مثل العنصر (Beam188)_ وذلك لأنها تتميز بإمكانية التحكم بمقطعها العرضي وبالتالي تتحول إلى ثلاثية الأبعاد. وبشكل مماثل بالنسبة لبعض العناصر ذات الشكل السطحي مثل العنصر (Shell181) والتي تم تصنيفها حجمية (3D).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

7-1 تعريف خصائص المواد (Material Properties):

يتم تعريف خصائص المواد المستخدمة مثل (معامل المرونة، معامل بواسون، إجهاد الخضوع، مخطط الإجهاد الإنفعال للمادة، الكثافة...إلخ) من خلال:

- **Main Menu> Preprocessor> Material props> Material models>**



الشكل (1-12): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للمادة المستخدمة

فمثلاً من أجل تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للمادة، الشكل (1-12)، يتم ذلك من خلال:

- **Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = (معامل مرونة المادة)

PRXY = (معامل بواسون للمادة)

وفي حال وجود أكثر من مادة واحدة في النموذج المدروس يتم إضافة مواد جديدة من أجل تعريف خصائصها من خلال:

- **Material> New Material**

وفي حال التعامل مع اللاخطية فيجب بشكل أساسي التمييز بين اللاخطية المادية و اللاخطية الهندسية:

❖ **اللاخطية المادية (Material Nonlinearity):**

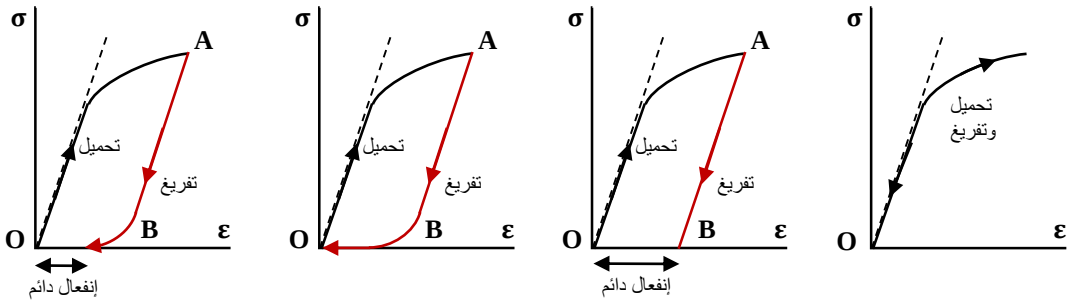
يقصد باللاخطية المادية أن علاقة (الإجهادات "σ" _الإنفعالات"ε") هي علاقة لاخطية، ويمكن تصنيف الأشكال الأساسية لاستجابة المادة اللاخطية، الشكل (1-13)، بالحالات التالية:

1) نموذج مرن لاخطي.

2) نموذج لدن.

3) نموذج مرن – لزج (Viscoelastic).

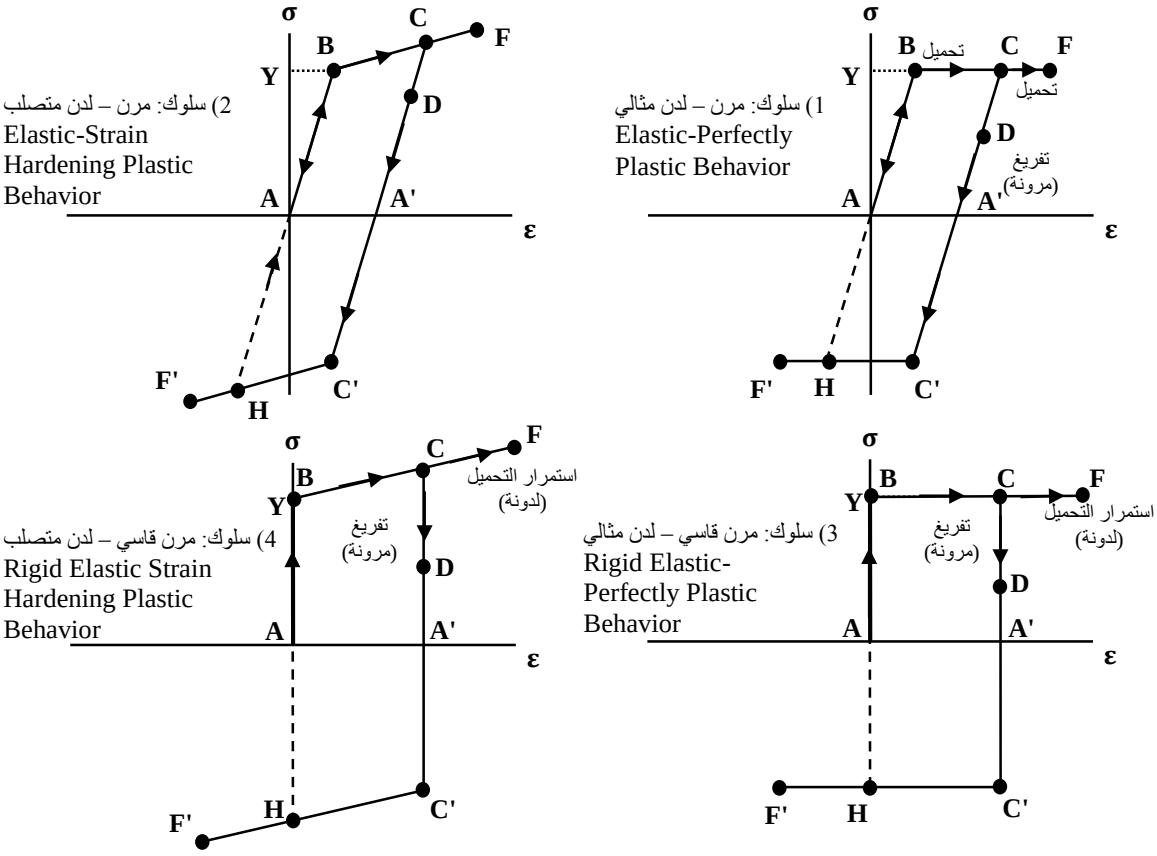
4) نموذج لدن– لزج (Viscoplastic).



1) نموذج مرن لاخطي (Nonlinear Elastic) | 2) نموذج اللدن (Plastic) | 3) نموذج مرن – لزج (Viscoelastic) | 4) نموذج لدن– لزج (Viscoplastic)

الشكل (1-13): الأشكال الأساسية لاستجابة المادة اللاخطية

أما الطرق الحسابية المثالية لسوك المواد اللاخطي فهي موضحة في الشكل (1-14) التالي:



الشكل (1-14): الطرق الحسابية المثالية لسوك المواد اللاخطي

❖ اللاخطية الهندسية (Geometric Nonlinearity):

يقصد باللاخطية الهندسية هي اللاخطية الناتجة عن تغير الشكل أثناء الانتقال في المنشأ أو مكوناته، بمعنى آخر تكون مصفوفة الصلابة متعلقة بالانتقالات، وبالتالي فإن مصفوفة الصلابة تتغير بسبب تغير الشكل أو حصول دوران في المادة. (مثلاً حدوث تشققات في البيتون يؤدي إلى تغير مصفوفة

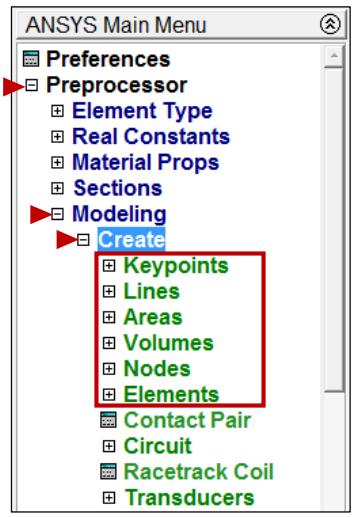
الصلابة له). أبرز الحالات التي تنشأ فيها اللاخطية الهندسية هي:

- حالة (P-Delta): أي حالة كون الإجهاد كبير، كأن تكون قوة ضـاغطة كبيرة مطبقة على عمود نحيف حيث أن إزدياد هذه القوة عن حد معين يحدث تحنيباً (Buckling) وتضعف صلابته.
- حالة الإنتقالات كبيرة (Large Displacement): تبرز هذه الحالة عندما يكون مجاز الجائز (Span) كبير، وخاصـة عندما يراد تقييم الإنتقالات على المدى البعيد وفي حالة دراسـة أثر الزحف (Creep) في البيتون.
- حالة الصـلابة المتأثرة بالإجهاد (Stress stiffening): تحدث هذه الحالة عندما يؤثر الإجهاد في اتجاه معين على الصـلابة في الإتجاه الأخر، على سبيل المثال العنصر الإنشائي الذي لديه صـلابة ضـعيفة أو معدومة على الضغط بينما يملك صلابة جيدة على الشد كما في حالة الكابلات أو الأغشية.

8-1 بناء النموذج المدروس (Modeling):

تتم عملية بناء الشكل الهندسي للنموذج المدروس، الشكل (1-15)، من خلال:

- **Main Menu> Preprocessor> Modeling > Create>…**



الشكل (1-15): خيارات بناء النموذج

يتكون الحجم من مسـاحات وخطوط ونقاط رئيسـية (KeyPoints)، مع الإنتباه إلى أنها ليسـت عناصـر، ولا يمكن تنفيذ الحل ما لم يتم تقسـيم الشـكل من خلال الأمر (meshing) والذي يؤدي إلى توليد العناصر.

يمكن الوصول إلى النموذج المدروس (والمكون من عناصر محدودة) باستخدام إحدى الطريقتين التاليتين:

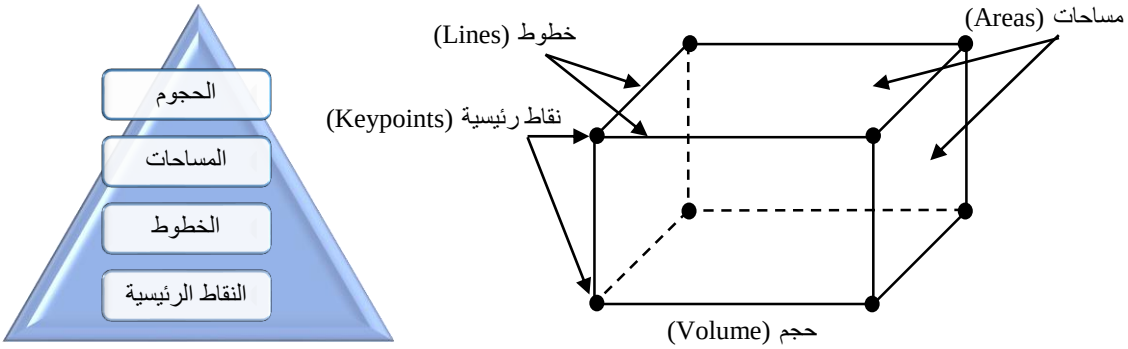
أ. إنشاء العناصر المشكلة للنموذج بشكل مباشر:

في هذه الطريقة يتم في البدء تمثيل العقد (Nodes) بادخال احداثيات كل عقدة، ومن ثم يتم إنشـاء العناصـر من خلال الربط بين العقد المتجاورة، ولكن عندما يكون النموذج مكون من عدد كبير من العقد

(حيث قد يصل أحياناً إلى عشرات الأف وربما أكثر) تصبح هذه الطريقة أكثر صعوبة وهي قليلة الاستخدام بشكل عام. لذلك يتم عادةً استخدام الطريقة الثانية التالية.

ب. إنشاء النموذج الحجمي ثم تقسيمه إلى عناصر:

يتم من خلالها بناء النموذج الحجمي للنموذج المدروس ومن ثم تقسيمه إلى عناصر. حيث يتكون النموذج الحجمي من النقاط الرئيسية، والخطوط، والمساحات، والحجوم، كما هو موضح في الشكل (1-16). وتعتبر النقاط هي أدنى مكونات النموذج الحجمي. مع العلم بأنه لا يمكن حذف المكونات الأدنى إذا كانت متعلقة بمكونات أعلى.

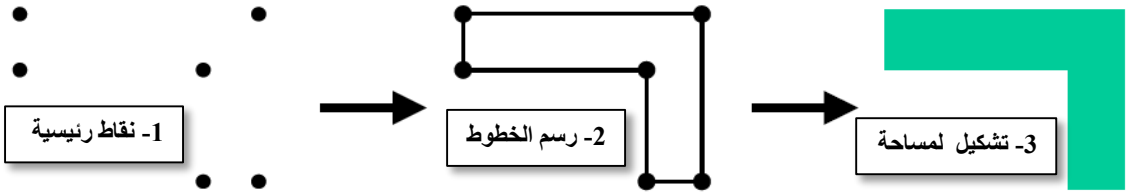


الشكل (1-16): مكونات النموذج الحجمي

يمكن إنشاء النموذج الحجمي بطريقتين:

❖ البناء من الأسفل إلى الأعلى (Bottom-up modeling):

حيث يتم تمثيل النقاط الرئيسية (KeyPoints) ومن ثم يتم استخدامها لتشكيل الخطوط، ثم استخدام الخطوط لتشكيل المساحات، ثم استخدام المساحات لتشكيل الحجوم، الشكل (1-17).

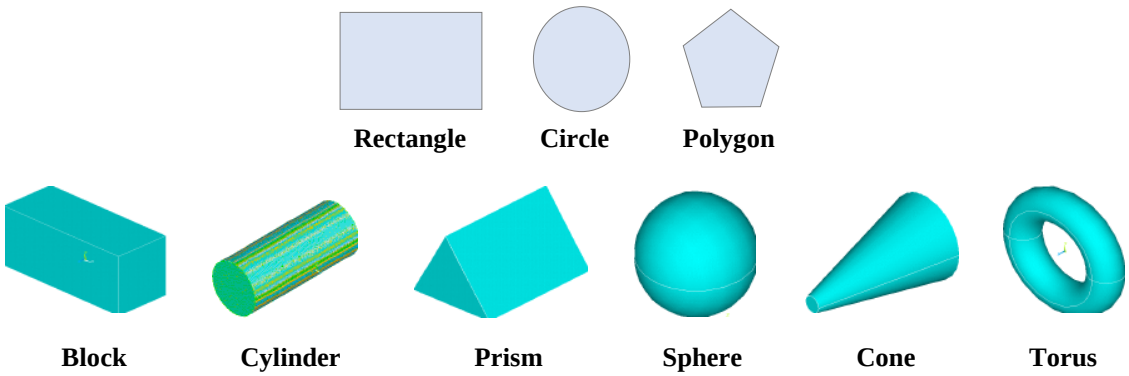


الشكل (1-17): مثال لتوضيح طريقة البناء من الأسفل إلى الأعلى

❖ البناء من الأعلى إلى الأسفل (Top-down modeling):

حيث يتم تمثيل المكونات الأعلى (ولتكن الحجوم مثلاً) بشكل مباشر وعندها يقوم البرنامج بشكل تلقائي بانشاء المكونات الأدنى (المساحات، والخطوط، والنقاط الرئيسية). تسمى الحجوم أو المساحات الأولية التي يتم رسمها بالأشكال البدائية أو الأولية (Primitives) والتي تعتبر أساسية عند استخدام طريقة البناء من الأعلى إلى الأسفل.

ويقدم برنامج (ANSYS) بعض الأشكال الأولية (Primitives) ثنائية البعد (2D) أو ثلاثية البعد (3D) كما هو مبين في الشكل (1-18).



الشكل (1-18): الأشكال الأولية (Primitives)

ويمكن الوصول إلى هذه الأشكال من خلال المسارات التالية:

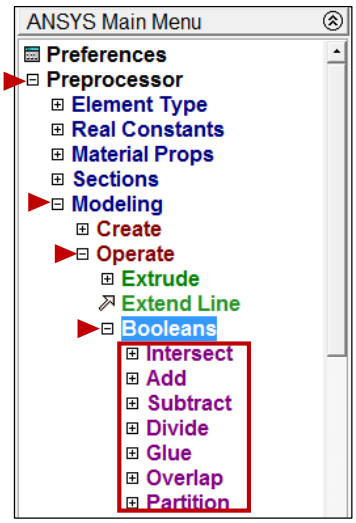
- **Main Menu> Preprocessor> Modeling > Create> Areas>…**
- **Main Menu> Preprocessor> Modeling > Create> Volumes>…**

وبعد إنشاء الشكل العام للنموذج الحجمي يمكن إجراء بعض "العمليات المنطقية" للوصول إلى الشكل المطلوب.

1-8-1 العمليات المنطقية الأساسية:

يسمح برنامج (ANSYS) باجراء بعض العمليات المنطقية الأساسية على الأشكال الأولية (Primitives) المنمذجة، الشكل (1-19)، مما يساعد في الوصول إلى الشكل النهائي للنموذج المطلوب مهما كان معقد، ويتم ذلك من خلال:

- **Main Menu> Preprocessor> Modeling > Operate> Booleans>…**



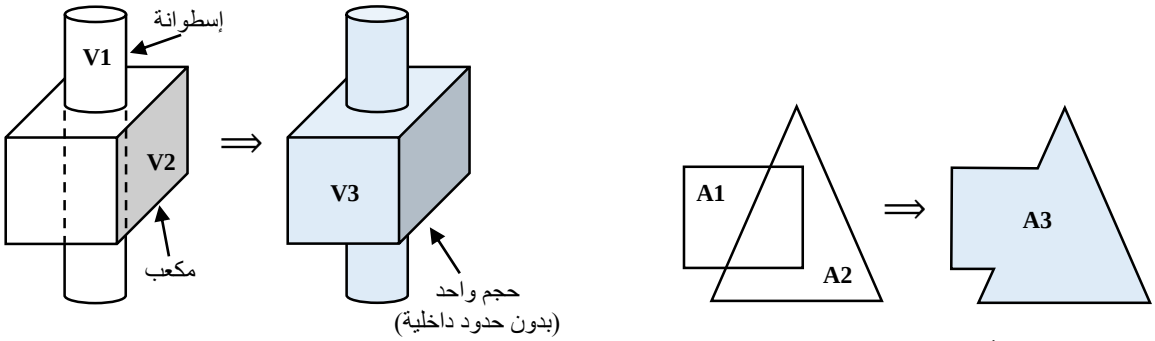
الشكل (1-19): العمليات المنطقية

ويمكن إيضاح أبرز هذه العمليات، وفق ما يلي:

1) الجمع (Add):

حيث يتم من خلال هذه العملية دمج عدة مكونات لنحصل على مكون واحد. كما هو مبين في الشكل (1-20).

- **Main Menu> Preprocessor> Modeling > Operate> Booleans> Add>…**



ب. جمع حجوم　　أ. جمع مساحات

الشكل (1-20): توضيح عمليات الجمع

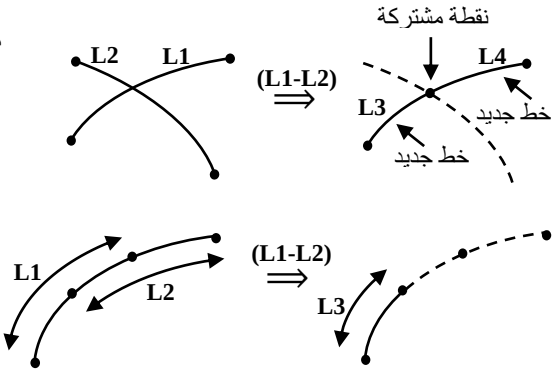
2) الطرح (Subtract):

يتم من خلال هذه العملية اقتطاع مكون من مكون أخر، كما هو مبين في الشكل (1-21).

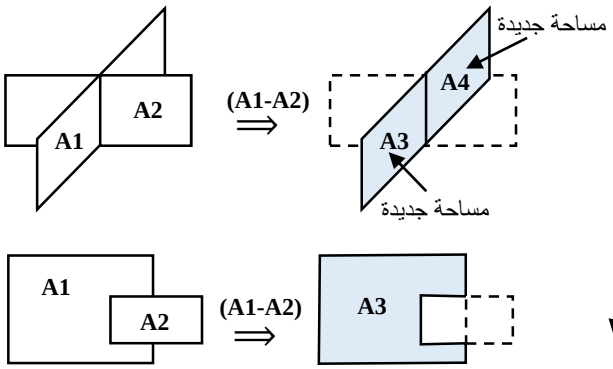
- **Main Menu> Preprocessor> Modeling > Operate> Booleans> Subtract>…**

ويمكن أن يتم الطرح على مكونات مختلفة، كما هو موضح فيما يلي:

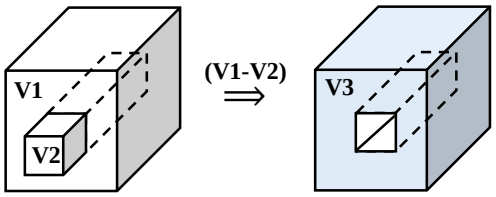
1- طرح خط من خط.
2- طرح مساحة من مساحة.
3- طرح حجم من حجم.
4- طرح مساحة من خط.
5- طرح حجم من خط.
6- طرح حجم من مساحة.
7- طرح خط من مساحة.
8- طرح مساحة من حجم.
9- طرح خط من عدة خطوط.
10- طرح مساحة من عدة مساحات.
11- طرح حجم من عدة حجوم.
12- طرح مساحة من عدة خطوط.
13- طرح حجم من عدة خطوط.
14- طرح حجم من عدة مساحات.
15- طرح خط من عدة مساحات.
16- طرح عدة مساحات من حجم.
17- طرح مستوي المحاور المؤقتة من خط.
18- طرح مستوي المحاور المؤقتة من مساحة.
19- طرح مستوي المحاور المؤقتة من حجم.



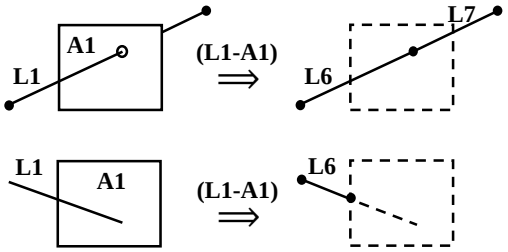
1- طرح خط من خط



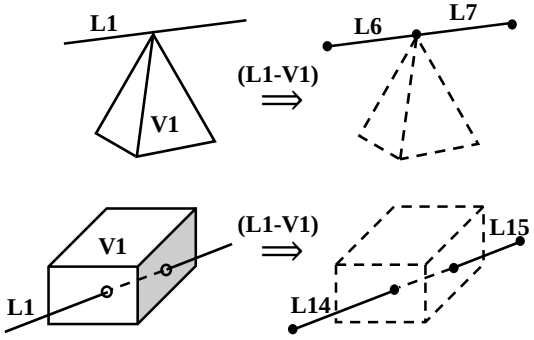
2- طرح مساحة من مساحة



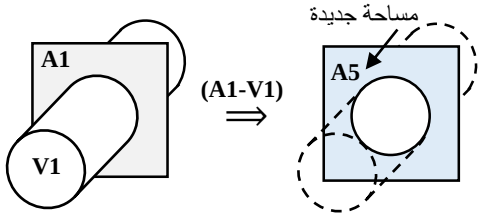
3- طرح حجم من حجم



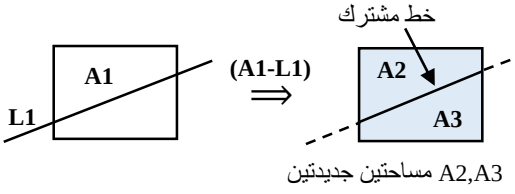
4- طرح مساحة من خط



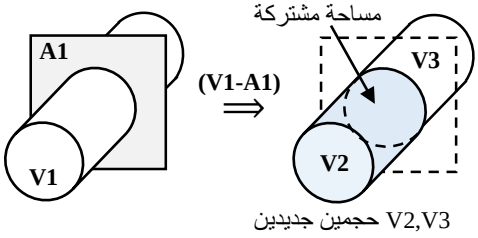
5- طرح حجم من خط



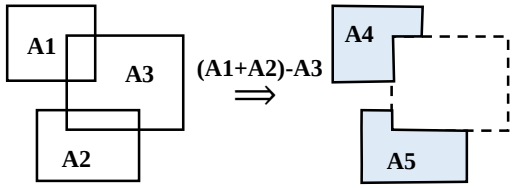
6- طرح حجم من مساحة



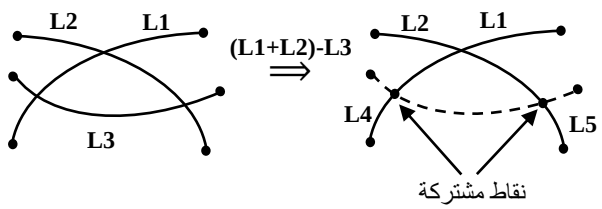
7- طرح خط من مساحة



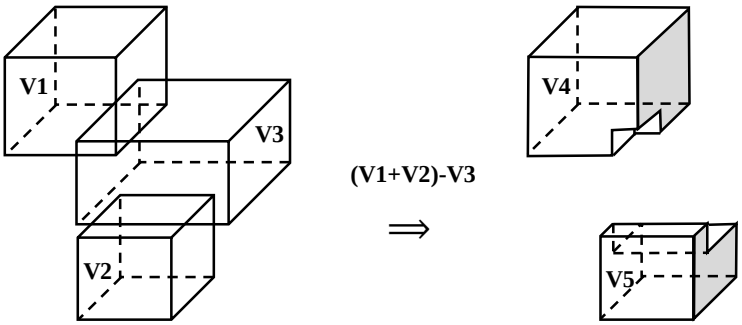
8- طرح مساحة من حجم



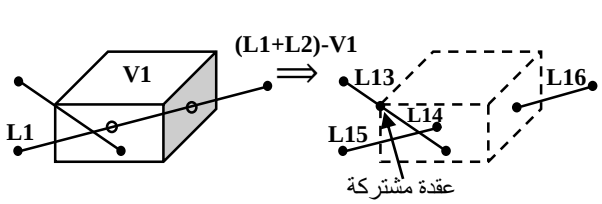
10- طرح مساحة من عدة مساحات



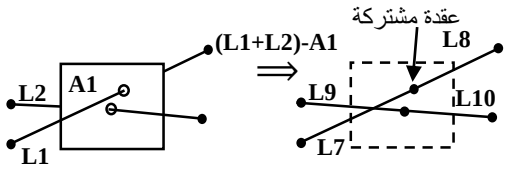
9- طرح خط من عدة خطوط



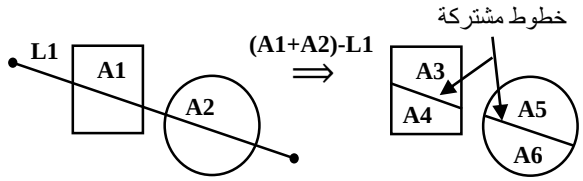
11- طرح حجم من عدة حجوم



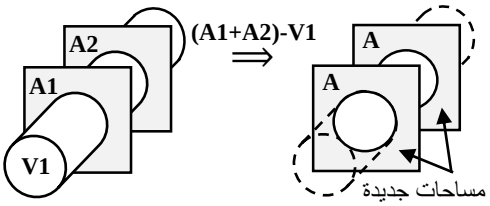
13- طرح حجم من عدة خطوط



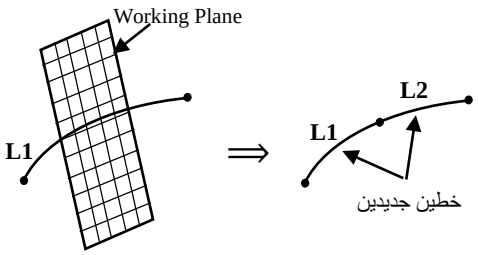
12- طرح مساحة من عدة خطوط



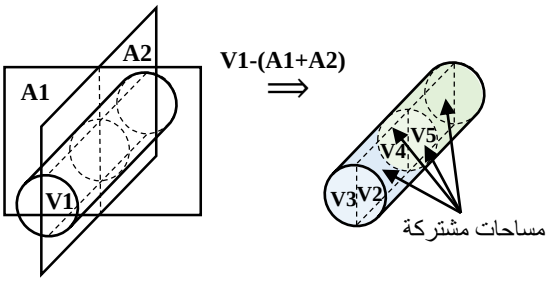
15- طرح خط من عدة مساحات



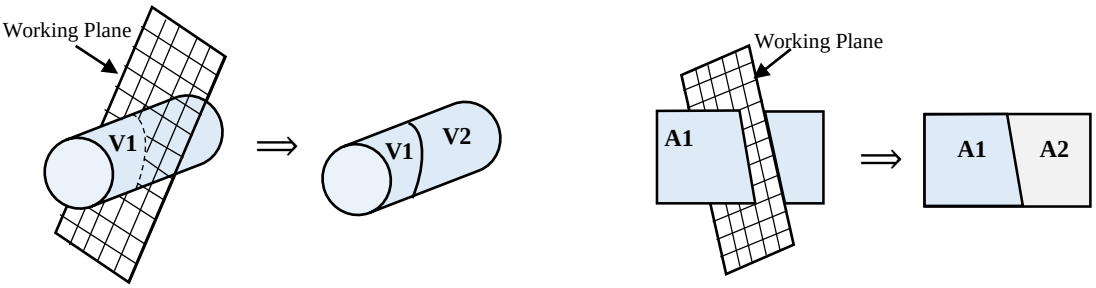
14- طرح حجم من عدة مساحات



17- طرح مستوي المحاور المؤقتة من خط



16- طرح عدة مساحات من حجم



19- طرح مستوي المحاور المؤقتة من حجم

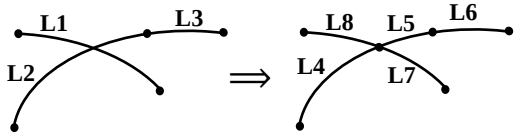
18- طرح مستوي المحاور المؤقتة من مساحة

الشكل (1-21): توضيح عمليات الطرح

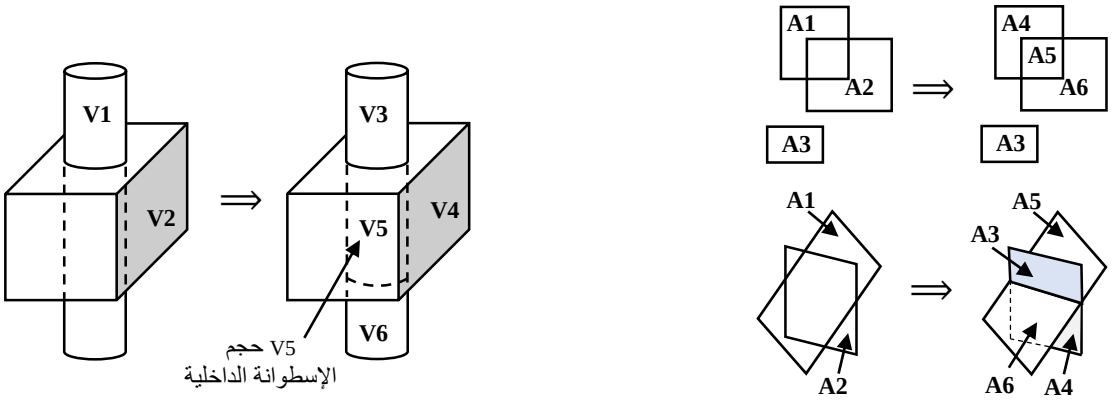
3) التقسيم (Partition):

يتم من خلالها فصـــل المكونات الأصـــلية المتقاطعة مع بعضـــها إلى عدة مكونات جديدة مع الإحتفاظ بالحدود المشـتركة بين هذه المكونات الجديدة، كما هو مبين في الشـكل (1-22)، وهو يشـابه بالنتيجة عملية التداخل (Overlap).

- **Main Menu> Preprocessor> Modeling > Operate> Booleans> Partition >…**



أ. تقسيم الخطوط



جـ. تقسيم الحجوم

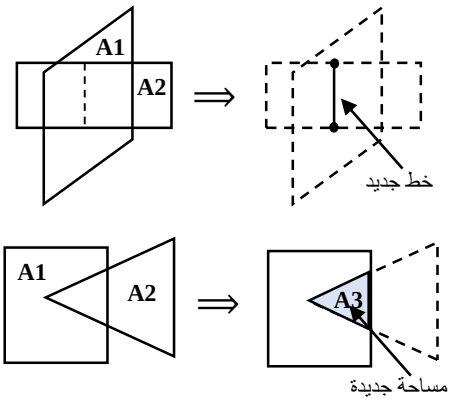
ب. تقسيم المساحات

الشكل (1-22): توضيح عمليات التقسيم

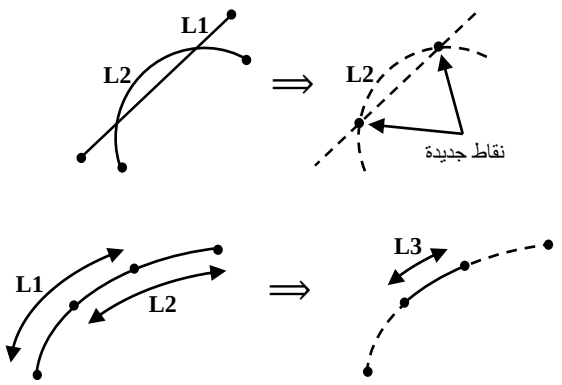
4) التقاطع (Intersect):

يتم من خلاله الإحتفاظ فقط بالمكونات الناتجة عن تقاطع المكونات الأصلية، هو مبين في الشكل (23-1).

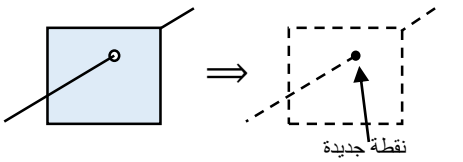
- **Main Menu> Preprocessor> Modeling > Operate> Booleans> Intersect >…**

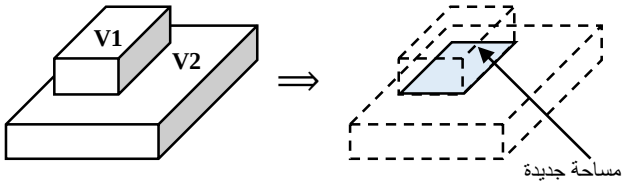


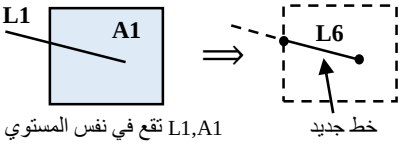
2- تقاطع مساحة مع مساحة



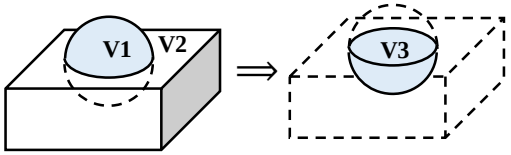
1- تقاطع خط مع خط



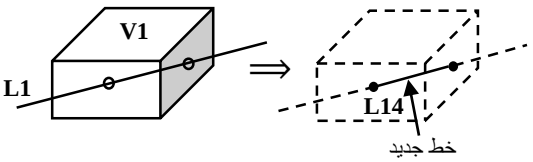




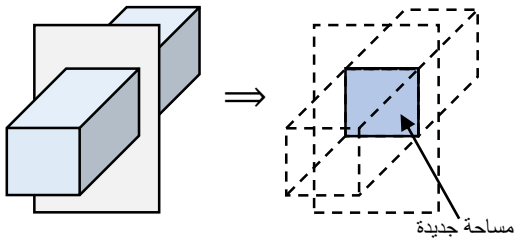
4- تقاطع خط مع مساحة



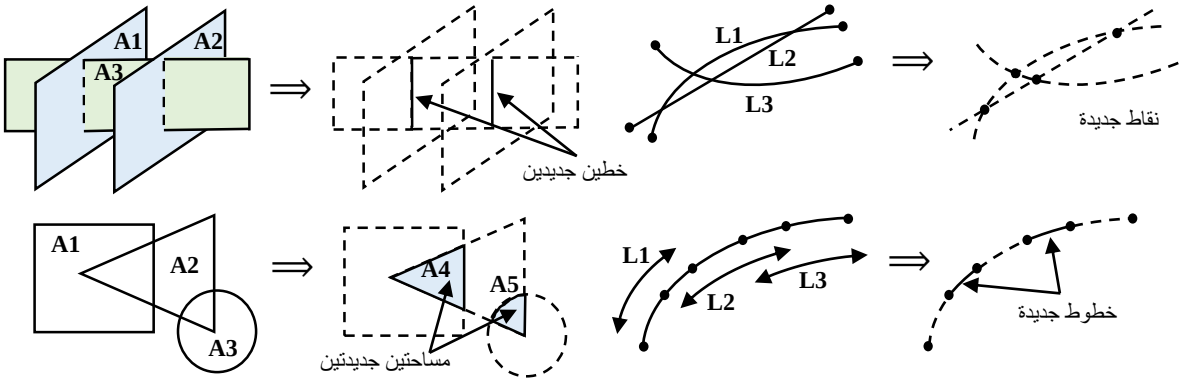
3- تقاطع حجم مع حجم



6- تقاطع خط مع حجم

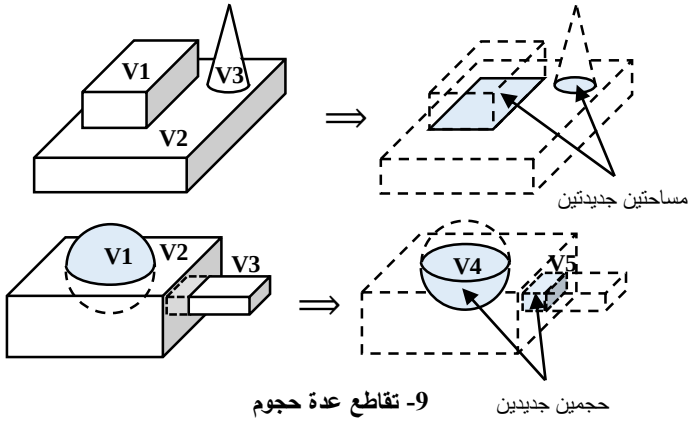


5- تقاطع مساحة مع حجم



7- تقاطع عدة خطوط

8- تقاطع عدة مساحات



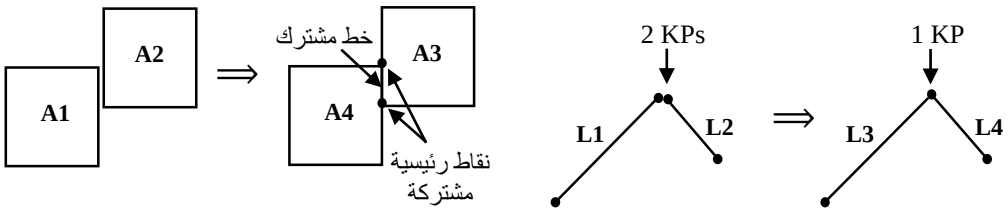
9- تقاطع عدة حجوم

الشكل (1-23): توضيح عمليات التقاطع

5) اللصق (Glue):

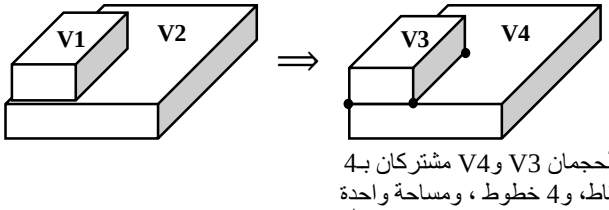
يتم من خلالها ربط المكونات المتجاورة عند المحيط الخارجي لها ليصبح منطقة مشتركة، كما هو مبين في الشكل (1-24).

➢ **Main Menu> Preprocessor> Modeling > Operate> Booleans> Glue >…**



ب. لصق مساحة مع مساحة

أ. لصق خط مع خط



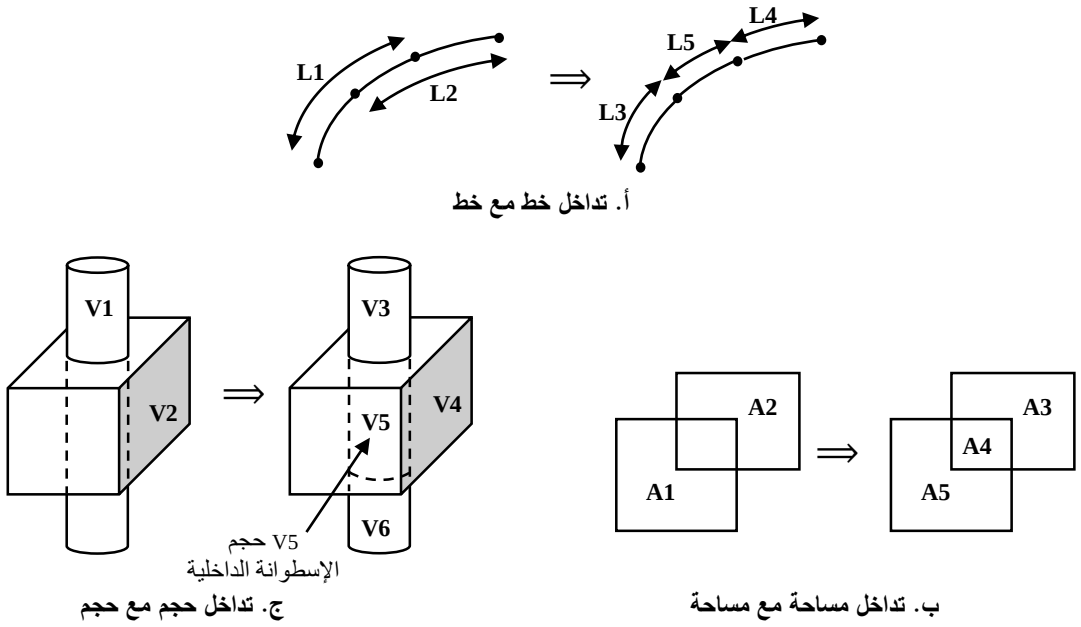
ج. لصق حجم مع حجم

الشكل (1-24): توضيح عمليات اللصق

6) التداخل (Overlap):

يتم فيها توليد مكونات جديد من المنطقة المشـــتركة بين مكونين، مع اعتبار الحدود بين المكونات عبارة عن حدود مشتركة. كما هو مبين في الشكل (1-25).

- **Main Menu> Preprocessor> Modeling > Operate> Booleans> Overlap >…**



أ. تداخل خط مع خط

ب. تداخل مساحة مع مساحة

ج. تداخل حجم مع حجم

الشكل (1-25): توضيح عملية التداخل

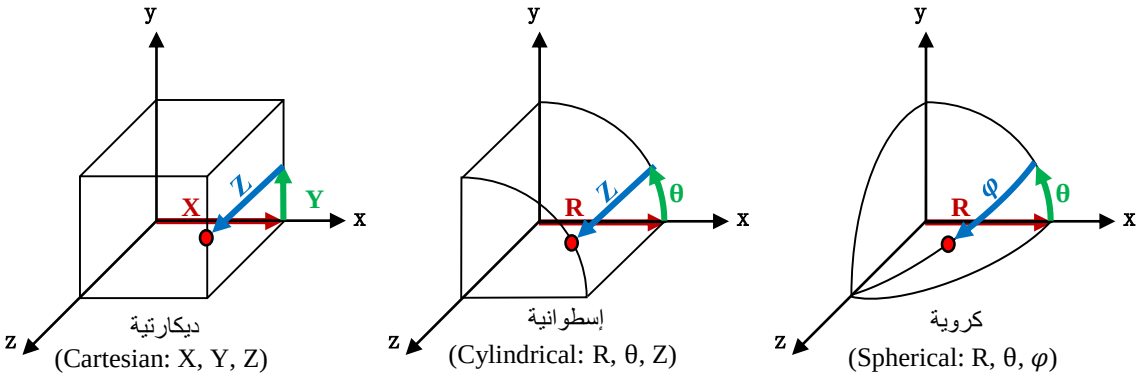
1-8-2 أنواع جمل الإحداثيات العامة (Global Coordinate Systems):

عند فتح البرنامج فإن جملة الإحداثيات (CS) الإفتراضـية هي الجملة الديكارتية، ولكن نظراً لوجود العديد من الحالات التي يكون فيها اســتخدام أشــكال أخرى من جمل الإحداثيات أكثر ملائمةً، لذلك فإن البرنامج يقدم أربع أنواع من جمل الإحداثيات، الشكل (1-26)، هي:

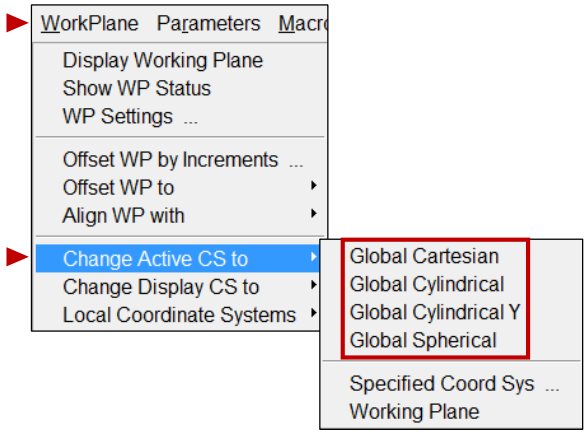
- **جملة الإحداثيات الديكارتية (Cartesian):** تعتمد على الإحداثيات (X, Y, Z)،وهي الإفتراضــية في البرنامج، ويرمز لها بالرمز (C.S.0) ويظهر هذا الرمز في شــريط الإعدادات الحالية أســفل الواجهة الرسومية.
- **جملة الإحداثيات الإسطوانية ذات المحور "Z" (Cylindrical):** تعتمد على (R, θ, Z)، ويرمز لها بالرمز (C.S.1).
- **جملة الإحداثيات الكروية (Spherical):** تعتمد على (R, θ, φ)، ويرمز لها بالرمز (C.S.2).
- **جملة الإحداثيات الإســطوانية ذات المحور "Y" (Cylindrical-Y):** تعتمد على (R, θ, Y)، ويرمز لها بالرمز (C.S.5).

يتم تحديد نوع الجملة المعتمدة، الشكل (1-27)، من خلال:

- **Utility Menu > WorkPlane> Change Active CS to> …**



الشكل (1-26): بعض أنواع جملة الإحداثيات العامة



الشكل (1-27): تحديد نوع جملة الإحداثيات

ملاحظة:

عند إدخال البيانات الخاصة لجملة إحداثيات جديدة على سبيل المثال جملة إسطوانية ("Cylindrical: R, θ, Z")، يكون كل ما يشير إلى المحاور (X) و(Y) و(Z) في الجملة الديكارتية العامة يصبح يشير ضمنياً إلى خصائص الجملة الإسطوانية (R) و(θ) و(Z) على الترتيب: أي أن (X) تعبر عن (R)، و(Y) تعبر عن (θ)، وهكذا...إلخ.

❖ **جملة الإحداثيات الموضعية (Element Coordinate System):**

تتم معاينة جملة محاور الإحداثيات الموضعية الخاصة بالعنصر من خلال:

➢ **Plot Controls** > **Symbols** > ESYS element coordinate system: **On**

حيث: اللون الأبيض: يمثل المحور (**X**).

اللون الأخضر: يمثل المحور (**Y**).

اللون الأزرق: يمثل المحور (**Z**).

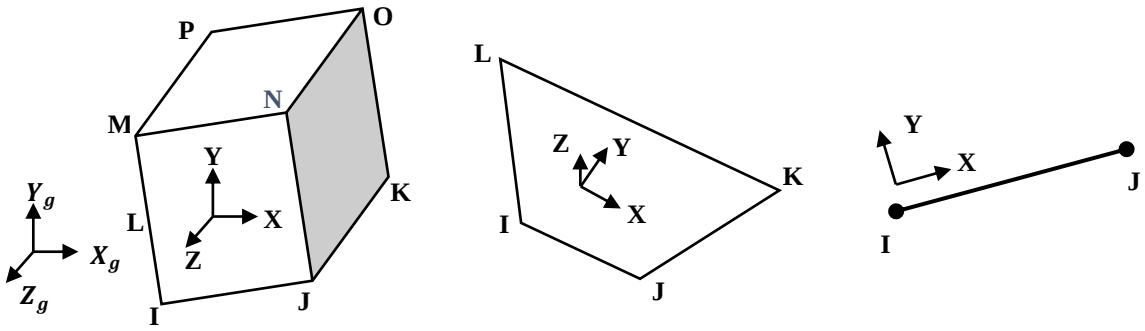
❖ **اتجاهات المحاور العنصرية:** الشكل (1-28).

1. <u>في العناصر الخطية:</u>

- المحور الموضعي (X) يتجه من العقدة (I) إلى العقدة (J)
- المحور الموضعي (Z) باتجاه المحور (Z) العام (Global Z-Axis).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

- المحور الموضعي (Y) يحقق قاعدة اليد اليمنى.



الشكل (1-28): إتجاهات المحاور الموضعية في كل من العناصر (الخطية، والسطحية، والحجمية)

2. في العناصر السطحية:

- المحور الموضعي (X) يتجه من العقدة (I) إلى العقدة (J)
- المحور الموضعي (Y) متعامد مع المحور (X) ويقع في مستوي العنصر السطحي.
- المحور الموضعي (Z) يحقق قاعدة اليد اليمنى.

3. في العناصر الحجمية:

تكون المحاور الموضعية بنفس اتجاهات المحاور العامة.

- **ملاحظة:**

عادة لا نحتاج إلى تغيير جملة المحاور العنصرية، ولكن توجد بعض الحالات االخاصة التي ربما نحتاج إلى تغييرها، مثل اتجاه خصائص المادة في العناصر الحجمية (كالألياف الزجاجية) قد لا يكون باتجاه المحاور العامة. ويتم تغيير إتجاهات المحاور الموضعية للعنصر، الشكل (1-29)، وفق الخطوات التالية:

1- رسم جملة محاور موضعية جديدة عن طريق:

➢ **Utility Menu > WorkPlane > Local Coordinate Systems > Create Local CS**

- حيث يكون موقع الجملة عشوائي عادة.
- ويتم اختيار جهة المحاور الجديدة المطلوبة.

2- يتم تغيير محاور العناصر إلى المحاور الجديدة (والتي أخذت الرقم 11) من خلال:

➢ **Main Menu > Preprocessor >Modeling> Move/Modify > Elements> > Modify Attrib**

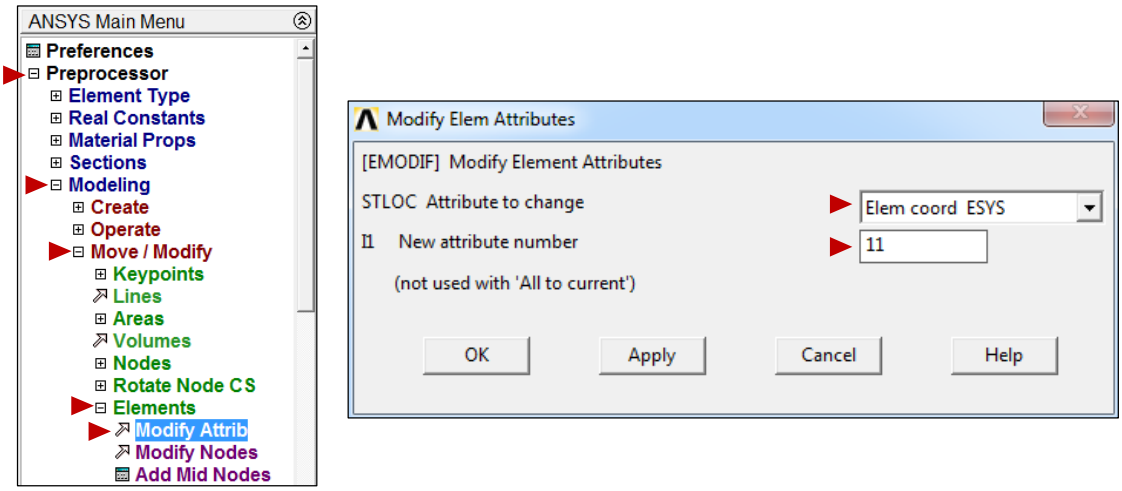
- حيث يتم اختيار هذه العناصر (المراد تغيير جملة محاورها)، ثم يتم تحديد نوع التغيير (Elem coord ESYS) والرقم المحاور الجديدة (11) كما هو مبين في الشكل:

Attribute to Change = **Elem coord ESYS**

New Attribute Number =**11**

> OK

- ثم يتم إختيار كافة العناصر والعودة إلى جملة المحاور السابقة (coordinate system _CSYS).



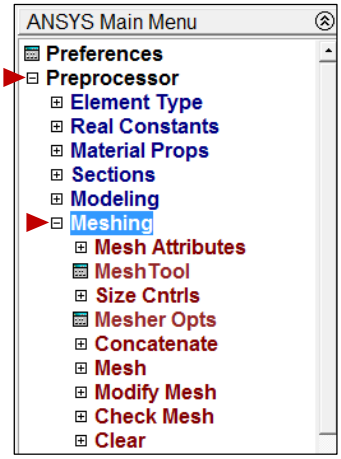
الشكل (1-29): تغيير جملة المحاور العنصرية

9-1 التقسيم إلى عناصر محدودة (Meshing):

يتم تحويل الشكل الحجمي المرسوم من عناصر صلبة (Solid Model) إلى عناصر منتهية (FE) باستخدام الأمر (mesh)، الشكل (1-30)، وفق المسار التالي:

- **Main Menu> Preprocessor> Meshing > …**

وذلك لأن البرنامج لا يتعامل مع العناصر الصلبة وإنما مع العناصر المنتهية المؤلفة من وحدات بنائية منفصلة تسمى العناصر (Elements) والعقد (Nodes).



الشكل (1-30): التقسيم إلى عناصر محدودة

وبما أن قياس التقسيم له دور هام على دقة النتائج، يتم غالباً العمل على تجريب عدة قياسات من التقسيم (Size Element Edge Length)، وعلى ضوء النتائج يتم اعتماد التقسيم الأنسب والذي يعطي نتائج دقيقة ويستغرق زمن حاسوبي مقبول عند حل النموذج.

فمن المعلوم أنه كلما كان التقسيم أصغر فإنه يعطي نتائج أكثر دقة (إلى حد معين ثم تبتعد النتائج عن الحل الصحيح بسبب كبر الأخطاء العددية) ولكنه بالمقابل يستغرق زمن حاسوبي أطول عند التحليل وكذلك يستهلك حجم تخزين أكبر.

ملاحظة:

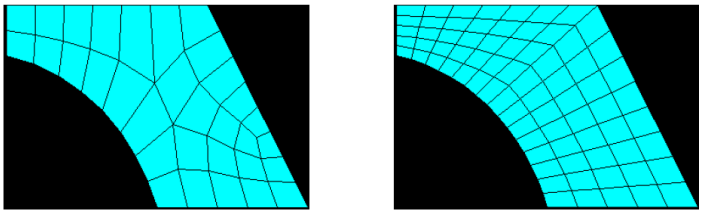
في حال حدوث تركز عالي بالإجهادات بسبب تطبيق حمولة مركزة على شكل سطحي، يمكن زيادة كثافة التقسيم في منطقة تطبيق الحمولة وتحويل الحمولة المركزة إلى مجموعة من الحمولات مطبقة على العقد.

❖ **طرق التقسيم الرئيسية:**

توجد طريقتين رئيسيتين في التقسيم هما التقسيم الحر (Free) والتقسم المنتظم (Mapped)، الشكل (1-31):

أ- التقسيم الحر (Free Mesh):

- لا يوجد له شكل محدد.
- مناسب لتقسيم المساحات أو الحجوم ذات الشكل المعقدة.
- تتألف الحجوم المقسمة المثلثية (high order tetrahedral) من (10) عقد.



الشكل (1-31): التقسيم المنتظم (Mapped Mesh) والتقسيم الحر (Free Mesh)

ب- التقسيم المنتظم (Mapped Mesh):

- تتكون العناصر من أشكال محددة رباعية الأضلاع (quadrilaterals) عند تقسيم المساحات، وسداسية الوجوه (hexahedra) عند تقسيم الحجوم.
- بشكل عام له نموذج منتظم بحيث تكون العناصر مرتبة بشكل منتظم.
- مناسب لتقسيم المستطيلات أو الحجوم ذات الشكل المنتظم.

❖ **التحكم بكثافة التقسيم:**

يقدم البرنامج عدة أدوات تساعد في التحكم بزيادة كثافة التقسيم، من الناحية العامة ومن الناحية الموضعية، فمن الناحية العامة: من خلال التقسيم الذكي والذي يدعى (SmartSizing)، والمقاس العام للعناصر(Global element sizing). أما من الناحية الموضعية: فمن خلال تحديد الأبعاد الأعظمية للمساحات، والأبعاد الأعظمية للخطوط.

❖ **التقسيم الذكي (SmartSizing):**

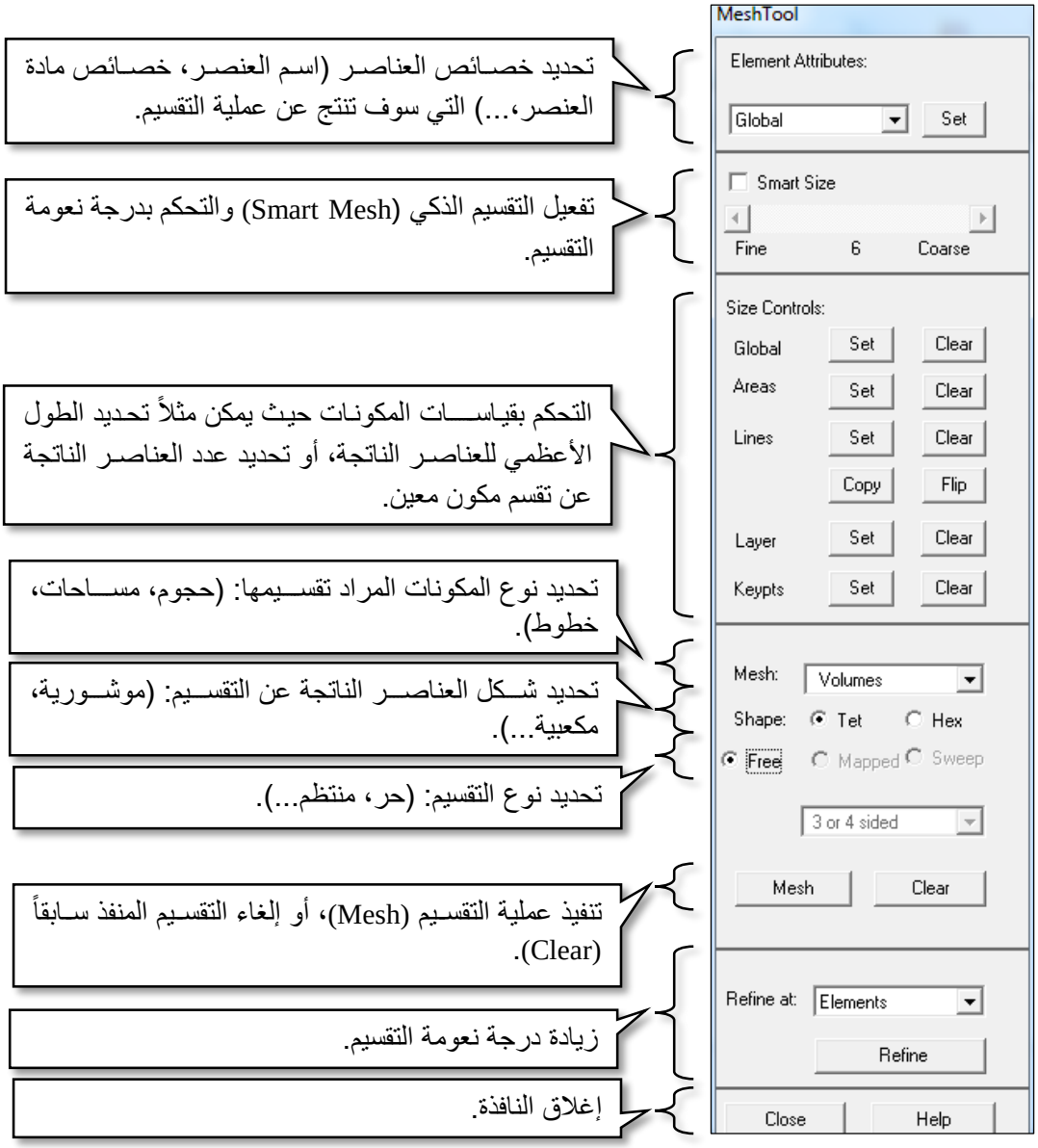
يتم تفعيله بوضع إشار التحقق ضمن المربع الخاص به المبين في الشكل، ثم يتم تحديد مستوى قياس التقسيم المطلوب من خلال المسطرة الأفقية، حيث توجد عشر مستويات تبدأ من (1) والذي يمثل المقياس الأكثر نعومة وكثافة، وتنتهي في (10) والذي يمثل المستوى الأكثر خشونة، ويكون المستوى الإفتراضي في البرنامج هو (6). ويمكن التحكم أكثر بخيارات هذا التقسيم من خلال:

➢ **Main Menu> Preprocessor> Meshing > Size Cntrls> SmartSize>Adv Opts**

❖ **التقسيم العام (Global Element Sizing):**

يسمح بتحديد الطول الأعظمي لأطراف العناصر الناتجة عن التقسيم:

➢ **Main Menu> Preprocessor> Meshing > Size Cntrls> ManualSize> Global> Size**

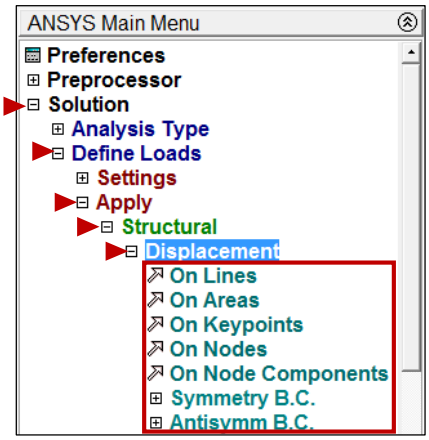


الشكل (1-32): إعدادات التقسيم

10-1 تحديد شروط الإستناد (Boundary Conditions):

حيث يتم تحديد المســـاند الثابتة أو المنزلقة أو الوثاقات، مع إمكانية إعطاء إنتقالات بدائية معينة، ويتم ذلك من خلال إتباع المسار التالي، الشكل (1-33):

- **Main Menu> Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement>…**

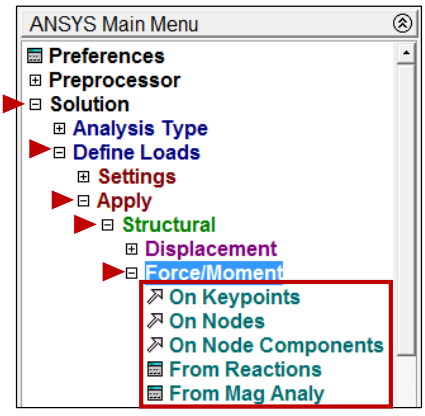


الشكل (1-33): تحديد شروط الإستناد

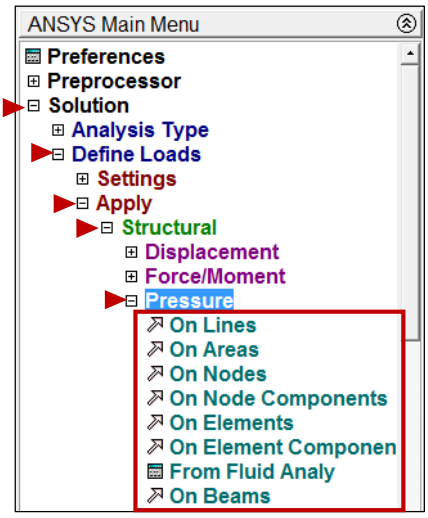
11-1 تطبيق الحمولات (Loading):

يتم تطبيق الحمولات حسب نوعها (مركزة _ موزعة)، الشكل (1-34) والشكل (1-35)، كمايلي:

- **Main Menu> Solution> Define Loads> Apply> Structural> Force/Moment >..**
- **Main Menu> Solution> Define Loads> Apply> Structural> Pressure >..**



الشكل (1-34): تطبيق القوى والعزوم المركزة



الشكل (1-35): تطبيق الحمولات الموزعة

إن أشكال التحميل التي يعتمدها البرنامج متنوعة، وبشكل عام يمكن تقسيم أنوع الحمولات إلى ستة أصناف هي:

1- الحمولات الناتجة عن درجات الحرية (DOF Constraints)، والتي يتم من خلالها إعطاء إنتقال أو دوران محدد في العقدة.
2- الحمولات المركزة (قوى أو عزوم).

3- الحمولات السطحية (حمولات الضغط).
4- الحمولات الحجمية.
5- حمولات العطالة.
6- حمولات مركبة من عدة أنواع (Coupled Field Loads).

ومعظم الحمولات يمكن أن يتم تطبيقها بطريقتين:

- إما على المكونات النموذج الحجمية (على النقاط الرئيسية، أو على الخطوط، أو على المساحات)
- أو يمكن تطبيقهاعلى نموذج العناصر المحدودة (على العناصر أوالعقد).

وتتمتع كل طريقة بميزات ومساوئ:

فمن ميزات الطريقة الأولى (طريقة التطبيق على مكونات النموذج الحجمي):

- ✓ أن هذا النموذج الحجمي مستقل عن العناصر المحدودة الناتجة عن التقسيم، مما يسمح بتغيير نوع أو شكل أو درجة التقسيم دون أن تتأثر الحمولات المطبقة، وهذا يساعد المستخدم على اختبار حساسية التقسيم دون ان يقوم بإعادة تطبيق الحمولات في كل مرة يقوم فيها بتعديل التقسيم.
- ✓ يحوي النموذج الحجمي غالباً على عدد أقل من المكونات بالمقارنة مع نموذج العناصر المحدودة، وبالتالي فإن عملية إختيار مكونات النموذج الحجمي وتطبيق الحمولات عليها تكون أسهل بكثير.

ولكن من مساوئ الطريقة الأولى (طريقة التطبيق على مكونات النموذج الحجمي):

- تقع العناصر الناتجة عن التقسيم في جملة إحداثيات العناصر الفعالة الحالية (Currently active Element Coordinate System)، وتستخدم العقد الناتجة عن التقسيم جملة المحاور الإحداثية العامة (Global Cartesian Coordinate System)، ولذلك فإن النموذج الحجمي ونموذج العناصر المحدودة قد يكون لهما جمل إحداثيات وإتجاهات تحميل مختلفة.
- لا تتناسب طريقة التطبيق على مكونات النموذج الحجمي مع تخفيض زمن وعمليات التحليل، فمثلاً لا يمكن تطبيق الحمولات على نقطة تجميع رئيسية (Master Degrees of Freedom)، حيث يمكن تعريف نقطة التجميع (Master DOF) فقط على العقد (Nodes) وليس على النقاط الرئيسية (Keypoints).
- قد يسبب تطبيق شروط الإستناد على النقاط الرئيسية بعض المشاكل ويحتاج إلى مزيد من الإنتباه، وبخاصة عند تفعيل شروط الإستناد الموسعة (Constraint Expansion Option)، حيث يسمح هذا التفعيل بتطبيق شروط الإستناد على جميع العقد الواقعة بين نقطتين رئيسيتين متصلتين معاً بخط.
- لا يمكن معاينة جميع حمولات النموذج الحجمي معاً.

ومن ميزات الطريقة الثانية (طريقة التطبيق على نموذج العناصر المحدودة):

- ✓ تتناســـب مع تخفيض زمن وعمليات التحليل، حيث يمكن أن يتم تطبيق الحمولات مباشـــرة على العقد المجمَّعة (Master Nodes).
- ✓ لا يوجد حاجة للقلق بشأن الشروط الإستناد الموسعة (Constraint Expansion Option) حيث يمكن ببساطة تحديد العقد المطلوبة وتطبيق الشروط الخاصة بها فقط.

ومن مساوئ الطريقة الثانية (طريقة التطبيق على نموذج العناصر المحدودة):

- إن أي تغيير في تقسيم النموذج سيجعل الحمولات غير صالحة، وسيتوجب حذف الحمولات وإعادة تطبيقها مرة أخرى بعد إجراء التقسيم الجديد.
- تطبيق الحمولات من خلال عملية إلتقاط المكونات المطلوبة من على الواجهة الرســـومية يكون صعب جداً وغير مناسب،فيما إذا كان النموذج يتكون من عدد كبير من العناصر.

- **ملاحظة:**

إن البرنامج لا يحوي نظام واحدات محدد، وبإمكان المســـتخدم اعتماد نظام الواحدات الذي يرغب به طالما أنه سيلتزم بإدخال جميع المدخلات على أساسه، وبنصح باستخدام نظام الواحدات الدولية (SI) لتجنب الأخطاء، كما هو مبين في الجدول.

الجدول (1-4): الواحدات الدولية (SI)

الزمن (Time)	الأبعاد (Length)	الكتلة (Mass)	القوى (Forces)
Sec	m	Kg	N
الحرارة (Temperature)	الطاقة (Energy)	الكثافة (Density)	الإجهاد (Stress)
K	J	Kg/m3	Pa

أما بالنســـبة للزوايا فالواحدة الإفتراضـــية لإدخال الزوايا هي الراديان (Rad) ويمكن التحويل إلى الدرجات (Deg) من خلال:

- **Utility Menu > Parameters > Angular Units …**

- **ملاحظة:**

يتيح البرنامج إمكانية معاينة أكثر من حالة تحميل على نفس الملف ومن خلال عملية حل واحدة دون الحاجة إلى عمل عدة ملفات خاصة بكل حالة (على سبيل المثال قد نحتاج إلى معاينة المنشأ تحت تأثير حمولة وزنه الذاتي فقط، وفي حالة ثانية تحت تأثير حمولة وزنه الذاتي وحمولة الرياح معاً)، وتتم العملية وفق الخطوات التالية:

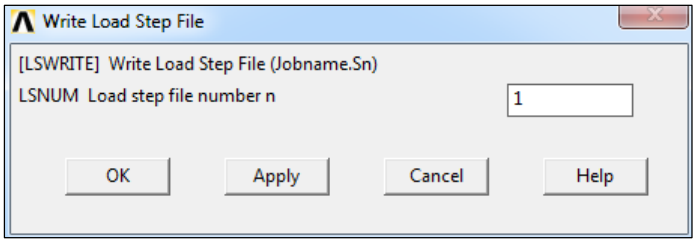
1) حالة التحميل الأولى: يتم تعريف الحمولات الخاصة بها من خلال:

- **Main Menu> Preprocessor> Loads> Define Loads> Apply> Structural>…**

ثم يتم كتابتها من خلال:

- **Main Menu> Preprocessor> Loads> Load Step Opts> Write LS File>…**

حيث يتم إعطاء رقم لحالة التحميل وليكن (1)، الشكل (1-36).



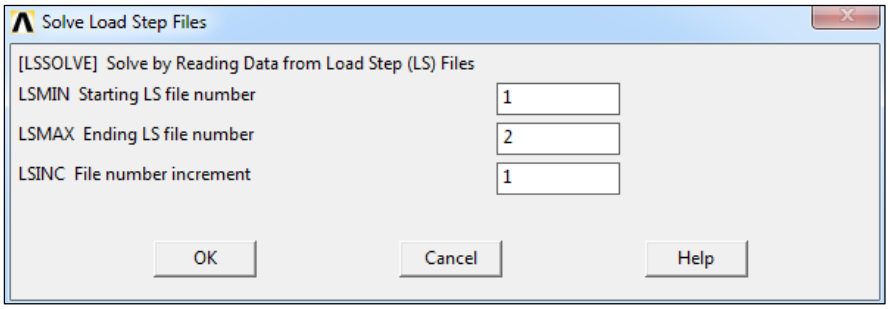
الشكل (1-36): إعطاء رقم لحالة التحميل

2) حالة التحميل الثانية: يتم حذف الحمولات السابقة ووضح الحمولات الجديدة ثم اعطاء رقم (2) لحالة التحميل الثانية بنفس الطريقة السابقة. (وتتكرر العملية في حال وجود حالات تحميل أخرى).

3) ثم يتم الحل من خلال:

- **Main Menu> Solution> Solve> Current LS**

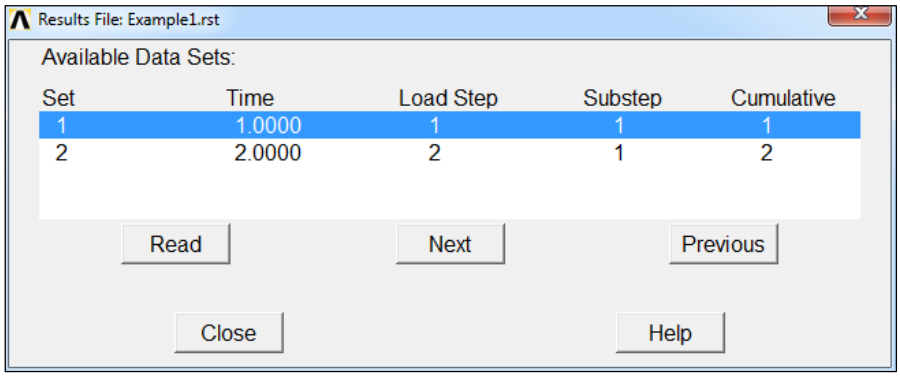
حيث يتم تحديد أرقام بداية ونهاية حالات التحميل، وخطوة التزايد كما هو مبين في الشكل (1-37):



الشكل (1-37): تحديد أرقام بداية ونهاية حالات التحميل

4) ثم يتم معاينة النتائج في كل حالة من خلال تحديد رقم حالة التحميل المطلوبة، الشكل (1-38)، كما يلي:

- **Main Menu> General Postprocessor> Read Results > By Pick**

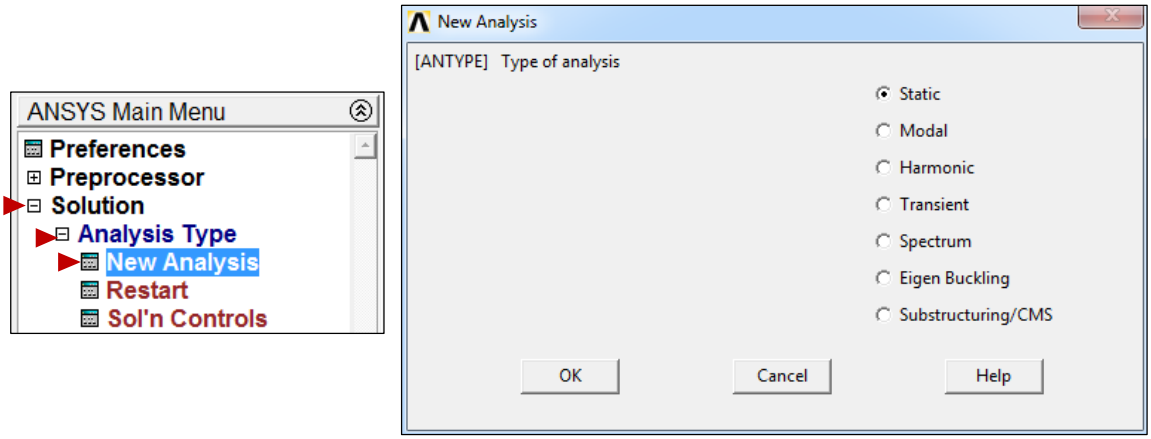


الشكل (1-38): تحديد رقم حالة التحميل

12-1 تحديد نوع التحليل (Analysis Type):

إن التحليل الإفتراضي في البرنامج هو التحليل الستاتيكي (Static)، ويتم تحديد نوع التحليل المطلوب، الشكل (1-39)، من خلال:

- **Solution> Analysis Type> New Analysis Type> Static**



الشكل (1-39): تحديد نوع التحليل

يوفر البرنامج عدة أنوع من التحليل نذكر منها: التحليل الستاتيكي، التحليل النمطي، التحليل التوافقي، التحليل الإنتقالي، التحليل الطيفي، تحليل التحنيب...إلخ.

1-12-1 التحليل الستاتيكي (Static Analysis):

يستخدم لتحديد الإنتقالات والإجهادات والإنفعالات...إلخ، تحت تأثير الحمولات الثابتة وبإهمال تأثير العطالة أو التخامد والتي قد تنتج في حالة الحمولات المتغيرة مع الزمن، إن هذا التحليل يأخذ بالحسبان حمولات العطالة الثابتة (مثل الجاذبية والسرعة الدورانية) والحمولات المتغيرة مع الزمن والتي يمكن إعتبرها كحمولات ستاتيكية مكافئة (مثل حمولات الزلازل والرياح والتي قد يتم اعتبرها كحمولات ستاتيكية مكافئة كما هو شائع في العديد من كودات البناء)، يمكن أن يكون هذا التحليل خطي أو لاخطي، ويمكن أن تتضمن اللا خطية كل من التلدن والتشوهات الكبيرة (Large Deflection) والإنفعالات الكبيرة (Large Strain)، والمرونة العالية (Hyper elasticity) وسطوح التماس (Contact Surfaces)، والزحف (Creep).

إن الحمولات الثابتة هي التي تفترض بأن الحمولات تتغير ببطئ بالنسبة للزمن، ومن أنواع الحمولات التي يمكن أن يتم تطبقيها في هذا التحليل:

- الحمولات الخارجية مثل القوى المركزة أو الحمولات الموزعة.
- قوى العطالة الثابتة (مثل الجاذبية الأرضية، والسرعة الدورانية).
- الإنتقالات المفروضة.
- الحمولات الحرارية (بهدف معاينة الإنفعالات الحرارية).

2-12-1 التحليل النمطي (Modal Analysis):

يتم استخدام هذا التحليل لحساب التواترات الطبيعية (Natural Frequencies) وأنماط الاستجابة (Mode Shapes) للمنشأ، والتي تعتبر من الأمور الهامة عند تصميم النموذج لمقاومة الأحمال الديناميكية. ويعتبر هذا التحليل نقطة بداية في حال تم القيام بتحليلات ديناميكية ذات دقة أكبر مثل التحليل الديناميكي الإنتقالي أو التحليل التوافقي أو التحليل الطيفي. ويوفر البرنامج عدة طرق لإستخراج الأنماط.

1-12-3 التحليل التوافقي (Harmonic Analysis):

يتم استخدام هذا التحليل لتحديد استجابة المنشأ تجاه الحمولات المتغيرة مع الزمن بشكل توافقي (Harmonically Loads). كما هو معلوم فمن أجل أي حمولة تتغير بشكل دوري (Cyclic Load) سوف ينتج عنها استجابة دورية (Cyclic Response) وتسمى هذه الإستجابة بالإستجابة التوافقية (Harmonic response). وبالتالي يساعد هذا التحليل في التأكد من أن كفاءة النموذج المدروس في مقاومة حادثة الطنين (Resonance) والتعب (Fatigue) والتأثيرات الأخرى الناجمة عن الإهتزاز.

1-12-4 التحليل الإنتقالي (Transient Analysis):

يتم استخدام التحليل الديناميكي الإنتقالي، والذي يدعى أحيانا بالتحليل التأريخي الزمني (Time-History Analysis) لتحديد استجابة المنشأ تجاه أي شكل من أشكال الحمولات المتغيرة مع الزمن بشكل يمكن حسابه. ويأخذ هذا التحليل بالحسبان تأثير كل من العطالة والتخامد. إن المعادلة الأساسية للحركة والتي يتم حلها باستخدام التحليل الديناميكي الإنتقالي هي:

$$m.\ddot{u} + c.\dot{u} + k.u = F_{(t)}$$

حيث:

m: مصفوفة الكتلة، c: مصفوفة التخامد، k: مصفوفة الصلابة، $\ddot{u}$: شعاع التسارع للعقد، $\dot{u}$: شعاع السرعة للعقد، u: شعاع الإنتقالات للعقد، $F_{(t)}$: شعاع القوى.

فمن أجل زمن معطى (t) فإن هذه المعادلة تعتبر نوع من معادلات التوازن الستاتيكي والتي تأخذ أيضا بالحسبان تأثير قوى العطالة (Inertia Forces) وقوى التخامد (Damping Forces). يستخدم البرنامج لحل هذه المعادلات طريقة التكامل الزمني للباحث (Newmark time integration method) أو الطريقة المطورة والتي تدعى (HTT).

1-12-5 التحليل الطيفي (Spectrum Analysis):

يعتبر هذا التحليل إمتداد للتحليل النمطي (Model Analysis) ويستخدم بشكل رئيسي في حالة التحليل بطريقة التأريخ الزمني (Time-History Analysis) وذلك لحساب الإجهادات والإنفعالات الناتجة عن طيف الإستجابة (Response Spectrum) أو الإهتزازات العشوائية (Random Vibrations) أو الحمولات المتغيرة مع الزمن كما في حالة الهزات الأرضية أو حمولات الرياح بالإضافة إلى أنواع أخرى من الحمولات مثل الحمولات الناتجة عن الأمواج البحرية أو الناتجة عن دفع المحرك أو اهتزازه.

1-12-6 تحليل التحنيب (Buckling Analysis):

يتم استخدام هذا التحليل لتحديد الحمولات المسببة للتحنيب (الحمولات الحرجة التي يصبح عندها المنشأ غير مستقر) ولتحديد نمط التشوه الناتج عن التحنيب، ويتوفر في البرنامج كل من التحليل التحنيبي الخطي (Eigenvalue) واللاخطي.

13-1 ضبط إعدادات التحليل (Solve):

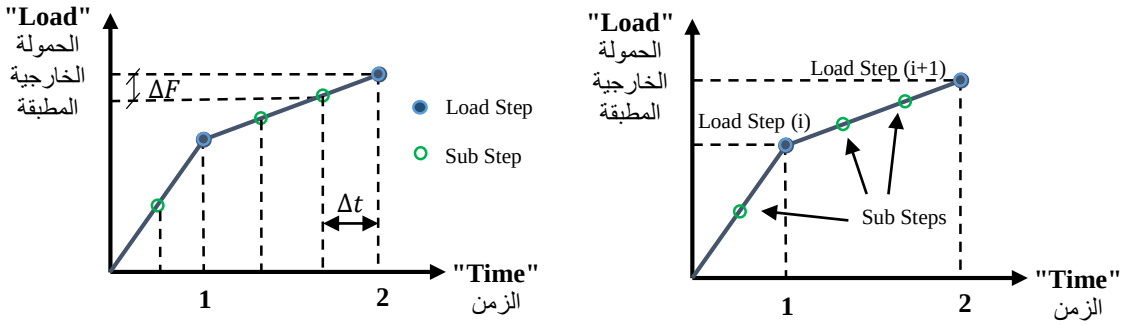
يمكن التحكم بإعدادات التحليل من خلال:

- **Solution> Analysis Type> Sol'n controls**

حيث يمكن تحديد الزمن الكلي، ومقدار التزايد في تطبيق الحمولة، وتفعيل معاينة النتائج عند كل حمل...إلخ.

ملاحظات:

- يعبر الزمن (Time) في التحليل الستاتيكي عن تعدَّاد (Counter) فقط وهو يتوافق مع الحمولة.
- إن كل خطوة تحميل (Substep) وكل مرحلة تحميل (Load Step) تكون مترافقة مع زمن (Time) معين، فعلى سبيل المثال المبين في الشكل (1-40) :يمثل الزمن (Time=1) نهاية مرحلة التحميل الأولى، ويمثل الزمن يمثل الزمن (Time=2) نهاية مرحلة التحميل الثانية.
- يسمى فرق الزمن بين كل خطوتي تحميل متتاليتين بتزايد الزمن (Time Step_ Δt) وهو يحدد تزايد الحمولة (ΔF) أيضاً. ويمكن أن يقوم البرنامج بشكل آلي (Automatic Time Stepping) بالتحكم بمقدار التزايد من أجل جميع خطوات التحميل الواقعة ضمن مرحلة تحميل معينة.



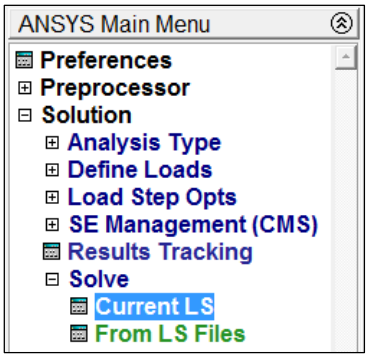
الشكل (1-40): خطوة التحميل (Sub Step) ومرحلة التحميل (Load Step)

14-1 بدء التحليل (Solve):

يتم البدء بعملية التحليل من خلال الأمر (Solve) الموضح في الشكل (1-41)، من خلال المسار التالي:

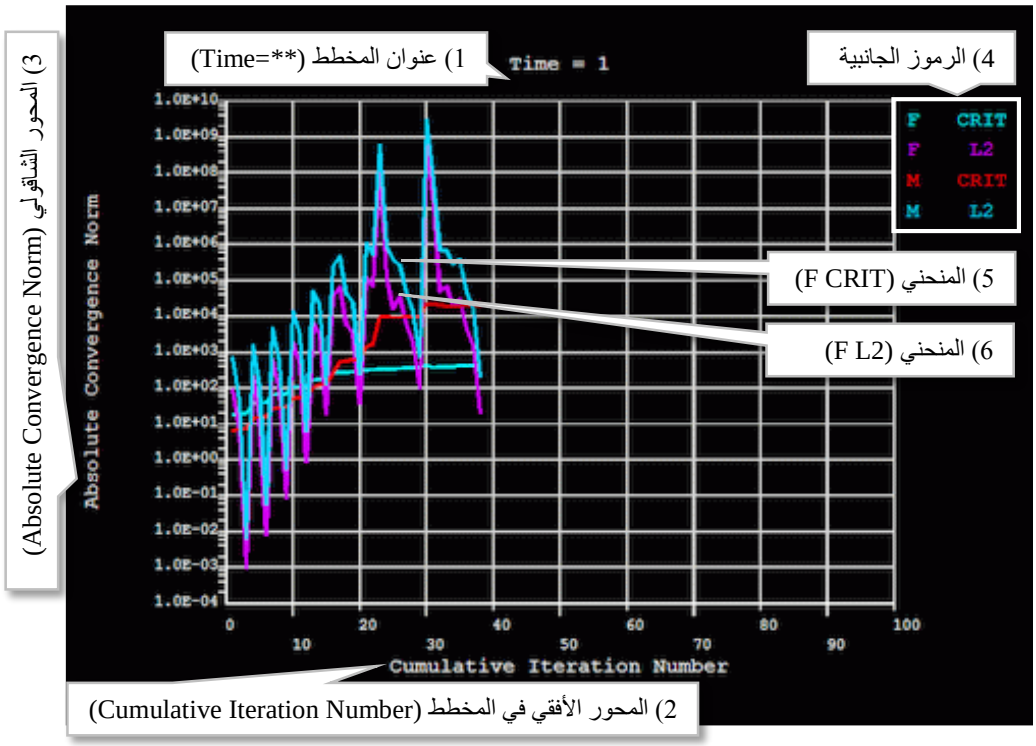
- **Main Menu> Solution> Solve> Current LS**

ثم يتم الإنتظار حتى الإنتهاء من التحليل. وبعد ذلك يمكن معاينة النتائج.



الشكل (1-41): بدء التحليل

قد يظهر على الواجهة الرسـومية خلال إجراء عملية الحل المخطط الموضـح في الشـكل (1-42)، وهو يمثل عملية تَتَبُّع الحل بيانياً، ويمكن أن نشرح أبرز معالم هذا المخطط كما يلي:



الشكل (1-42): تَتَبُّع عملية الحل بيانياً

1) **عنوان المخطط (Time=**):** الشكل (1-42).

يشـير عنوان المخطط إلى الزمن (Time) الذي تم فيه إجراء آخر عملية تكرار (Iteration). في هذا المثال كان الزمن عند إجراء آخر عملية تحليل هو (1)، ويمكن التحكم فيه من خلال ضـبط إعدادات التحليل.

2) **المحور الأفقي في المخطط (Cumulative Iteration Number):** الشكل (1-42).

يمثل المحور الأفقي في المخطط عدد التكرارات التراكمي، حيث يسـتخدم برنامج (ANSYS) خلال عملية التحليل اللاخطي طريقة حل _"مثل طريقة (Newton-Raphson) على سـبيل المثال"_ والتي يتم فيها إيجاد الحل من خلال طريقة التكرارات.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

فإذا كانت حل المسـألة خطي نوعاً ما فإن البرنامج سـيحتاج إلى عدد قليل من التكرارات فقط، وبالتالي يكون امتداد المخطط على المحور الأفقي صغير ومحدود. وبالعكس فإذا كان حل المسألة لا خطي بشكل كبير فإنه سـيحتاج إلى عدد كبير من التكرارات، وبالتالي يكون امتداد المخطط على المحور الأفقي طويل نوعاً ما.

3) **المحور الشاقولي في المخطط (Absolute Convergence Norm):** الشكل (1-42).

يمثل المحور الشـاقولي معدل التقارب المطلق، ففي حالة التحليل الإنشـائي _وهي الحالة التي تم الحصـول على هـذا المخطط منهـا_ يشـير معـدل التقـارب المطلق إلى القيم غير الطبيعيـة (Non-Normalized Values) (أي بمعنى يوجد واحدات مترافقة مع هذه القيم). وقد تستخدم بعض أنواع التحليلات القيم الطبيعية (Normalized Values). وهو في الواقع ليس له أهمية كبيرة لأنه يشـير فقط إلى أنه تم إجراء المقارنة.

4) **دلالات الرموز الجانبية:** الشكل (1-42).

تشـير الرموز الموجودة في الطرف العلوي الأيمن من المخطط إلى أن هذه المخططات تتعلق بالقوى والعزوم، يتم رسـم هذه القيم لأنها قيم مترافقة مع شـعاع الحل المرتبط بدرجات الحرية الفعَّالة في العنصر المستخدم.

يتم رسم منحنيين من أجل كل متغير، ومن أجل تبسيط الشرح سوف نشرح منحنيات القوة فقط:

5) **المنحني (F CRIT):** الشكل (1-42).

يشـير إلى قيمة التقارب المعيارية للقوة (Convergence Criteria Force Value)، وتسـاوي هذه القيمة إلى حاصـل ضـرب القيمة بالتسـامح (VALUE × TOLER)، حيث تكون القيمة الإفتراضـية للقيمة (VALUE) هي الجـذر التربيعي لمجموع مربعـات (SRSS) الحمولات المطبقـة، أو الحـد الأصـغري (MINREF) والذي تكون قيمته الإفتراضـية (0.001) أو قد تكون أكبر من ذلك، حيث يمكن التحكم فيه من خلال ضبط إعدادات التحليل. بينما تكون القيمة الإفتراضية للتسامح (TOLER) تساوي (0.5%) من أجل الحمولات.

ملاحظة:

قد نتسـاءل أحياناً لماذا تزداد قيمة (F CRIT) بزيادة عدد التكرارات!؟ يعود ذلك إلى أن التحليل يتـألف من عـدد من الخطوات الجزئيـة (Substeps) وهـذه الخطوات هي تمثل أجزاء من الحمولـة الكليـة المطبقة.

فمثلاً من أجل حمولة كلية (100N) مؤلفة من (20) خطوة جزئية، فإن ذالك يعني أنه سـيتم تطبيق حمولة (2.5N) بشـكل متزايد حتى الوصـول إلى كامل الحمولة الكلية المطبقة (100N) لذلك فإن قيمة (F CRIT) في البداية ستكون (1/20) من قيمة (F CRIT) النهائية.

6) المنحني (F L2): الشكل (1-42).

يشـير إلى معدل شـعاع القوى (L2 Vector Norm of the forces) حيث أن المعدل (L2) هو الجذر التربيعي (SRSS) لمجموع مربعات القوة المسـببة للتفاوت العددي (Imbalances) لجميع درجات الحريـة، بمعنى أبسـط هو يمثـل الجـذر التربيعي (SRSS) لمجموع مربعـات الفرق بين القوى الـداخليـة المحسوبة في إتجاه درجة حرية محددة والقوى الخارجية في ذلك الإتجاه.

يقوم برنامج (ANSYS) في كل خطوة تحميل جزئية بتكرارات حتى تكون قيمة (F L2) أقل من قيمة (F CRIT)، وعند حدوث ذلك فإنه يتم إعتبار أن الحل يقع ضـمن حدود التسـامح للحل الدقيق، ثم يتم الإنتقال بعد ذلك إلى خطوة التحميل التالية.

تعبر قمم المنحنيات بشـكل عام عن بدء خطوة تحميل جزئية جديدة. وفي كل قمة تكون قيمة (F L2) أدنى من قيمة (F CRIT)، كما هو متوقع، وكما هو مبين في الشكل في الأعلى.

15-1 معاينة النتائج (Postprocessor):

يمكن أن تتم معاينة النتائج من خلال الطريقتين التاليتين:

- **Main Menu> General Postprocessor**
- **Main Menu> TimeHist Postprocessor**

حيث يتم في الطريقة الأولى (General Postprocessor) معاينة النتائج لجزء معين أو لكامل أجزاء النموذج في مرحلة تحميل معينة ، بينما تُسـتخدم الطريقة الثانية (TimeHist Postprocessor) لمعاينة النتائج من أجل نقاط محددة من النموذج خلال جميع مراحل التحميل، حيث يمكن من خلالها الحصـول على رسم المخططات والبيانات بدلالة الزمن (Time).

وسيتم شـرح كيفية معاينة النتائج بالتفصـيل من خلال الأمثلة التطبيقية الموجودة في الفصـول اللاحقة من هذا الكتاب.

16-1 معايير التشوه:

من المعروف انه بالحالة العامة لا يمكن الحكم على الوصـول إلى منطقة اللدونة من خلال الإجهادات وفق محور واحد – ويستثنى من ذلك الحالات أحادية المحور أو مافي حكمها مثل حالة جائز منعطف يحقق فرضية المقاطع المستوي قبل التشوه تبقى مستوية بعد التشوه و باهمال الإجهادات بالاتجاه العمودي للجائز يصبح وكأن هذا الجائز مؤلف من مجموعة ألياف فوق بعضـها ويمكن هنا بسـهولة مقارنة الإجهاد الناظمي في الليف الطرفي مع إجهاد السيلان للمعدن والحكم مباشرة .

لذلك فانه هناك معايير للحكم على الوصـول إلى منطقة اللدونة بالحالة الفراغية للإجهادات و أشهرها معيار (Von Mises) ومعيار (Tresca).

أ. معيار طاقة التشوه:

حيث ينص بأن اللدونة تحدث عندما تتساوى كثافة طاقة التشوه بالحالة الفراغية للإجهادات مع تلك الطاقة الموافقة للدونة بالحالة أحادية المحور:

تعطى علاقة الطاقة بالحالة الفراغية (U_0) بالعلاقة:

$$U_0 = \frac{1}{2E}[{\sigma_1}^2 + {\sigma_2}^2 + {\sigma_3}^2 - 2\upsilon(\sigma_1.\sigma_2 + \sigma_2.\sigma_3 + \sigma_3.\sigma_1)]$$

وتصبح بالحالة أحادية المحور (عند وصول الإجهاد إلى إجهاد السيلان "Y"):

$$U_0 = \frac{1}{2E}[{\sigma_1}^2] = \frac{Y^2}{2E}$$

وبمساواة العلاقتين السابقتين نحصل على شرط اللدونة:

$${\sigma_1}^2 + {\sigma_2}^2 + {\sigma_3}^2 - 2\upsilon(\sigma_1.\sigma_2 + \sigma_2.\sigma_3 + \sigma_3.\sigma_1) - Y^2 = 0$$

أو بمعنى أخر إذا وصـــل الإجهاد المكافئ (σ_e) إلى قيمة إجهاد الســـيلان (Y)، حيث يعطى الإجهاد المكافئ (σ_e) بالعلاقة:

$$\sigma_e = \sqrt{{\sigma_1}^2+{\sigma_2}^2+{\sigma_3}^2-2\upsilon(\sigma_1.\sigma_2+\sigma_2.\sigma_3+\sigma_3.\sigma_1)}$$

ب. معيار (Von Mises):

يعبر إجهاد (Von Mises) عن الإجهاد المكافئ لتحليل الإجهادات ثنائية البعد (2D) أوثلاثية البعد (3D). فقد وجد بالتجربة أن الإجهادات يجب أن تسبب تغيرات بالشكل من أجل أن تؤدي إلى وصول المقطع إلى اللدونة. اقترح الباحث (Von) أن يتم تجزئة طاقة التشـــوه إلى جزأين الأول متعلق بالتغير الحجمي والثاني متعلق بالتغير الشكلي واقترح أن معيار اللدونة يكون وفقاً لطاقة التشوه الشكلي فقط.

$$U_0 = \frac{1}{2E}[{\sigma_1}^2 + {\sigma_2}^2 + {\sigma_3}^2 - 2\upsilon(\sigma_1.\sigma_2 + \sigma_2.\sigma_3 + \sigma_3.\sigma_1)]$$

$$U_0 = U_V + U_D$$

$$U_V = \frac{(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3)^2}{18K}$$

$$U_D = \frac{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2}{12G}$$

حيث:

$$K = \frac{E}{3(1-2\upsilon)}$$

U_V: طاقة التشوه المتعلقة بالتغير الحجمي.

U_D: طاقة التشوه المتعلقة بالتغير الشكلي.

E: عامل المرونة الطولاني.

G: عامل المرونة العرضاني.

υ: عامل بواسون.

وبالمثل بمساواة طاقة التشوه الشكلي بالحالة الفراغية مع تلك في الحالة احادية المحور عند حدوث اللدونة نحصل على شرط التلدن بالحالة الفراغية

$$\frac{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2}{12G} = \frac{Y^2}{6G}$$

أو بشكل مكافئ عندما يصل الإجهاد المكافئ إلى إجهاد السيلان، ويعطى بالعلاقة:

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2}$$

حيث:

σ_e: إجهاد (Von Mises).

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$: الإجهادات الاساسية للنقطة المعتبرة في المنشأة.

يعطى إجهاد (Von Mises) بالنسبة للإجهادات وفق المحاور العامة وإجهادات القص:

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[(\sigma_x-\sigma_y)^2+(\sigma_y-\sigma_z)^2+(\sigma_z-\sigma_x)^2+6(\tau_{xy}{}^2+\tau_{yz}{}^2+\tau_{zx}{}^2)\right]^{\frac{1}{2}}$$

ومن أجل المسائل ثنائية البعد (2D) تكون الإجهادات الأساسية في المستوي معطاة بالعلاقة:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x+\sigma_y}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x-\sigma_y)^2+4\tau_{xy}{}^2}$$

ويتم أيضـاً التعبير عن إجهاد (Von Mises) من ناحية مكونات الإجهاد في نظام ثنائي الإحداثيات (XY) أي في حالة الإجهادات المستوية كما يلي:

$$\sigma_e = \sqrt{(\sigma_x+\sigma_y)^2-3(\sigma_x.\sigma_y-\tau_{xy}{}^2)}$$

حيث تكون:

$$\sigma_z = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$$

جـ. معيار (Tresca):

ينص هذا المعيار على أن اللدونة تحدث بالحالة الفراغية عندما تصـــبح قيمة إجهاد القص العظمى مساوية لتلك الموافقة لحدوث التلدن بالحالة أحادية المحور .

$$\sigma_1 = Y$$
$$\sigma_2 = 0$$
$$\sigma_3 = 0$$
$$\tau_{max} = \frac{Y-0}{2} = \frac{Y}{2}$$

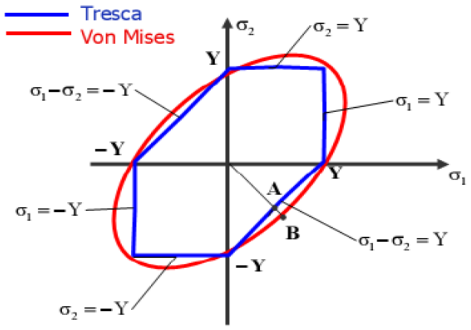
إجهادات القص العظمى بالحالة الفراغية:

$$\tau_1 = \frac{|\sigma_2-\sigma_3|}{2}$$
$$\tau_2 = \frac{|\sigma_3-\sigma_1|}{2}$$
$$\tau_3 = \frac{|\sigma_1-\sigma_2|}{2}$$
$$\tau_{max} = \max(\tau_1, \tau_2, \tau_3)$$

وبالتالي بالمساواة نجد معيار (Tresca):

$$\sigma_2 - \sigma_3 = \mp Y$$
$$\sigma_3 - \sigma_1 = \mp Y$$
$$\sigma_1 - \sigma_2 = \mp Y$$

يوضح الشكل (1-43) المعايير بالحالة الثنائية المحور:



الشكل (1-43): معايير التشوه بالحالة الثنائية المحور

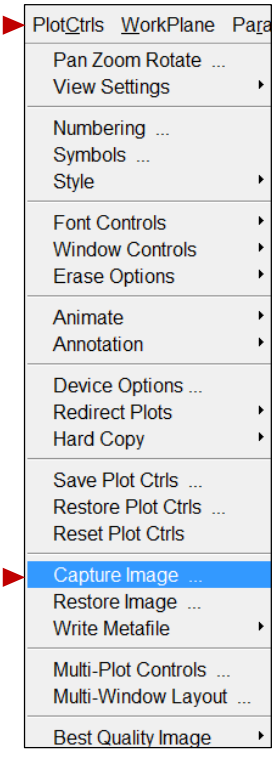
17-1 طباعة الواجهة الرسومية إلى ملف صورة:

يقدم البرنامج الكثير من أشكال المعاينة للنموذج المدروس على الواجهة الرسومية، وفي كثير من الأحيان نحتاج إلى الإحتفاظ بصورة للشكل الظاهر بهدف دراسته لاحقاً أو بهدف إدراجه ضمن تقرير. ويمكن أن يتم ذلك بعدة طرق أبرزها:

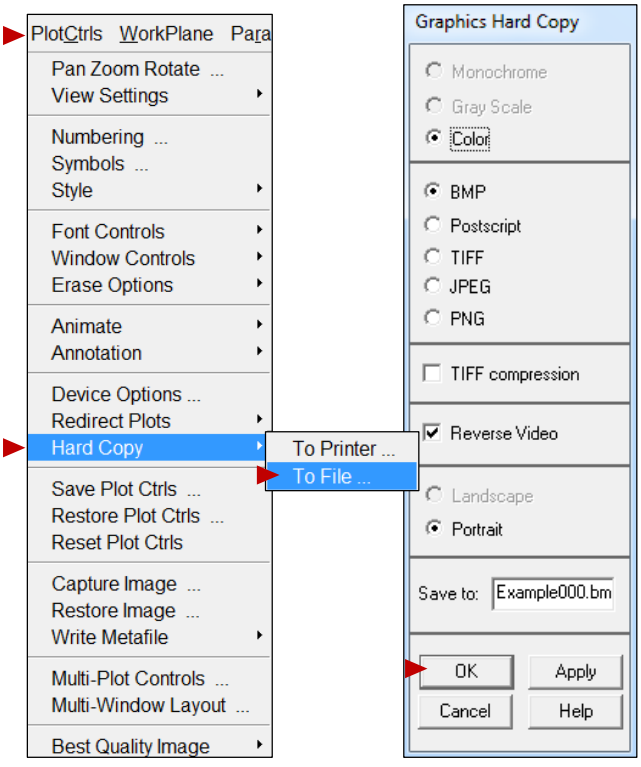
الطريقة (1):

يتم الحصول على صورة بطريقة سريعة، الشكل (1-44)، من خلال:

- **Utility menu> PlotCtrls> Capture Image…>**
- تظهر نافذة تحوي الصورة يمكن من خلالها أن نختار موقع الحفظ **(file>save as)**



الشكل (1-44): الطريقة (1) لحفظ صورة



الشكل (1-45): الطريقة (2) لحفظ صورة

الطريقة (2):

تتلخص هذه الطريقة، الشكل (1-45)، بالخطوات التالية:

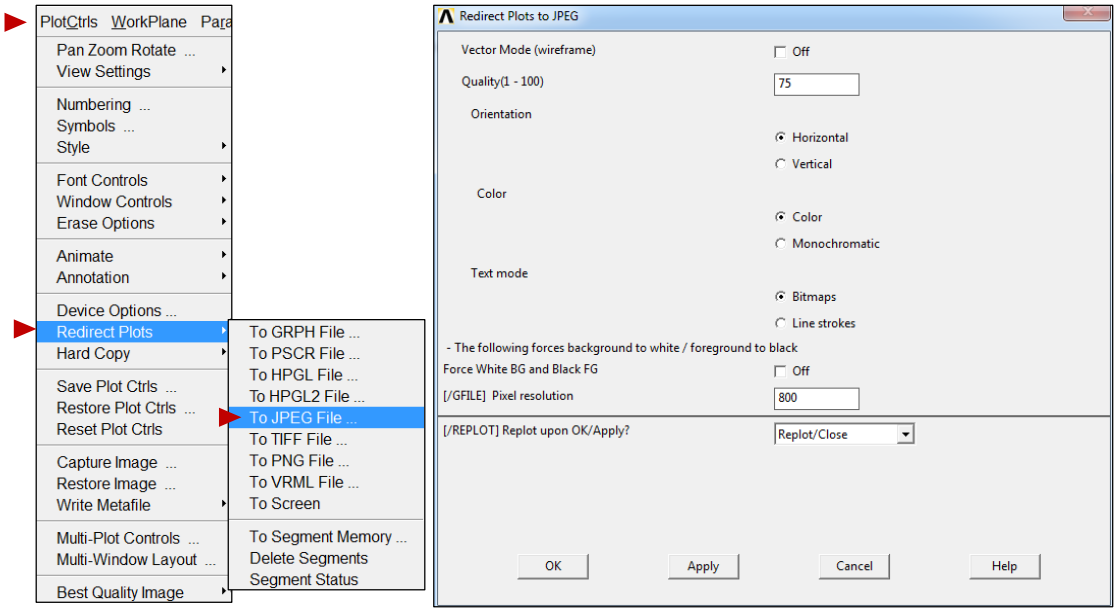
- **Utility menu> PlotCtrls> Hard Copy>To File>**
- يمكن التحكم باعدادات الصورة في نافذة (Graphics Hard Copy)
- Save to: **Example000.bmp** (اسم ملف الصورة الإفتراضي)
- OK
- ثم يصبح موقع حفظ ملف الصورة في نفس المجلد الذي يتم ضمنه حفظ ملف النموذج المدروس

ملاحظة: إن اسم ملف الصورة الإفتراضي يتكون من ثلاثة أجزء الأول (Example) يمثل اسم ملف النموذج المدروس، والثاني (000) يمثل رقم الصورة والثالث (.bmp) يمثل نوع إمتداد ملف الصورة الذي تم اختياره.

الطريقة (3):

تتيح هذه الطريقة إمكانية أوسع للتحكم بإعدادات الصورة، الشكل (1-46)، ولكنها قد تستغرق وقت أطول، وتتم من خلال:

- **Utility menu> PlotCtrls> Redirect Plots> To JPEG File…**
- ثم يصبح موقع حفظ ملف الصورة في نفس المجلد الذي يتم ضمنه حفظ ملف النموذج المدروس



الشكل (1-46): الطريقة الدقيقة لحفظ صورة

18-1 أنواع الملفات التي يتم إنشاؤها من قبل البرنامج:

يقوم البرنامج بإنشـــاء عدد كبير من الملفات، تبدأ جميع الملفات بإســـم الملف الذي تم إدخاله من قِبل المســتخدم، وفي حال عدم إدخال اســم فيكون الإســم الإفتراضـــي من قبل البرنامج هو (File)، وتكون الملفات بـامتـدادات (extensions) متنوعـة، فمثلاً لو كـان ملف النموذج المـدروس بـاســـم معين وليكن (beam) فسوف تظهر الملفات المبينة في الشكل في الموقع الذي تم تخزين ملف المسألة ضمنه.

*.db- *.dbb- *.log- *.err- *.out- *.rst- *.esave- *.emat- *.mode- *.full- *.mntr- *.osave- *.rdb- *.ldhi- *.avi- …

أبرز هذه الملفات:

- **beam.db:** ملف بيانات يتضـمن جميع المدخلات مثل أبعاد النموذج وخصـائص المواد المسـتخدمة والحمولات والمســـانـد...إلخ، وهـذا الملف من النوع الثنـائي (Binary)، ويمكن فتح ملف النموذج المدروس من خلاله.
- **beam.dbb:** ملف بيانات يتضـــمن جميع المدخلات مع التحليل الذي تم إجراؤه، وهذا الملف من النوع الثنائي (Binary)، ويمكن فتح ملف النموذج المدروس من خلاله أيضاً.
- **beam.log:** ملف نصـــي (text) له أهمية مميزة تتمثل بكونه يحتفظ بجميع الأوامر البرمجية التي تم استخدامها لبناء النموذج، ويمكن إعاة بناء النموذج المدروس من خلال نسخ الأوامر الموجودة ضمنه ولصقها في سطر الأوامر البرمجية في واجهة البرنامج.
- **beam.err:** ملف نصي (text) يتضمن جميع رسائل التحذير والخطأ.
- **beam.out:** ملف نصـــي (text) يتضـــمن جميع العمليات التي يقوم بها البرنامج والتي تظهر على نافذة المخرجات (Output Window).

بـالإضـــافـة إلى ملفات أخرى بإمتدادات جديدة تعتمد على نوع العمليات التي تم إجراؤها على النموذج المدروس، كما هو مبين في الجدول.

الجدول(1-5): بعض أنواع الملفات في البرنامج

نوع الملف	اسم الملف	صيغة الملف
إنشائي أو مختلط (Structural or Coupled)	*.RST	Binary
حراري (Thermal)	*.RTH	Binary
مغناطيسي (Magnetic)	*.RMG	Binary
خطوة تحميل (Load Step)	*.SN	ASCII
ملف صورة (Graphics)	*.GRPH	ASCII (Special Format)
مصفوفات العناصر (Element matrices)	*.EMAT	Binary

يمكن حذف الملفات التي لم يعد لها حاجة بشكل تلقائي من قبل البرنامج:

- Menu > File > ANSYS File Options

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

❖ في حال الرغبة بنقل أونسخ الملف الأساسي للنموذج الذي تم إنشاؤه، فيمكن القيام بذلك بطريقتين:

- ✓ الملف ذو الإمتداد (*.db): في حال التعامل مع الواجهة (GUI)، ويكون حجم هذا الملف كبير بالمقارنة مع ملف الطريقة الثانية.
- ✓ الملف ذو الإمتداد (*.log): في حال التعامل مع الأوامر البرمجية، ويكون حجم هذا الملف قليل.

19-1 التعامل مع الماوس (Mouse) في البرنامج:

يوضح الشكل (1-47) أزرار الماوس حيث:

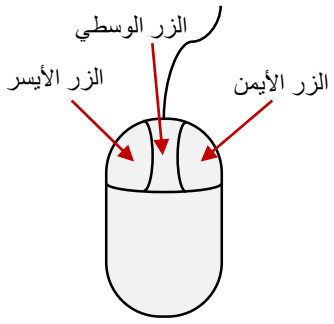
- زر **الماوس الأيسر**: يستخدم لتحديد (أو إلغاء تحديد) الأجزاء القريبة من المؤشر في الواجهة الرسومية.
- زر **الماوس الوسطي المتدحرج**: تؤدي الدحرجة إلى تكبير أو تصغير شاشة الواجهة الرسومية وفقاً إتجاه الدحرجة.
- زر **الماوس الأيمن**: يستخدم للتنقل بين "تفعيل التحديد" (Pick) أو "تفعيل عدم التحديد" (Unpick).

استخدام المفتاح **(Ctrl)** في لوحة المفاتيح مع أزرار الماوس:

❖ **ضغط (Ctrl+ زر الماوس الأيسر) مع السحب:** يؤدي إلى تحريك أو نقل الشكل المرسوم.

❖ **ضغط (Ctrl+ زر الماوس الوسطي) مع السحب:** بالإتجاه الأفقي من الشاشة يؤدي إلى تدوير الشكل المرسوم حول المحور (z) للشاشة، بينا يؤدي السحب بالإتجاه الشاقولي من الشاشة إلى تكبير أو تصغير الشكل المرسوم.

❖ **ضغط (Ctrl+ زر الماوس الأيمن) مع السحب:** بالإتجاه الأفقي يؤدي إلى تدوير الشكل المرسوم حول المحور الشاقولي (Y) للشاشة، بينما يؤدي السحب بالإتجاه الشاقولي إلى تدوير الشكل المرسوم حول المحور الأفقي (X) للشاشة.



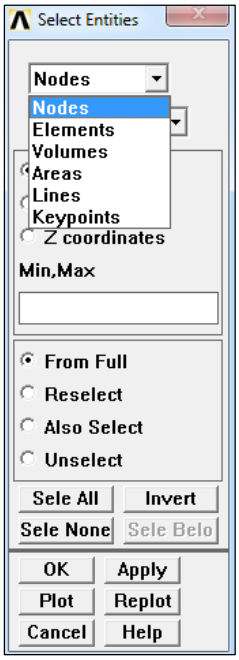
الشكل (1-47): أزرار الماوس

20-1 نوافذ الإختيار والتحديد في البرنامج:

❖ نافذة الإختيار:

تعتبر عملية إختيار المكونات المرغوبة من العمليات الهامة والأساسية في برنامج (ANSYS). حيث ترتبط معظم العمليات (بما فيها الحل أيضاً) بعملية الاختيار والتحديد. ففي حال كان النموذج بسيط يمكن تحديد المكون المطلوب بالنقر عليه مباشرة ضمن الواجهة الرسومية أما إذا كان النموذج معقد فيمكن استخدام نافذة إختيار المكونات (Select Entities) ، الشكل (1-48)، والتي يتم الوصول إليها من خلال:

- **Utility Menu> Select> Entities…**



الشكل (1-48): نافذة إختيار المكونات (Select Entities)

يتم في البداية تحديد نوع المكون المطلوب إختياره: عقد، عناصر، حجوم، مساحات، خطوط، نقاط رئيسية.

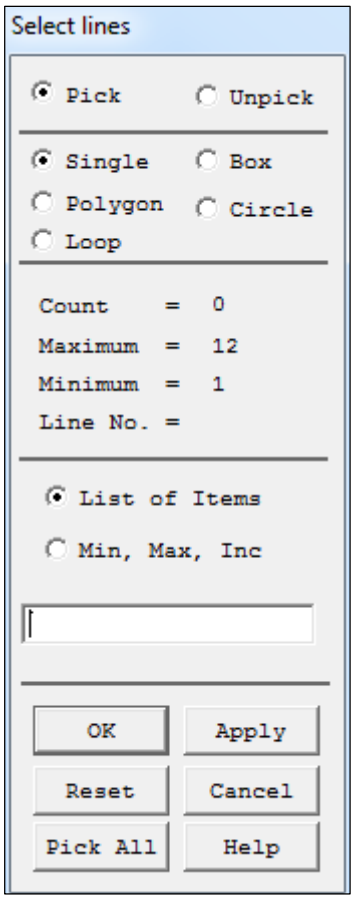
ثم يتم تحديد ألية الإختيار: والتي تتضمن طرائق متنوعة، تعتمد على نوع المكون، على سبيل المثال يمكن الإختيار من خلال التحديد المباشر (By Num/Pick) أو من خلال الإحداثيات (By Locations) أو...إلخ.

- **(From Full)**: يتم اختيار المكونات المطلوبة من أصل جميع المكونات الموجودة في النموذج.
- **(Reselect)**: يتم إعادة اختيار المكونات المطلوبة من أصل المكونات المعروضة فقط والتي قد تم اختيارها سابقاً.
- **(Also Select)**: يتم إختيار مكونات إضافة للمكونات التي تم إختيارها سابقاً.
- **(Unselect)**: إزالة العناصر التي يتم اختيارها.
- **(Select All)**: يتم اختيار جميع المكونات (مساحات أو خطوط أو عقد أو...إلخ) التي تم تحديد نوعها.
- **(Invert)**: يتم عكس تحديد العناصر المختارة ليتم إزالتها، والإحتفاظ بالمكونات غير المختارة.
- **(OK)**: الموافقة على عملية الإختيار وإنهاء الأمر مع إغلاق النافذة.
- **(Apply)**: الموافقة على عملية الإختيار مع الإحتفاظ بالنافذة.
- **(Replot)**: إعادة رسم المكونات الفعالة ضمن الواجهة الرسومية.
- **(Plot)**: رسم المكونات التي تم إختيارها سابقا (في أعلى النافذة).
- **(Cancel)**: إغلاق النافذة.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

❖ **نافذة التحديد:**

وهي موضحة في الشكل (1-49)، حيث:



الشكل (1-49): نافذة التحديد

- **(Pick/Unpick):** يتم من خلالهما تحديد تفعيل خيار إلتقاط المكونات (Pick) أو تفعيل خيار إلغاء الإلتقاط (Unpick)، وهو مفيد في حال تم تحديد مكونات إضـــافية حيث يتم إلغاء تحديدها، ويمكن التنقل بين الأمرين بالنقر على زر الماوس الأيمن.
- **(Single):** يكون هو الخيار الإفتراضـــي، حيث يتم من خلاله إلتقاط المكونات المطلوبة بالنقر عليها واحدة تلو الأخرى، وفي حال كان عدد المكونات كبير فإن هذا الأمر يصبح ممل ويأخذ وقت طويل، ويتم اللجوء إلى خيارات أخرى.
- **(Box):** يقوم المستخدم برسم مستطيل ضمن الواجهة الرسومية بالنقر والســـحب بزر الماوس الأيســـر فيتم بذلك إلتقاط جميع المكونات التي تقع ضمن هذا المستطيل.
- **(Polygon):** يقوم المســتخدم برســم مضــلع ضــمن الواجهة الرســومية، حيث يتم تحديد رؤوس المضــلع بالنقر بزر الماوس الأيســـر فيتم بذلك إلتقاط جميع المكونات التي تقع ضـــمن هذا المضلع.
- **(Circle):** عند ما تكون المكونات ذات شــكل قطري (دائري)، فإنه من الأنسب إلتقاطها من خلال دائرة، يسمح هذا الخيار للمستخدم برسم دائرة ضمن الواجهة الرسومية، بالنقر والسحب بزر الماوس الأيسر فيتم بذلك إلتقاط جميع المكونات التي تقع ضمن هذا الدائرة.
- **(Count):** عدد المكونات التي تم إلتقاطها.
- **(Maximum):** العدد الأعظمي للمكونات التي يمكن إلتقاطها.
- **(Minimum):** العدد الأصغري للمكونات المطلوب إلتقاطها.
- **(No. ***):** رقم أخر مكون تم تحديد.
- **المربع النصي:** يتم ضمنه إدخال أرقام المكونات المطلوب إلتقاطها، عوضاً عن إلتقاطها من على الواجهة الرسومية، ويتم التعامل مع هذا المربع بطريقتين مختلفتين:
- **(List of Items):** هو الخيار الإفتراضـــي، حيث يتم بوســاطته إدخال أرقام المكونات (المطلوب تحديدها) ضمن المربع النصي بوضع فاصلة (,) بين كل رقمين.

- **(Min, Max, Inc):** يتم بوساطته إدخال أرقام المكونات (المطلوب تحديدها) ضمن المربع النصي بحيث يتم إدخال الرقم الأصغري، والرقم الأعظمي والتزايد على الترتيب مع وضع فاصلة (,) بين كل رقمين. فمثلاً إذا تم إدخال الأرقام: (1,5,2) حيث الرقم (2) هو مقدار التزايد، فإن البرنامج سيختار المكونات ذات الأرقام (5),(3),(1)
- **(OK):** الموافقة على عملية التحديد (بعد إلتقاط المكونات المطلوبة) وإنهاء الأمر مع إغلاق النافذة.
- **(Apply):** الموافقة على عملية التحديد مع الإحتفاظ بالنافذة.
- **(Reset):** إلغاء إلتقاط جميع العناصر.
- **(Cancel):** إغلاق نافذة التحديد دون تنفيذ الأمر.
- **(Pick All):** تحديد جميع العناصر مع إغلاق النافذة.
- **(Help):** فتح صفحة المساعدة المتعلقة بالنافذة الحالية.

21-1 مزايا لغة التصميم المعتمد على المتغيرات (البرمجة) (ANSYS Parametric Design Language _APDL):

في هذه الطريقة يتم التعامل مع البرنامج من خلال إعطاء الأوامر البرمجية للبرنامج من خلال إدخالها بشكل نصي في نافذة الإدخال (Input Window) الموجودة ضمن الواجهة الرئيسية في البرنامج.

حيث تسمح هذه الطريقة باستخدام المتغيرات (parameters) واستخدام بعض المزايا البرمجية مثل:الحلقات (DO loops)، والعبارات الشرطية (IF statements)...إلخ. كما يتمتع هذا الأسلوب بميزات أخرى أبرزها:

1) إعطاء مرونة كبيرة عند العمل على دراسة المتغيرات (وخاصة المتغيرات البعدية)، دون الحاجة إلى إعادة بناء النموذج بالطريقة التقليدية.

2) المساعدة على تقليل الأخطاء التي قد تحدث عند إعادة بناء النموذج أو عند إدخال المعطيات وذلك عند العمل على دراسة بعض المتغيرات البعدية، وخاصة بأن البرنامج لا يحوي أمر التراجع (undo).

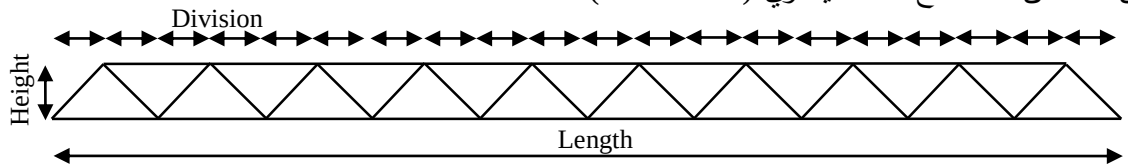
3) إمكانية العمل على أي نسخة من البرنامج، حيث نقوم بنسخ البرمجة ووضعها في سطر الأوامر مباشرة بغض النظر عن رقم النسخة، مع الإنتباه إلى وجود نفس نوع العنصر (Element type) في النسخة الجديدة المستخدمة، حيث قامت بعض الإصدارات الحديثة بإلغاء عدة أنواع من العناصر المتواجدة في الإصدارات الأقدم.

4) حجم تخزين النموذج بسيط، حيث يمكن تخزين البرمجة على ملف (Notepad).

5) إمكانية إصلاح الأخطاء من خلال تعديل جزء محدود من ملف الإدخال وإعادة قراءته، مما يوفر على المستخدم الكثير من الوقت.

22-1 مثال بسيط باستخدام طريقة البرمجة:

نريد أن نرسم الجائز الشبكي المبين في الشكل (1-50)، بحيث يكون كل من الطول والإرتفاع وعدد المثلثات الداخلية متغيرة أي أن طول الجائز الكلي (Length=?)، وارتفاعه (Height=?)، ويتكون من عدد من الأضلاع المائلة يساوي (Division=?).



الشكل (1-50): الجائز الشبكي

❖ **إن الكود البرمجي لهذه المثال (مع شرح أبرز الأوامر) يكتب كما يلي:**

```
Finish
/clear

/prep7

*ask,LENGTH,How long is the truss,100
*ask,HEIGHT,How tall is the truss,20
*ask,DIVISION,How many diagonals number,2

DELTA_L = (LENGTH/DIVISION)
NUM_K = DIVISION + 1

COUNT = -1
X_COORD = 0

*do,i,1,NUM_K,1

COUNT = COUNT + 1
OSCILATE = (-1)**COUNT

*if,OSCILATE,GT,0,THEN
k,i,X_COORD,0

*else
k,i,X_COORD,HEIGHT
```

(الطول الكلي للجائز الشبكي)
(إرتفاع للجائز الشبكي)
(عدد الأضلاع المائلة في الجائز)
(ملاحظة: القيم 100،20، 2 هي مجرد قيم افتراضية)
} متغيرات يمكن تغييرها

(طول قاعدة المثلث القائم)
(العدد الكلي للنقاط الرئيسية في الجائز)
} متغييرات تتبع علاقات

(متحول بدائي)
(إحداثيات بدائية)
} متغييرات أولية

(حلقة لرسم النقاط الرئيسية: حيث يبدأ المتغير فيها من الرقم /1/ وينتهي عند العدد الكلي للنقاط الرئيسية (NUM_K) بتزايد /1/)

(يعبر المتغير/OSCILATE=$(-1)^{count}$/عن تذبذب موقع النقط، ويأخذ إما القيمة الموجبة (1) والتي ستدل على أن النقط المراد رسمها تقع في الأسفل أي بمعنى أخر تكون فيها قيمة الإحداثي (y=0)، أو يأخذ القيمة السالبة (-1) والتي ستدل إلى أن النقط المراد رسمها تقع في الأعلى أي بمعنى أخر تكون فيها قيمة الإحداثي (y=h).)

(الشرط: إذا كان المتغير OSCILATE أكبر من الصفر"موجب")

(رسم النقط الرئيسية بحيث تأخذ الرقم /i/ وإحداثيتها / X_COORD =/x/ و /y=0/)

(إذا لم يتحقق الشرط السابق فيجب تنفيذ ما يلي)

(رسم النقط الرئيسية بحيث تأخذ الرقم /i/ وإحداثيتها / X_COORD =/x/ و / HEIGHT =/y/)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

```
*endif
X_COORD = X_COORD + DELTA_L
*enddo

KEYP = 0                    (متغير بدائي)

*do,j,1,DIVISION,1
    (حلقة لرسم الخطوط بين النقاط: يبدأ المتغير /j/ فيها من الرقم /1/ وينتهي عند /DIVISION/ بتزايد /1/)

KEYP = KEYP + 1

L,KEYP,(KEYP+1)

*if,KEYP,LE,(DIVISION-1),THEN
L,KEYP,(KEYP+2)

*endif
*enddo

et,1,link180                (تحديد اسم العنصر المستخدم وهو /link180/ )
r,1,100                     (تحديد ثوابت العنصر المستخدم حيث مساحة المقطع هي /100/ )

mp,ex,1,200000              (تحديد خصائص المادة حيث معامل المرونة /ex/ وهو /200000/ )
mp,prxy,1,0.3               (تحديد خصائص المادة حيث معامل بواسون / prxy / وهو /0.3/ )

esize,,1                    (تحديد طول الخطوط بعد التقسيم /1/)
lmesh,all                   (تنفيذ التقسيم على جميع الخطوط)
finish
```

❖ **يمكن أن نشرح أبرز الأوامر البرمجية المستخدمة في هذا المثال وفق مايلي:**

1. الأمر (*ASK):

يسـمح الأمر (*ASK) بإدخال قيم المتغيرات، ويتألف السـطر البرمجي الخاص بالأمر من أربعة أقسام، مثلاً في هذا المثال:

```
*ask,LENGTH,How long is the truss,100
```

*ask: اسم الأمر المتعلق بفتح نافذة لإدخال البيانات الجديدة للمتغيرات.

LENGTH: اسم المتغير.

How long is the truss : عبارة توضيحية.

100: القيمة الإفتراضـية، ويتم أخذها مباشـرة عند ضـغط الزر (Enter) إذا لم يرغب المسـتخدم بإدخال قيم جديدة.

2. تعريف المتغيرات باستخدام (=):

يسمح برنامج (ANSYS) بإدخال المتغيرات، فكما رأينا سابقاً بأن الأمر (ASK*) يستخدم أيضاً لإدخال المتغيرات، ولكنه فقط من أجل المتغيرات التي تتغير في كل عملية تحليل. كما يمكن إدخال المتغيرات باستخدام الأمر (SET*).

ومن أبسط الطرق لإدخال المتغيرات هي طريقة (=): حيث يتم وضع اسم المتغير أولاً ثم إشارة (=) ثم قيمة المتغير. وقد تكون هذه القيمة عبارة عن رقم ثابت أو تعبير رياضي كما هو مبين في المثال بالنسبة للمتغير (DELTA_L).

```
DELTA_L = (LENGTH/(DIVISION/2))/2
NUM_K = DIVISION + 1
COUNT = -1
X_COORD = 0
```

3. الحلقات (DO Loops*):

يفيد إستخدام الحلقات (DO*) عند الحاجة إلى تكرار أمر معين لعدد معين من المرات.

```
*do,i,1,NUM_K,1
    COUNT = COUNT + 1
    OSCILATE = (-1)**COUNT
    X_COORD = X_COORD + DELTA_L
   *if,OSCILATE,GT,0,THEN
      k,i,X_COORD,0
   *else
      k,i,X_COORD,HEIGHT
   *endif
*enddo
```

لإستخدام الأمر يتم إستخدام السطر البرمجي التالي:

***DO, Par, IVAL, FVAL, INC**

DO*: اسم الأمر المتعلق بإجراء الحلقات.

Par: المتغير الذي سوف يتزايد بواسطة الحلقات.

IVAL: القيمة الإبتدائية للمتغير والتي سوف يتم الإنطلاق منها.

FVAL: القيمة النهائية للمتغير والتي سوف يتم التوقف عندها.

Par: المتغير الذي سوف يتزايد بواسطة الحلقات.

INC: قيمة التزايد التي ستحدث في كل حلقة.

على سبيل المثال: (*do,i,1,10,1)

سيتزايد المتغير (i) من (1) إلى (10) بخطوة تزايد (1).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

ومن الضـــروري اســـتخدام الأمر (ENDDO*) في نهاية الحلقة لإعلام البرنامج كي ينتقل إلى السطر البرمجي التالي بعد إنتهاء الحلقة. وبالتالي فإنه يجب على المستخدم أن يضع بين الأمرين (DO*) و(ENDDO*) الأوامر البرمجية التي سوف تكرر باستخدام الحلقات.

4. العبارات الشرطية (IF*):

يتم استخدام العبارات الشرطية لإتخاذ قرارات يتم فيها التحديد فيما إذا تم حدوث حالة معينة فسيتم القيام بعمليات تتوافق مع هذه الحالة.

على سبيل المثال: (*if,OSCILATE,GT,0,THEN)

```
*if,OSCILATE,GT,0,THEN
   k,i,X_COORD,0
*else
   k,i,X_COORD,HEIGHT
*endif
```

if*: اسم الأمر الشرطي.

OSCILATE: الشرط بأن المتغير ذو الإسم (OSCILATE).

GT: الشرط "أكبر من".

0: القيمة التي يجب أن يكون المتغير (OSCILATE) أكبر منها وفق الشرط.

THEN: نهاية الشرط وبدء تنفيذ الأمر في حال كان الشرط صحيح.

else*: يستخدم هذا الأمر في العبارة الشرطية للإنتقال إلى تنفيذ الأوامر في حال كان الشرط غير صحيح.

endif*: يستخدم في نهاية العبارة الشرطية.

نهاية الفصل الأول

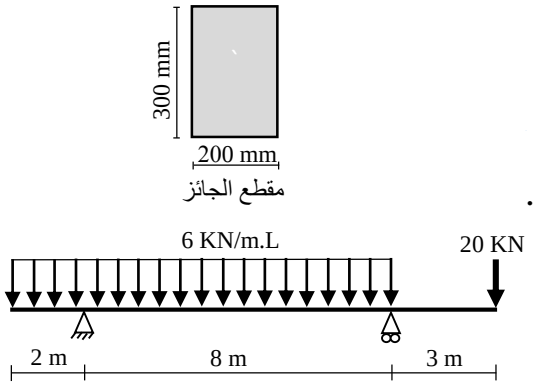
الفصل الثاني: أمثلة تطبيقية على نماذج خطية

2-1 المثال الأول:

نمذجة جائز إنطلاقاً من النقاط الرئيسية (Keypoints)

جائز فولاذي، طوله (13 m) وعرض مقطعه (200mm) وارتفاع مقطعه (300mm)، يستند على مسند بسيط وأخر منزلق، يخضع لحمولة مركزة وحمولة موزعة بانتظام كما هو مبين على الشكل (2-1)، والمطلوب نمذجة الجائز بشكل خطي، ومعاينة مخططات العزم والقوى القاطعة.

$$E_s = 2 \times 10^5 \ N/mm^2$$



الشكل (2-1): شكل الجائز وأبعاده

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

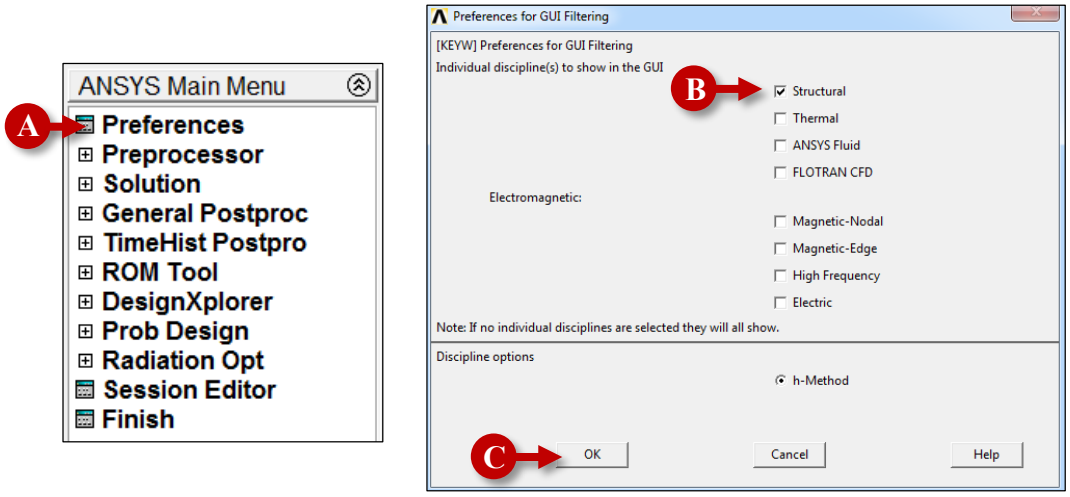
- ✓ نمذجة جائز بسيط بشكل خطي.
- ✓ النمذجة إنطلاقاً من النقاط الرئيسية (Keypoints).
- ✓ تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام.
- ✓ معاينة مخططات العزم والقوى القاطعة.

❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد طبيعة المسألة:

من التبويب (Preference) المتواجد ضمن القائمة (ANSYS Main Menu)، نقوم بتحديد طبيعة المسألة المدروسة بأنها إنشائية (Structural)،كما هو موضح في الشكل (2-2)، مما يساعد في اختصار بعض الخيارات المتاحة خلال نمذجة المسألة.

1- Preference> Structural> OK



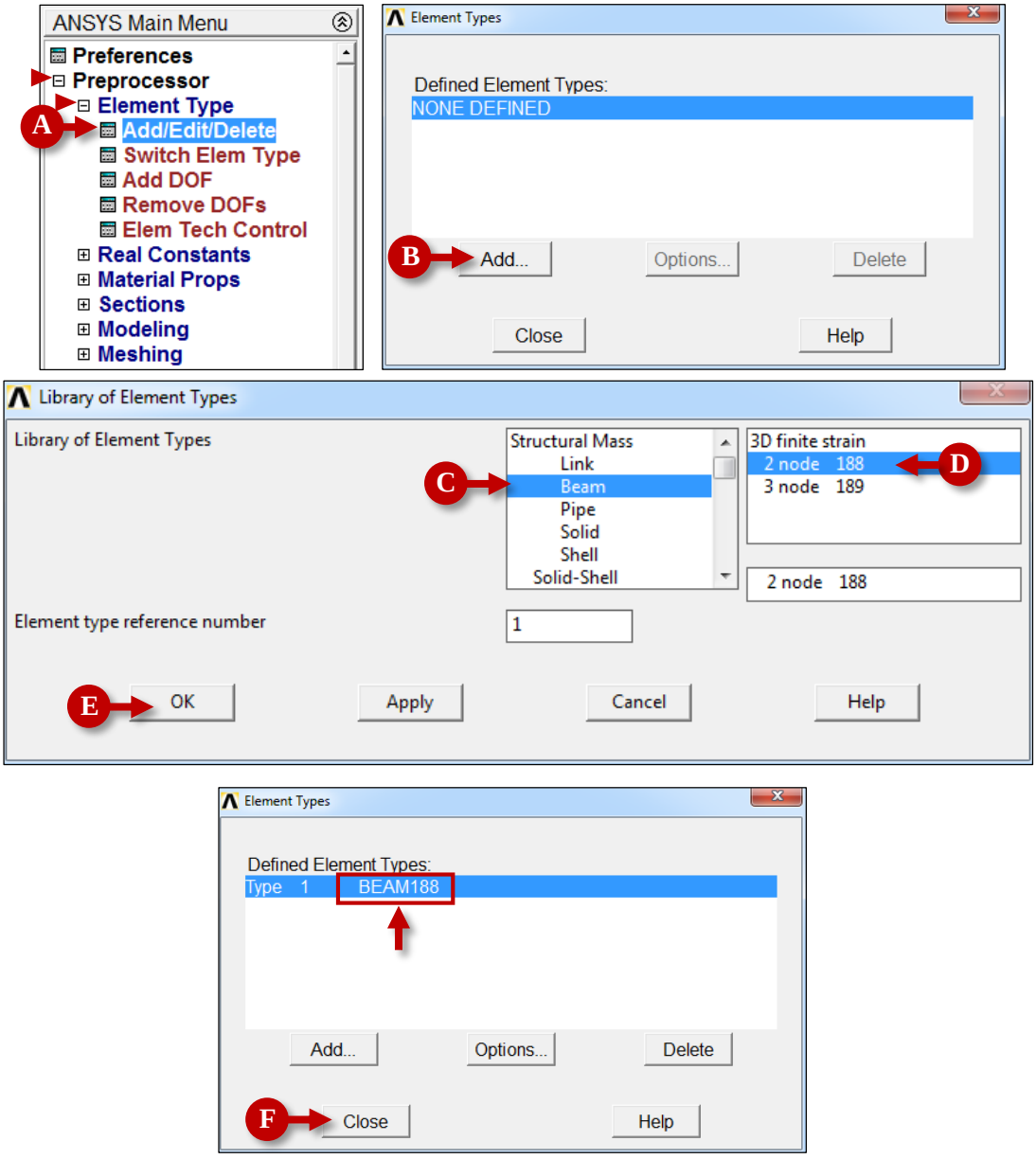
الشكل (2-2): تحديد طبيعة المسألة

2- تحديد العنصر المستخدم:

يتم ادخال معظم معطيات المسألة من خلال التبويب (Preprocessor) المتواجد أيضاً ضمن القائمة (ANSYS Main Menu) الموجودة على الطرف الأيسر من واجة البرنامج.

سنقوم في هذا المثال باستخدام العنصر (Beam188) وهو ذو شكل خطي، يتألف من عقدتين، ويتمتع بستة درجات حرية هي الإنتقالات (UX,UY,UZ) والدورانات (ROTX,ROTY,ROTZ)، ويتم تصنيف هذا العنصر على أنه ثلاثي الأبعاد (3D) لأنه يتميز بإمكانية التحكم بشكل مقطعه العرضي. ويتم تحديد العنصر وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-3):

2- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Beam > 2node 188 > OK> > Close



الشكل (2-3): تحديد العنصر المستخدم

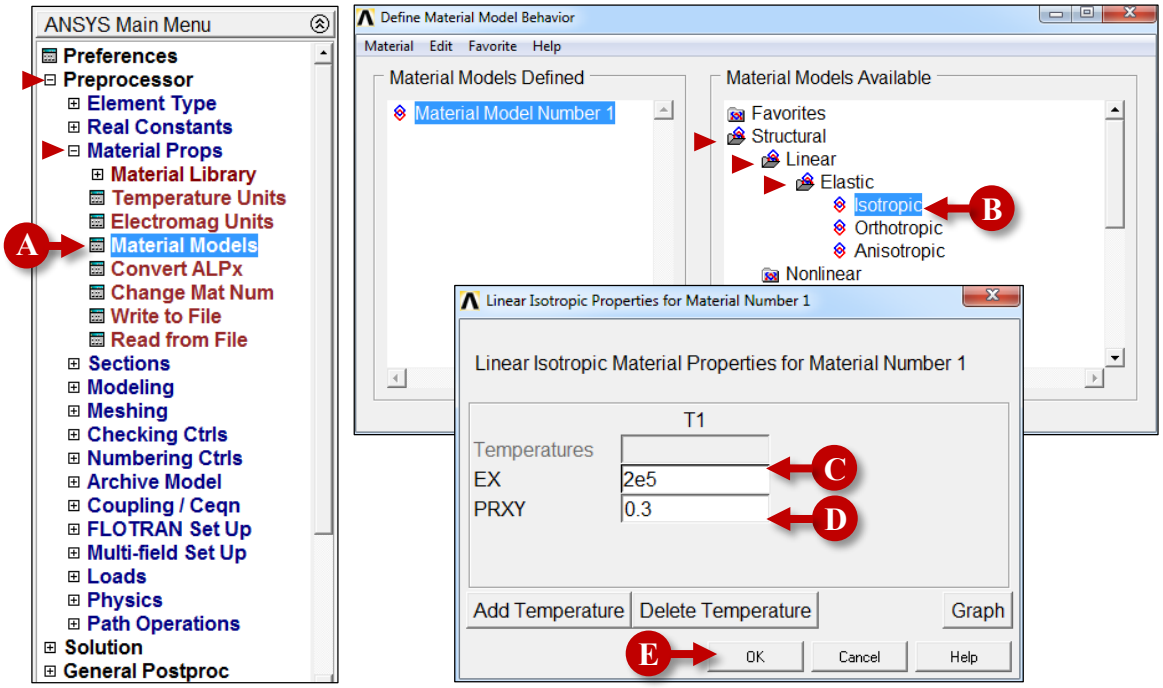
3- تعريف خصائص المادة المستخدمة:

يتم تعريف خصـائص المادة المسـتخدمة والتي هي (معامل المرونة ومعامل بواسـون) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-4):

3- Preprocessor> Material props> Material models> Structural>Linear> Elastic> > Isotropic

EX = **2e5** (N/mm^2) (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون للفولاذ)



الشكل (2-4): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للمادة المستخدمة

4- تعريف مقطع الجائز:

وفقاً لمعطيات المسـألة فإن عرض مقطع الجائز (200mm) وارتفاع هذا المقطع (300mm)، ويتم تعريف هذه البيانات وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-5):

4-1. Preprocessor> Sections> Beam> Common Sections>

Name = **b-200x300** (يتم اقتراح اسم ما للمقطع الفولاذي)

Sub-Type = (**مستطيل**) (يتم اختيار الشكل المستطيل للمقطع الفولاذي)

B = **200** (mm) (عرض مقطع الجائز الفولاذي)

H = **300** (mm) (إرتفاع مقطع الجائز الفولاذي)

Nd = **0** (عدد التقسيمات الأفقية ضمن المقطع)

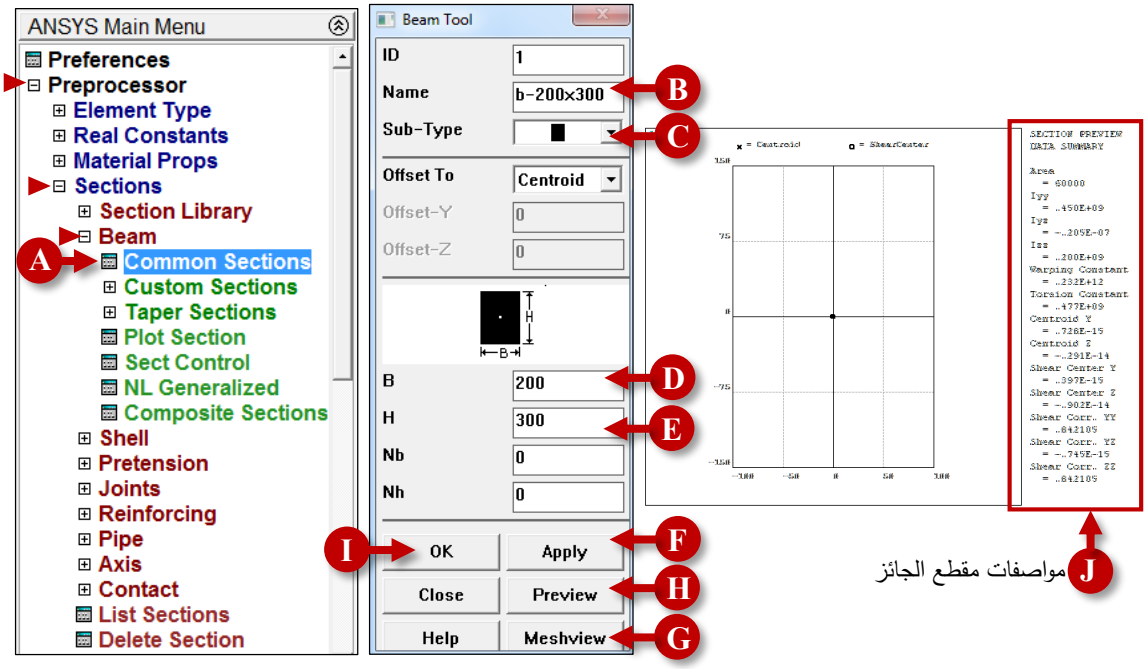
Nh = **0** (عدد التقسيمات الشاقولية ضمن المقطع)

(يشير الرقم صفر إلى أخذ العدد الافتراضي الذي يفرضه البرنامج)

Apply> Mesh View> Preview> Ok

2. Plot> Replot

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-5): تحديد أبعاد مقطع الجائز

- **ملاحظة (1):**

عند تعريف المقاطع بهذه الطريقة (Sections> Beam> Common Sections) فإنه يتم تقسيم المقطع وفق عدد التقسيمات التابعة لخانتي (Nd, Nh) المبينة أعلاه وتشير القيمة صفر ضمنهما إلى أخذ القيمة الإفتراضية من البرنامج. ويكون المحور الطولي للعنصر ينطبق على الخط المار من مركز ثقل المقطع، ويتم رسم العناصر بشكل خطي، ووفقاً لمحورها الطولي.

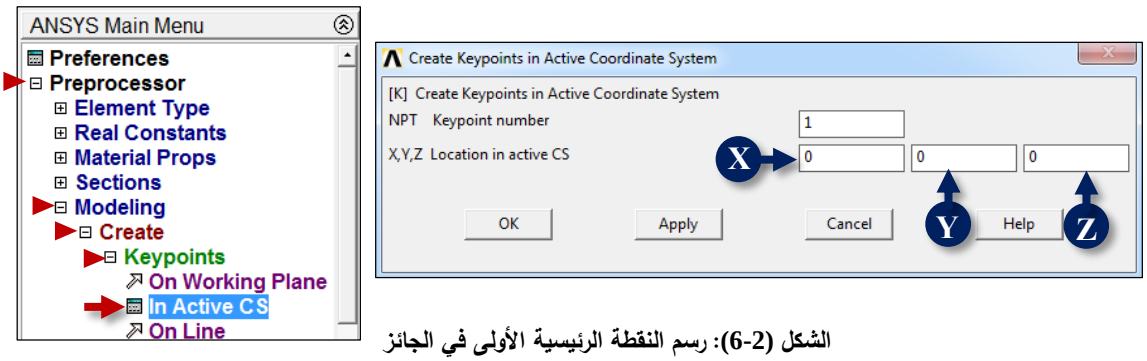
5- رسم النقاط الرئيسية في الجائز:

سيتم رسم أربعة نقاط رئيسية (Keypoints) تمثل النقاط العلّامة في الجائز: وهي نقاط النهايات الحرة عند الأطراف ونقاط الإستناد عند المساند. ويتم رسم النقاط وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-6) وبيانات النقاط موضحة في الجدول (2-1):

5-Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> In Active CS>

NPT Keypoint Number = **1** (اسم النقطة)

X, Y, Z Location in Active CS = **0 , 0 , 0** > **Apply** (إحداثيات النقطة)



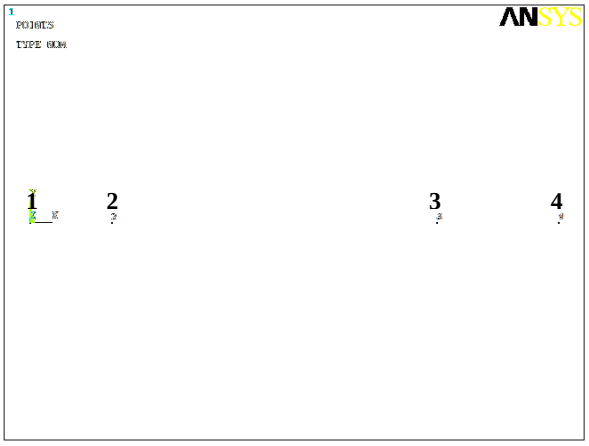
الشكل (2-6): رسم النقطة الرئيسية الأولى في الجائز

ثم يتم رسم باقي النقاط وفق الجدول (2-1) التالي:

الجدول (2-1): رسم النقاط الرئيسية في الجائز

Keypoint Number	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	
1	0	0	0	> Apply
2	**2000**	**0**	**0**	> Apply
3	**10000**	**0**	**0**	> Apply
4	**13000**	**0**	**0**	> OK

يبين الشكل (2-7) النقاط الرئيسية التي تم رسمها.



الشكل (2-7): النقاط الرئيسية في الجائز

- **ملاحظة (2):**

إذا أردنا تعديل إحداثيات نقطة (Keypoint) معينة فيمكن أن يتم ذلك من خلال إدخال رقم هذه النقطة (Keypoint Number) ثم الإحداثيات الجديدة لها في نافذة رســـم النقاط، دون الحاجة إلى حذف النقطة.

6- رسم الجائز:

سيتم رسم ثلاثة خطوط، بالإستعانة بالنقاط الرئيسية الأربعة السابقة، من خلال اتباع المسار التالي والموضح في الشكل (2-8):

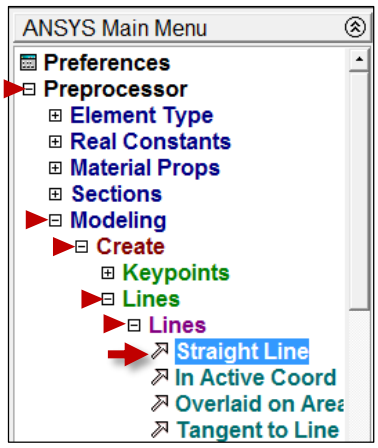
6- Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Lines> Straight Lines>

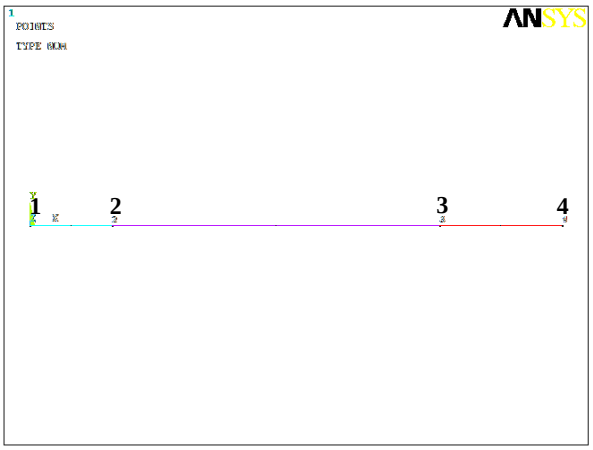
حيث يتم تحديد كل نقطتين رئيسيتين متتاليتين كما هو موضح في الجدول (2-2) التالي:

الجدول (2-2): رسم الخطوط بين نقاط الجائز الرئيسية

Point (1)	Point (2)
1	**2**
2	**3**
3	**4**

> OK





الشكل (2-8): رسم الخطوط بين نقاط الجائز الرئيسية

- **ملاحظة (3):**

أ. في هذه الطريقة تم إنشاء النقاط الرئيسية باعتبارها (Keypoints)، يليها رسم خطوط (Lines) بينها، وبعد ذلك تقسيم هذه الخطوط إلى عناصر (Elements) بواسطة أمر التقسيم (Mesh)، وبذلك يتم الحصول على العناصر، كما هو موضح في المسارات التالية:

A-1. Modeling> Create> Keypoints> In Active CS>…
A-2. Modeling> Create> Lines> Lines> Straight Lines>…
A-3. Meshing>…

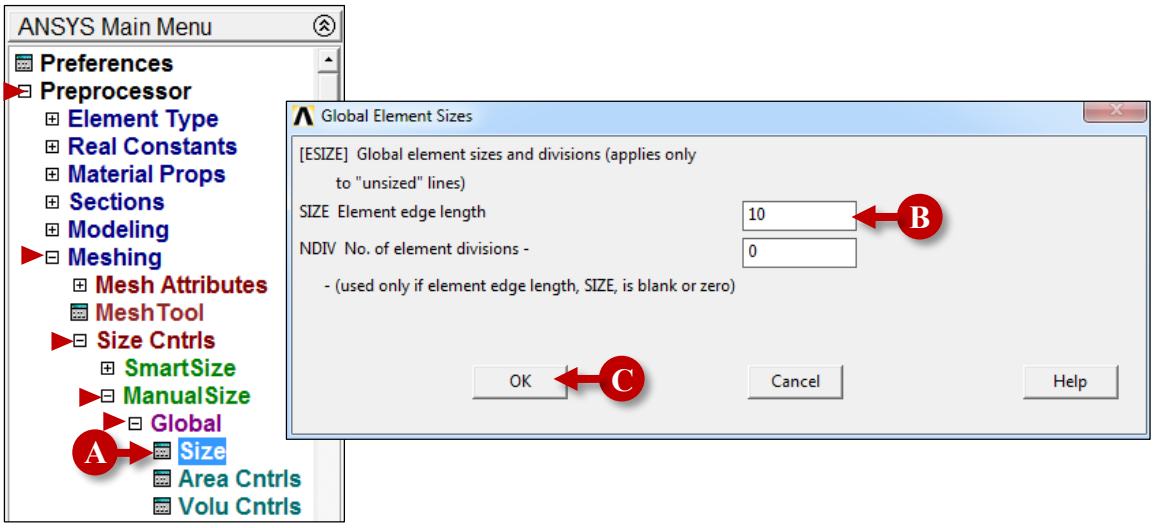
ب. توجد طريقة أخرى تعتمد على إنشاء العقد (Nodes) يليها رسم العناصر (Elements) بينها مباشرة دون استخدام أمر التقسيم (وسيتم شرح هذه الطريقة في المثال الثاني من هذا الفصل)، وتتم العملية وفقاً للمسارات التالية:

B-1. Modeling> Create> Nodes> In Active CS>…
B-2. Modeling> Create> Elements> Auto Numbered> Thru Nodes>…

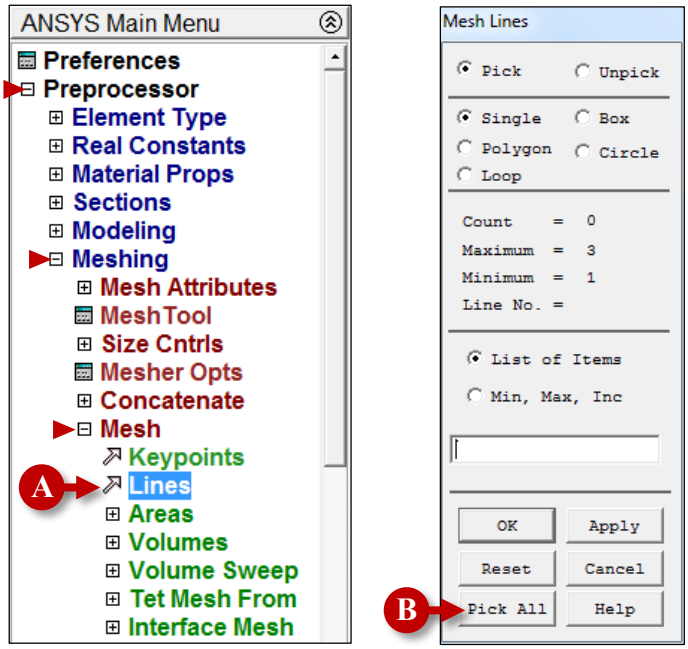
7- تقسيم الجائز:

سيتم تحديد الطول الأعظمي للعناصر الناتجة بعد التقسيم بـــ (10mm)، ثم يتم إعطاء أمر التقسيم، تتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-9) و(2-10):

7- 1. Preprocessor> Meshing> Size Cntrls> Manual Size> Global> Size>
SIZE Element Edge Length = **10** **(mm)** (طول القطعة المقسَّمة)
>OK
2. Preprocessor> Meshing> Mesh > Lines> Pick All
3. Plot> Lines



الشكل (2-9): تحديد الطول الأعظمي للعناصر الناتجة عن التقسيم

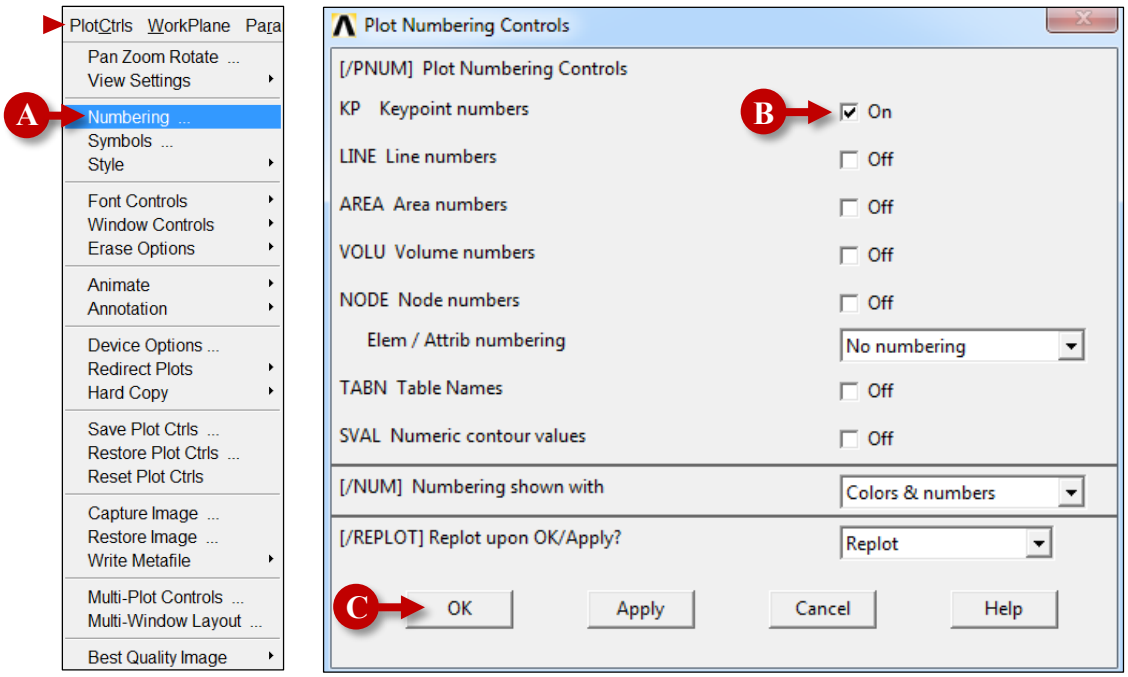


الشكل (2-10): إعطاء أمر التقسيم

- يتم إظهار أرقام النقاط الرئيسية (Keypoints) على النموذج المرسوم (في حال كانت غير ظاهرة) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-11):

4. **PlotCtrls> Numbering…>** KP Keypoints Numbers : **On**

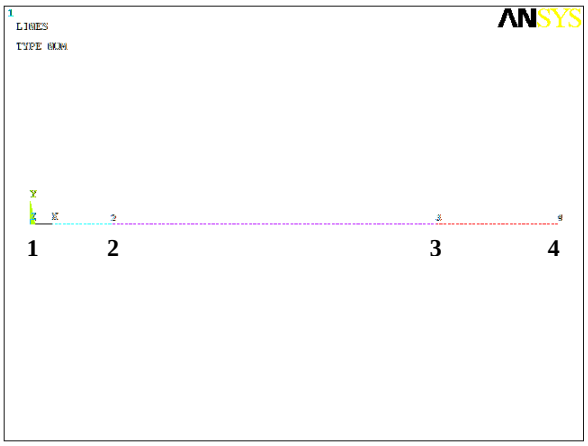
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-11): تفعيل إظهار أرقام النقاط الرئيسية

- لتظهر أرقام النقاط الرئيسية (بشكل عام)، كما مو مبين في الشكل (2-12) يجب أن يكون الشكل الموجود على نافذة المعاينة هو عبارة عن خطوط (lines) وليس عناصر (Elements)، وتتم معاينة الشكل على أساس أنه خطوط من خلال الأمر:

➢ **Plot> Lines**



الشكل (2-12): إظهار أرقام النقاط الرئيسية

8- تخصيص المساند:

يتم تحديد المسند الثابت والمنزلق للجائز والمبينين في الشكل (2-13) من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكلين (2-14) و(2-15):

8- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Keypoints >

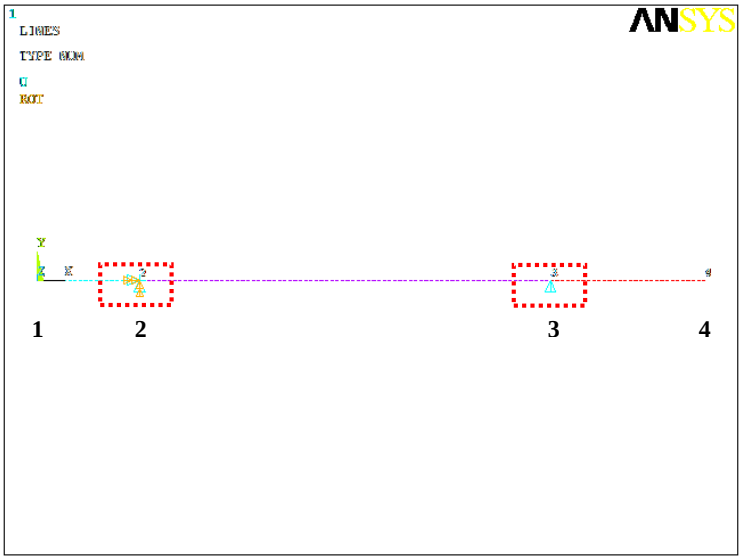
1. **("2"** يتم تحديد النقطة الرئيسية)>OK>

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

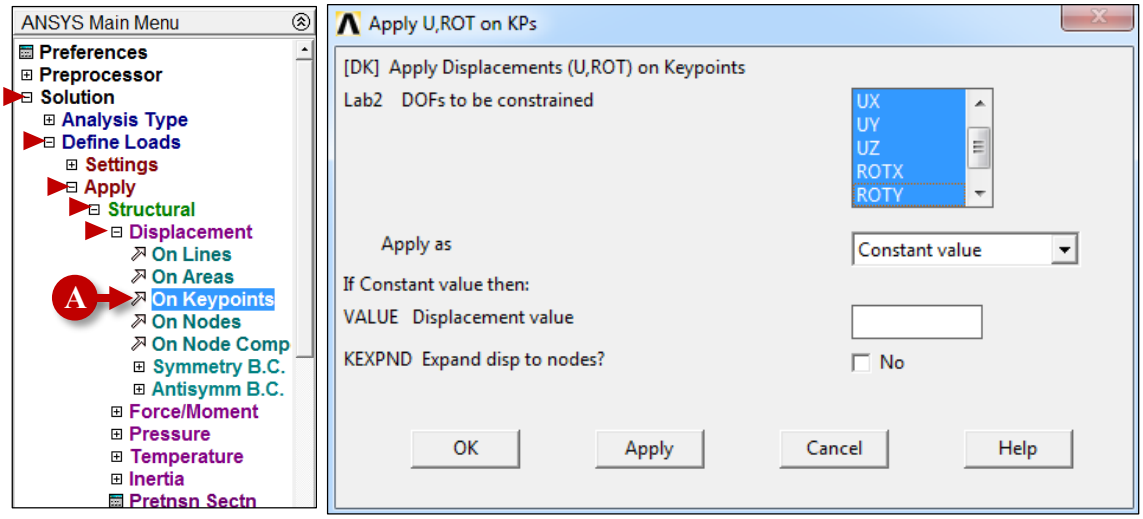
LAB2 DOFs to be Constrained = **UX-UY-UZ-ROTX-ROTY** (المسند الثابت)
> Apply. { الشكل (14-2) }.

2. (**"3"** يتم تحديد النقطة الرئيسية)>OK>

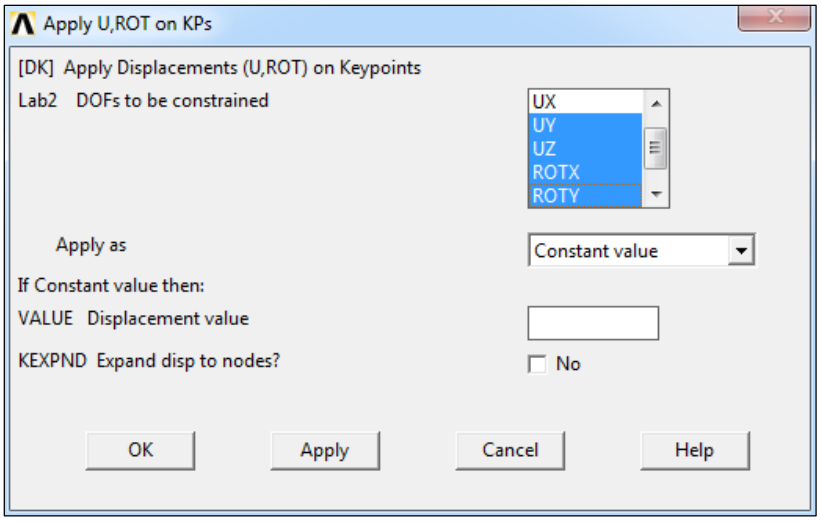
LAB2 DOFs to be Constrained = **UY-UZ-ROTX-ROTY** (المسند المنزلق)
> OK. { الشكل (15-2) }.



الشكل (2-13): تخصيص المساند



الشكل (2-14): تخصيص الإنتقال في المسند الثابت



الشكل (2-15): تخصيص الإنتقال في المسند المنزلق

9- تطبيق الحمولات على الجائز:

أ. تطبيق الحمولة المركزة:

يتم تطبيق الحمولة المركزة ذات القيمة (20000N) على الطرف الحر الأيمن المبين في الشكل (2-16)، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-17):

9-a. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Force/Moment> On Keypoints>

1. (**"4"** يتم تحديد النقطة الرئيسية)>OK>

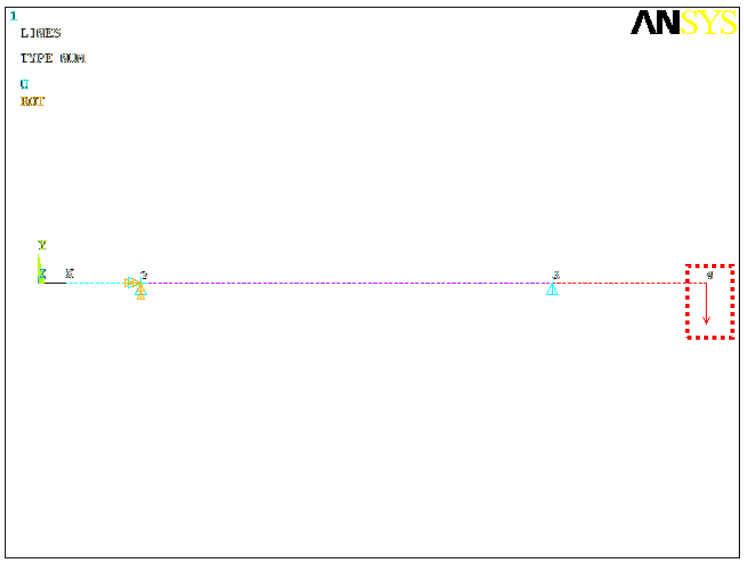
Direction of Force/Mom = **FY** (اتجاه محور القوة)

Value = **-2e4** (N) (قيمة القوة مع الانتباه للإشارة)

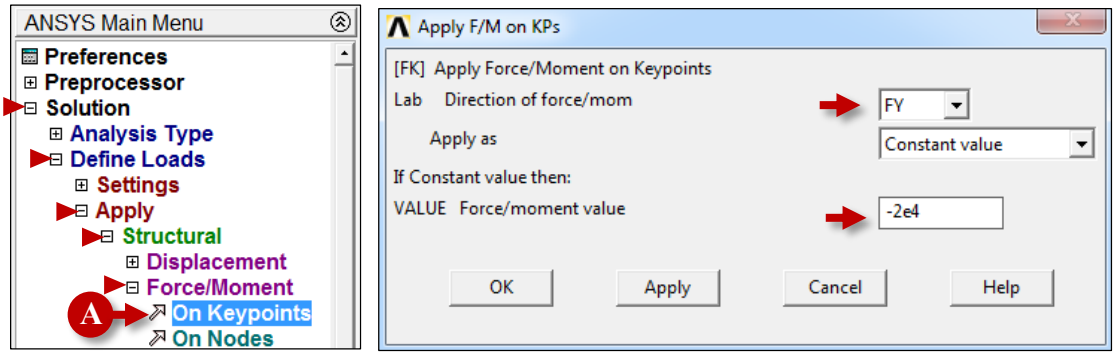
>OK

- **ملاحظة (4):**

تدل الإشارة السالبة عند تطبيق القوة المركزة على أن جهة القوة هي بعكس جهة محور الإحداثيات.



الشكل (2-16): موقع الحمولة المركزة



الشكل (2-17): تطبيق الحمولة المركزة

ب. تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام:

يتم تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام ذات القيمة (6 N/mm.L) على العناصر الخاضعة لها، كما هو مبين في الشكل (2-18) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-20):

9-b-1. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Pressure> On Beams>

>Box> ("انتبه للملاحظة 5 اللاحقة"، يتم تحديد جميع العناصر الخطية الخاضعة للحمولة الموزعة بانتظام<)

> Zoom Model (حول النقطة الرئيسية "3" للتأكد من دقة تحديد العناصر)

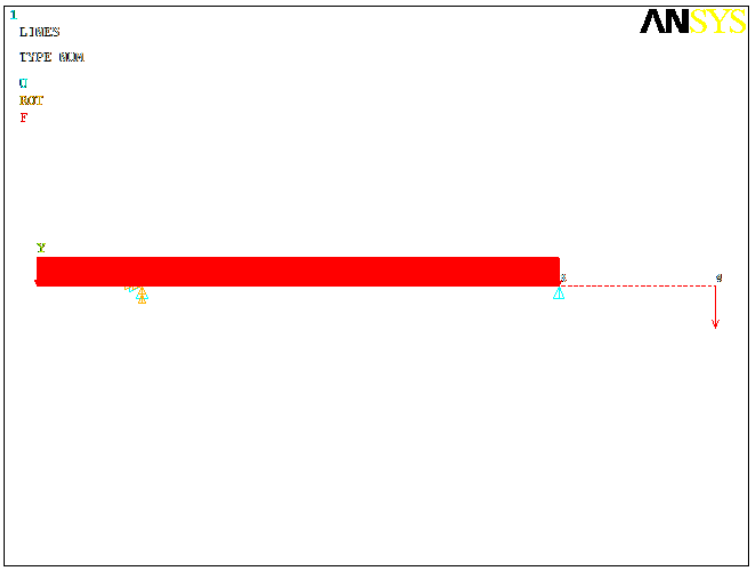
> OK>

Load Key = **2** (اتجاه الحمولة)

Pressure Value at Node I = **6** $(N/mm.l)$ (قيمة القوة مع الانتباه للإشارة)

>OK

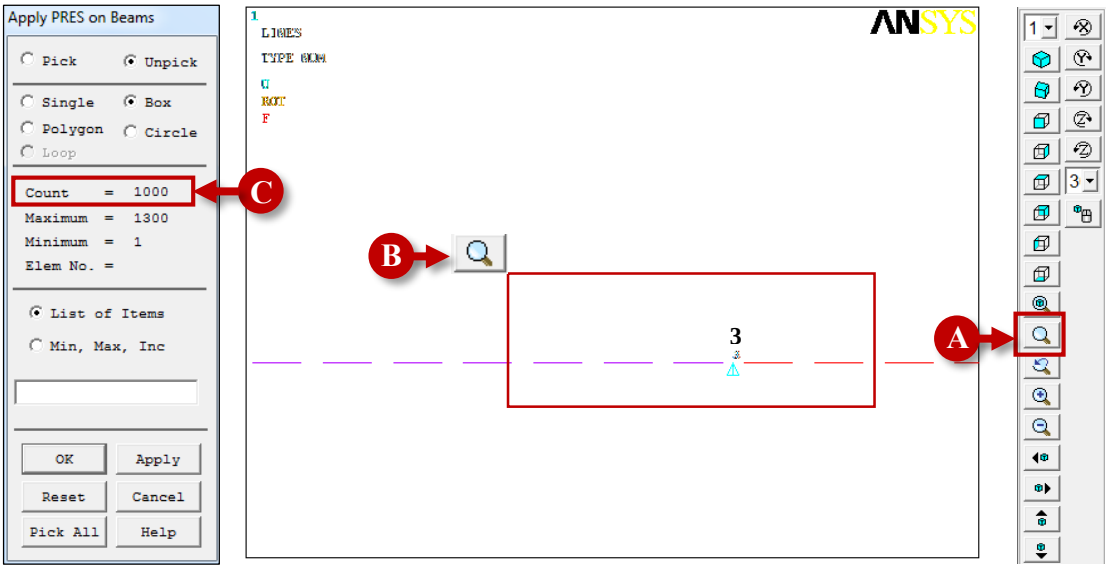
2. Fit View



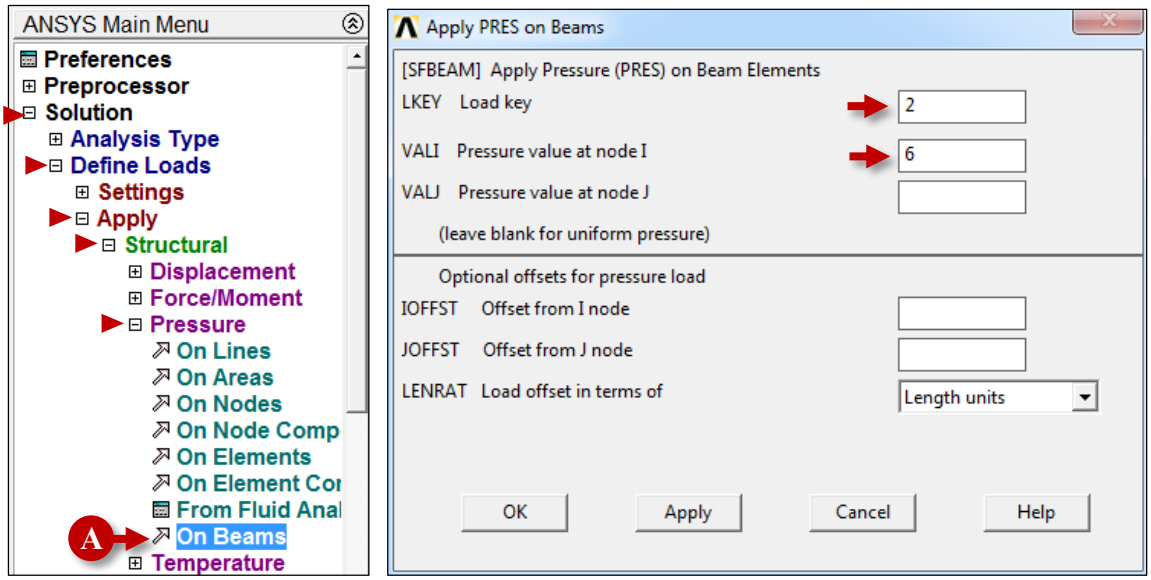
الشكل (2-18): موقع الحمولات المطبقة على الجائز

- **ملاحظة (5):**

- للتأكد من دقة تحديد العناصر بالقرب من النقطة الرئيسية "3" يمكن استخدام الأمر: (Zoom Model) كما هو مبين في الشكل (2-19).
- يمكن أن يتم التنقل بين أمر التحديد (Pick⇧) وأمر إلغاء التحديد (Pick⇩) بالنقر بزر الماوس الأيمن.



الشكل (2-19): تكبير المعاينة عند المسند 3 لإلتقاط العناصر (الخاضعة للحمولة الموزعة) بشكل دقيق باستخدام (Zoom Model)



الشكل (2-20): تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام

- **ملاحظة (6):**

– تدل الإشارة الموجبة عند تطبيق الحمولة الموزعة على أن الحمولة ضاغطة على العنصر، أي أن جهتها هي بعكس اتجاه المحور (Y) في هذا المثال.

– بينما تدل الإشارة السالبة على أن الحمولة الموزعة شادة للعنصر، أي أن جهتها هي باتجاه المحور (Y) في هذا المثال.

- **ملاحظة (7):**

في نافذة تطبيق الحمولة (Apply PRES on Beams) المبينة في الشكل (2-20) فإنه عندما:

- (Load Key =1): يتم تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام بعكس اتجاه المحور (Z).
- (Load Key =2): يتم تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام بعكس اتجاه المحور (Y).
- (Load Key =3): يتم تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام باتجاه المحور (X).
- (Load Key =4): يتم تطبيق الحمولة باتجاه المحور (X) عند عقدة بداية العنصر (i).
- (Load Key =5): يتم تطبيق الحمولة بعكس اتجاه المحور (X) عند عقدة نهاية العنصر (j).

- **ملاحظة (8):**

❖ يمكن تحديد الخطوط الخاضعة للحمولة الموزعة بانتظام وتخصيصها ضمن مجموعة باسم معين بحيث يسهل استدعاؤها، وفق الخطوات التالية والموضحة في الأشكال (2-21) و(2-22) و(2-23):

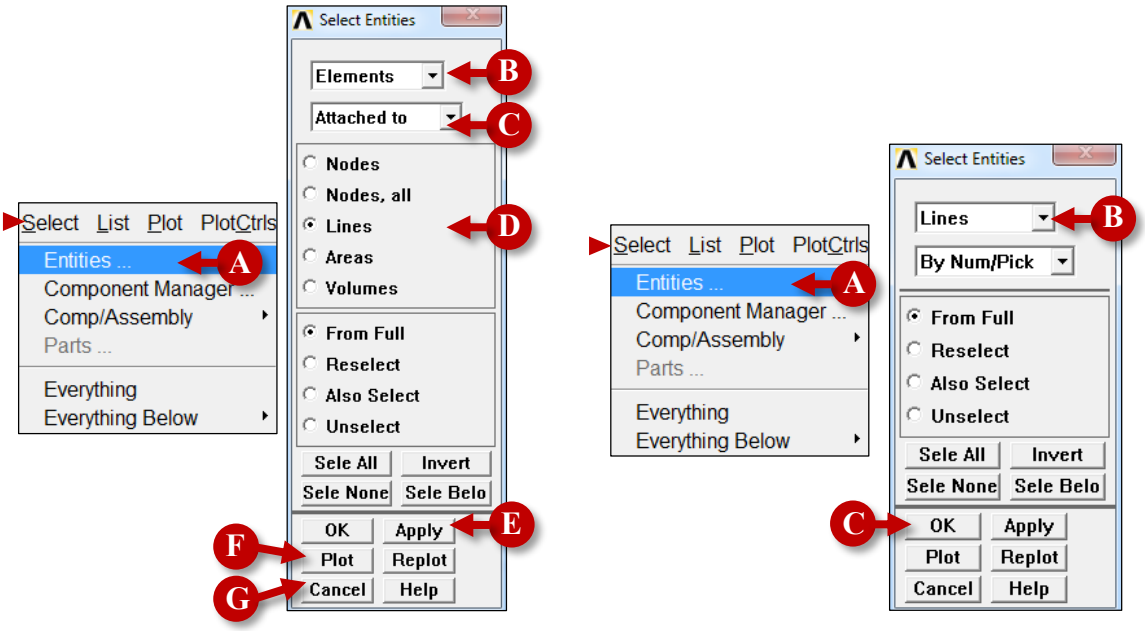
1) Select> Entities…> Lines>OK>

(يتم اختيار الخطوط الخاضعة للحمولة الموزعة والتي تحمل الرقم "**1**" و"**2**")>**OK**>

2) Plot> Replot (للتأكد من دقة الاختيار من خلال معاينتها على الشكل)

3) Select> Entities…> Elements> Attached to> Lines>Apply> Plot>Cancel

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



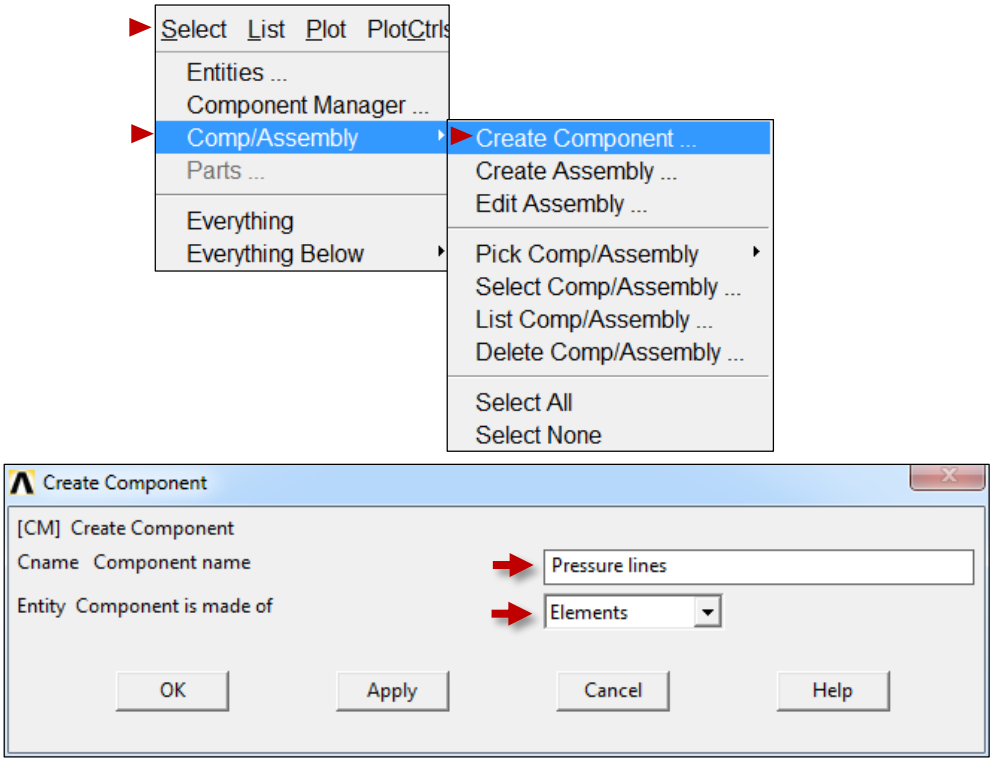
الشكل (2-21): تحديد الخطوط

الشكل (2-22): تحديد العناصر الملاصقة للخطوط

4) Select> Comp/Assemply> Create Component

Cname Component Name =**Pressure lines** (يتم اقتراح اسم لهذه المجموعة)

Entity Component is Made of =**Elements** (المجموعة مكونة من:)



الشكل (2-23): تخصيص مجموعة خاصة بالعناصر التي تم تحديدها

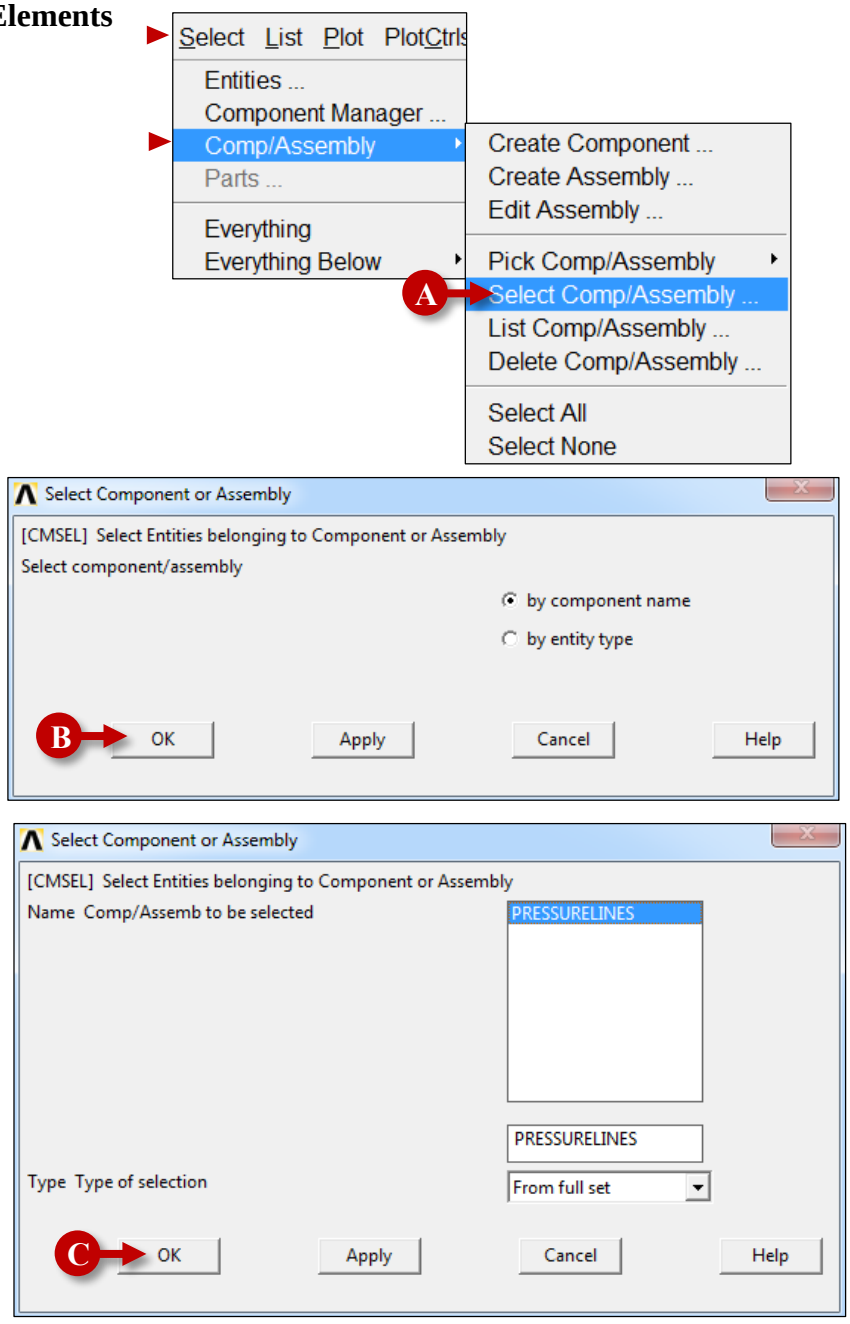
5) Select> Everything

6) Plot> Multi-plots

❖ ويتم استدعاء المجموعة التي تم تخصيصها من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-24):

1) Select> Comp/Assemply> Select Comp/Assemply>
By Component Name>OK>OK

2) Plot> Elements



الشكل (2-24): استدعاء المجموعة التي تم تخصيصها

❖ يمكن أيضـــاً بنفس الطريقة تحديد العقد (Nodes) المنطبقة على النقاط الرئيســـية (Keypoints) وتخصيصها ضمن مجموعة باسم معين بحيث يسهل استدعاؤها وفق الخطوات التالية:

1) Plot> Multi-plots
2) Select> Entities…> Nodes> Attached to> Keypoints >Apply> Plot>Cancel
3) Select> Comp/Assemply> Create Component
Cname Component Name =**Nodes at KPs** (يتم اقتراح اسم لهذه المجموعة)
Entity Component is Made of = **Nodes** (المجموعة مكونة من:)
4) Select> Everything

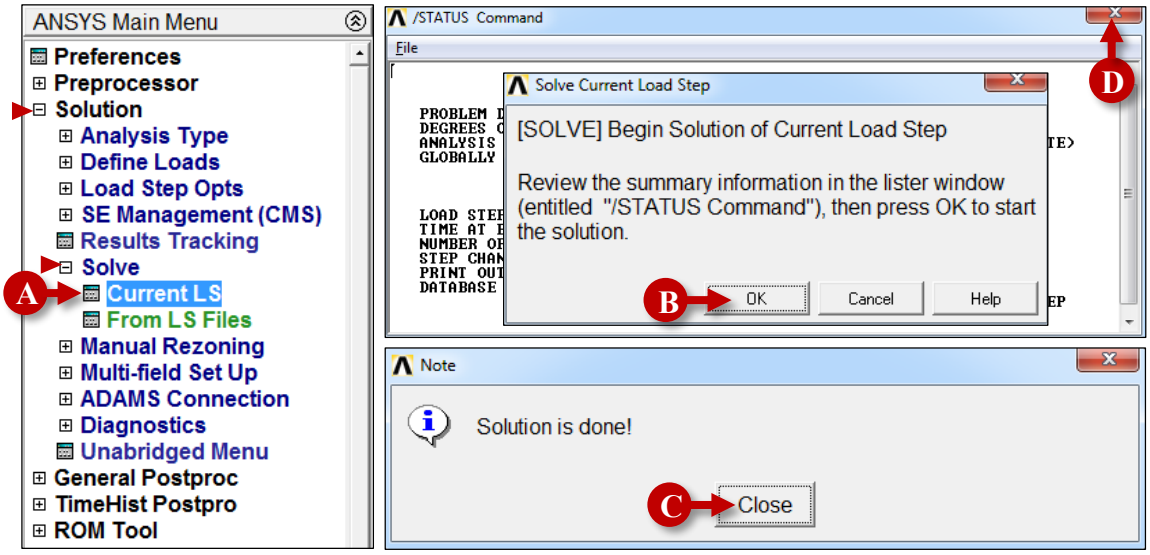
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

10- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل من خلال الأمر (Solve) الموضح في الشكل (2-25)، من خلال المسار التالي:

10- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

ثم يتم الإنتظار حتى الإنتهاء من التحليل، حيث يعطي البرنامج في هذا المثال رسالة (Solution is Done)، وبعد ذلك يمكن معاينة النتائج.



الشكل (2-25): بدء التحليل

11- معاينة النتائج:

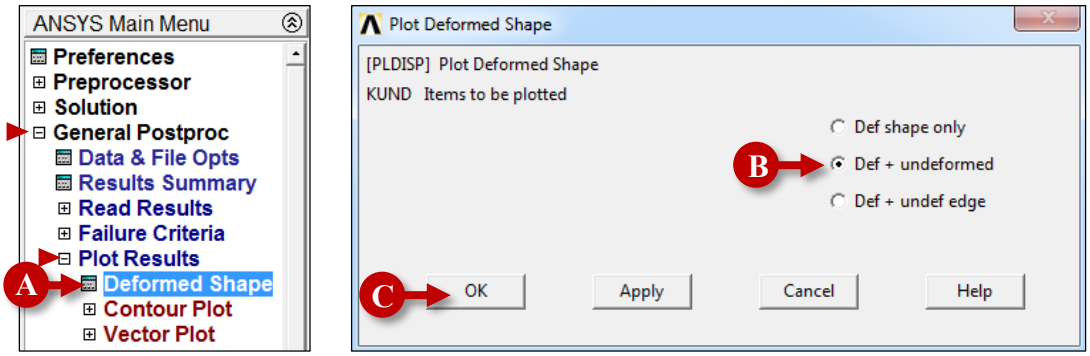
11-1 معاينة الشكل المتشوه:

تتم معاينة تشـــوه الجائز الناتجة عن الحمولات المطبقة من خلال المســـار التالي والموضـــح في الشكلين (2-26) و(2-27):

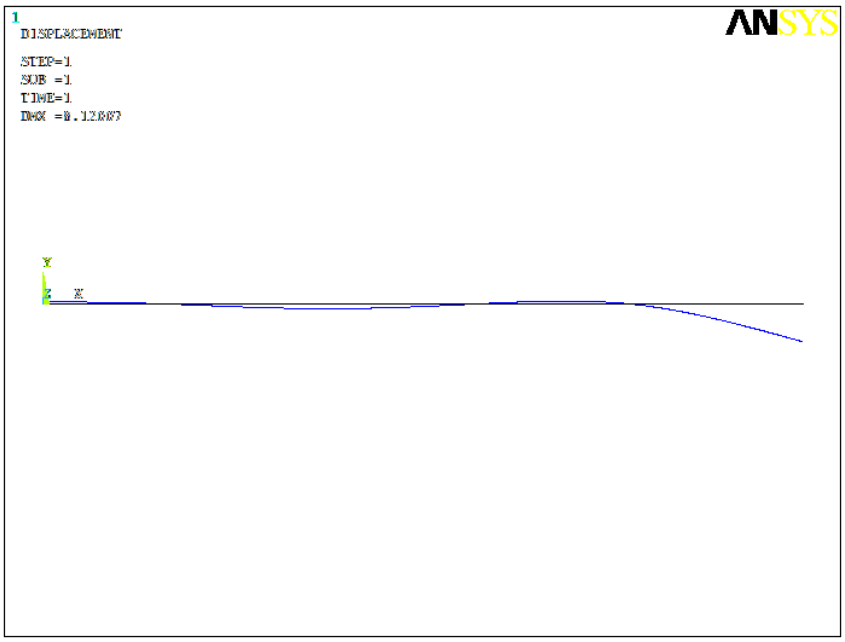
11- 1. General Postproc> Plot Results> Deformed Shape>

1. Def Shape Only > Apply

2. Def + undeformed > OK



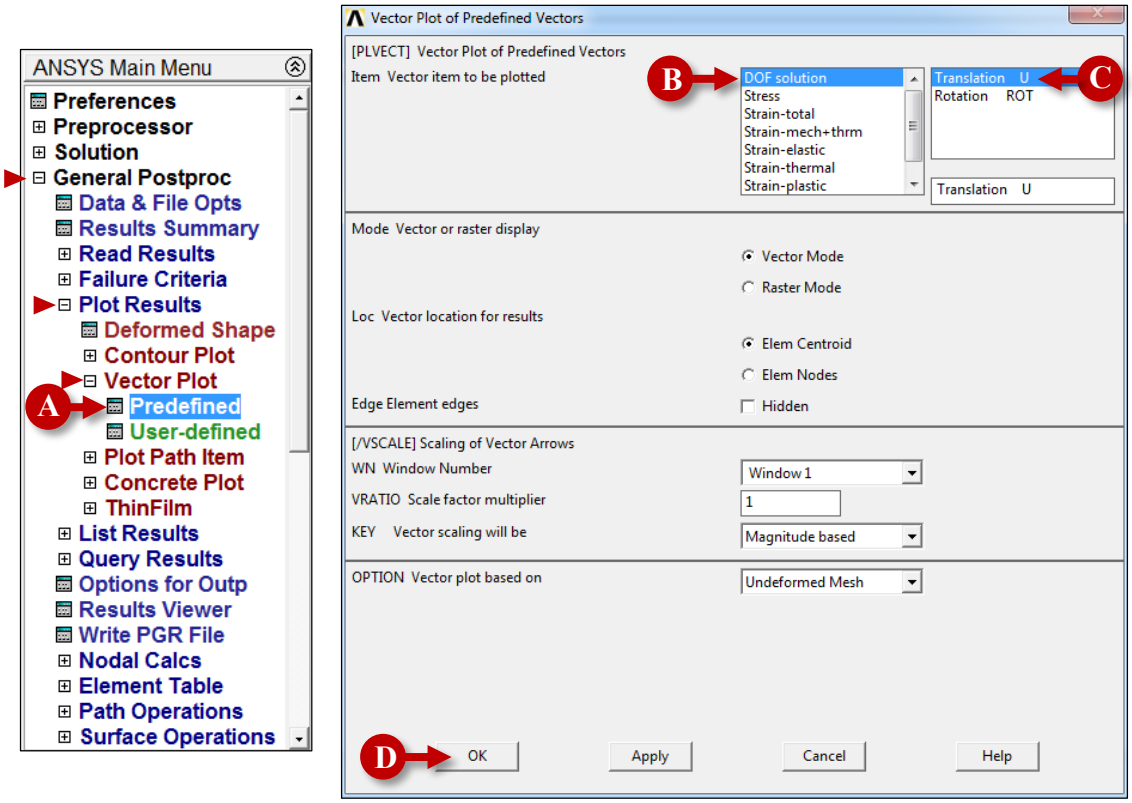
الشكل (2-26): تحديد الشكل المتشوه وخطوط الشبكة في الشكل الأصلي



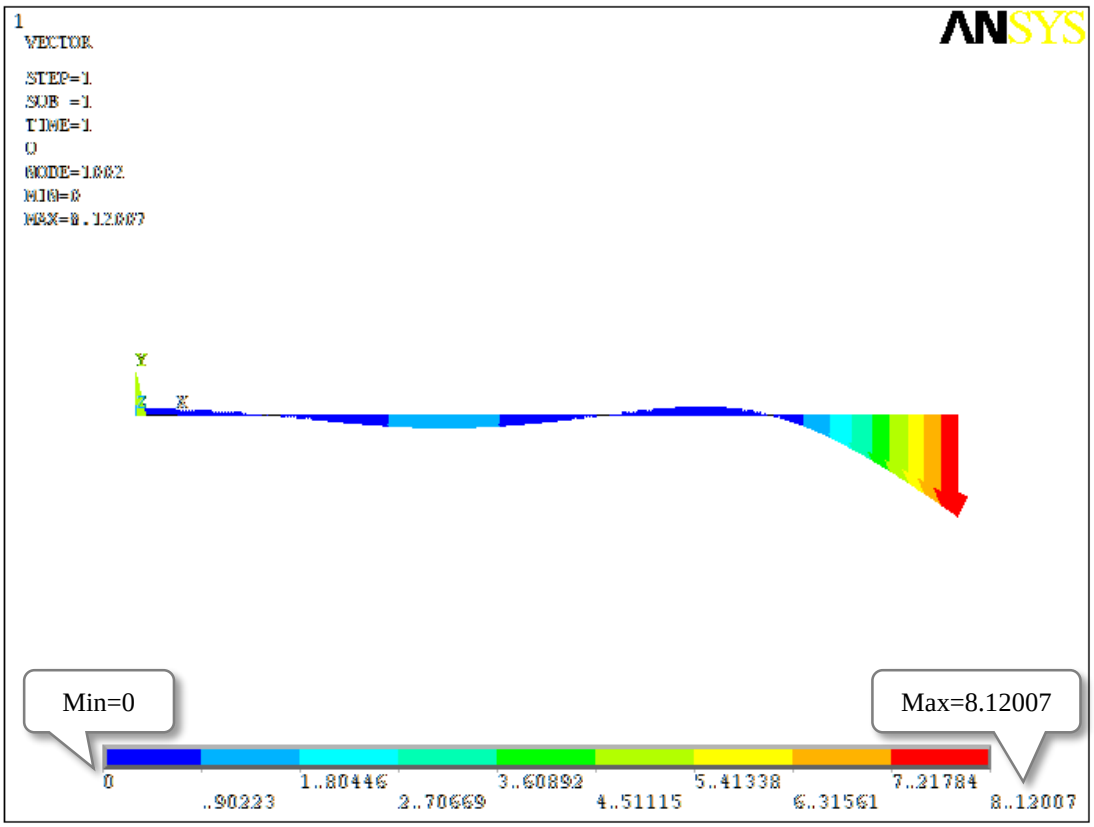
الشكل (2-27): الشكل المتشوه

لتسهيل المعاينة يمكن إظهار مخطط الإنتقالات بشكل أشعة من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-28) و(2-29):

11- 2. General Postproc> Plot Results> Vector Plot > Predefined>
DOF Solution, Translation U> OK



الشكل (2-28): تحديد الإنتقالات لمعاينها بشكل أشعة



الشكل (2-29): معاينة الإنتقالات بشكل أشعة

11-2 طريقة معاينة العزم والقوى القاطعة في الجائز:

11-2-1. تعريف العزم والقوى القاطعة:

يتم تعريف العزم والقوى القاطعة المراد معاينتها من خلال الخطوات التالية والموضحة في الأشكال (2-30) و(2-31) و(2-32) و(2-33) و(2-34)، وبمساعدة الشكل (2-35) الموضح في الملاحظة (9) للحصول على الأرقام المطلوبة واللازمة لتحديد المعاينة والتي هي (3) و(16) و(6) و(9):

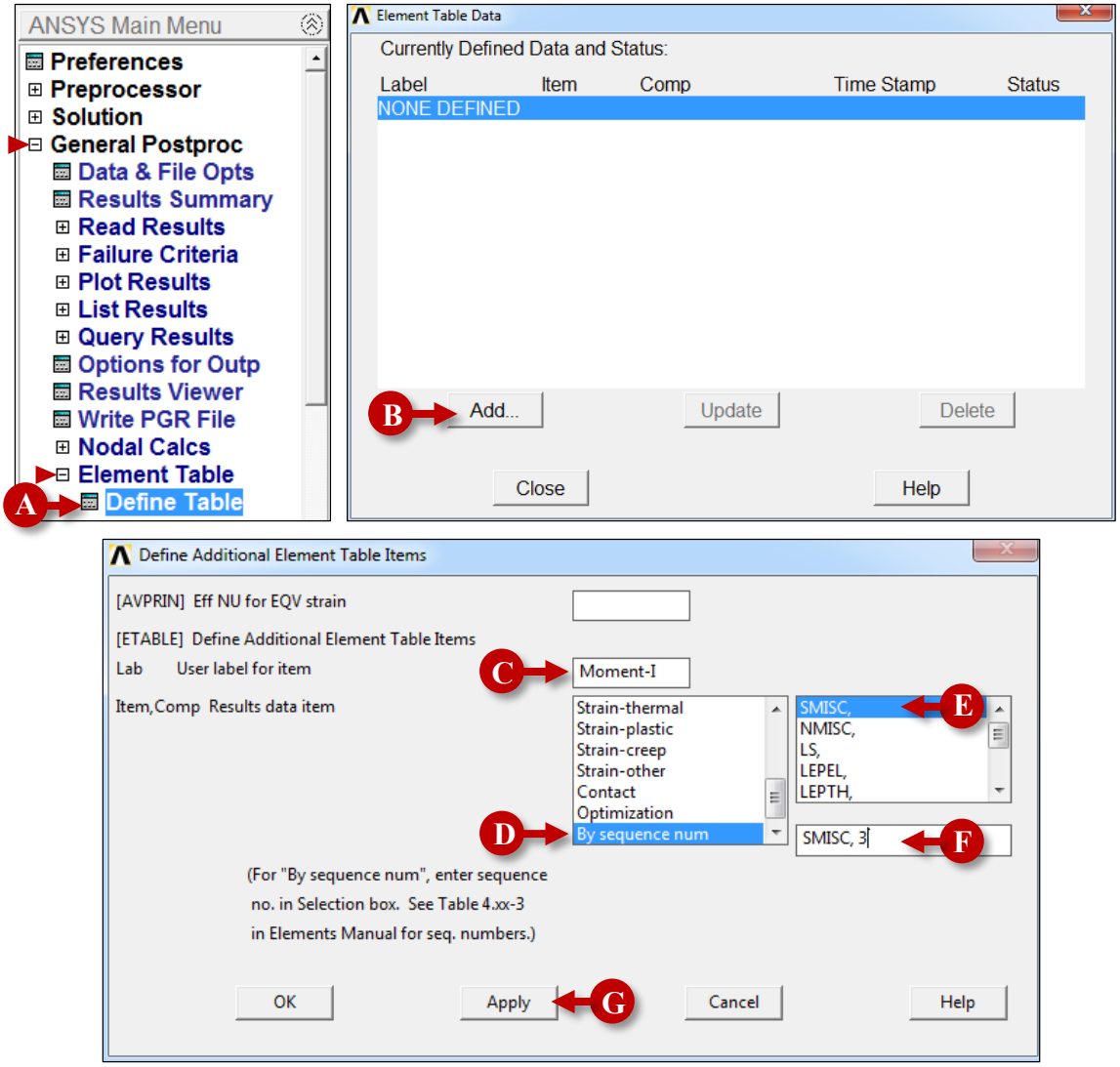
11- 2-1. General Postproc> Element Table> Define Table> Add

1. Lab User Label for Item = **Moment-I** (اقتراح اسم توضيحي للعزم في العقدة الأولى)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > SMISC, 3 > Apply**

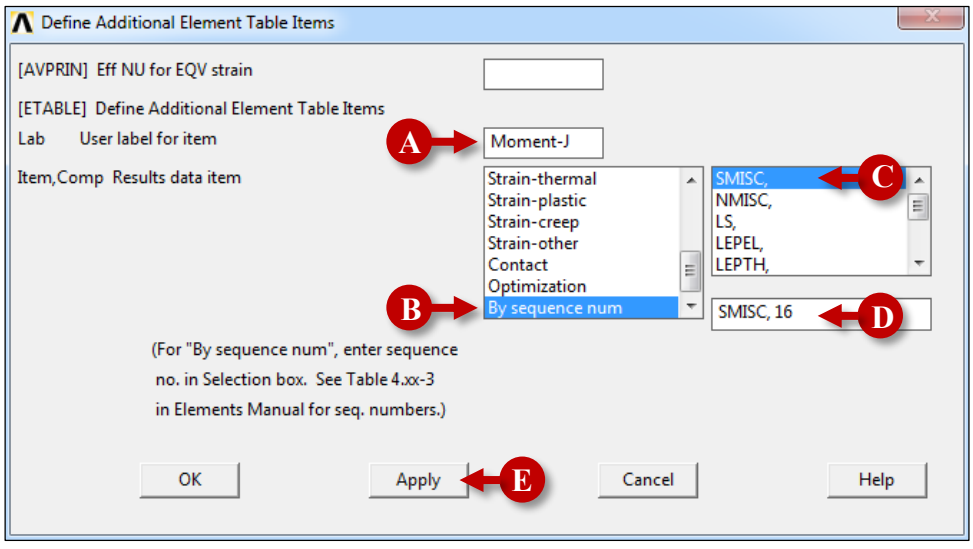
2. Lab User Label for Item = **Moment-J** (اقتراح اسم توضيحي للعزم في العقدة الثانية)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > SMISC, 16 > Apply**

3. Lab User Label for Item = **Shear-I** (اقتراح اسم توضيحي للقوى القاطعة في العقدة الأولى)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > SMISC, 6 > Apply**

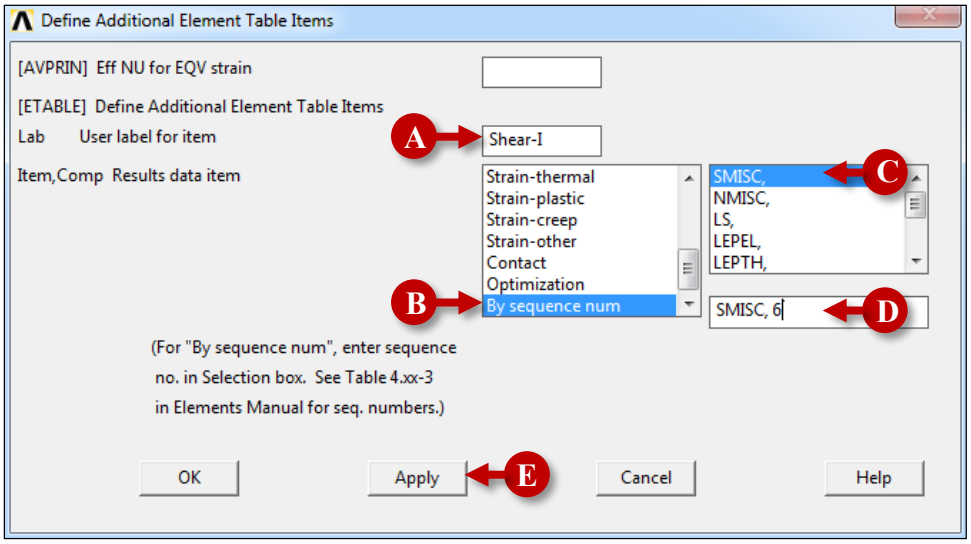
4. Lab User Label for Item = **Shear -J** (اقتراح اسم توضيحي للقوى القاطعة في العقدة الثانية)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > SMISC, 19 > OK**



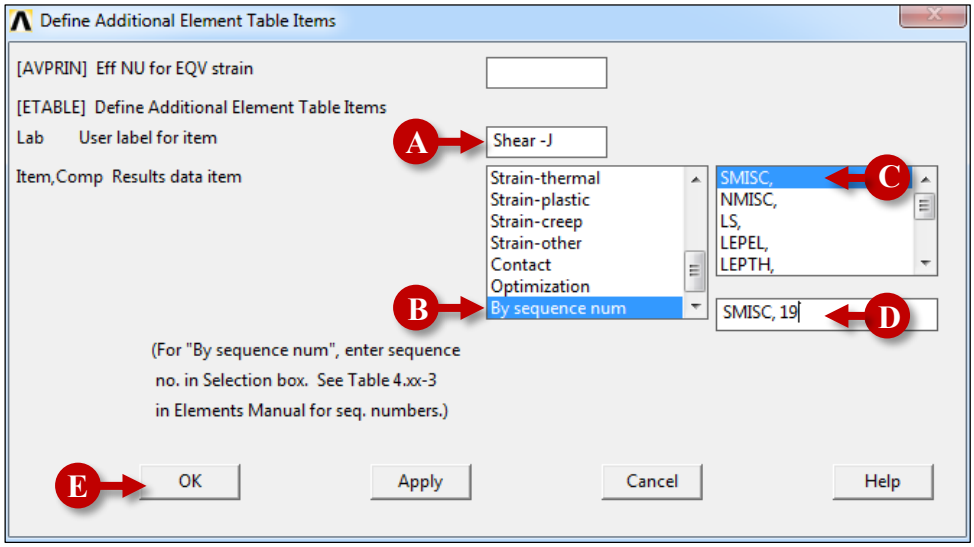
الشكل (2-30): تعريف العزم في العقدة الأولى (I) التي تمثل عقدة بداية العنصر



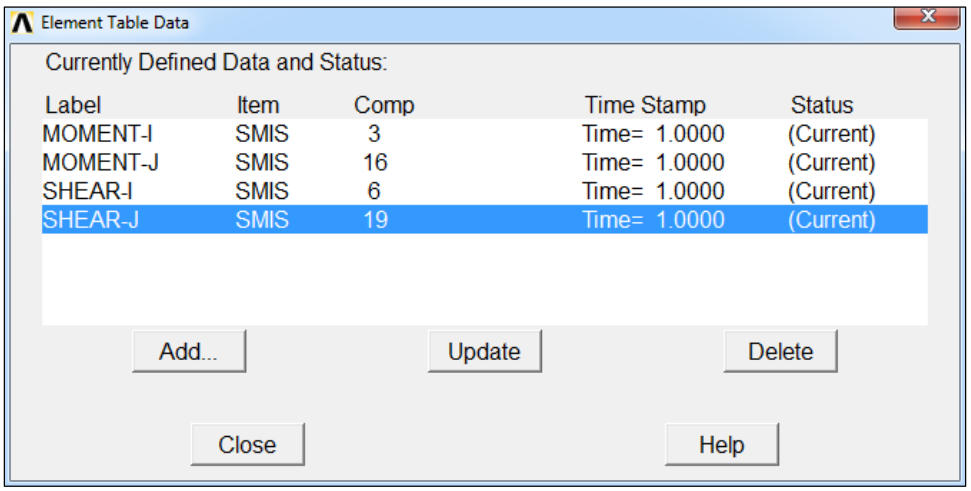
الشكل (2-31): تعريف العزم في العقدة الثانية (J) التي تمثل عقدة نهاية العنصر



الشكل (2-32): تعريف القوى القاطعة في العقدة الأولى (I) التي تمثل عقدة بداية العنصر



الشكل (2-33): تعريف القوى القاطعة في العقدة الثانية (J) التي تمثل عقدة نهاية العنصر

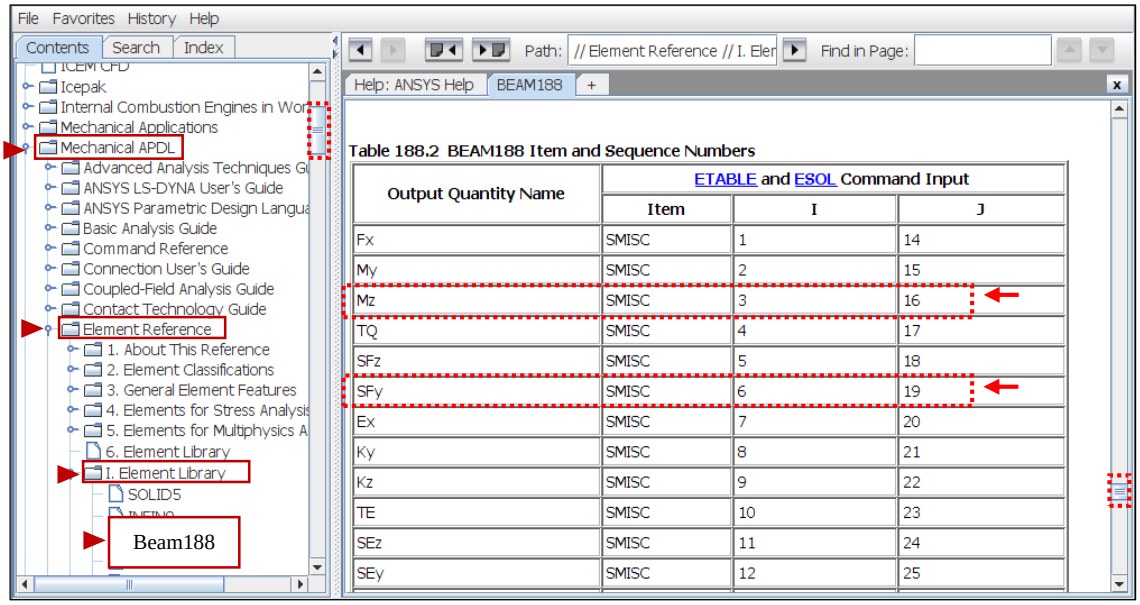


الشكل (2-34): بيانات جميع تعاريف العزوم والقوى القاطعة

- **ملاحظة (9):**

يتم الحصول على الأرقام المطلوبة لمعاينة الإجهادات أو القوى المحورية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-35):

- **Help> Help Topics>**
  Content> Mechanical APDL> Element Reference> Element Library> Beam188>



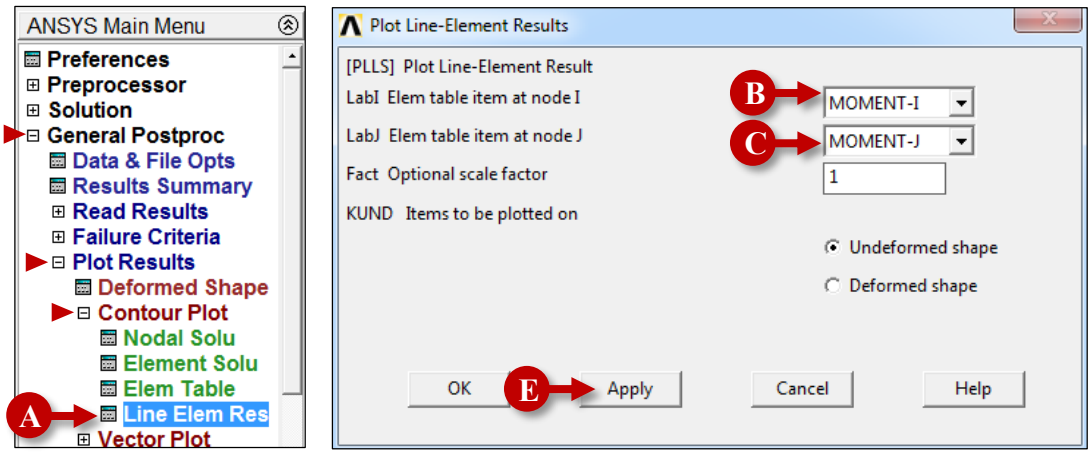
الشكل (2-35): الحصول على الأرقام المطلوبة لمعاينة العزم والقوى القاطعة

11-2-2. معاينة مخططات العزم والقوى القاطعة في الجائز:

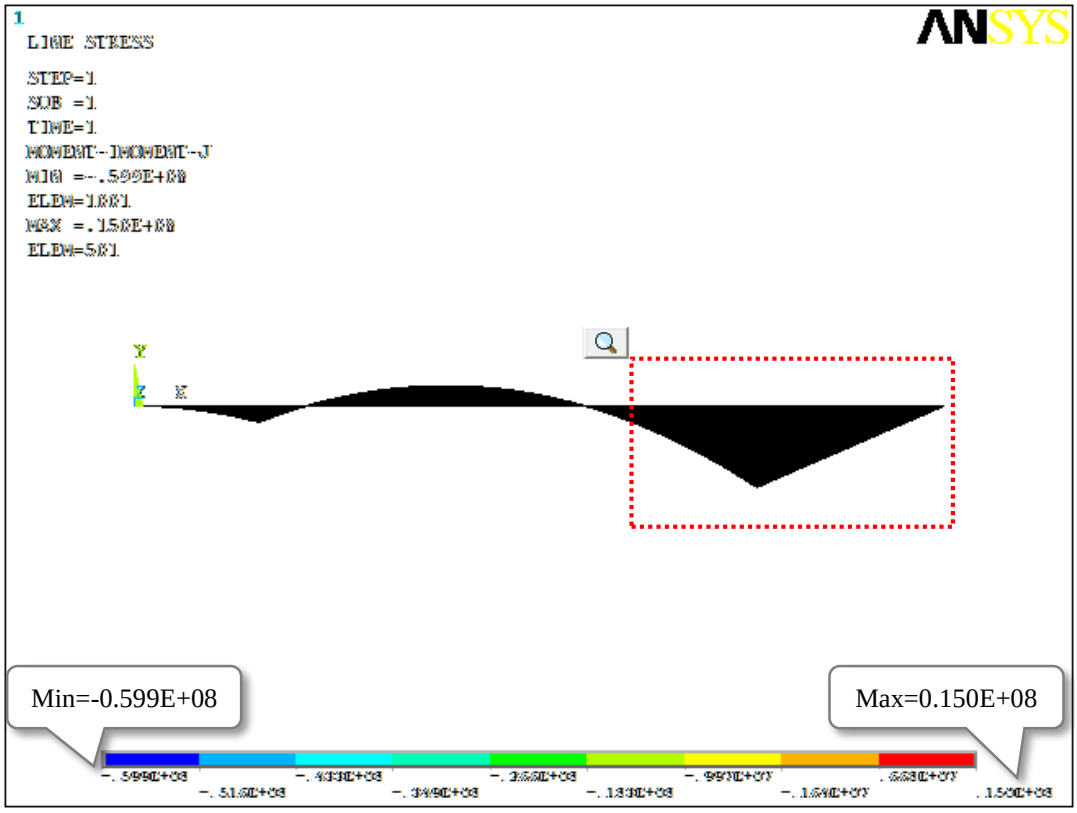
تتم معاينة مخططات العزم والقوى القاطعة في الجائز من خلال الخطوات التالية والموضحة في الأشكال (2-36) و(2-37) و(2-38) و(2-39) و(2-40) و(2-41):

11- 2-2. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Line Elem Res>

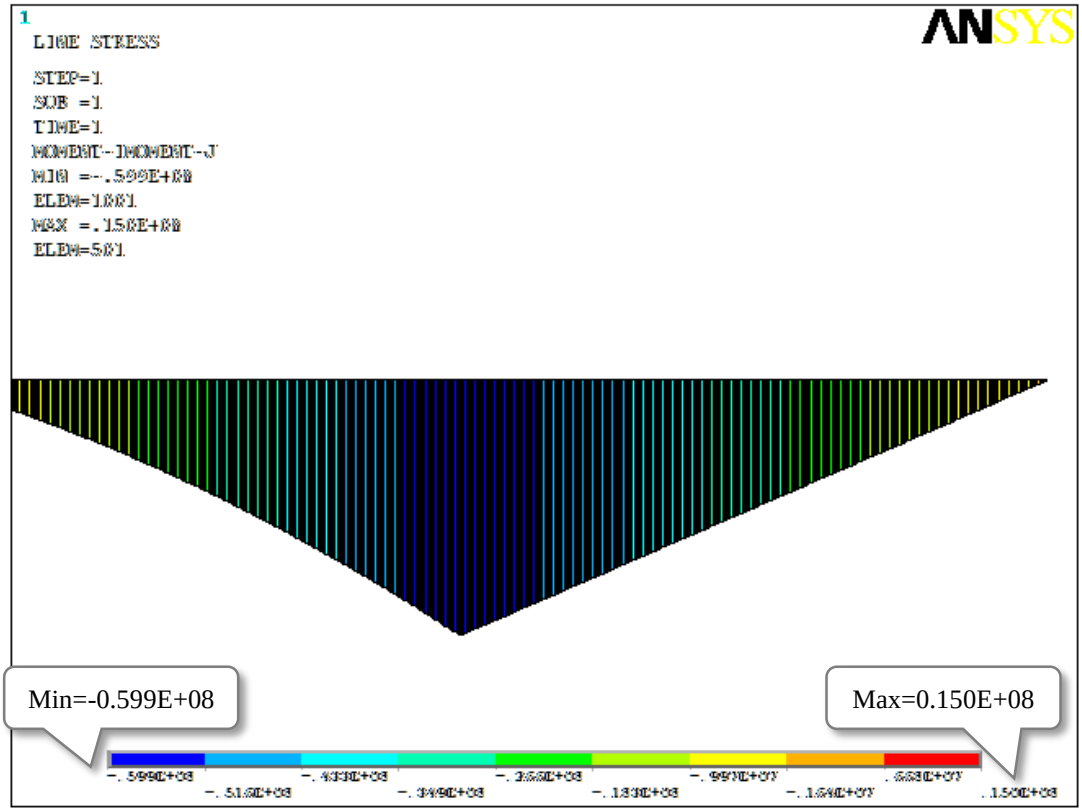
1. Lab I Elem Table Item at Node I = **Moment-I**
   Lab J Elem Table Item at Node J = **Moment-J**
   > Apply
2. Lab I Elem Table Item at Node I = **Shear-I**
   Lab J Elem Table Item at Node J = **Shear-J**
   > OK



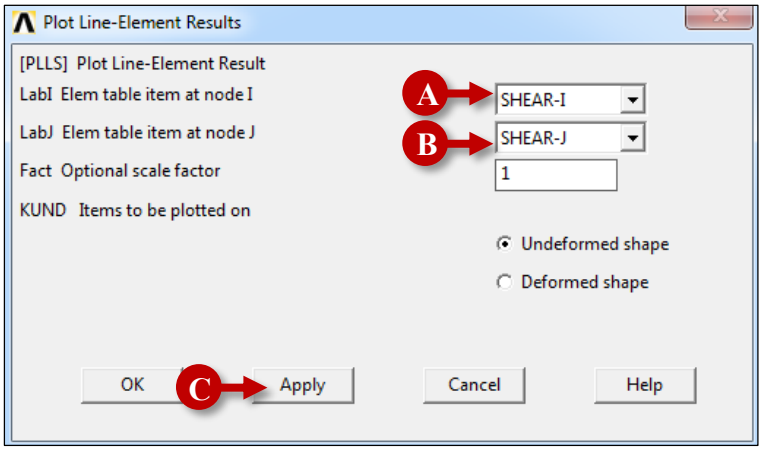
الشكل (2-36): تحديد العزم وفق العقد لمعاينة مخطط العزم



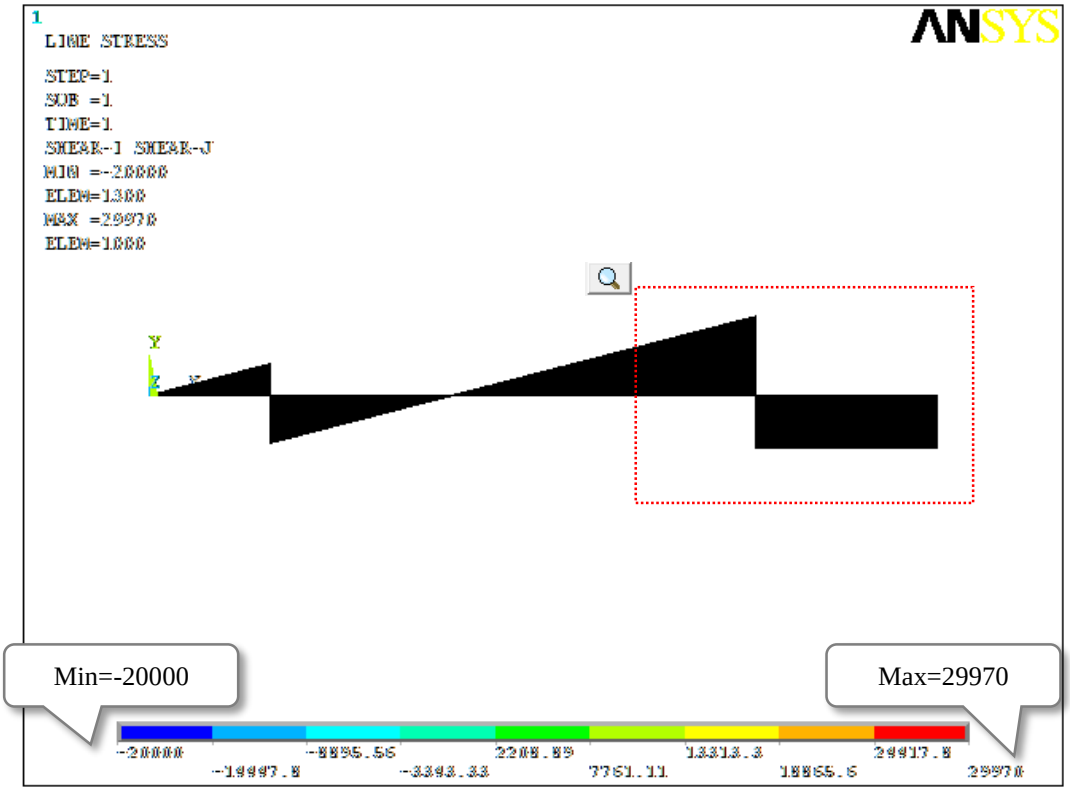
الشكل (2-37): مخطط العزم في الجائز



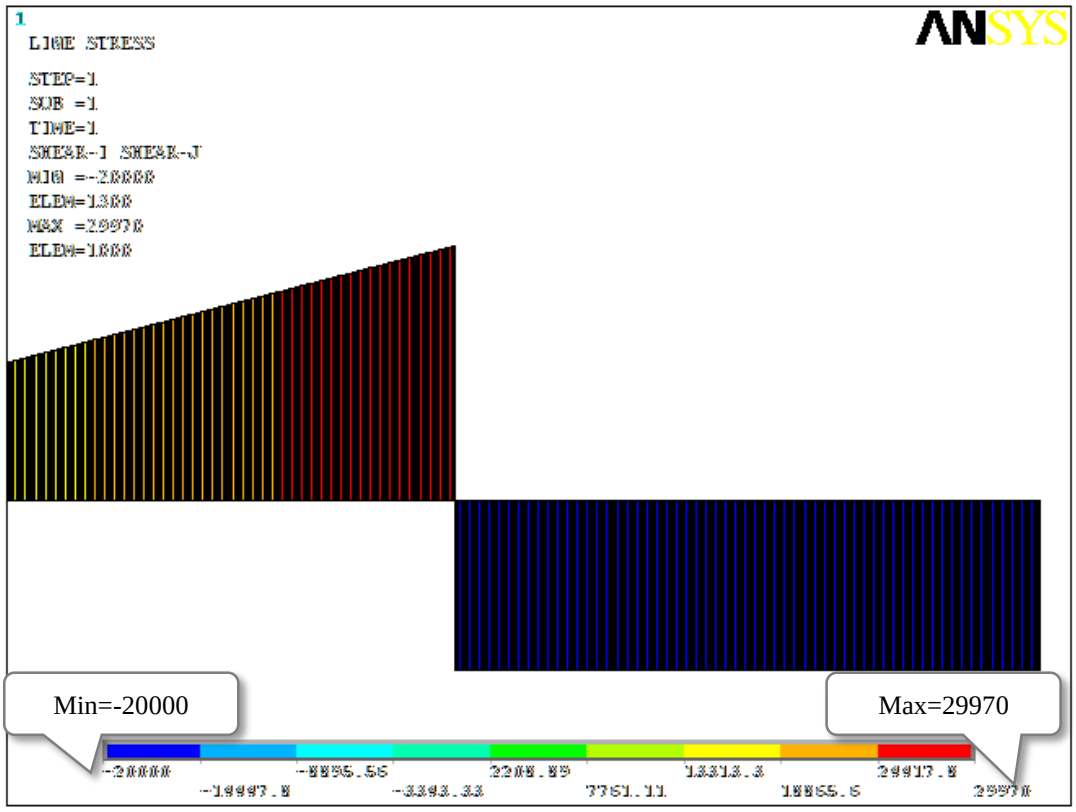
الشكل (2-38): مخطط العزم في الجزء المكبَّر من الجائز



الشكل (2-39): تحديد القوى القاطعة وفق العقد لمعاينة مخطط القوى القاطعة



الشكل (2-40): مخطط القوى القاطعة في الجائز

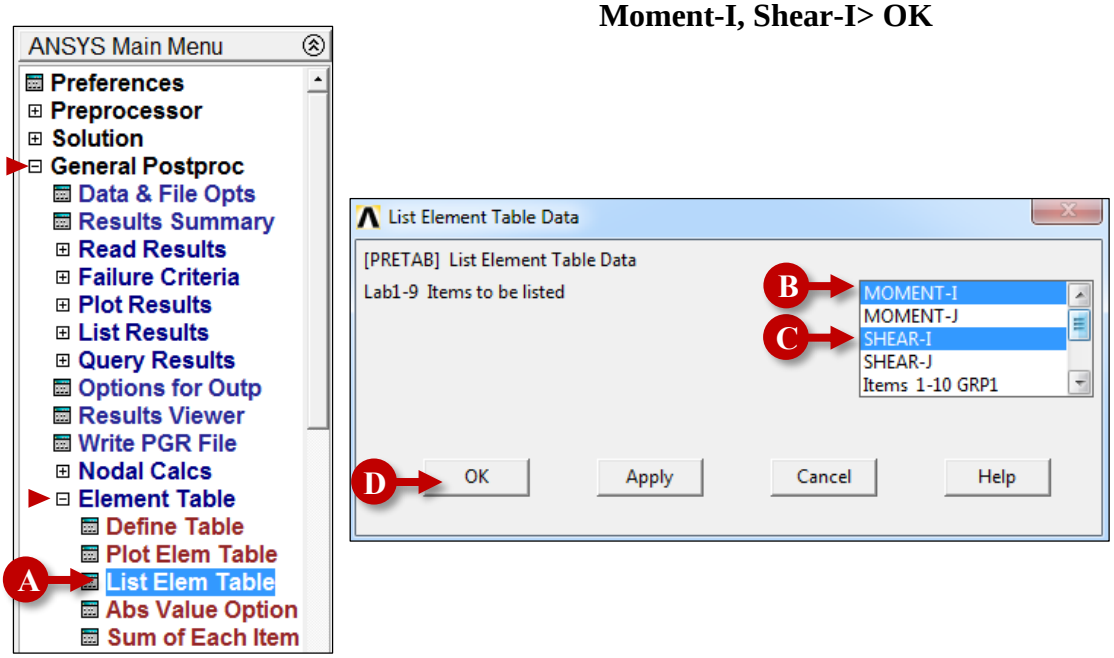


الشكل (2-41): مخطط القوى القاطعة في الجزء المكبَّر من الجائز

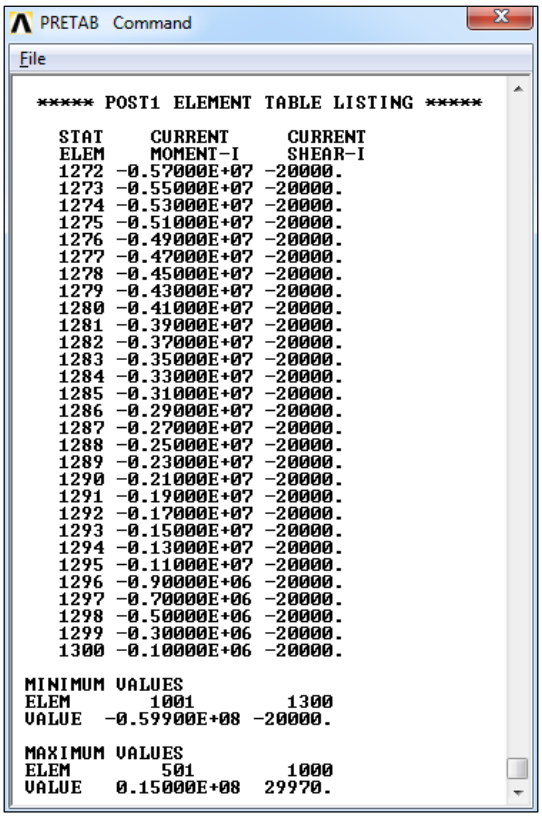
11-2-3. معاينة قيم العزم والقوى القاطعة في الجائز (بشكل رقمي):

تتم معاينة قيم العزم والقوى القاطعة في الجائز بشـــكل رقمي من خلال المســـار التالي والموضح في الشكل (2-42) و(2-43):

11- 2-3. General Postproc> Element Table> List Elem Table> Moment-I, Shear-I> OK



الشكل (2-42): تحديد العزم والقوى القاطعة لمعاينتها رقمياً

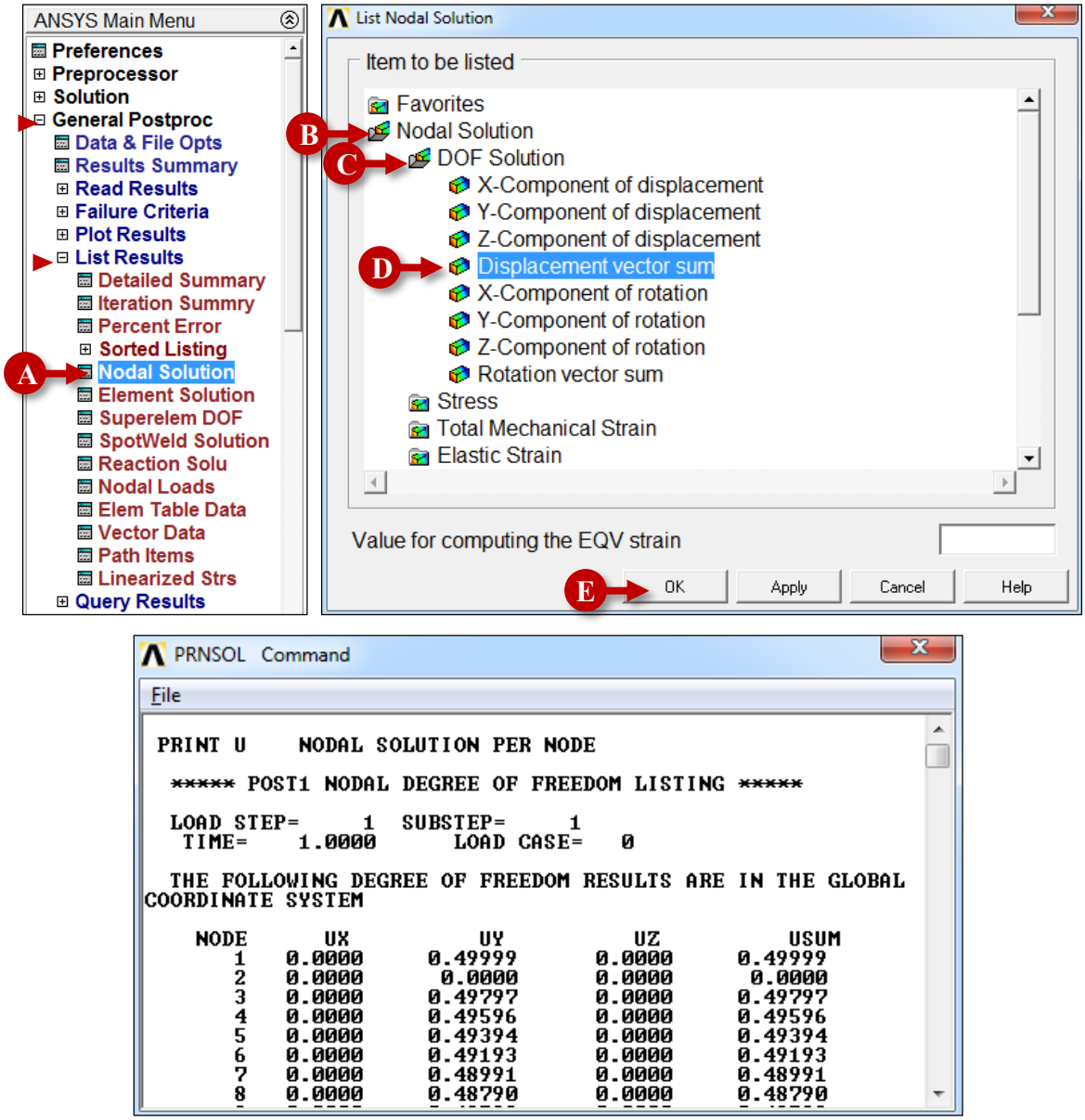


الشكل (2-43): معاينة العزم والقوى القاطعة في عناصر الجائز رقمياً

11-3 معاينة قيم الإنتقالات في عقد الجائز (رقمياً):

تتم معاينة قيم الإنتقالات في عقد الجائز بشكل رقمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-44):

11- 3. General Postproc> List Results> Nodal Solution>
>Nodal Solution> DOF Solution>Displacement Vector Sum> OK



PRNSOL Command

File

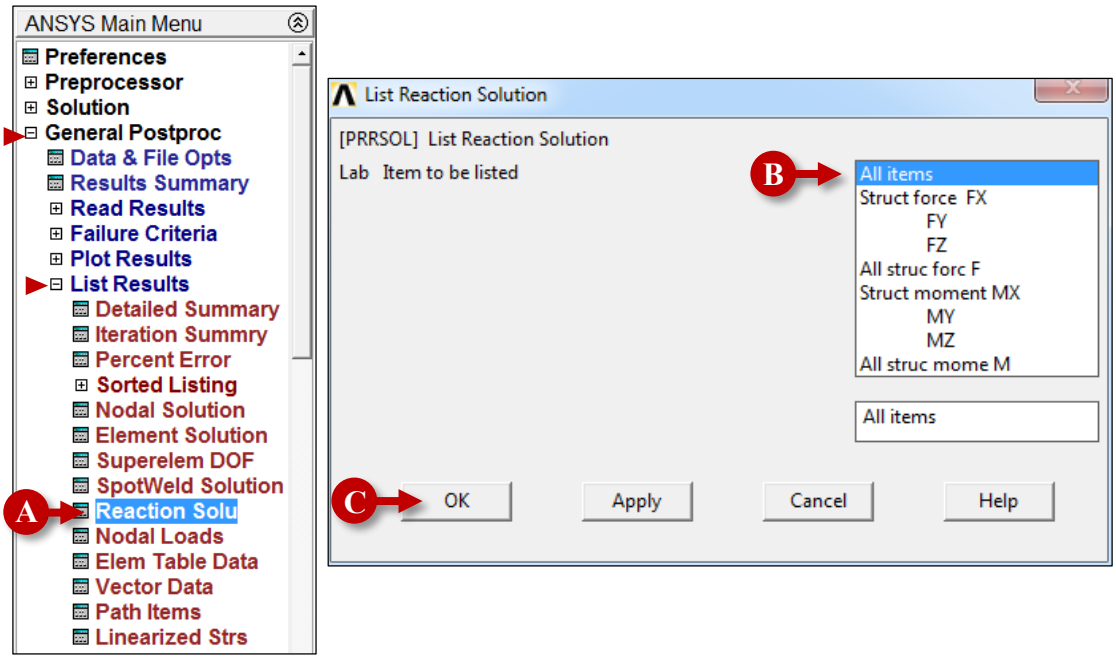
```
 PRINT U     NODAL SOLUTION PER NODE

  ***** POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****

  LOAD STEP=     1  SUBSTEP=     1
   TIME=    1.0000       LOAD CASE=   0

  THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE IN THE GLOBAL
COORDINATE SYSTEM

    NODE      UX          UY          UZ          USUM
       1   0.0000      0.49999     0.0000      0.49999
       2   0.0000       0.0000     0.0000       0.0000
       3   0.0000      0.49797     0.0000      0.49797
       4   0.0000      0.49596     0.0000      0.49596
       5   0.0000      0.49394     0.0000      0.49394
       6   0.0000      0.49193     0.0000      0.49193
       7   0.0000      0.48991     0.0000      0.48991
       8   0.0000      0.48790     0.0000      0.48790
```

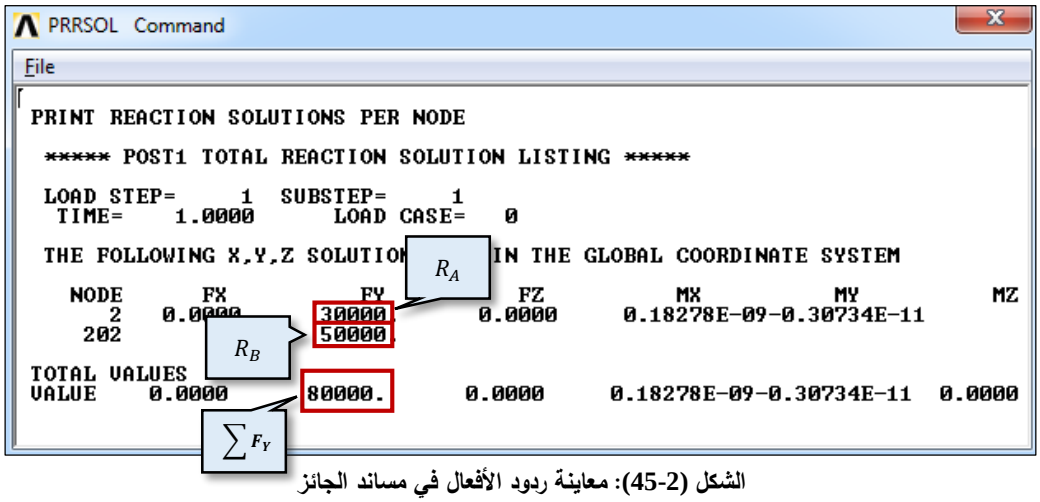
الشكل (2-44): معاينة قيم الإنتقالات في عقد الجائز (رقمياً)

11-4 معاينة قيم ردود الأفعال في مساند الجائز (رقمياً):

تتم معاينة قيم ردود الأفعال في مساند الجائز بشكل رقمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-45):

11- 4. General Postproc> List Results> Reaction Solu> All Items> OK

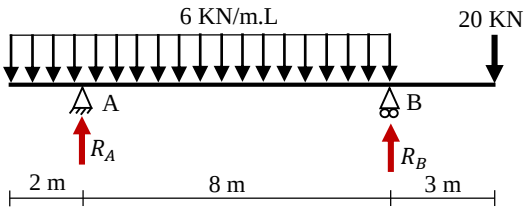




الشكل (2-45): معاينة ردود الأفعال في مساند الجائز

- **التأكد من ردود الأفعال حسابياً:**

يبين الشكل (2-46) ردود الأفعال في الجائز، والتي يمكن حسابها من خلال الخطوات التالية:



الشكل (2-46): ردود الأفعال في الجائز

1. يتم حساب محصلة القوى الشاقولية المؤثرة على الجائز $(\sum \text{Force}_{(Y)})$ كما يلي:

- $\sum \text{Force}_{(Y)} = (6 \times 10^3) \times 10 + 20 \times 10^3 = 80\,000 \text{ N}$

2. وبأخذ مجموع العزوم $(\sum M_B)$ حول النقطة (B) يساوي الصفر فنحصل على التالي:

- $\sum M_B = 0 \Rightarrow (6 \times 10^3) \times 10 \times 5 = R_A \times 8 + 20 \times 10^3 \times 3 \Rightarrow$

رد الفعل عند المسند (A): $R_A = 30\ 000\ \text{N}$

رد الفعل عند المسند (B): $R_B = 50\ 000\ \text{N}$

وبالمقارنة مع النتائج التحليلية المبينة في الشكل السابق والذي يوضح معاينة ردود الأفعال في مساند الجائز نلاحظ بأن القيم متطابقة. كما أن العزوم (M_X, M_Y) في المساند تساوي الصفر تقريباً، والعزم (M_Z) معدوم عند المساند المفصلية لأنها تسمح بالدوران.

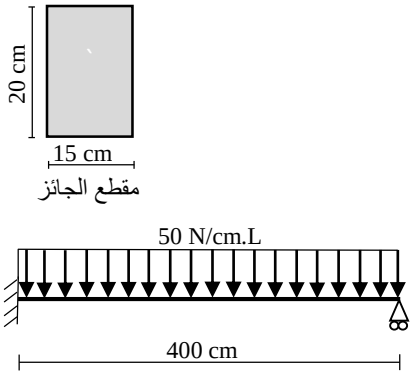
نهاية المثال الأول

2-2 المثال الثاني:

نمذجة جائز إنطلاقاً من العقد (Nodes)

جائز فولاذي، طوله (400 cm) وعرض مقطعه (15cm) وارتفاع مقطعه (20cm)، يستند على مسند وثاقة وأخر منزلق، يخضع لحمولة موزعة بانتظام كما هو مبين في الشكل (2-47)، والمطلوب نمذجة الجائز بشكل خطي، ومعاينة مخططات الإنتقالات الشاقولية والدورانات للعقد على امتداد الجائز، حيث:

$$E_s = 2 \times 10^7 \ N/cm^2$$



الشكل (2-47): شكل الجائز وأبعاده

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

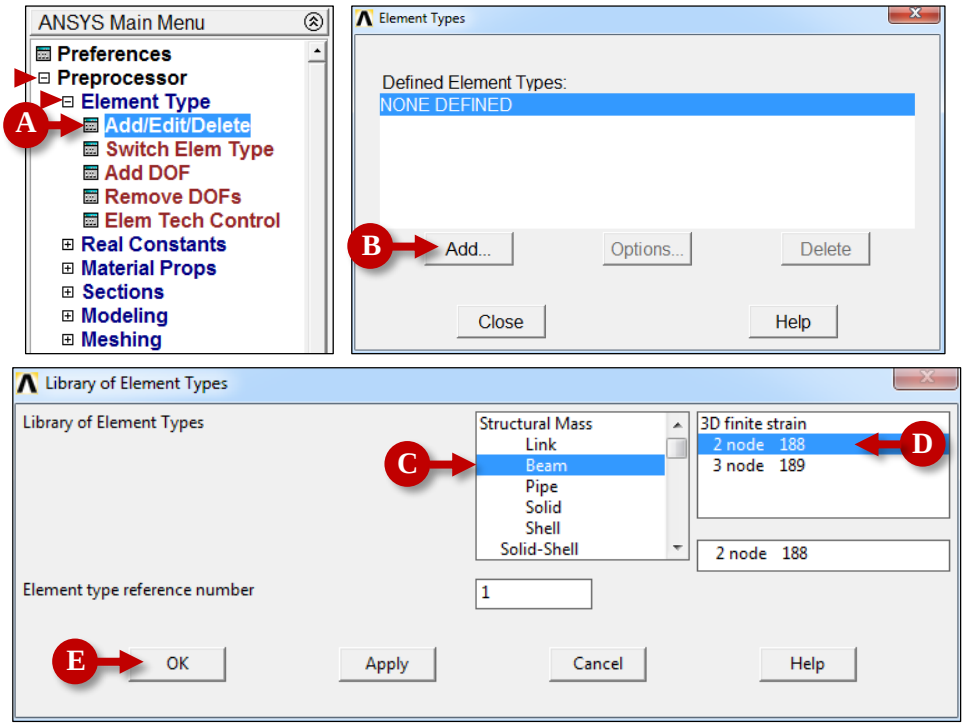
- ✓ نمذجة جائز بسيط بشكل خطي.
- ✓ النمذجة إنطلاقاً من العقد (Nodes).
- ✓ معاينة مخططات (Graphs) الإنتقالات الشاقولية والدورانات للعقد على امتداد الجائز.

❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد العنصر المستخدم:

سيتم استخدام العنصر (Beam188)، ويتم تحديده وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-48):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Beam > 2node 188 > OK> > Close



الشكل (2-48): تحديد العنصر المستخدم

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

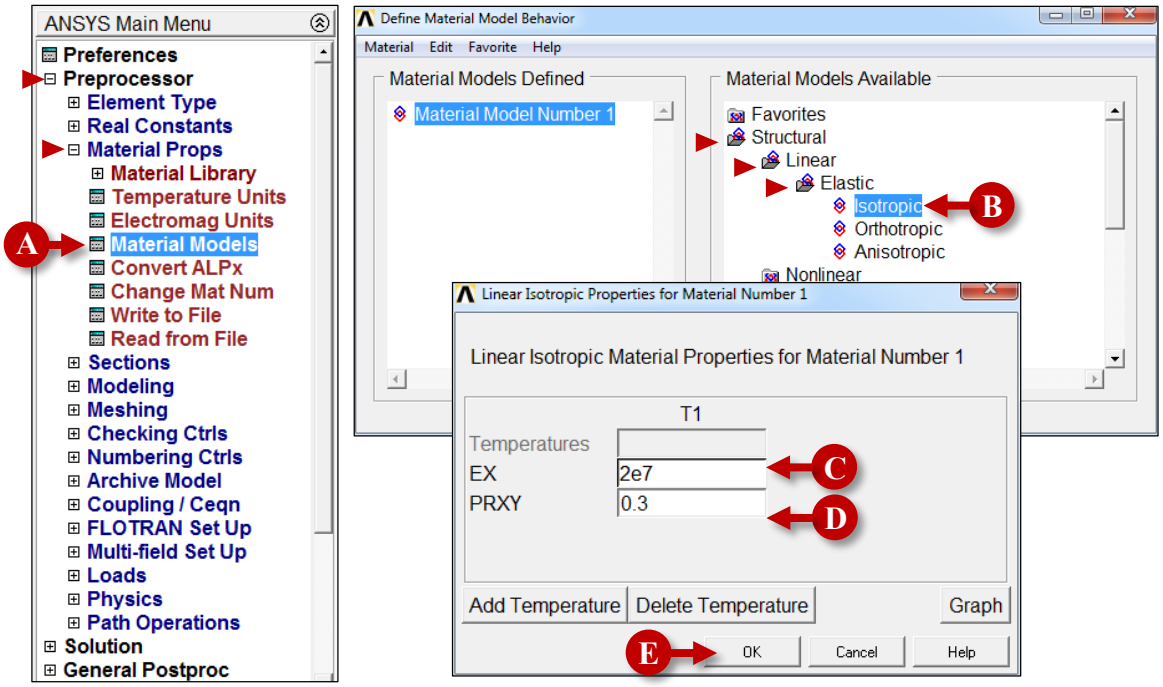
2- تعريف خصائص المادة المستخدمة:

يتم تعريف خصـائص المادة المسـتخدمة والتي هي (معامل المرونة ومعامل بواسـون) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-49):

2- Preprocessor> Material props> Material models> Structural>Linear> Elastic> > Isotropic

EX = **2e7** (N/cm^2) (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون للفولاذ)



الشكل (2-49): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للمادة المستخدمة

3- تعريف مقطع الجائز:

وفقاً لمعطيات المسـألة فإن عرض مقطع الجائز (15cm) وارتفاع هذا المقطع (20cm)، ويتم تعريف هذه البيانات وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-50):

3- Preprocessor> Sections> Beam> Common Sections>

Name = **b-15x20** (يتم اقتراح اسم ما للمقطع الفولاذي)

Sub-Type = (**مستطيل**) (يتم اختيار الشكل المستطيل للمقطع الفولاذي)

B = **15** (cm) (عرض مقطع الجائز الفولاذي)

H = **20** (cm) (إرتفاع مقطع الجائز الفولاذي)

(يشير الرقم صفر إلى أخذ العدد الافتراضي الذي يفرضه البرنامج)

Nd = **0** (عدد التقسيات الأفقية ضمن المقطع)

Nh = **0** (عدد التقسيمات الشاقولية ضمن المقطع)

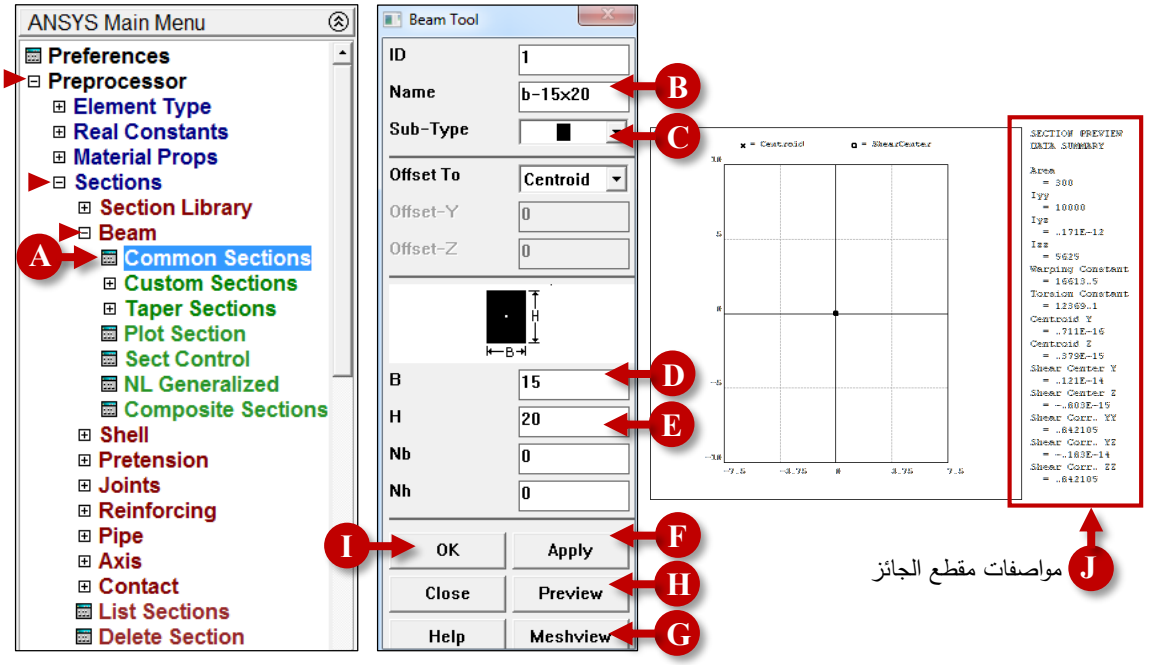
Apply> Mesh View> Preview> Ok

2. **Plot> Replot**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

- **ملاحظة (1):**

عند تعريف المقاطع بهذه الطريقة (Sections> Beam> Common Sections) فإنه يتم تقسيم المقطع وفق عدد التقسيمات (Nd, Nh) المبينة أعلاه، ويكون المحور الطولي للعنصر ينطبق على الخط المار من مركز ثقل المقطع، ويتم رسم العناصر بشكل خطي، ووفقاً لمحورها الطولي.



الشكل (2-50): تحديد أبعاد مقطع الجائز

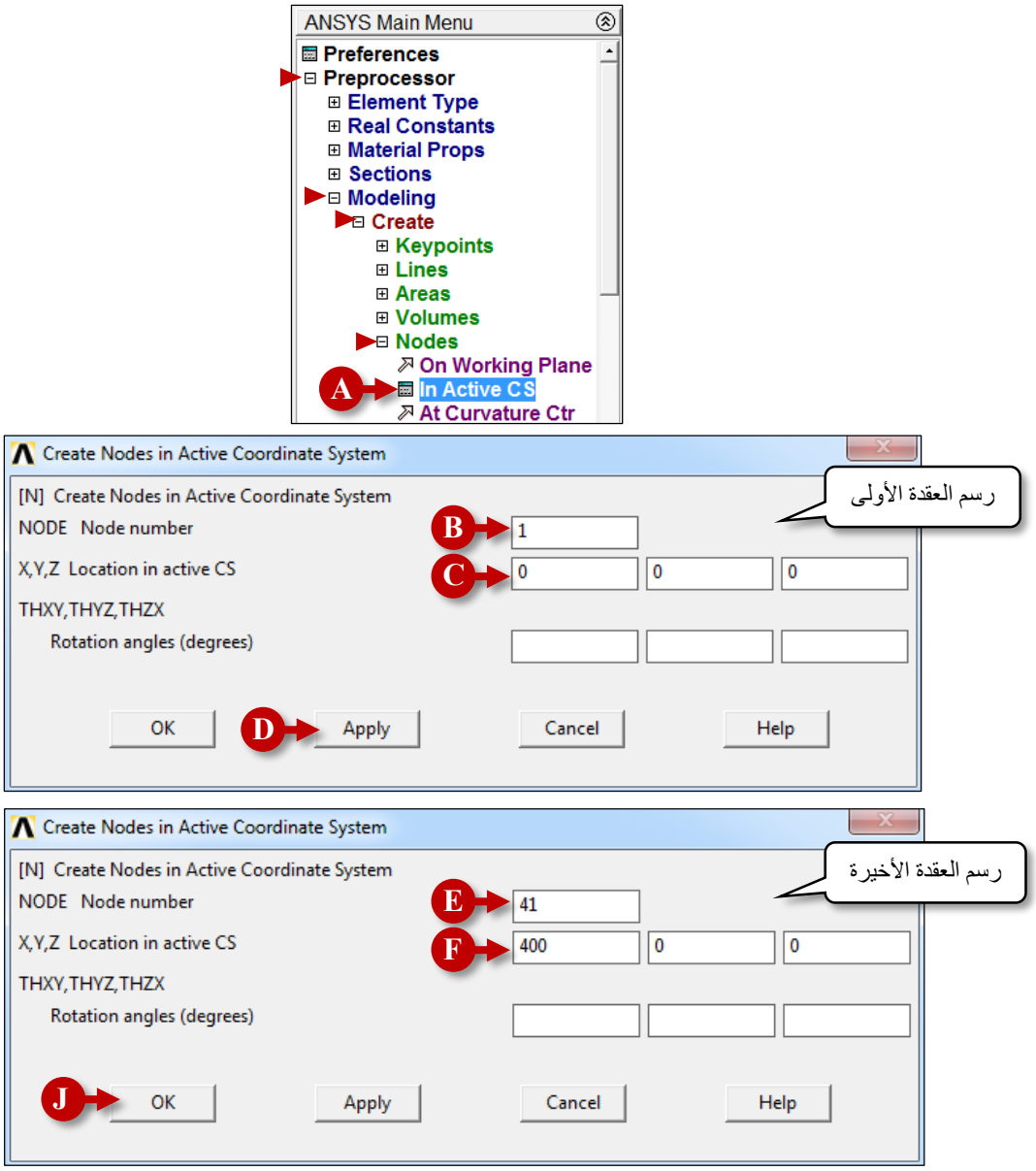
4- رسم العقدتين الأولى والأخيرة في الجائز:

يبلغ طول الجائز (400 cm)، وسيتم تقسيمه كل (10cm) وبالتالي ينتج (40) عنصر و(41) عقدة، سيتم في البداية رسم العقدتين: هما العقدة الأولى والتي تحمل الرقم (1) والعقدة الأخيرة والتي تحمل الرقم (41) فقط، وبعد ذلك يتم رسم العقد الواقعة بين هاتين العقدتين باستخدام أمر التعبئة (Fill between Nodes). تتم عملية رسم النقاط وفق المسار التالي وهي موضحة في الشكلين (2-51) و(2-52):

4-Preprocessor> Modeling> Create> Nodes> In Active CS>

- NODE Node Number = **1** (اسم العقدة الأولى)
  X, Y, Z Location in Active CS = **0 , 0 , 0** (إحداثيات العقدة الأولى)
  > Apply
- NODE Node Number = **41** (اسم العقدة الأخيرة)
  X, Y, Z Location in Active CS = **400 , 0 , 0** (cm) (إحداثيات العقدة الأخيرة)
  > OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-51): رسم العقدتين الأولى والأخيرة في الجانز

الشكل (2-52): العقدتين الأولى والأخيرة في الجانز

5- رسم العقد الواقعة بين العقدتين الأولى والأخيرة في الجائز:

سيتم رسم العقد الواقعة بين العقدتين (1) و(41) باستخدام أمر التعبئة (Fill between Nodes)، حيث سنحتاج إلى (39) عقدة جديدة تقع بين العقدتين السابقتين، وتكون التباعدات متساوية بين كل عقدتين متجاورتين، لتحقيق ذلك نتبع المسار التالي والموضح في الشكلين (2-53) و(2-54):

5- Preprocessor> Modeling> Create> Nodes> Fill between Nds>

>OK(يتم اختيار العقدة الأولى"1"، ثم العقدة الأخيرة "41" من على الواجهة الرسومية) >

NODE1, NODE2 Fill between Nodes = **1 , 41**

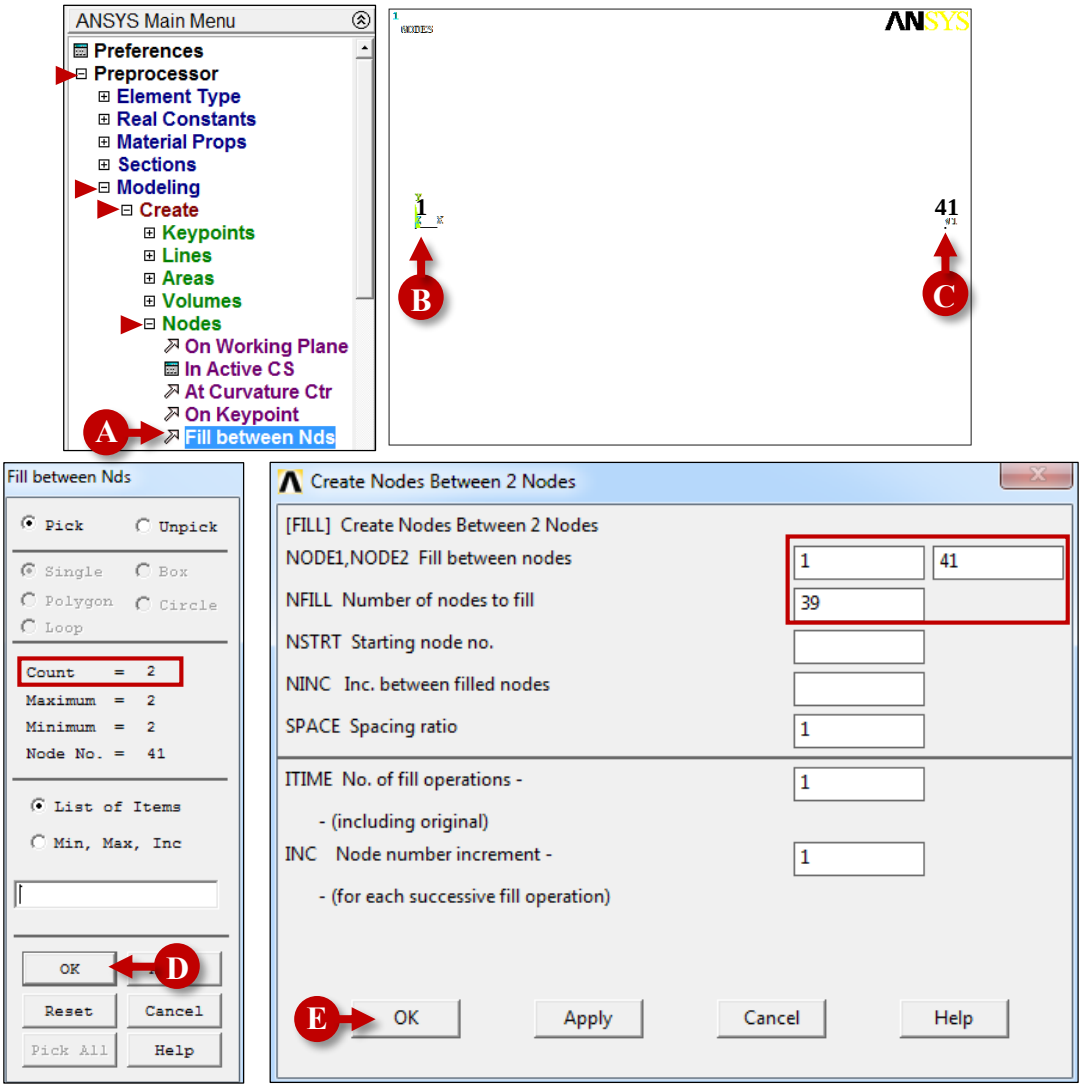
(رقم العقدتين الأولى والأخيرة التي سيتم رسم العقد بينهما هما 1،41)

NFILL Number of Nodes to Fill = **39**

(عدد العقد التي سيتم رسمها بين عقدتي البداية والنهاية)

SPACE Spacing Ratio = **1**

(نسبة التغير في التباعد بين العقد المراد إنشاؤها)



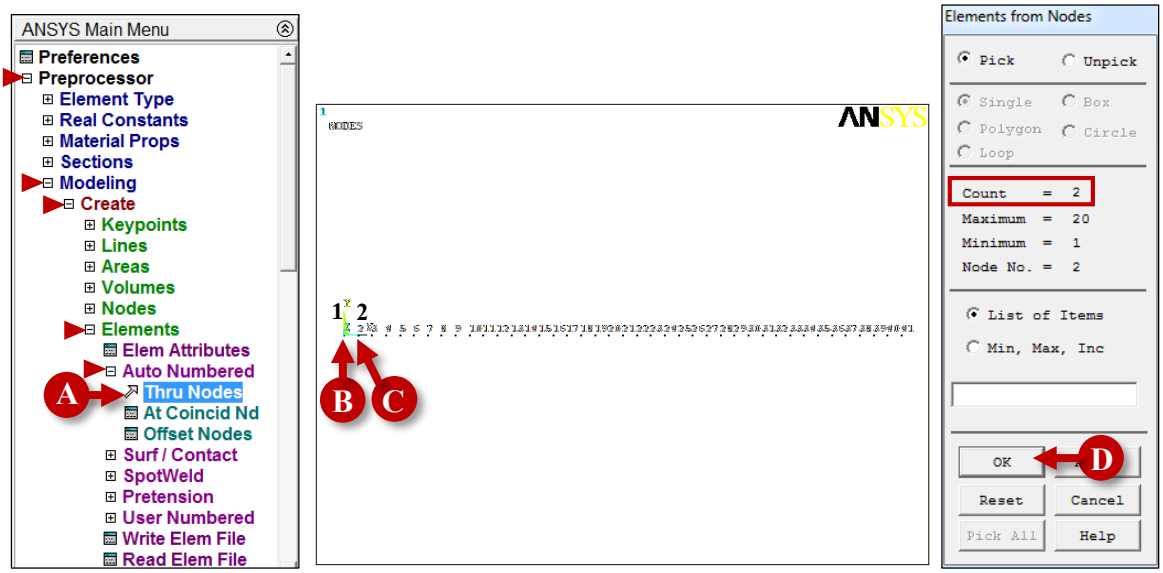
الشكل (2-53): رسم العقد الواقعة بين العقدتين الأولى والأخيرة في الجائز

الشكل (2-54): العقد الواقعة بين العقدتين الأولى والأخيرة في الجانز

6- رسم العنصر الأول الواقع بين العقدتين (1) و(2):

يتم رسم العنصر الأول الواقع بين العقدتين (1) و(2) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-55):

6- Preprocessor> Modeling> Create> Elements> Auto Numbred> Thru Nodes> (يتم تحديد أول عقدتين أي العقدة رقم **"1"** والعقدة رقم **"2"** في الواجهة الرسومية) > OK> Cancel



الشكل (2-55): رسم العنصر الأول الواقع بين العقدتين (1) و(2)

7- رسم بقية العناصر من خلال النسخ:

يتم رسم بقية العناصر من خلال نسخ العنصر الأول الذي تم رسمه، بحيث يصبح المجموع الكلي لعدد العناصر يساوي (40) عنصر، وتتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-56):

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

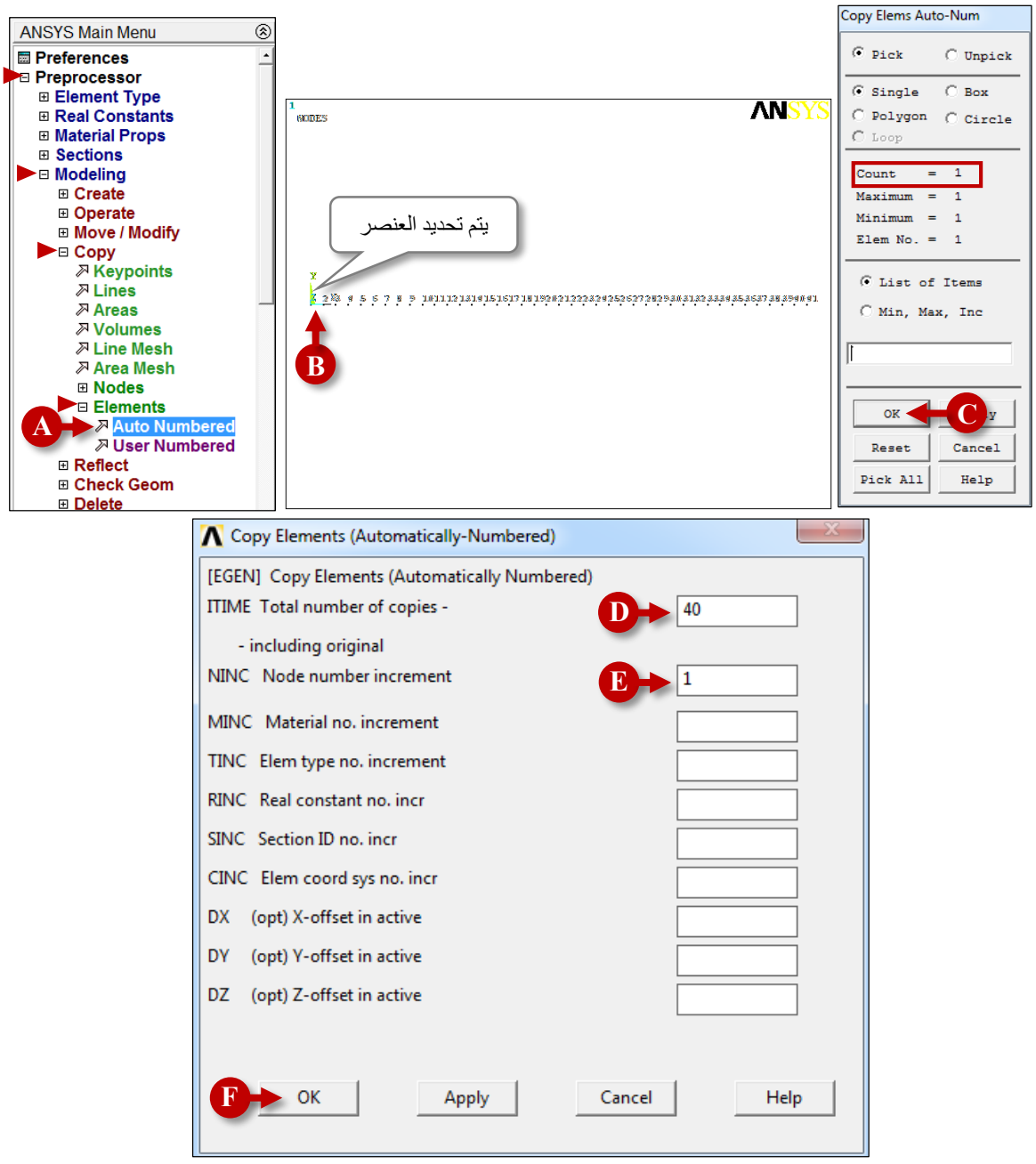
7- Preprocessor> Modeling> Copy> Elements> Auto Numbred>

> (يتم تحديد العنصر الذي تم رسمه)>OK>

ITIME Total Number of Copy -Including Original- = **40**

(العدد الكلي للنُسخ – متضمن النسخة الأصلية–)

NINC Node Number Increment = **1** (تزايد رقم العنصر)



الشكل (2-56): نسخ العنصر الأول

- **ملاحظة (2):**

في حال إختفاء العناصر عند تكبير شاشة المعاينة يتم إعادة إظهارها من خلال:

- **Plot> Multi-Plots**

- **ملاحظة (3):**

في هذا المثال تم رسم العناصر مباشرة، وبالتالي لن يتم استخدام أمر التقسيم (Mesh).

8- تخصيص المساند:

يتم تخصـــيص المســـند الموثوق والمنزلق للجائز والمبينين في الشـــكل (2-57) من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكلين (2-58) و(2-59):

8- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Nodes>

1. (يتم تحديد العقدة رقم"**1**" الواقعة في الطرف الأيسر من الجائز والتي تمثل مسند الوثاقة)>OK>

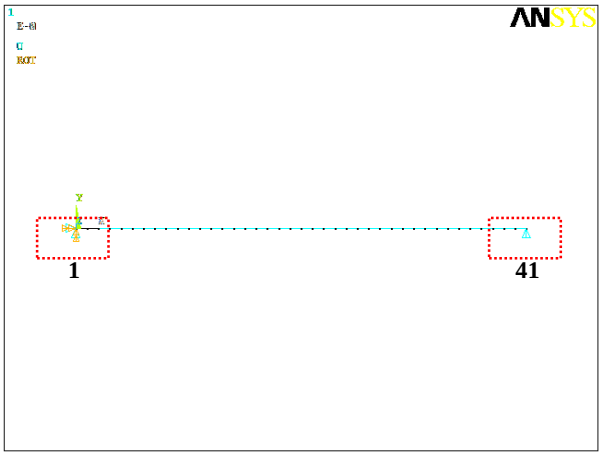
>LAB2 DOFs to be Constrained = **All DOF** (تثبيت كافة الانتقالات والدورانات)

> Apply

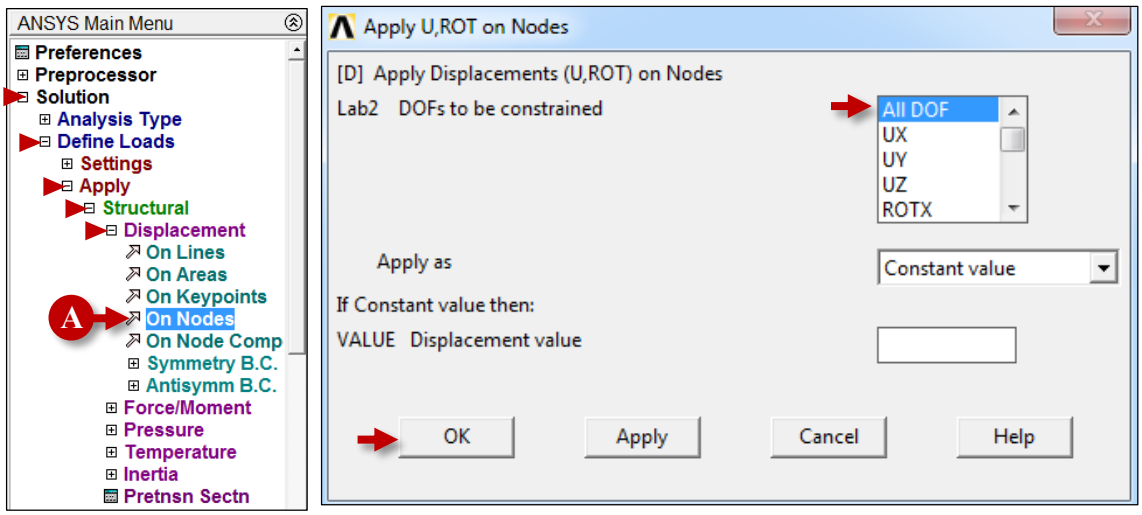
2. (يتم تحديد العقدة رقم"**41**" الواقعة في الطرف الأيمن من الجائز والتي تمثل المسند المنزلق)>OK>

>LAB2 DOFs to be Constrained = **UY** (تثبيت الانتقال)

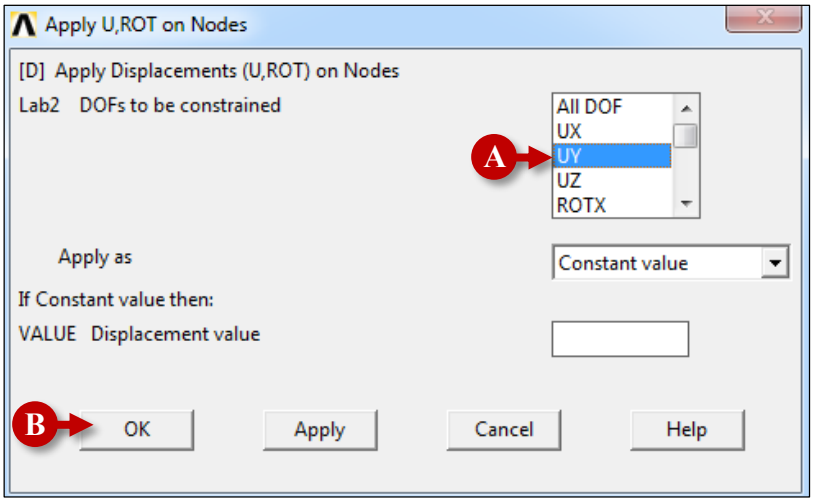
> OK



الشكل (2-57): تخصيص المساند



الشكل (2-58): تخصيص الإنتقال في مسند الوثاقة



الشكل (2-59): تخصيص الإنتقال في المسند المنزلق

9- تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام:

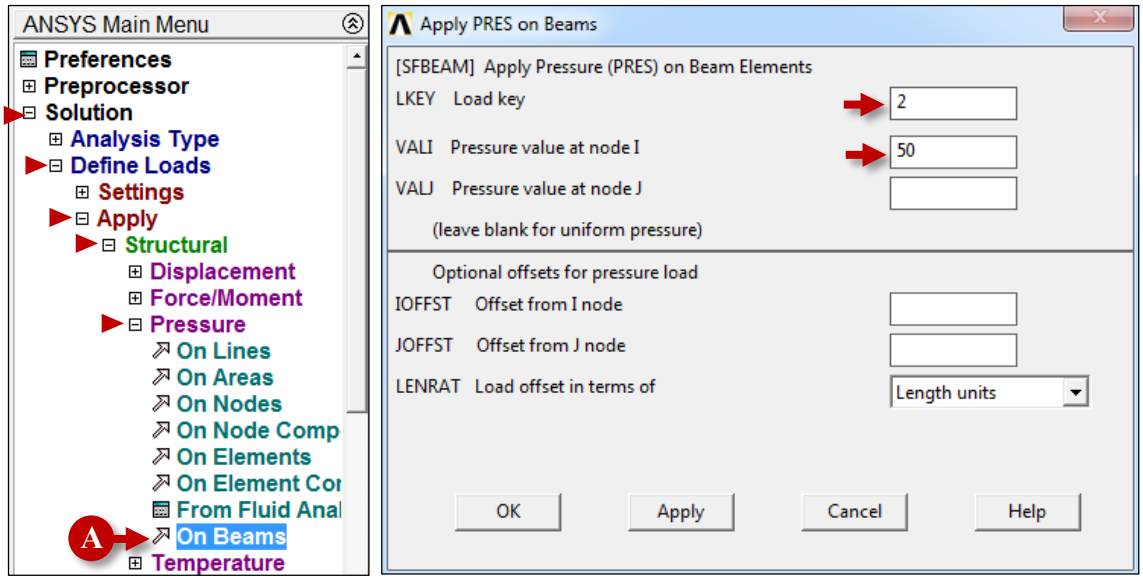
إن شـــدة الحمولة الموزعة بانتظام تســـاوي ($q=50\ N/cm.l$)، وبما أنها موازية للمحور (Y) فإن (Load Key =2)، ونظراً لكونها ضاغطة على العناصر (لأنها تتجه نحو الأسفل) فإن إشارة شدة الحمولة يجب أن تكون موجبة، ويتم تطبيقها وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-60) و(2-61):

9-b. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Pressure> On Beams> Pick All>

Load Key = **2** (اتجاه محور الحمولة)

Pressure Value at Node I = **50** ($N/cm.l$) (قيمة الحمولة مع الانتباه للإشارة)

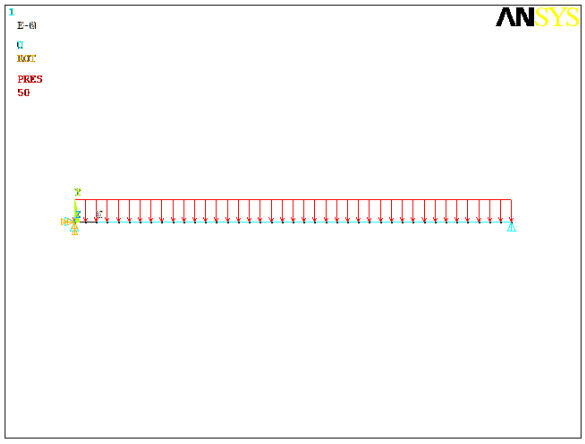
>OK



الشكل (2-60): تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام

- **ملاحظة (4):**
  - (Load Key =1) : يتم تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام باتجاه المحور (Z).
  - (Load Key =2): يتم تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام باتجاه المحور (Y).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-61): الحمولة الموزعة على الجائز

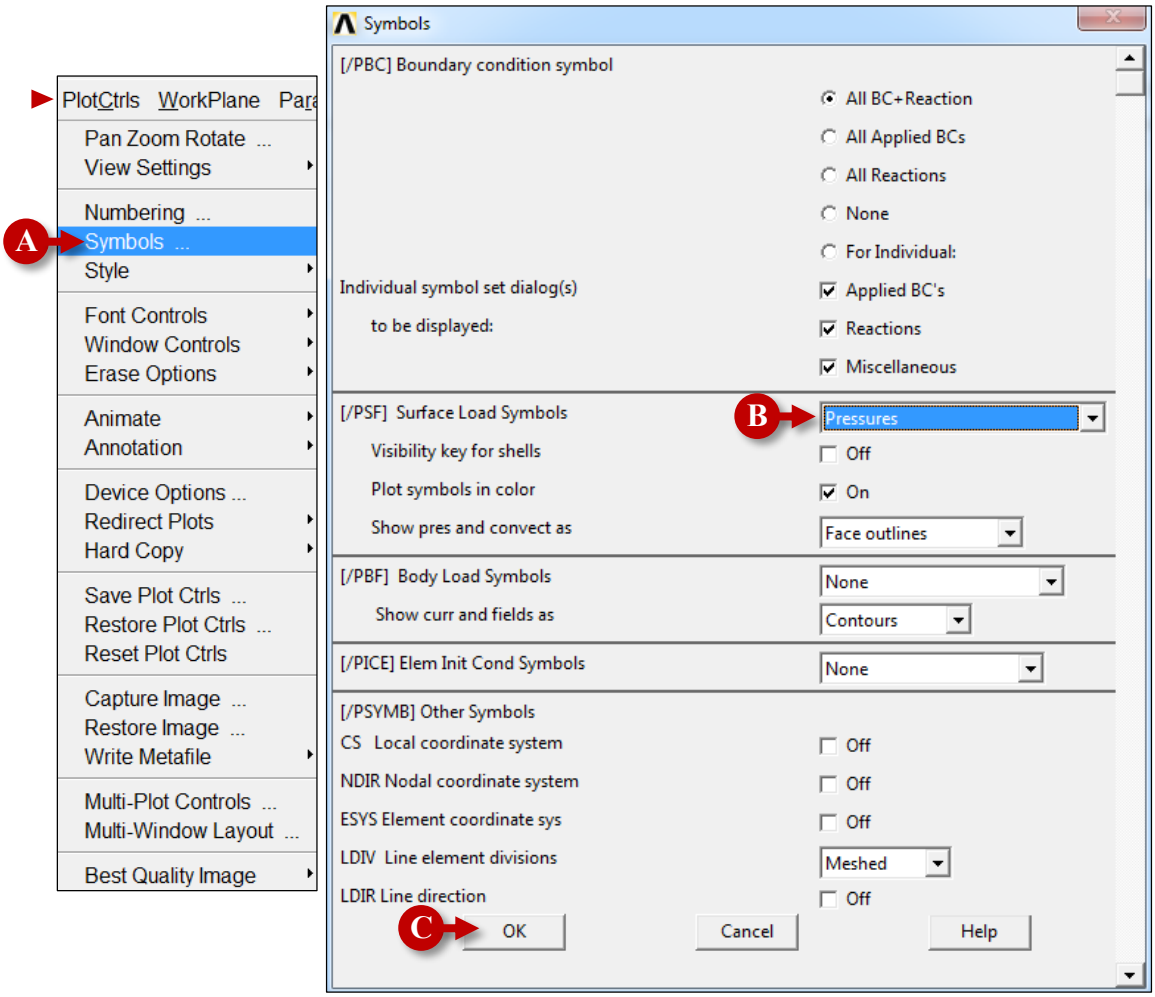
- تدل الإشـــارة الموجبة عند تطبيق الحمولة الموزعة على أن الحمولة ضـــاغطة على العنصر، أي بعكس اتجاه المحور (Y) في هذا المثال.
- بينما تدل الإشارة السالبة على أن الحمولة الموزعة شـادة للعنصـر، أي باتجاه المحور (Y) في هذا المثال.

- **ملاحظة (5):**

في حال إختفاء الحمولة الموزعة من على شـاشـة المعاينة يمكن تفعيل إظهارها من خلال المسـار التالي والموضح في الشكل (2-62):

➢ **Utility Menu > PlotCtrls > Symbols....**

Surface Load Symbols= **Pressures**



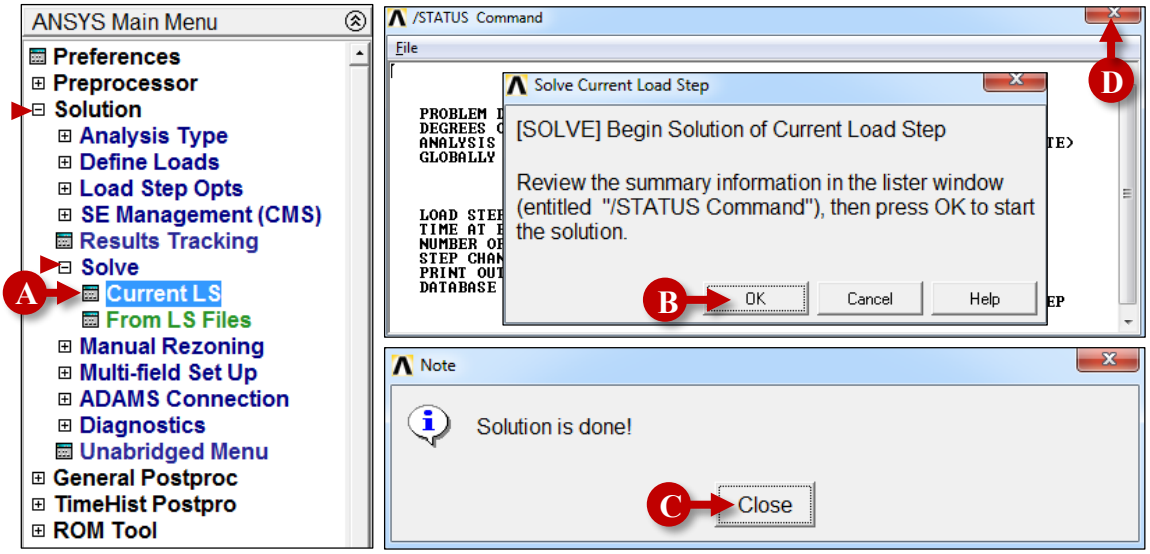
الشكل (2-62): تفعيل إظهار الحمولة الموزعة

10- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر (Solve) الموضح في الشكل (2-63)، وفق المسار التالي:

10- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

ثم يتم الإنتظار حتى الإنتهاء من التحليل، حيث يعطي البرنامج في هذا المثال رسالة (Solution is Done)، وبعد ذلك يمكن معاينة النتائج.



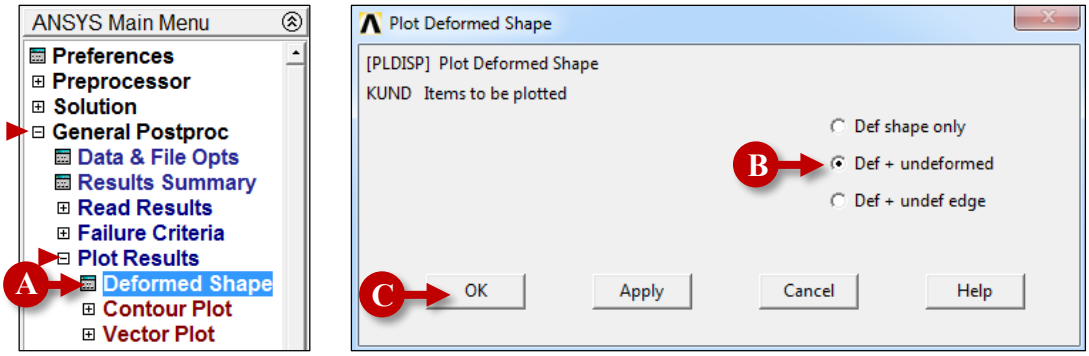
الشكل (2-63): بدء التحليل

11- معاينة النتائج:

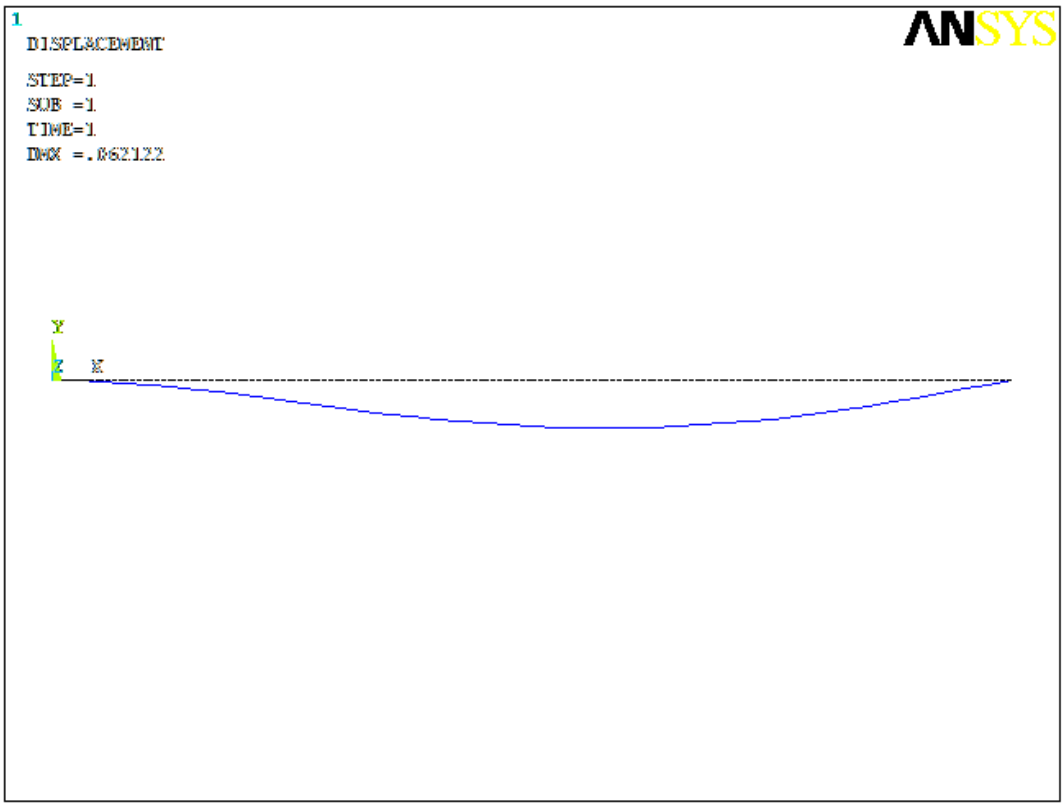
11-1 معاينة الشكل المتشوه:

تتم معاينة تشوه الجائز الناتجة عن الحمولات المطبقة من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-64) و(2-65):

11- 1. General Postproc> Plot Results> Deformed Shape> Def + undeformed > OK



الشكل (2-64): تحديد الشكل المتشوه وخطوط الشبكة في الشكل الأصلي



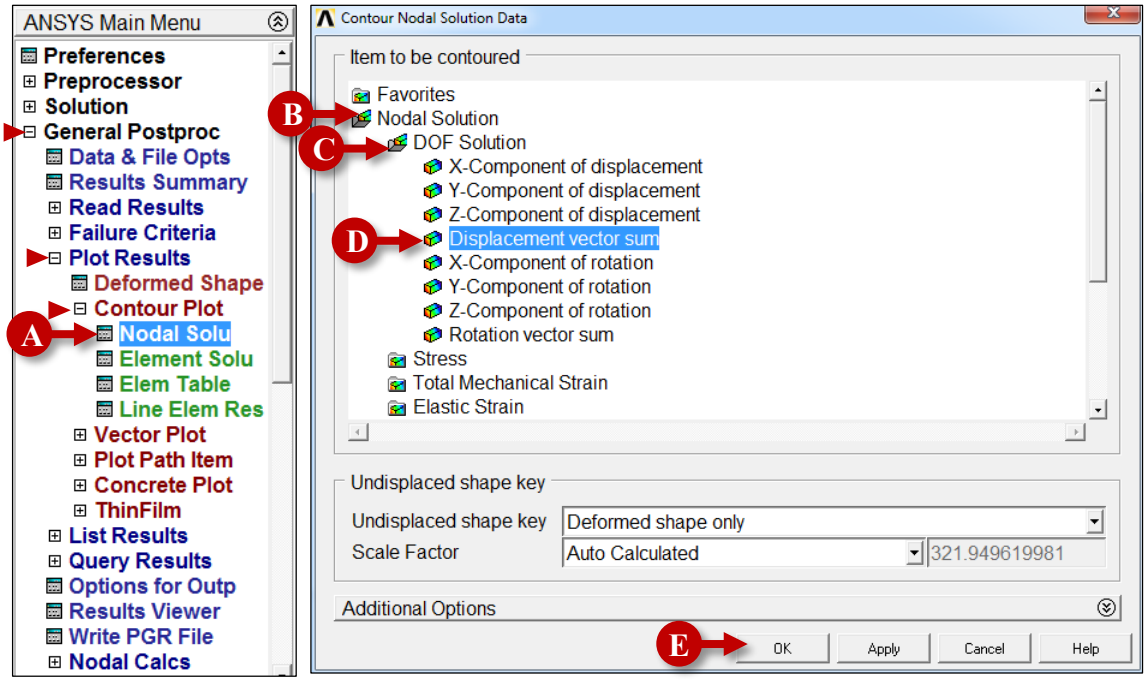
الشكل (2-65): الشكل المتشوه

نلاحظ من الشكل (2-65) بأن الإنتقالات معدومة في بداية ونهاية الجائز بسبب وجود المساند.

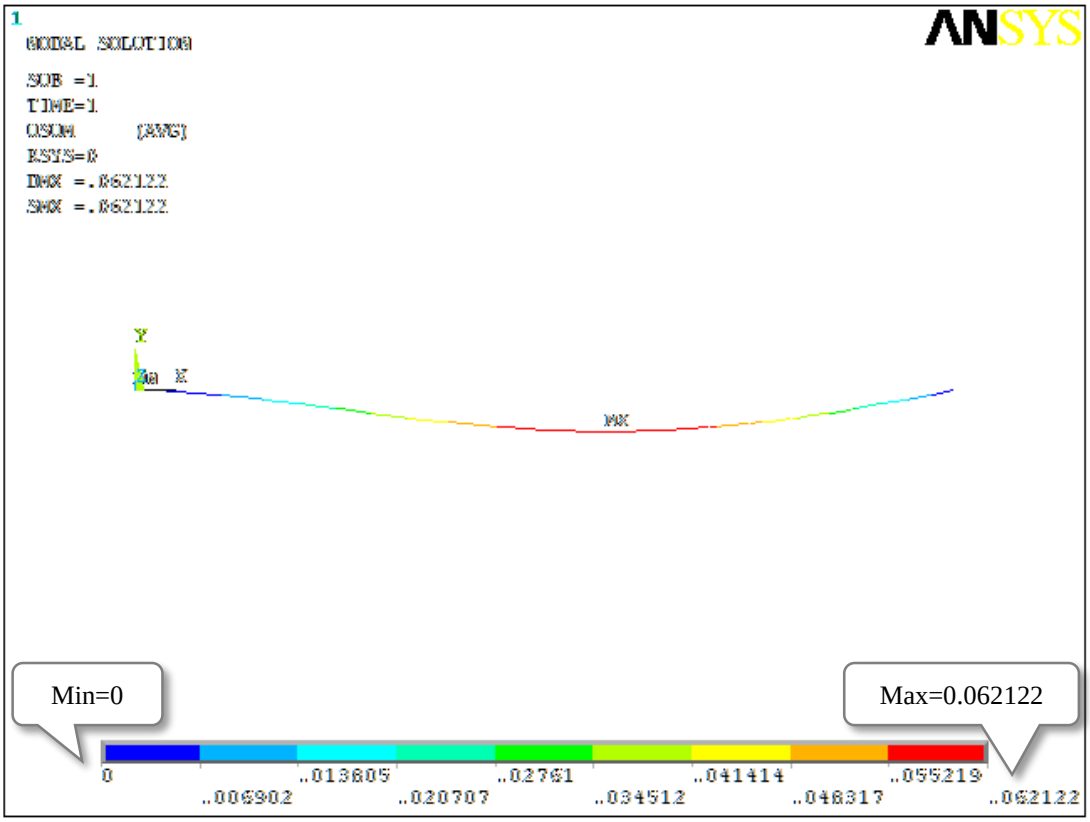
2-11 معاينة مخطط الانتقالات:

تتم معاينة مخطط الإنتقالات في الجائز بشكل كونتورات (Contours) من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-66) و(2-67):

11-2-1. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
DOF Solution> Displacement Vector Sum> OK



الشكل (2-66): تحديد الإنتقالات لمعاينتها على الواجهة الرسومية

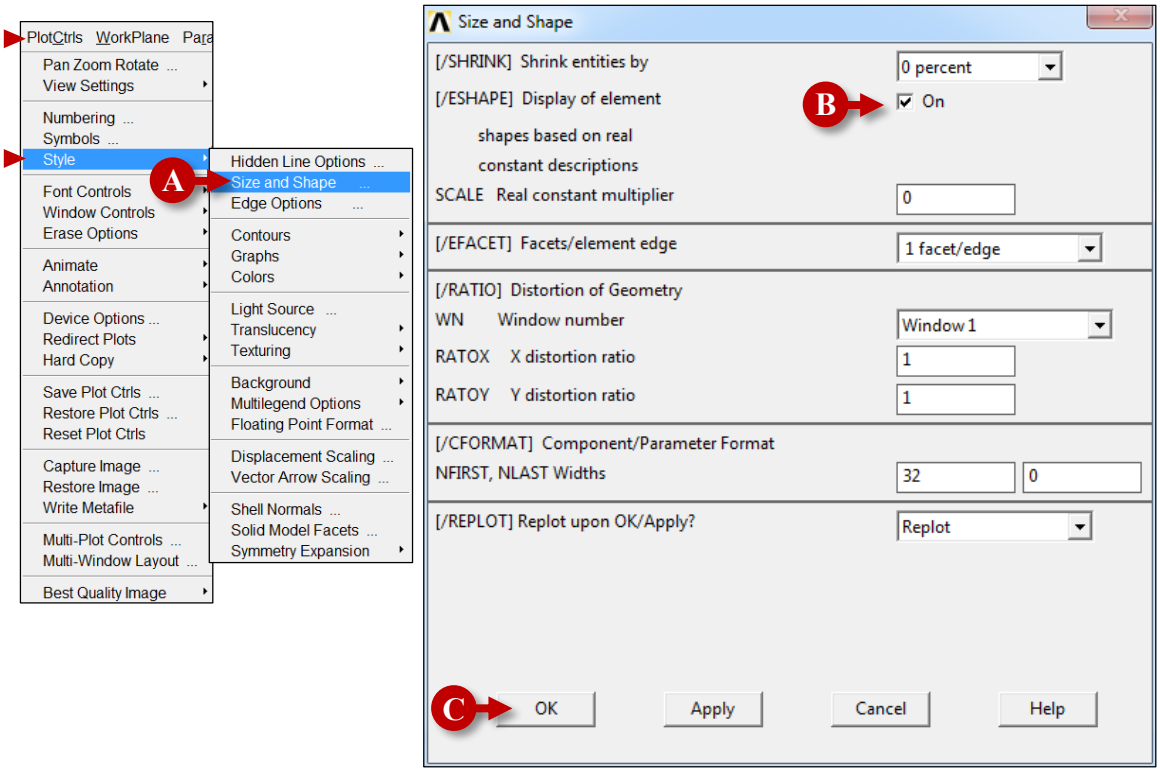


الشكل (2-67): مخطط الإنتقالات

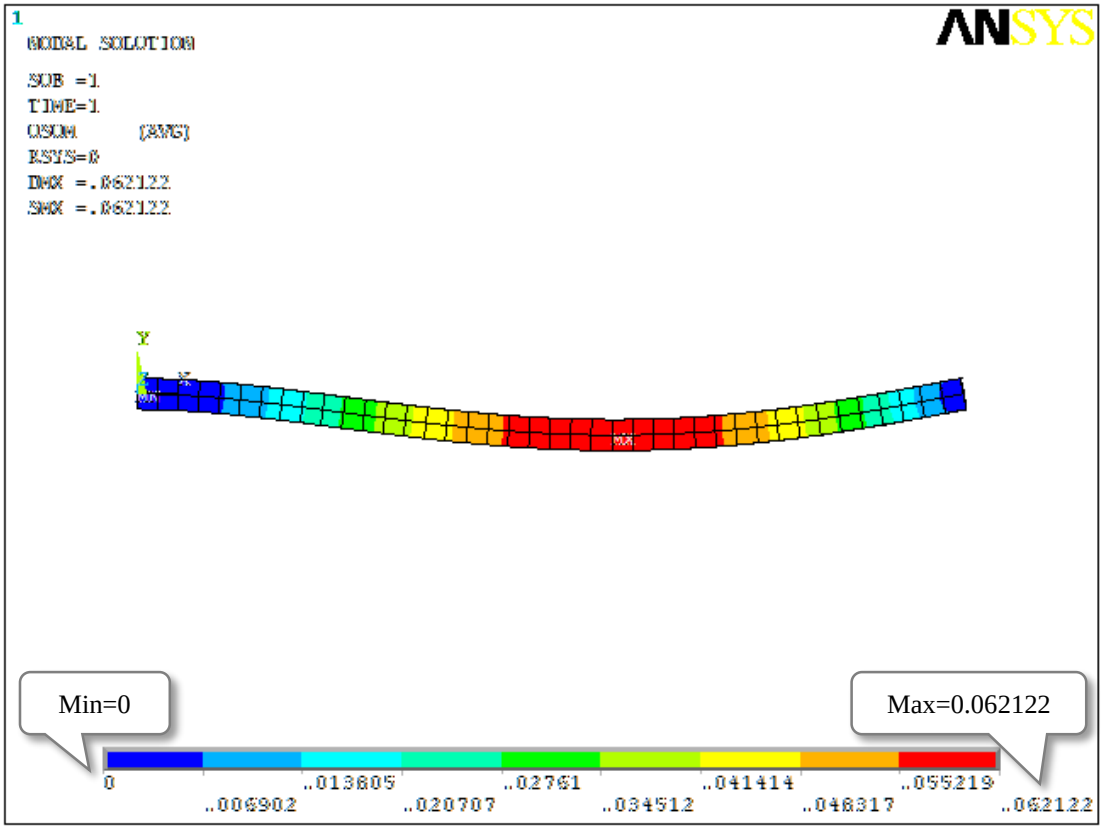
- من الملاحظ بأن تدرج الألوان المميزة للإنتقالات في الجائز غير واضح تماماً كونه على خط، ويمكن زيادة وضوح تدرج هذه الألوان من خلال تفعيل معاينة الجائز بشكل حجمي، من خلال المسار التالي و الموضح في الشكلين (2-68) و(2-69):

2. **PlotCtrls> Style> Size and Shape…>** Display of Element= **On**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



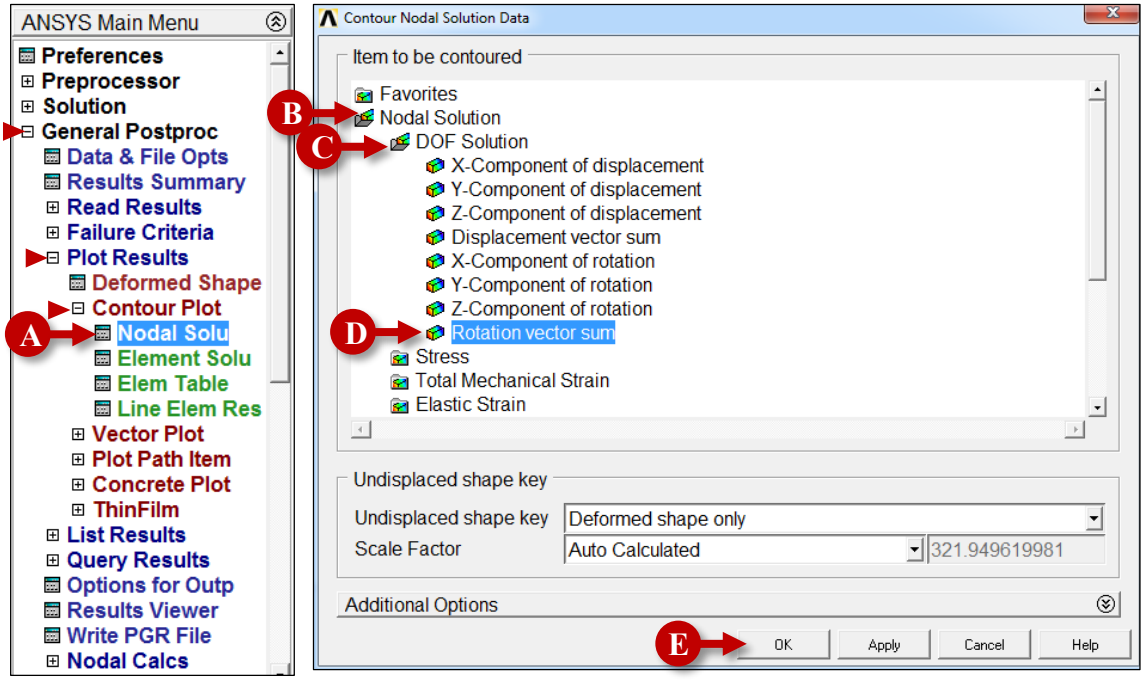
الشكل (2-68): تفعيل معاينة الجانز بشكل حجمي



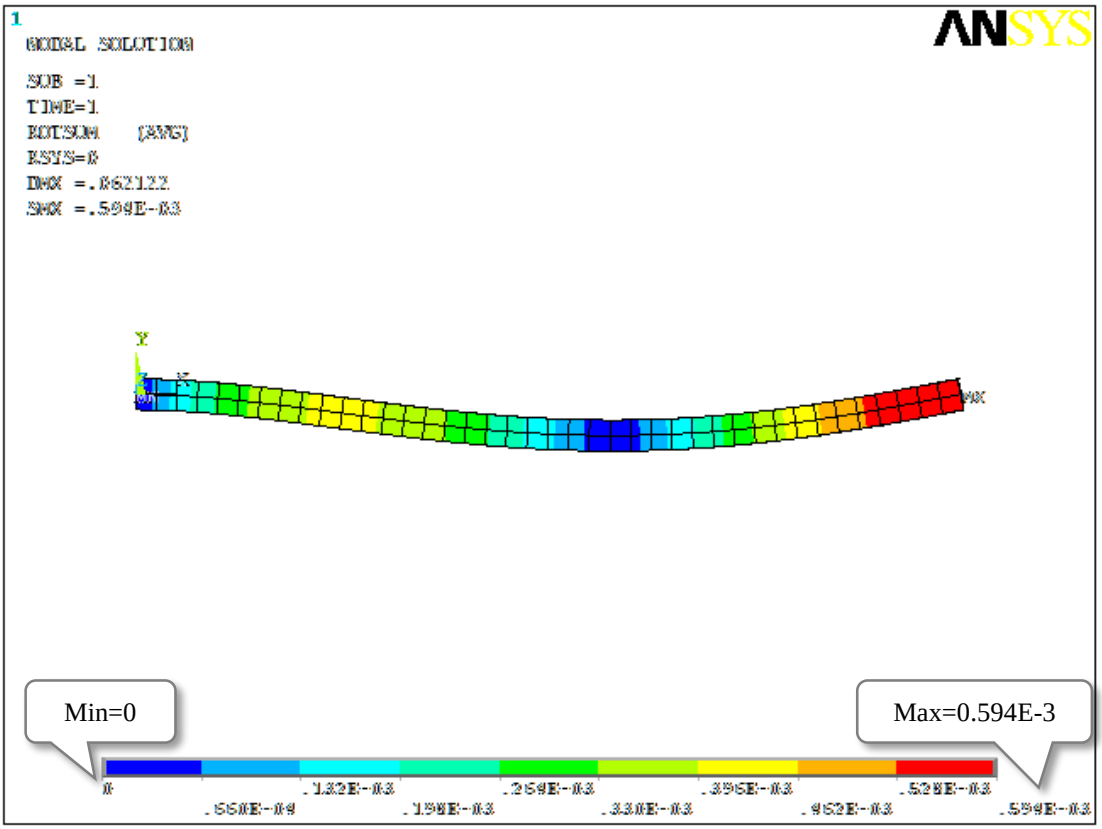
الشكل (2-69): معاينة الإنتقالات بعد تفعيل الشكل الحجمي

- تتم معاينة الدورانات من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-70) و(2-71):

3. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
>DOF Solution> Rotation Vector Sum> OK



الشكل (2-70): تحديد الإنتقالات لمعاينتها على الواجهة الرسومية

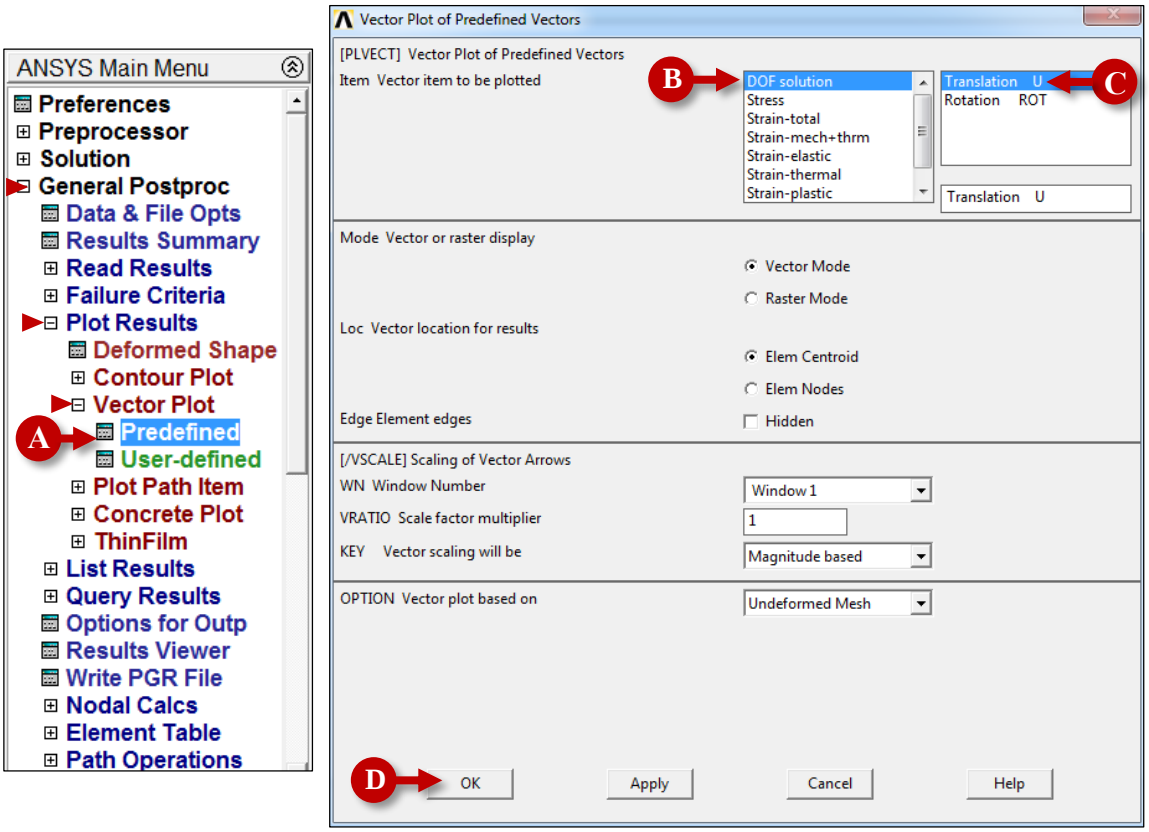


الشكل (2-71): معاينة الدورانات بعد تفعيل معاينة الجانز بشكل حجمي

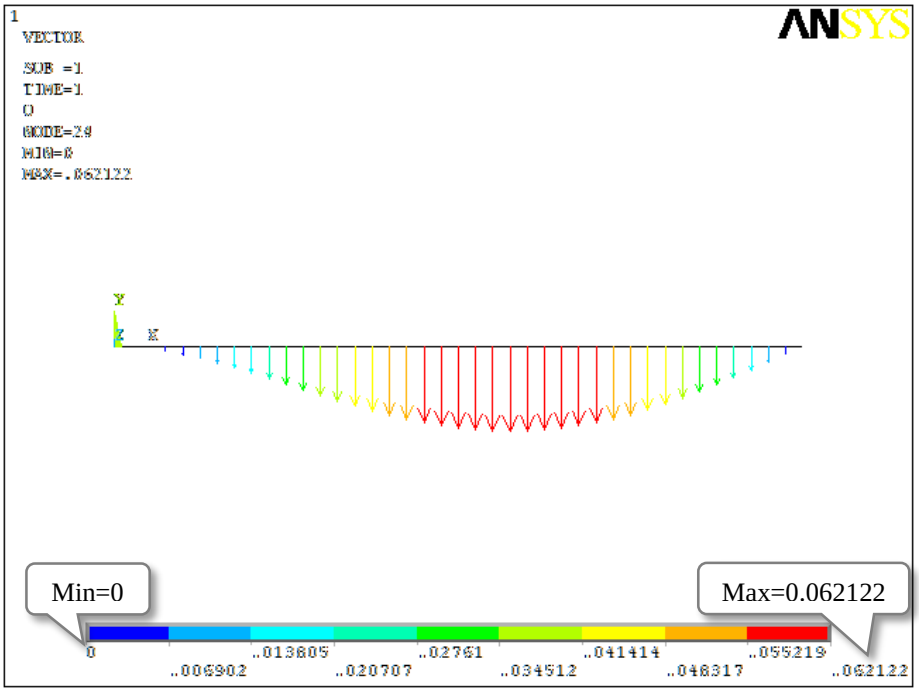
– نلاحظ بأن الدوران يكون معدوم في بداية الجائز بسبب وجود الوثاقة.

- يتم إظهار مخطط الإنتقالات بشكل أشعة من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-72) و(2-73):

4. General Postproc> Plot Results> Vector Plot > Predefined>
DOF Solution, Translation U> OK



الشكل (2-72): تحديد الإنتقالات لمعاينها بشكل أشعة



الشكل (2-73): معاينة الإنتقالات بشكل أشعة

- للعودة إلى شكل الجائز:

5. Plot> Elements

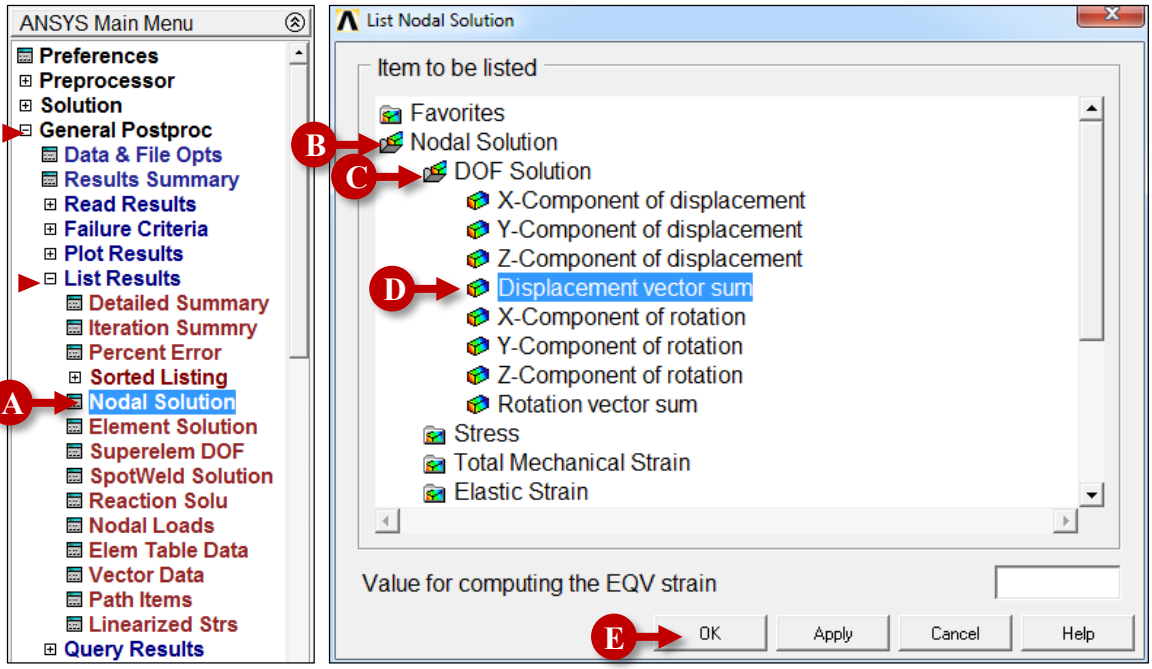
- يتم إلغاء تفعيل معاينة الجائز بشكل حجمي:

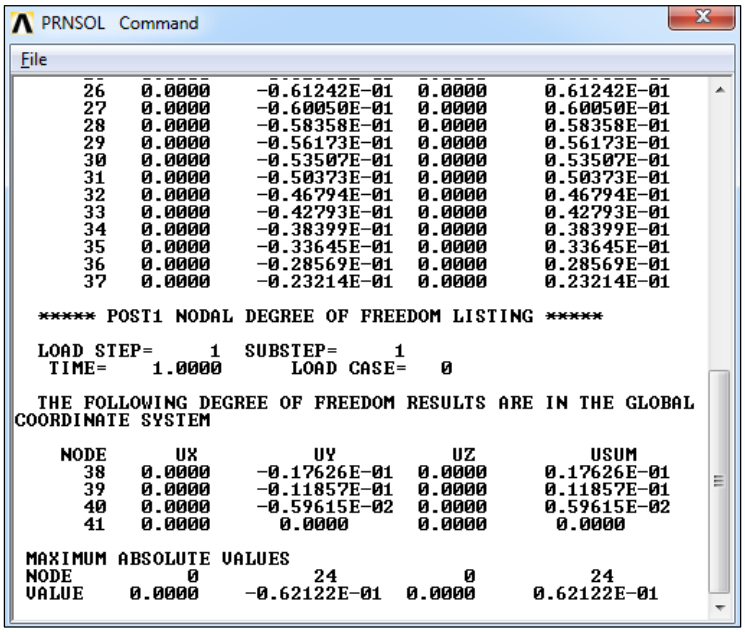
6. PlotCtrls> Style> Size and Shape…> Display of Element= **Off**

3-11 معاينة قيم الإنتقالات في عقد الجائز بشكل رقمي:

تتم معاينة قيم الإنتقالات في عقد الجائز بشكل رقمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-74):

11- 3- General Postproc> List Results> Nodal Solution>
>Nodal Solution> DOF Solution>Displacement Vector Sum> OK





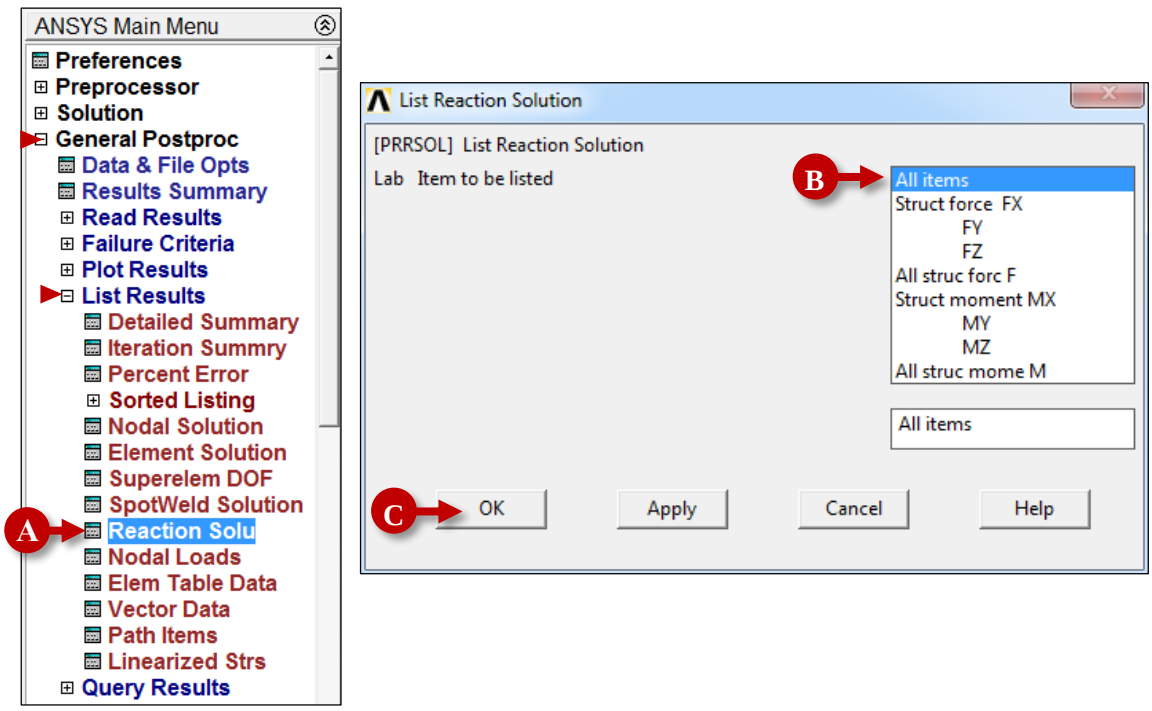
الشكل (2-74): معاينة الإنتقالات في عقد الجائز بشكل رقمي

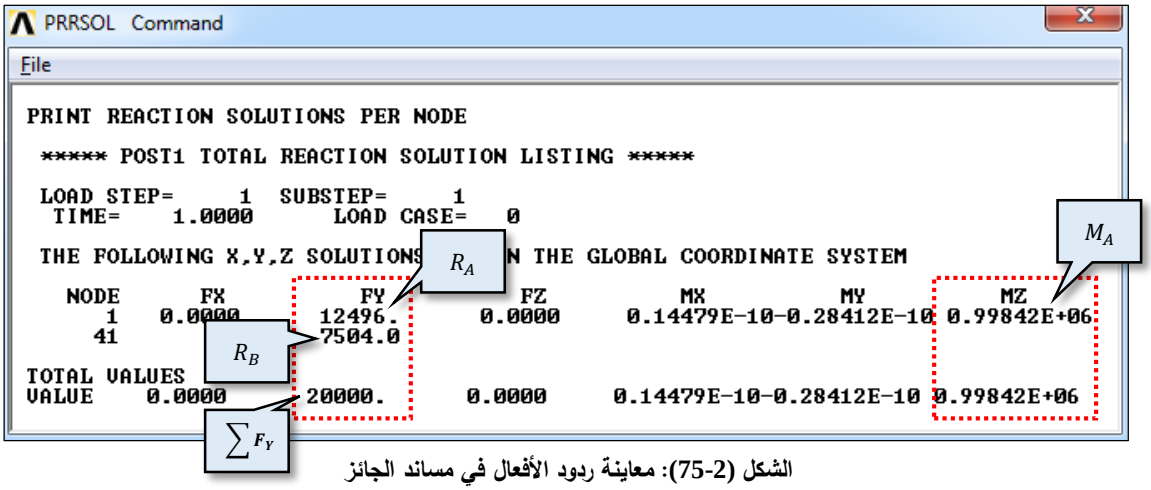
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

4-11 معاينة ردود الأفعال في مساند الجائز بشكل رقمي:

تتم معاينة قيم ردود الأفعال في مساند الجائز بشكل رقمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-75):

11- 4- General Postproc> List Results> Reaction Solu> All Items> OK



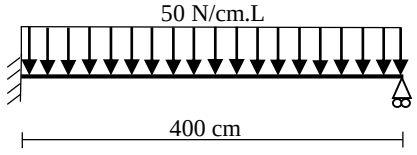


الشكل (2-75): معاينة ردود الأفعال في مساند الجائز

يبين الشـــكل (2-76) ردود الأفعال في الجائز، ويمكن التأكد حســـابياً من محصـــلة القوى الشـــاقولية المؤثرة على الجائز بسهولة كما يلي:

$$\sum \text{Force}_{(Y)} = 50 \times 400 = 20\,000 \text{ N}$$

وهي نفس القيمة الناتجة من التحليل حيب الشـــكل (2-75) السابق.



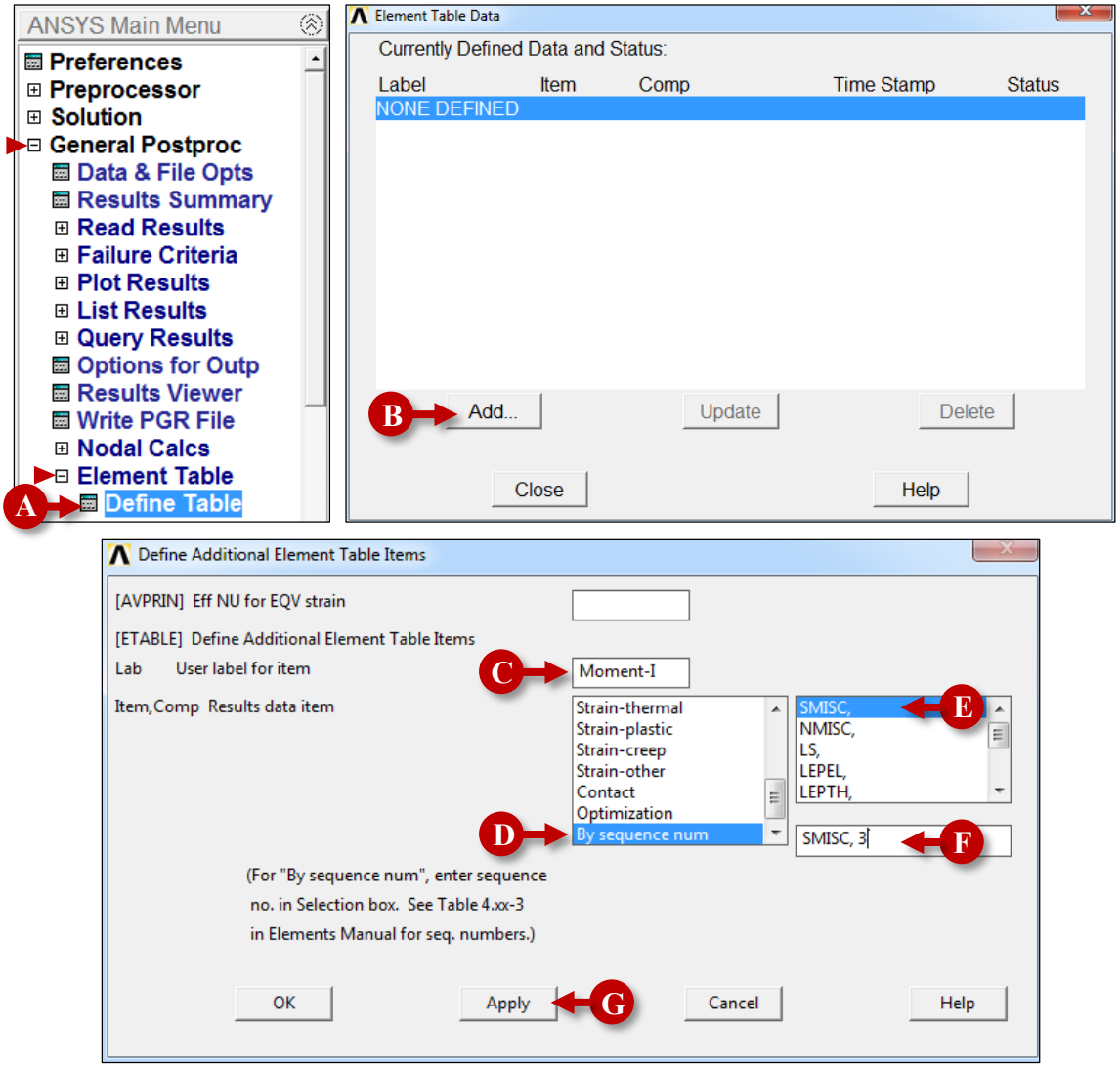
الشكل (2-76): حساب محصلة القوى الشاقولية

5-11 معاينة مخططات العزم والقوى القاطعة في الجائز:

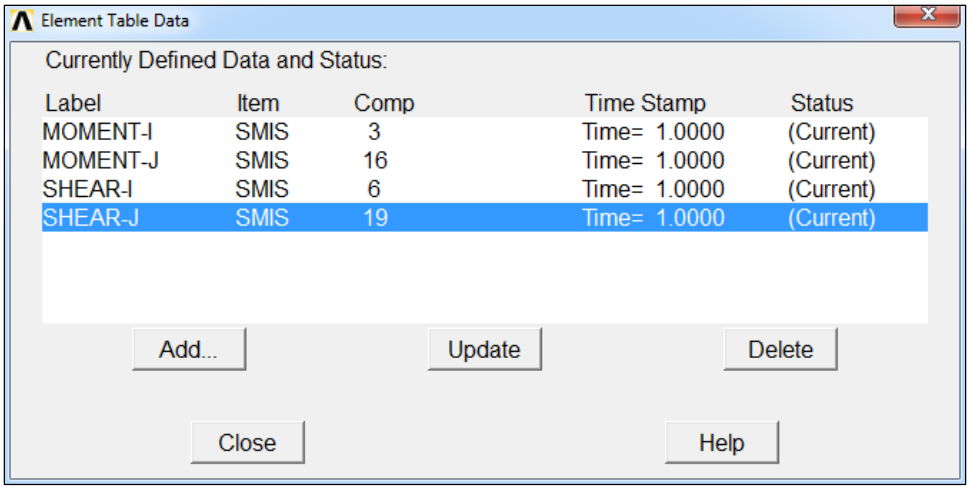
1. يتم تعريف العزم والقوى القاطعة المراد معاينتها من خلال الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (2-77) و (2-78):

11- 5-1. General Postproc> Element Table> Define Table> Add

1. Lab User Label for Item = **Moment-I** (اقتراح اسم توضيحي للعزم في العقدة الأولى)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > SMISC, 3 > Apply**
2. Lab User Label for Item = **Moment-J** (اقتراح اسم توضيحي للعزم في العقدة الثانية)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > SMISC, 16 > Apply**
3. Lab User Label for Item = **Shear-I** (اقتراح اسم توضيحي للقوى القاطعة في العقدة الأولى)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > SMISC, 6 > Apply**
4. Lab User Label for Item = **Shear -J** (اقتراح اسم توضيحي للقوى القاطعة في العقدة الثانية)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > SMISC, 19 > OK**



الشكل (2-77): تعريف العزم في العقدة الأولى (I) التي تمثل عقدة بداية العنصر

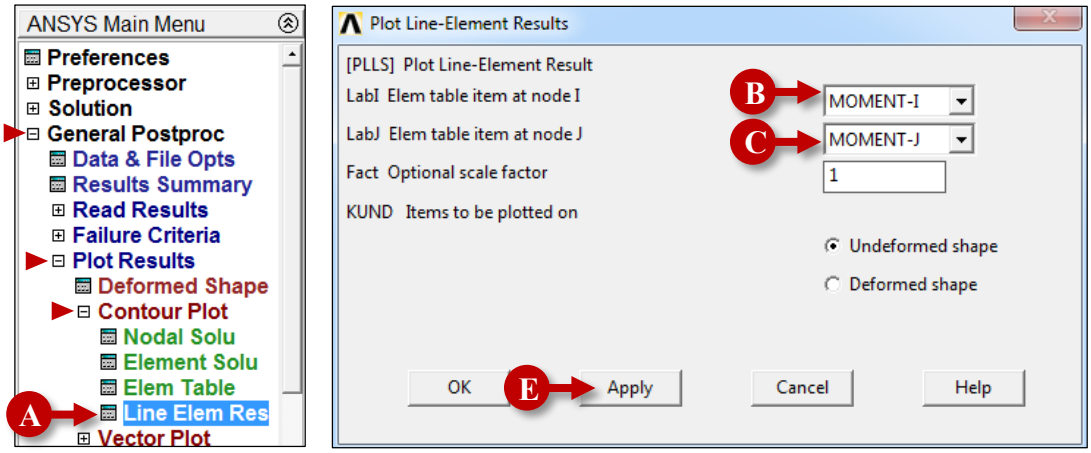


الشكل (2-78): بيانات جميع تعاريف العزوم والقوى القاطعة

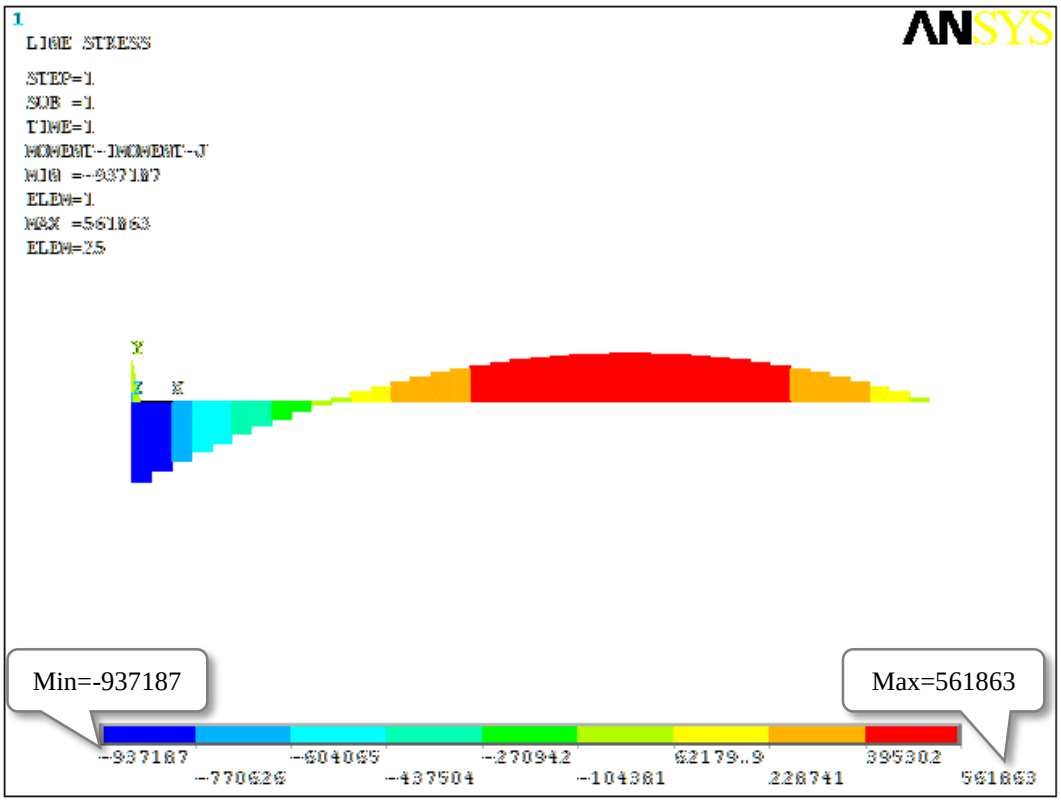
2. ثم تتم معاينة مخططات العزم والقوى القاطعة في الجائز من خلال الخطوات التالية والموضحة في الأشكال (2-79) و(2-80) و(2-81) و(2-82):

11- 5-2. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Line Elem Res>

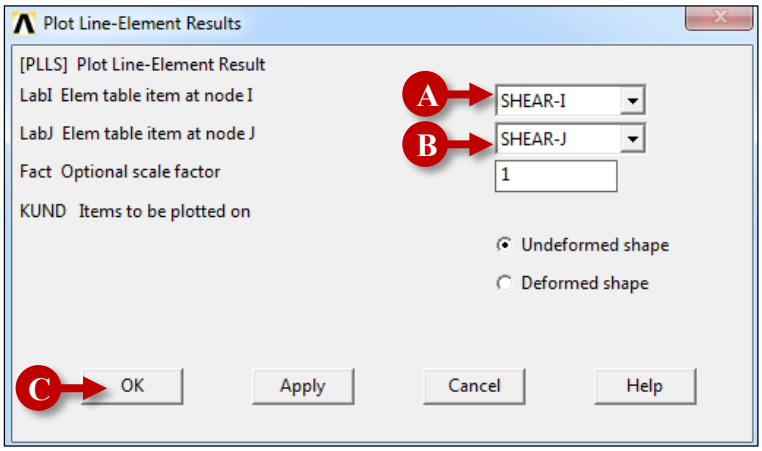
1. Lab I Elem Table Item at Node I = **Moment-I**
   Lab J Elem Table Item at Node J = **Moment-J**
   > **Apply**
2. Lab I Elem Table Item at Node I = **Shear-I**
   Lab J Elem Table Item at Node J = **Shear-J**
   > **OK**



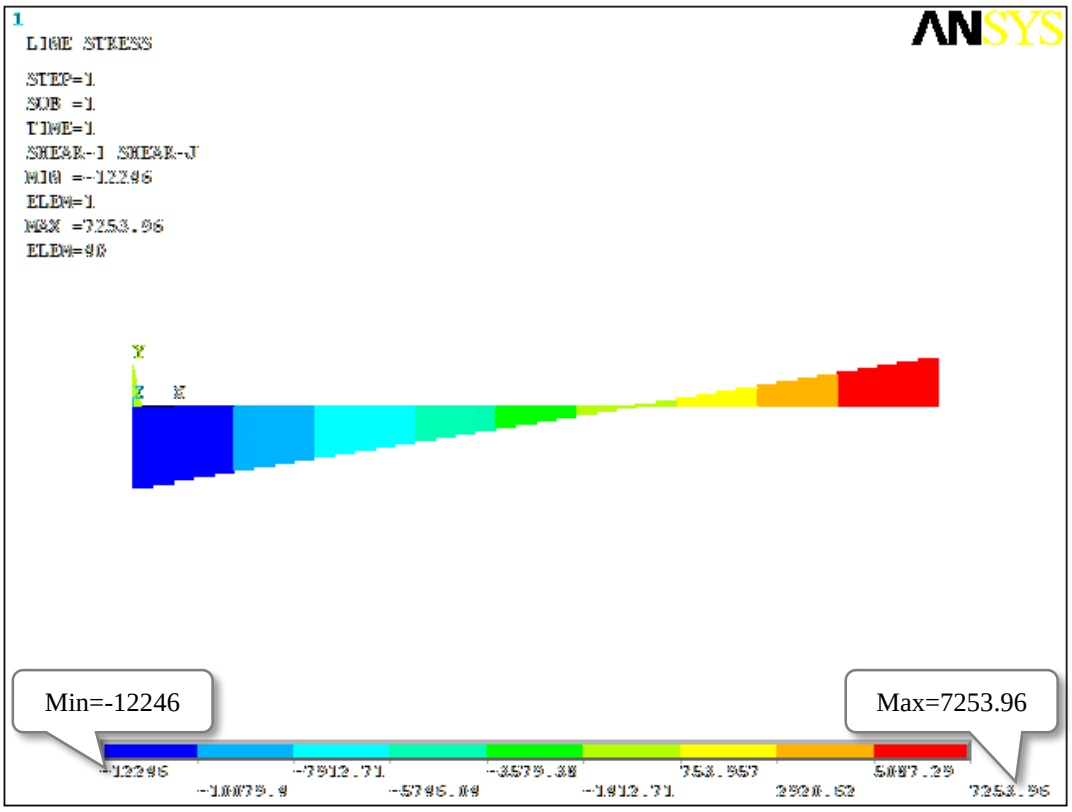
الشكل (2-79): تحديد العزم وفق العقد لمعاينة مخطط العزم



الشكل (2-80): معاينة العزم في الجائز



الشكل (2-81): تحديد القوى القاطعة وفق العقد لمعاينة مخطط القوى القاطعة



الشكل (2-82): مخطط القوى القاطعة في الجائز

6-11 مخططات الإنتقالات الشاقولية والدورانات للعقد على امتداد الجائز:

يقدم البرنامج عدة طرق للتعامل مع المخططات، وتتلخص الطريقة الحالية بالخطوات الرئيسية التالية:

1- حجز مصفوفة المتغيرات.

2- تحديد المتغيرات وهي في هذا المثال: أ) إحداثيات العقد على المحور (X).

ب) إنتقالات العقد الشاقولية (UY).

جـ) دورانات العقد (ROTZ).

3- تحديد نوع بيانات كل من المحور الأفقي والشاقولي في المخطط.

4- كتابة اسماء توضيحية لكل من المخطط، وللمحور الأفقي والشاقولي في هذا للمخطط.

1- حجز مصفوفة المتغيرات:

يتم تحديد اسم وعدد الخلايا في مصفوفة البيانات وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-83):

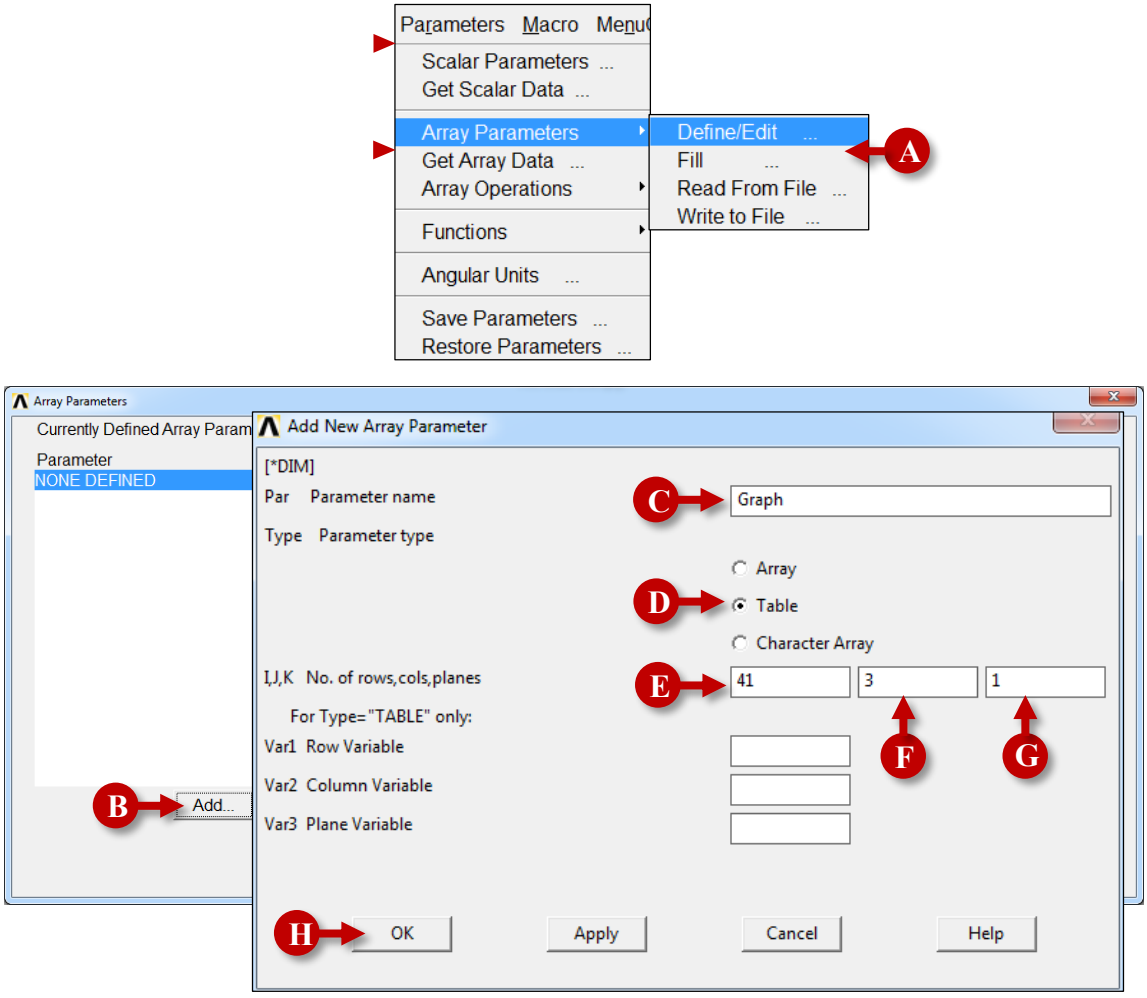
11-6-1. Parameters> Array Parameters> Define/Edit…> Add>

Par Parameter Name = **Graph** (يتم اقتراح اسم)

Type Parameter Type = **Table**

I,J,K No. of Rows, Cols, Planes = **41 , 3 , 1** (عدد الأسطر 41، عدد الأعمدة 3، عدد المستويات 1)

OK> Close



الشكل (2-83): تحديد مصفوفة البيانات

- **ملاحظة (6):**

عدد الأسطر: يعبر عن عدد العقد على امتداد الجائز، حيث يتالف الجائز من (41) عقدة.

عدد الأعمدة: يعبر عن عدد أسماء المتغيرات (Parameters) المراد معاينتها، وهي في هذا المثال: (العقدة_الانتقال_ الدوران).

2- تحديد نوع المتغير الأول وهو إحداثيات العقد على المحور (X):

يتم تحديد نوع البيانات المراد استدعاؤها باعتبارها "مدخلات" (Model Data)، متعلقة بالعقد (Nodes)، ثم يتم تحديد نوع مدخلات العقد باعتبارها "احداثيات العقد على المحور (X)"، ويتم ذلك وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-84) و(2-85):

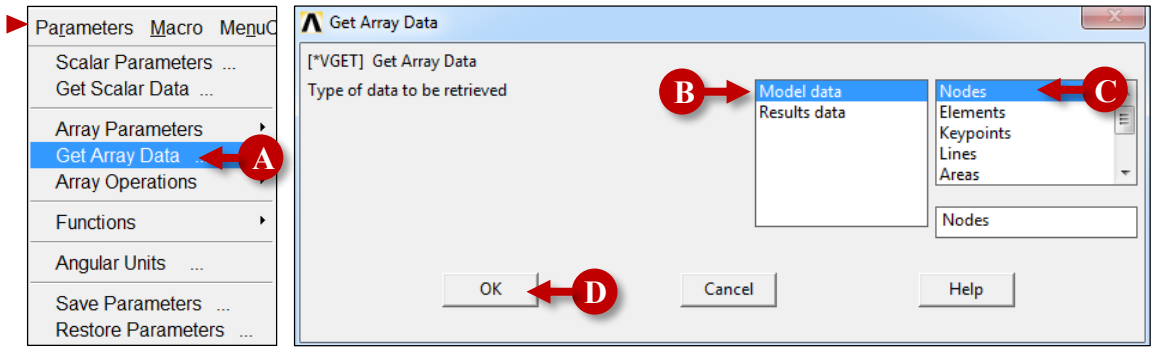
2. Parameters> Get Array Data…>

- Type of Data to be Retrieved = **Model Data, Nodes >OK** (نوع البيانات المراد استدعاؤها)
- Name of Array Parameter = **Graph(1,1)** (اسم مصفوفة المتغيرات)
  Node Number N =**All** (رقم العقد)

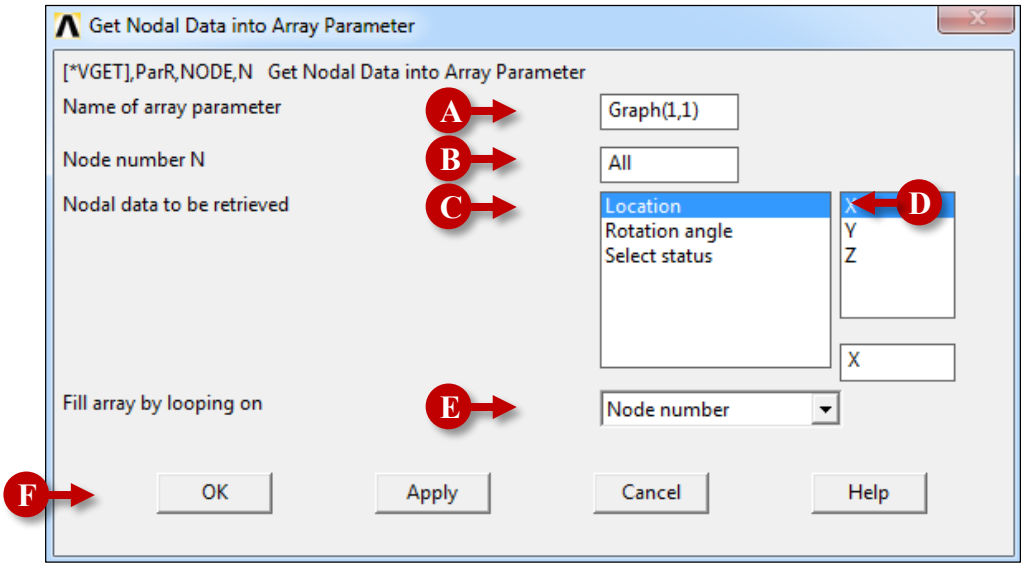
Nodal Data to be Retrieve = **Location, X** (نوع بيانات العقد المراد استدعاؤها:)

Fill Array by Looping on = **Node Number** (ملئ مصفوفة البيانات من خلال التزايد في:)

>OK



الشكل (2-84): تحديد نوع البيانات (مدخلات العقد)



الشكل (2-85): تحديد نوع مدخلات العقد (إحداثيات العقد على المحور X)

3- تحديد نوع المتغير الثاني وهو الإنتقالات الشاقولية للعقد (UY):

يتم تحديد نوع البيانات المراد استدعاؤها باعتبارها "مخرجات" (Results Data)، متعلقة بالعقد (Nodal Results)، ثم تحديد نوع مخرجات العقد باعتبارها "انتقالات العقد على المحور (Y)"، ويتم ذلك وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-86) و(2-87):

3. Parameters> Get Array Data…>

- Type of Data to be Retrieved = **Results Data, Nodal Results**

  >OK

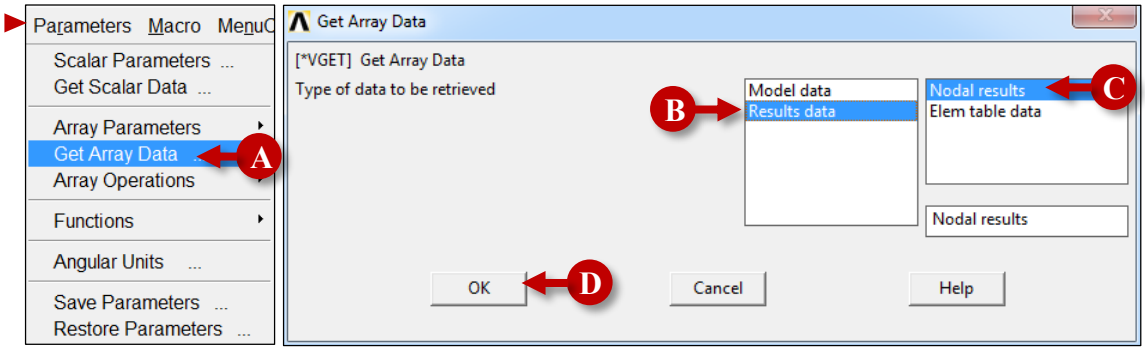
- Name of Array Parameter = **Graph(1,2)** (اسم مصفوفة المتغيرات)

  Node Number N =**All** (رقم العقد)

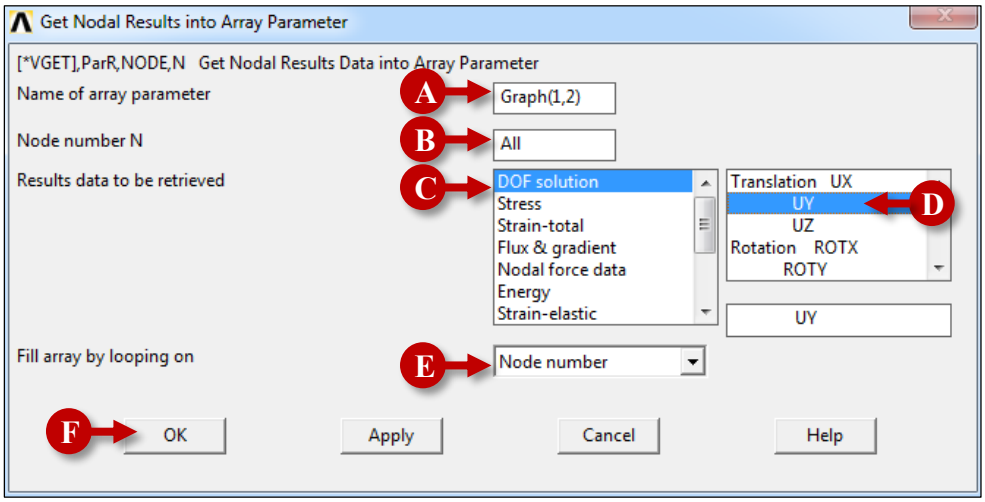
  Nodal Data to be Retrieve = **DOF Solution, UY** (نوع بيانات العقد المراد استدعاؤها)

  Fill Array by Looping on = **Node Number** (ملئ مصفوفة البيانات من خلال التزايد في:)

  >OK



الشكل (2-86): تحديد نوع البيانات (مخرجات العقد)



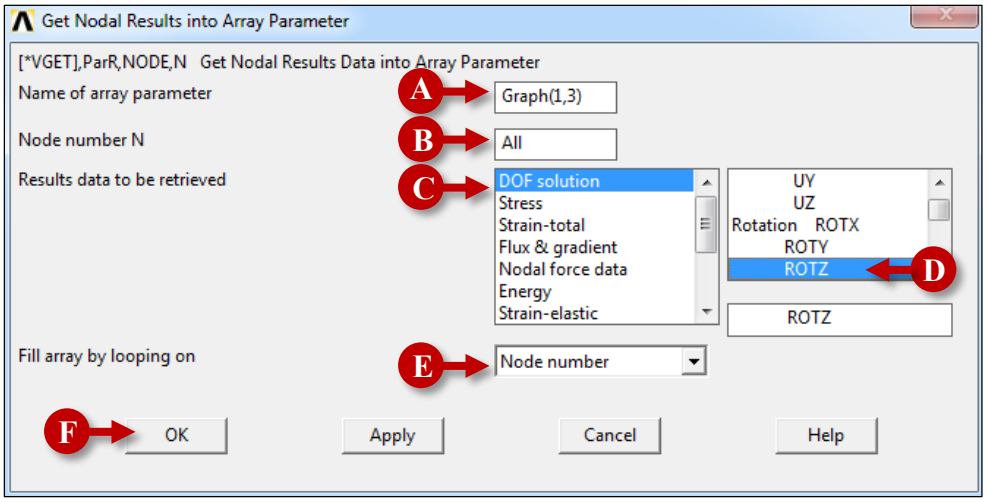
الشكل (2-87): تحديد نوع مخرجات العقد (الإنتقالات الشاقولية على المحور Y)

4- تحديد نوع المتغير الثالث وهو دورانات العقد (ROTZ):

يتم تحديد نوع البيانات المراد استدعاؤها باعتبارها "مخرجات" (Results Data)، متعلقة بالعقد (Nodal Results)، ثم تحديد نوع مخرجات العقد باعتبارها "دورانات العقد حول المحور (Z)"، ويتم ذلك وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-88):

4. Parameters> Get Array Data…>

- Type of Data to be Retrieved = **Results Data, Nodal Results**
  >OK
- Name of Array Parameter = **Graph(1,3)** (اسم مصفوفة المتغيرات)
  Node Number N =**All** (رقم العقد)
  Nodal Data to be Retrieve = **DOF Solution, ROTZ** (نوع بيانات العقد المراد استدعاؤها)
  Fill Array by Looping on = **Node Number** (:ملئ مصفوفة البيانات من خلال التزايد في)
  >OK



الشكل (2-88): تحديد نوع مخرجات العقد (الدورانات حول المحور Z)

5- تحديد نوع بيانات كل من المحور الأفقي والشاقولي في المخطط:

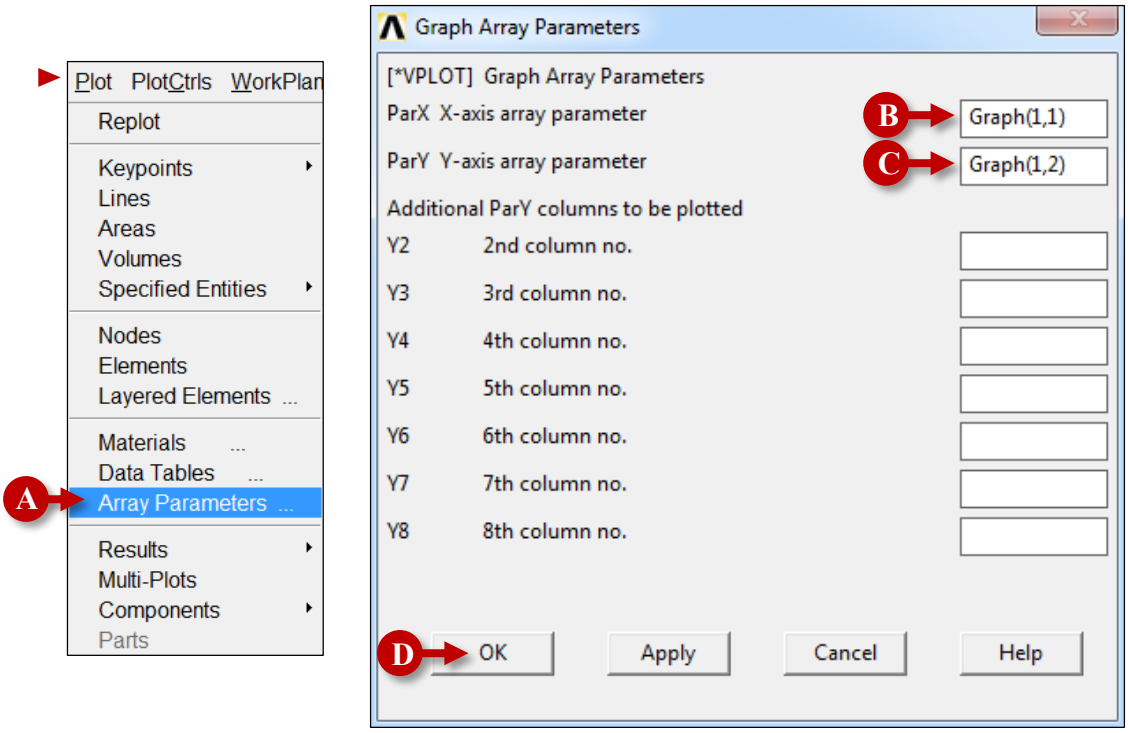
يتم تحديد بيانات المحور الأفقي باعتبارها "إحداثيات العقد" وذلك وفق الاسم "Graph(1,1)" الذي تم تحديده عند تخصيص مصفوفة المتغيرات، وبيانات المحور الشاقولي "الإنتقالات" وذلك وفق الاسم "Graph(1,2)"، ويتم ذلك وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-89) و(2-90):

5. Plot> Array Parameters…>

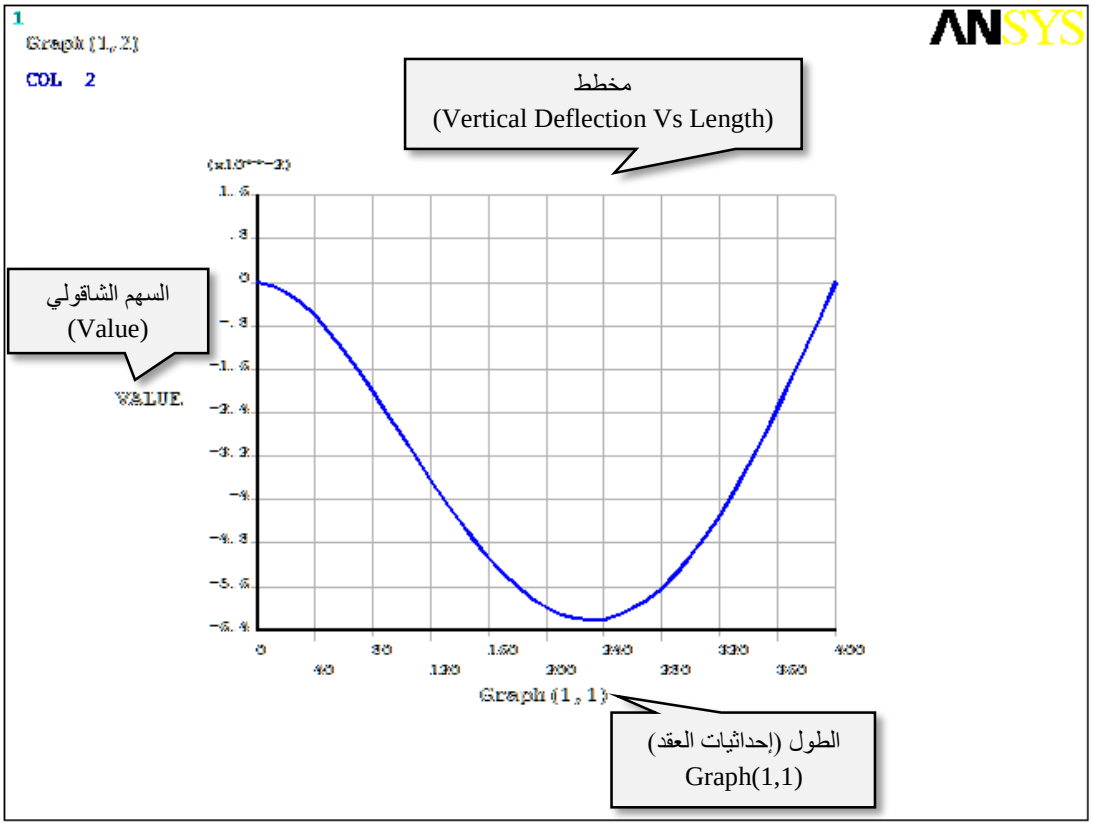
Par X X-Axis Array Parameter = **Graph(1,1)** (تحديد المحور الأفقي)

Par Y Y-Axis Array Parameter = **Graph(1,2)** (تحديد المحور الشاقولي)

>OK



الشكل (2-89): تحديد بيانات المحور الأفقي: "إحداثيات العقد"، وبيانات المحور الشاقولي: "الإنتقالات"



الشكل (2-90): مخطط الانتقالات الشاقولية باتجاه المحور (Y) للعقد الواقعة على امتداد الجانز

6- كتابة عنوان توضيحي لمخطط الانتقالات الشاقولية:

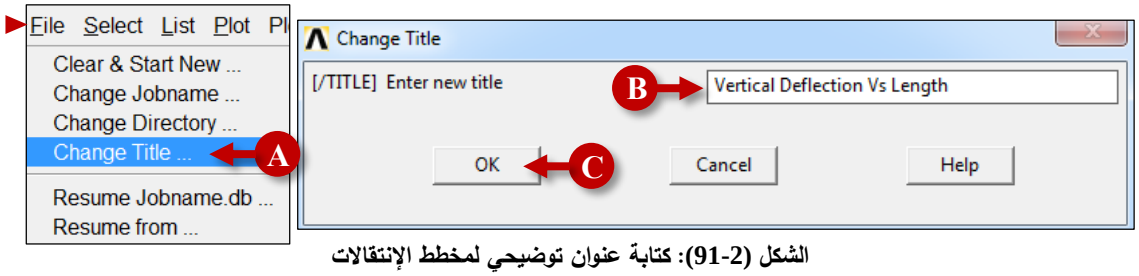
ويتم ذلك وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-91):

6. File> Change Title…>

[/TITLE] Enter New Title = **Vertical Deflection Vs Length** (إدخال اسم العنوان الجديد)

>OK

- **Plot> Replot**



الشكل (2-91): كتابة عنوان توضيحي لمخطط الإنتقالات

7- كتابة اسم توضيحي للمحورين الأفقي والشاقولي في مخطط الانتقالات:

ويتم ذلك وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-92) و(2-93):

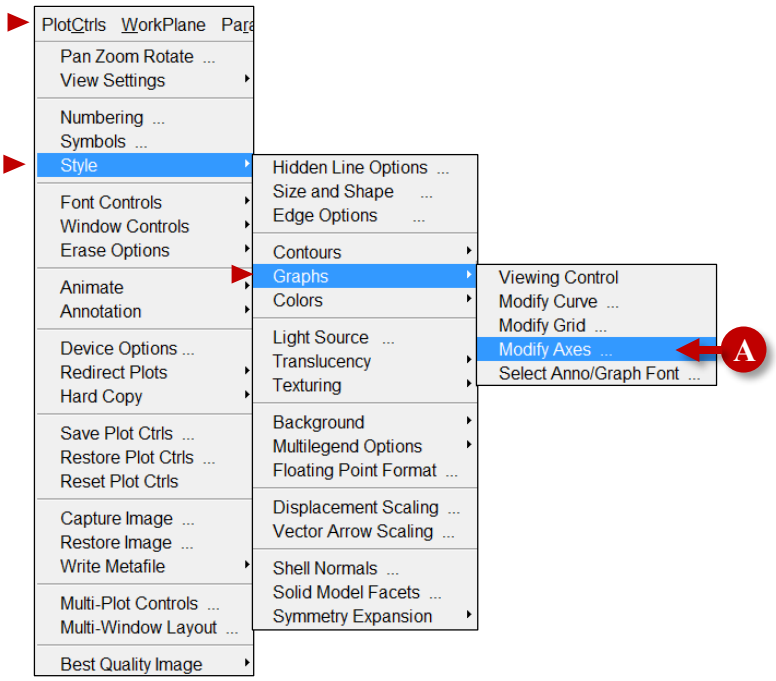
7. PlotCtrls> Style> Graphs> Modify Axes…>

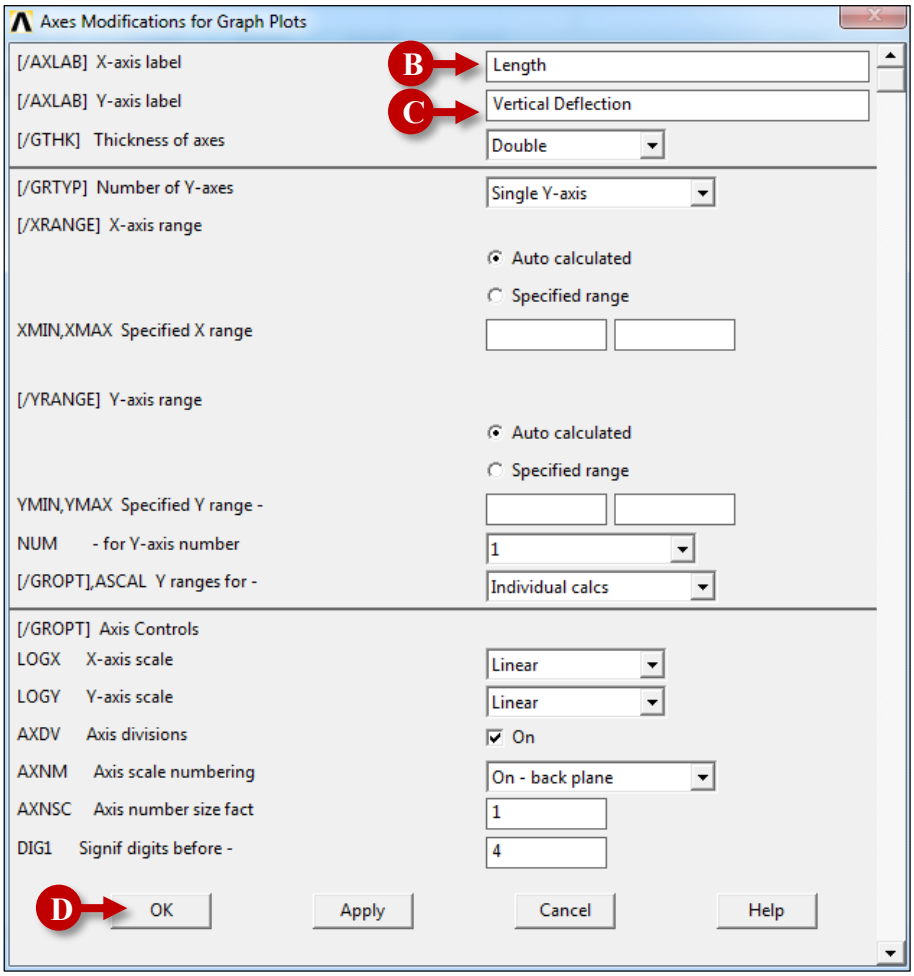
[/AXLAB] X-Axis Label = **Length** (اسم المحور الأفقي)

[/AXLAB] Y-Axis Label = **Vertical Deflection** (اسم المحور الشاقولي)

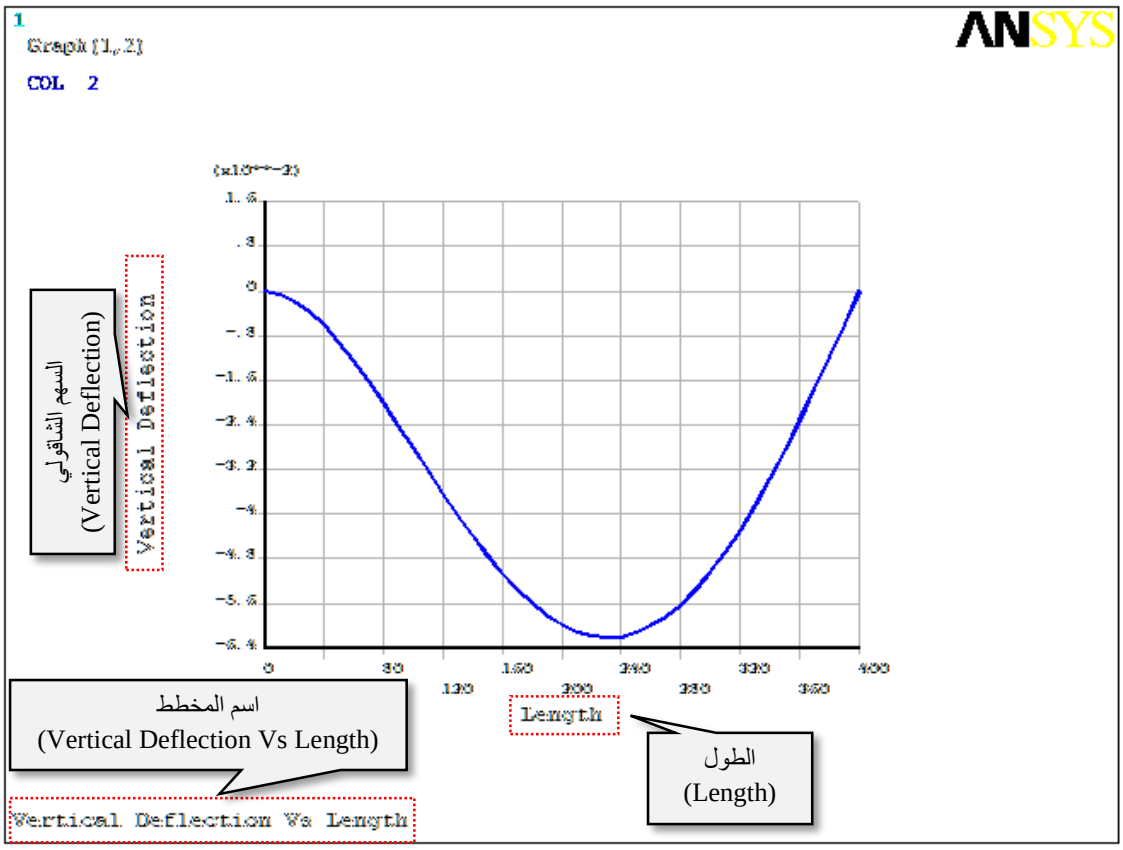
>OK

- **Plot> Replot**





الشكل (2-92): كتابة اسم توضيحي للمحورين الأفقي والشاقولي في مخطط الانتقالات



الشكل (2-93): مخطط الانتقالات باتجاه المحور (Y) للعقد الواقعة على امتداد الجانز

8- تحديد بيانات المحورين الأفقي والشاقولي لمخطط الدورانات:

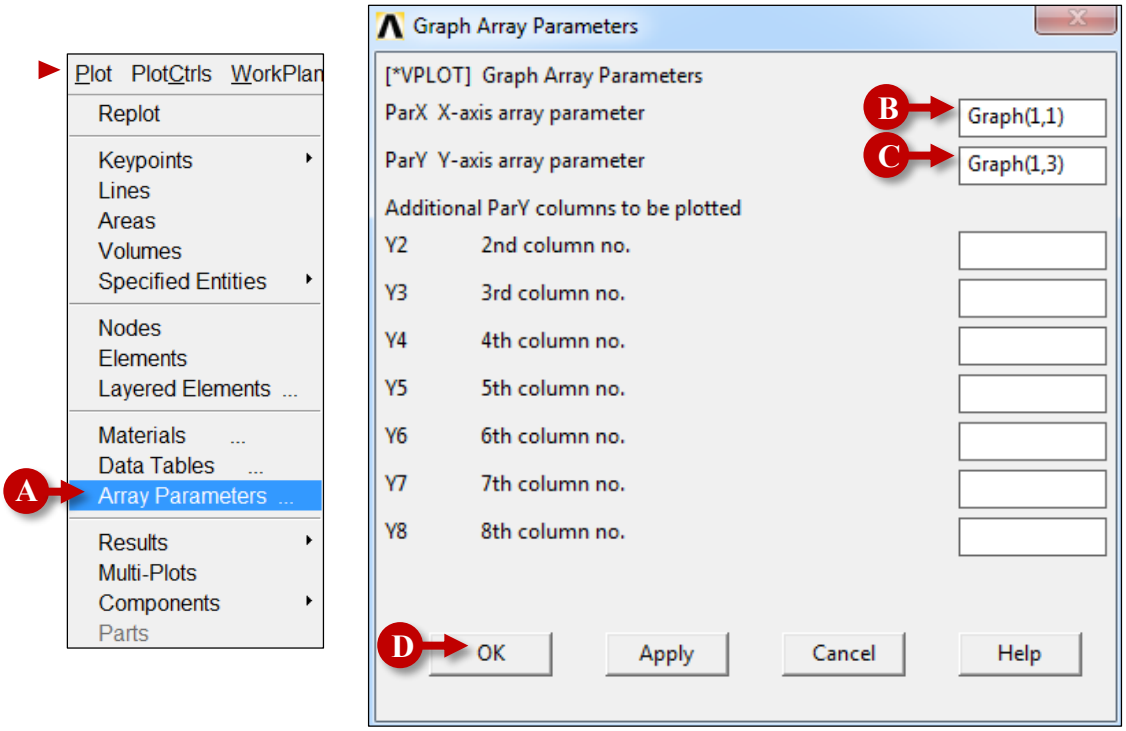
يتم تحديد بيانات المحور الأفقي باعتبارها "إحداثيات العقد" وذلك وفق الاسم "Graph(1,1)" الذي تم تحديده عند تخصيص مصفوفة المتغيرات، وبيانات المحور الشاقولي "الدورانات" وذلك وفق الاسم "Graph(1,3)"، ويتم ذلك وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-94):

8. Plot> Array Parameters…>

Par X X-Axis Array Parameter = **Graph(1,1)** (تحديد المحور الأفقي)

Par Y Y-Axis Array Parameter = **Graph(1,3)** (تحديد المحور الشاقولي)

>OK



الشكل (2-94): تحديد بيانات المحور الأفقي: "إحداثيات العقد"، وبيانات المحور الشاقولي: "الدورانات"

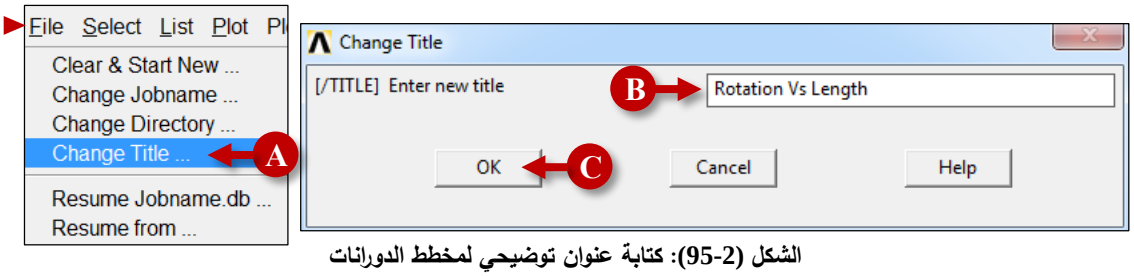
9- كتابة عنوان توضيحي لمخطط الدورانات: ويتم ذلك وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-95):

9. File> Change Title…>

[/TITLE] Enter New Title = **Rotation Vs Length** (إدخال اسم العنوان الجديد)

>OK

- **Plot> Replot**



الشكل (2-95): كتابة عنوان توضيحي لمخطط الدورانات

10- كتابة اسم توضيحي للمحورين الأفقي والشاقولي في مخطط الدورانات: ويتم ذلك وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-96) و(2-97):

10. PlotCtrls> Style> Graphs> Modify Axes…>

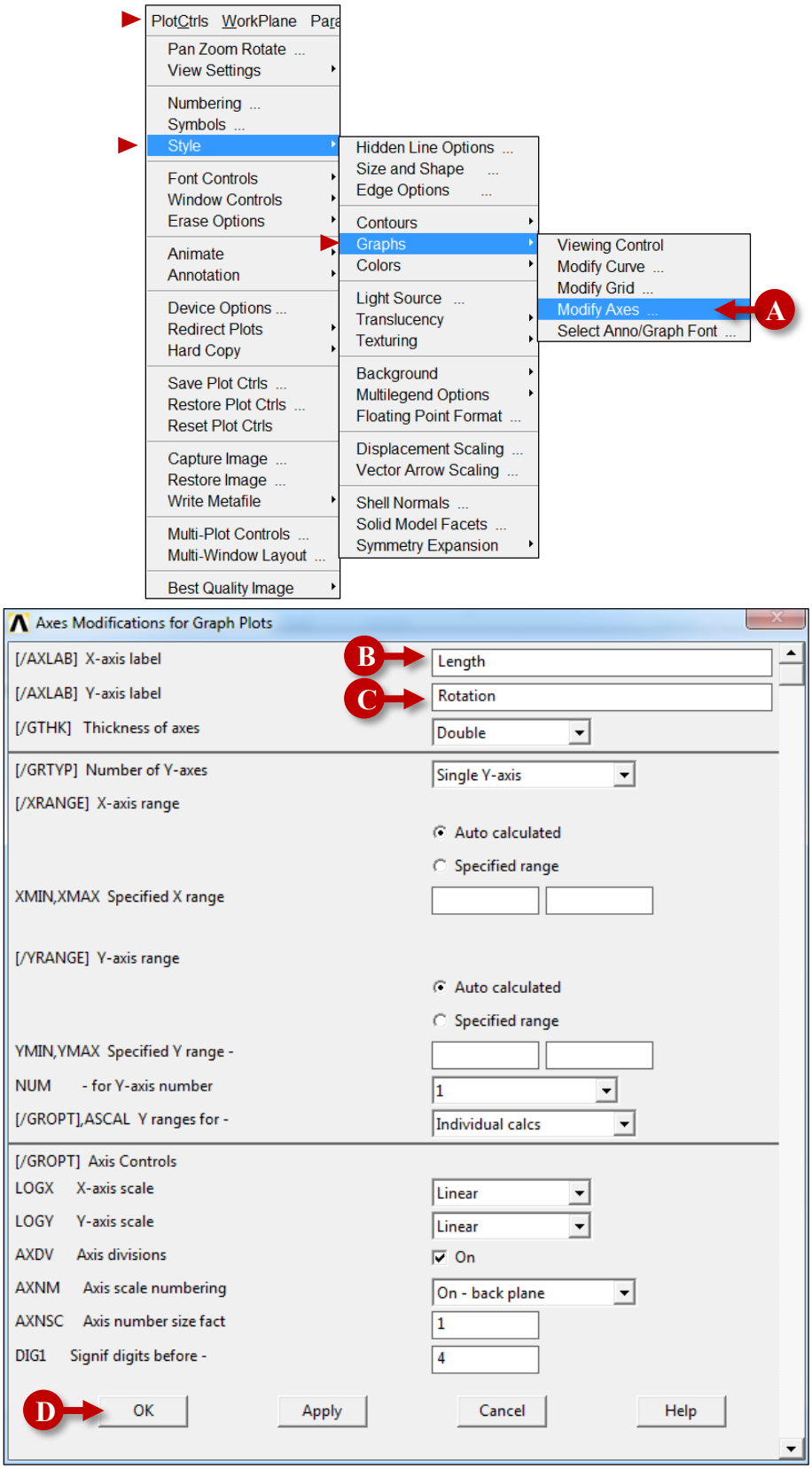
[/AXLAB] X-Axis Label = **Length** (اسم المحور الأفقي)

[/AXLAB] Y-Axis Label = **Rotation** (اسم المحور الشاقولي)

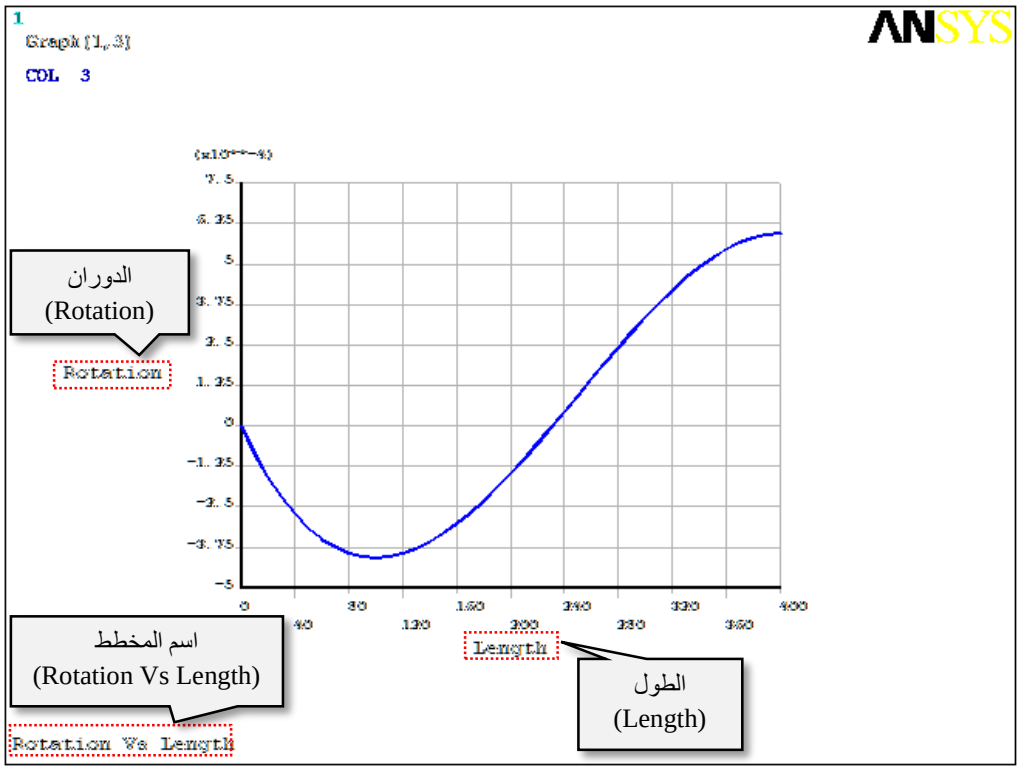
>OK

- **Plot> Replot**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-96): كتابة اسم توضيحي للمحورين الأفقي والشاقولي في مخطط الدورانات



الشكل (2-97): مخطط الدورانات حول المحور (Z) للعقد الواقعة على امتداد الجانز

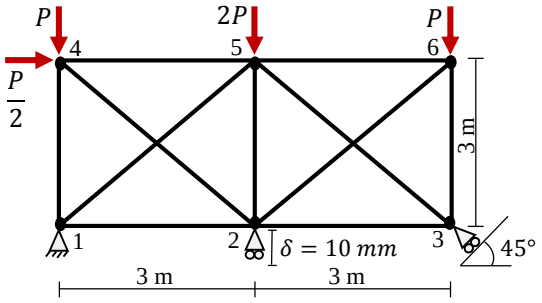
نهاية المثال الثاني

3-2 المثال الثالث:

جائز شبكي (Truss Beam) مع مسند مائل

جائز شبكي طوله (6 m) وارتفاعه (3 m)، مساحة مقطع قضبانه (A)، يستند على ثلاثة أشكال من المساند (مسند ثابت، ومسند منزلق يخضع لإنتقال شاقولي نحو الأسفل مقداره $(\delta = 10\ mm)$، ومسند منزلق مائل بزاوية (45°))، يخضع الجائز لحمولات خارجية مبينة على الشكل (2-98)، المطلوب نمذجة الجائز، ومعاينة القوى والإجهادات المحورية.

$$A = 5000 \quad mm^2$$
$$E_s = 210 \times 10^9 \quad N/m^2$$
$$P = 2 \times 10^5 \quad N$$



الشكل (2-98): شكل الجائز وأبعاده

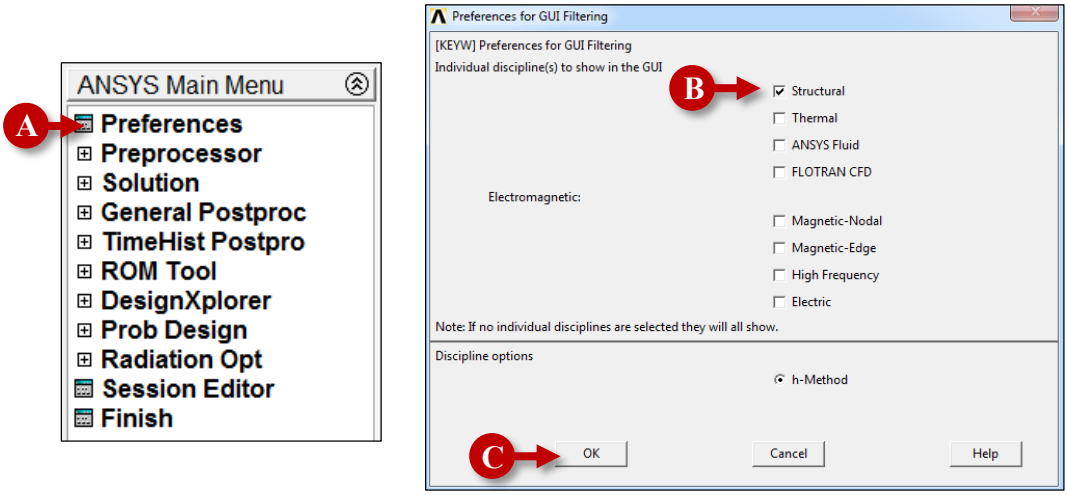
❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ نمذجة الجائز الشبكي (Truss Beam).
- ✓ نمذجة المسند المائل بزاوية (45°).
- ✓ معاينة القوى والإجهادات المحورية في قضبان الجائز الشبكي.

❖ **خطوات الحل:**

- يتم تحديد طبيعة المسألة المدروسة بأنها إنشائية (Structural) كما هو موضح في الشكل (2-99) مما يساعد في اختصار بعض الخيارات المتاحة خلال نمذجة المسألة.

1- Preference> Structural> OK



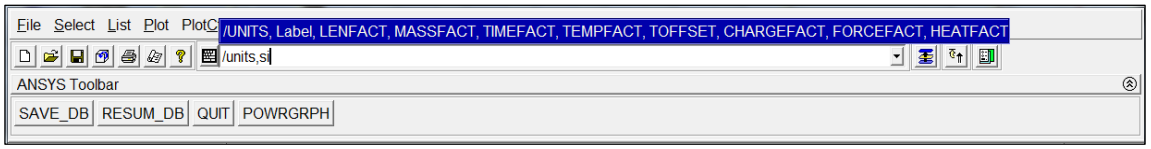
الشكل (2-99): تحديد طبيعة المسألة

- يمكن استدعاء الواحدات الدولية من خلال كتابة (/units,si) ضمن سطر الأوامر البرمجية ثم نفتح النافذة الخلفية (ANSYS Output Window) لمعاينة هذه الواحدات الدولية. تتم هذه العملية وفق المسار التالي:

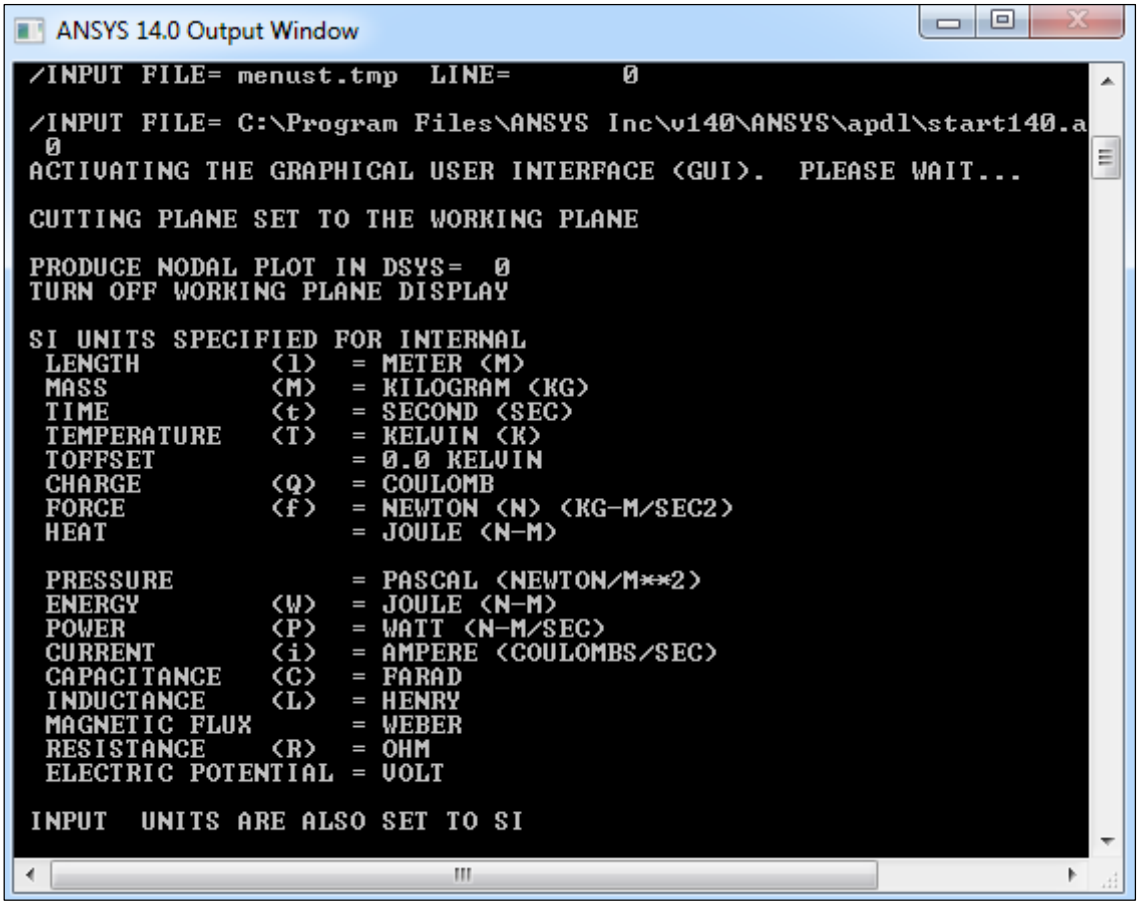
1. يتم وضع المؤشر في سطر الأوامر البرمجية المبين في الشكل (2-100).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

2. نكتب : **/units,si**
3. يتم ضغط مفتاح (Enter) .
4. يتم فتح النافذة الخلفية في البرنامج: (ANSYS Output Window) لمعاينة الواحدات، كما هو في الشكل (2-101).



الشكل (2-100): كتابة الأمر ضمن سطر الأوامر البرمجية



الشكل (2-101): معاينة الواحدات الدولية في النافذة الخلفية (ANSYS Output Window)

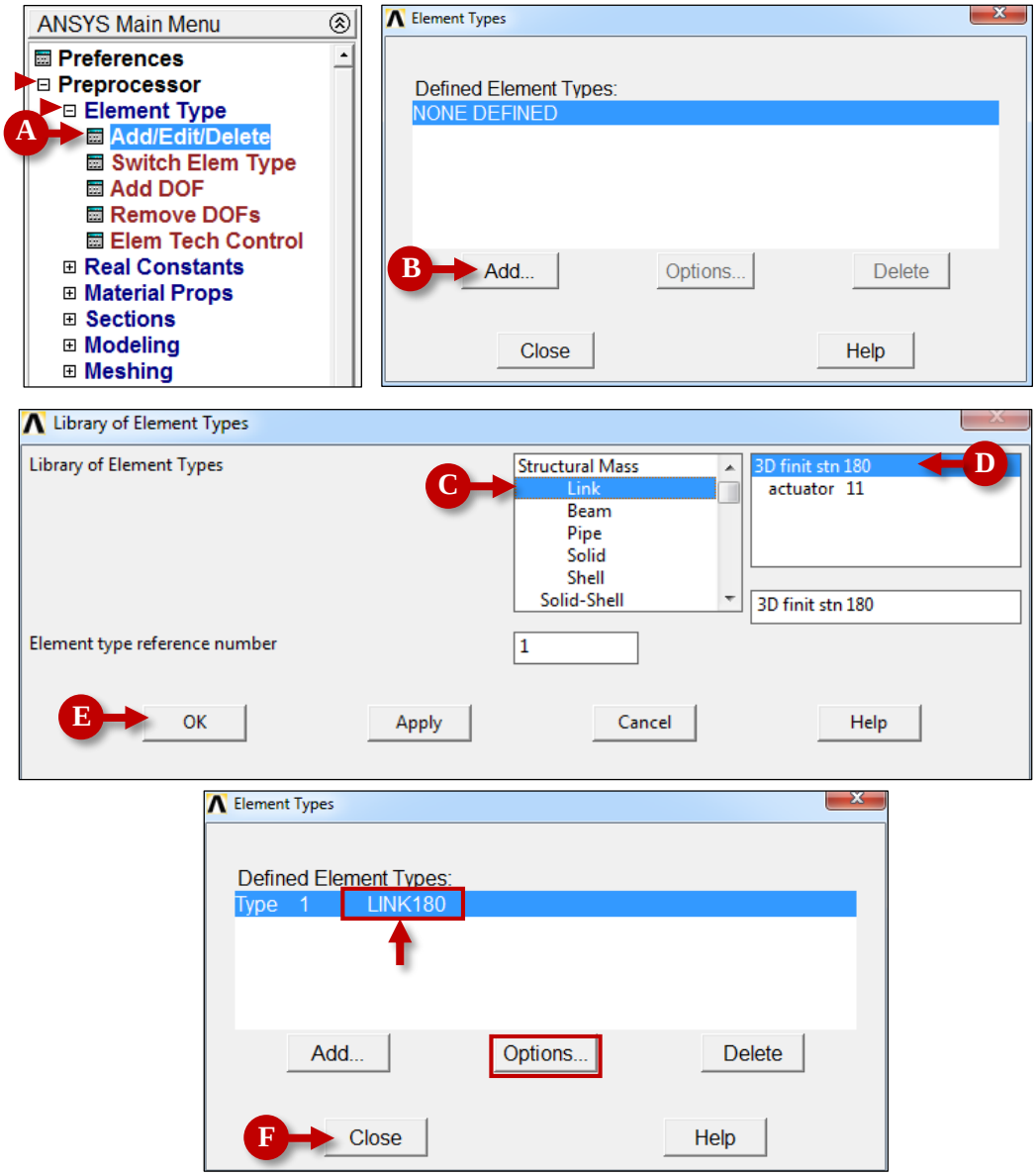
- ثم يتم البدء بإدخال معطيات المسألة من خلال التبويب (Preprocessor) المتواجد ضمن القائمة الموجودة على الطرف الأيسر من واجة البرنامج، كما يلي:

1- تحديد العنصر المستخدم:

سيتم استخدام العنصر (Link180)، ويتم تحديده وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-102):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Link >3D finit stn 180> > OK> Close

يمكن بالنقر على زر (Options) التحكم بمواصفات العنصر بعد اختياره.



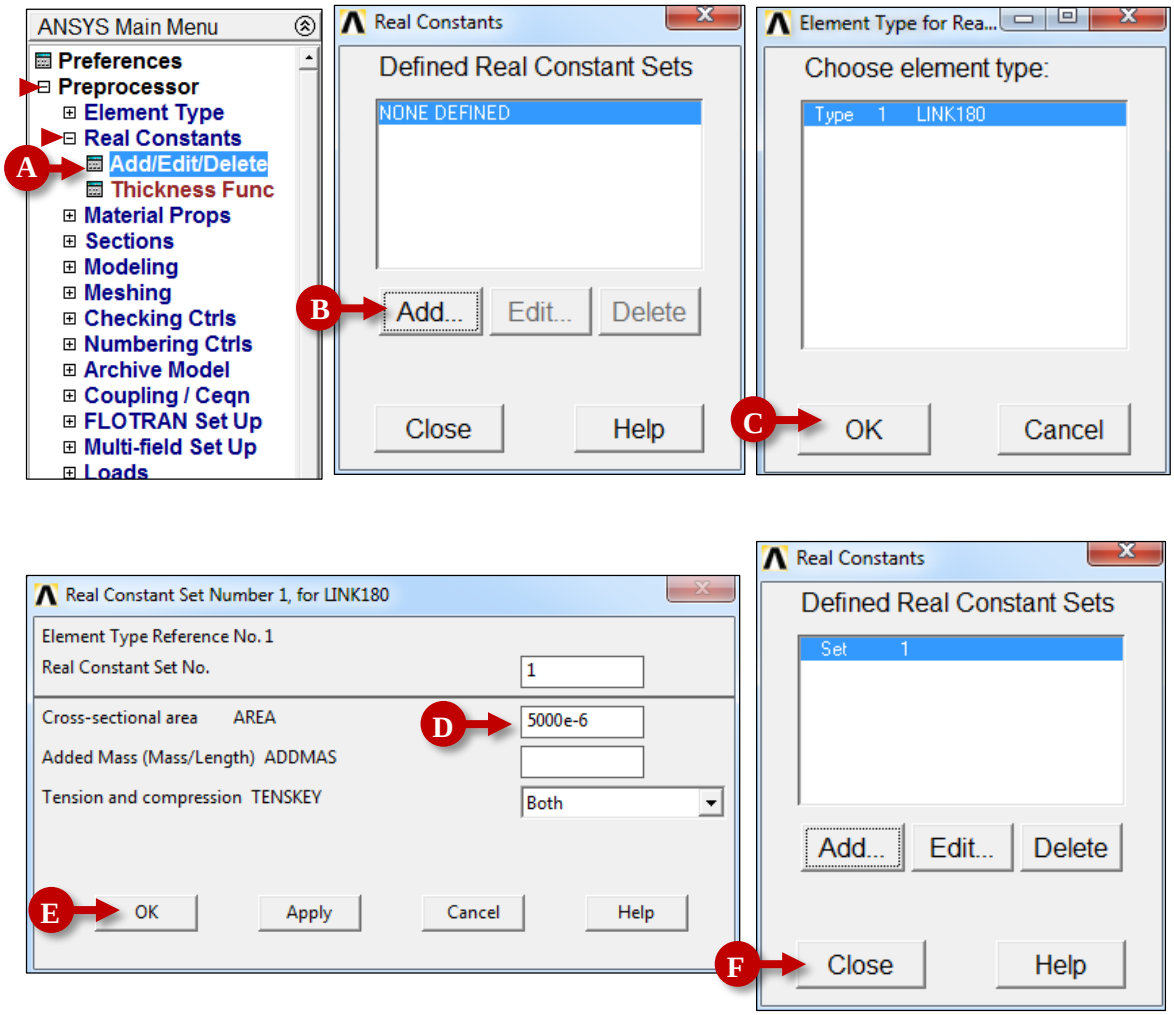
الشكل (2-102): تحديد العنصر المستخدم

2- تعريف ثوابت العنصر المستخدم:

يتم تعريف مساحة مقطع العنصر (Link180) المستخدم والتي تساوي ($5000E\text{-}6m^2$) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-103):

2- Preprocessor> Real constant> Add/Edit/Delete>Add: Link180> OK

AREA = **5000e-6** (m^2) (مساحة مقطع قضبان الجائز الشبكي)



الشكل (2-103): تحديد مساحة مقطع القضبان الشبكية

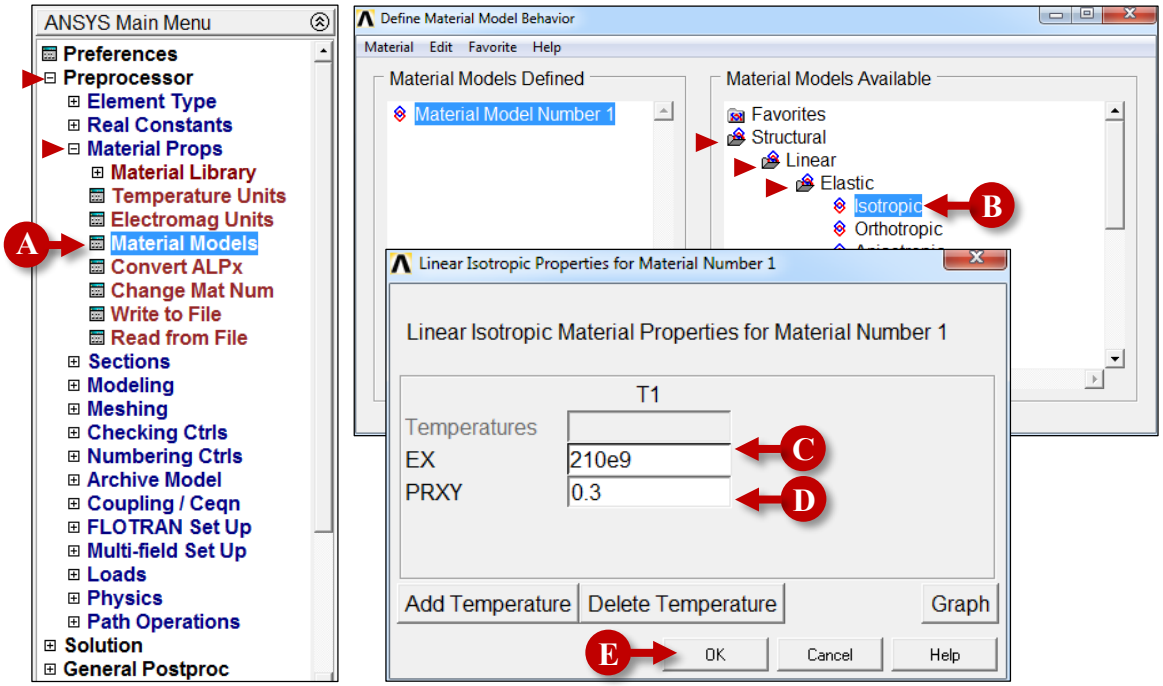
3- تعريف خصائص المواد المستخدمة:

يتم تعريف خصـــائص المادة المســـتخدمة والتي هي (معامل المرونة ومعامل بواســـون) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-104):

3- Preprocessor> Material props> Material models> Structural>Linear> Elastic> > Isotropic

EX = **210e9** (N/m^2) (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون للفولاذ)



الشكل (2-104): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للمادة المستخدمة

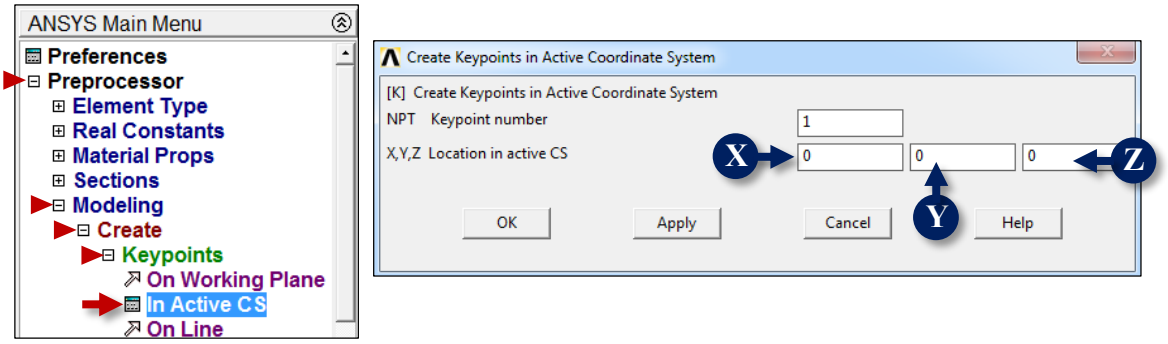
4- رسم النقاط الرئيسية في الجائز الشبكي:

سيتم رسم ست نقاط رئيسية (Keypoints) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-105) وبيانات النقاط موضحة في الجدول (2-3):

4-Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> In Active CS>

NPT Keypoint Number = **1** (اسم النقطة)

X, Y, Z Location in Active CS = **0 , 0 , 0** > **Apply** (إحداثيات النقطة)

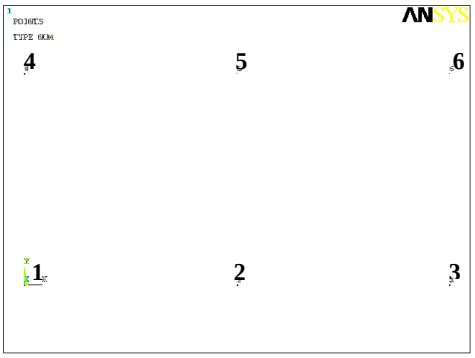


الشكل (2-105): رسم النقطة الرئيسية الأولى في الجائز الشبكي

ثم يتم رسم باقي النقاط وفق الجدول (2-3) التالي، ويبين الشكل (2-106) النقاط الرئيسية التي تم رسمها.

الجدول (2-3): رسم النقاط الرئيسية في الجائز الشبكي

Keypoint Number	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	
1	**0**	**0**	**0**	> Apply
2	**3**	**0**	**0**	> Apply
3	**6**	**0**	**0**	> Apply
4	**0**	**3**	**0**	> Apply
5	**3**	**3**	**0**	> Apply
6	**6**	**3**	**0**	> OK



الشكل (2-106): النقاط الرئيسية في الجائز

5- رسم قضبان الجائز الشبكي:

سيتم رسم أحد عشر خطاً، بالإستعانة بالنقاط الرئيسية الأربعة السابقة، ومن خلال اتباع المسار التالي والموضح في الشكل (2-107):

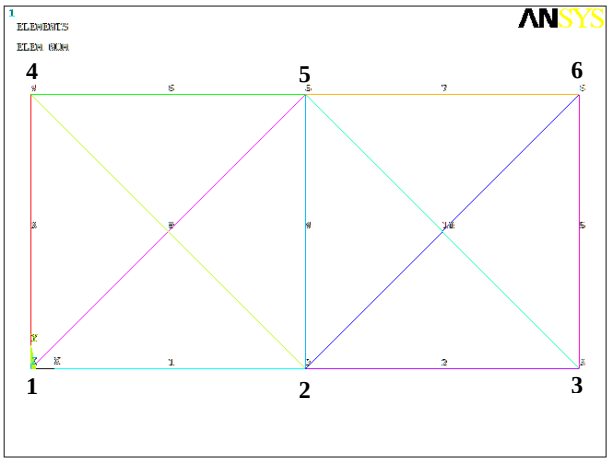
5- Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Lines> Straight Lines>

حيث يتم تحديد كل نقطتين تمثلان بداية ونهاية كل قضيب، كما هو موضح في الجدول (2-4) التالي:

الجدول (2-4): رسم الخطوط بين عقد الجائز الشبكي

Point 1	Point 2
1	**2**
2	**3**
1	**4**
2	**5**
3	**6**
4	**5**
5	**6**
1	**5**
2	**4**
2	**6**
3	**5**

> OK



الشكل (2-107): قضبان الجائز الشبكي

6- تحديد خطة تقسيم الجائز:

سيتم اعتبار أن كل قضيب مؤلف من عنصر واحد فقط، وبعد ذلك يتم إعطاء أمر التقسيم، تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-108):

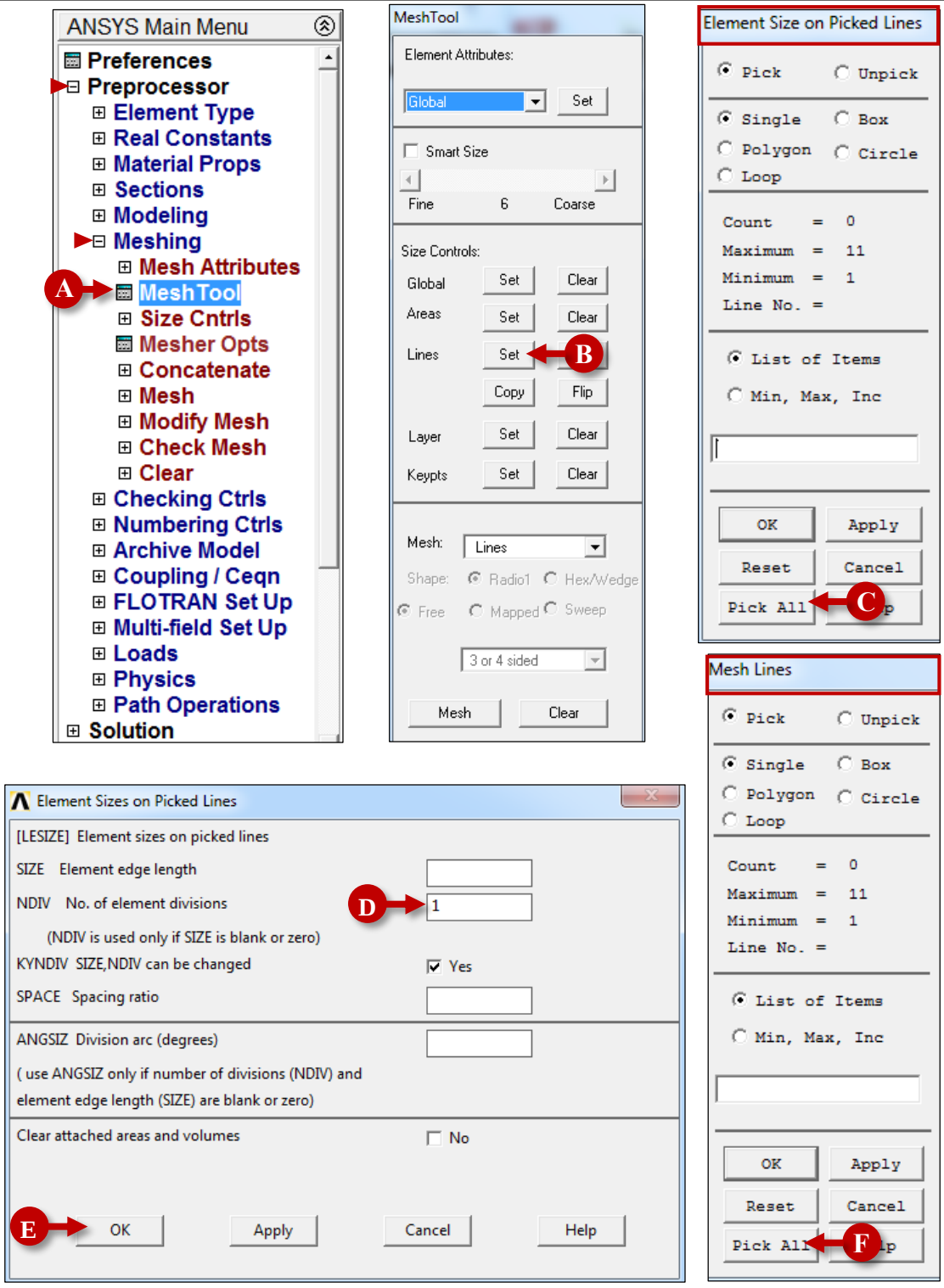
6- 1. Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

1. Lines> **Set** > Pick All

   No. of Element Divisions = **1** (عدد القطع في كل قضيب)

   >OK

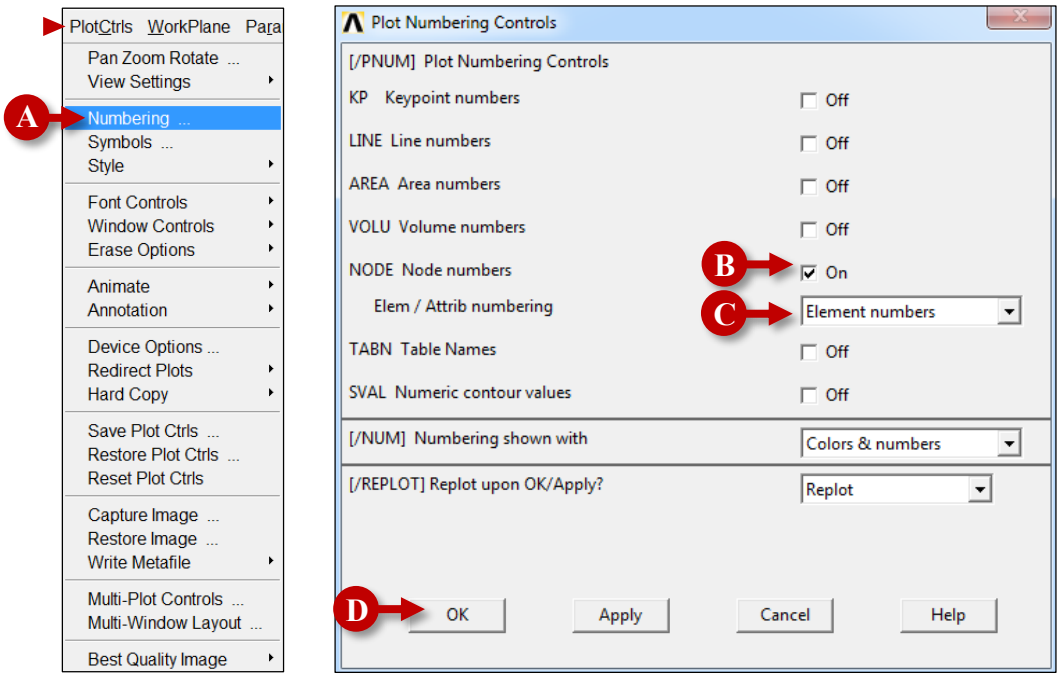
2. Mesh > Pick All



الشكل (2-108): تقسيم العناصر

ثم يتم إظهار أرقام العقد والعناصـــر على الشـــكل في الواجهة الرســـومية (في حال كانت هذه الأرقام غير ظاهرة) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-109):

2. **PlotCtrls> Numbering…> 1.** NODE Node Numbers : **On**
   2. Elem / Attrib Numbering : **Element Numbers**
3. **Plot> Elements**



الشكل (2-109): تفعيل إظهار أرقام العقد والعناصر

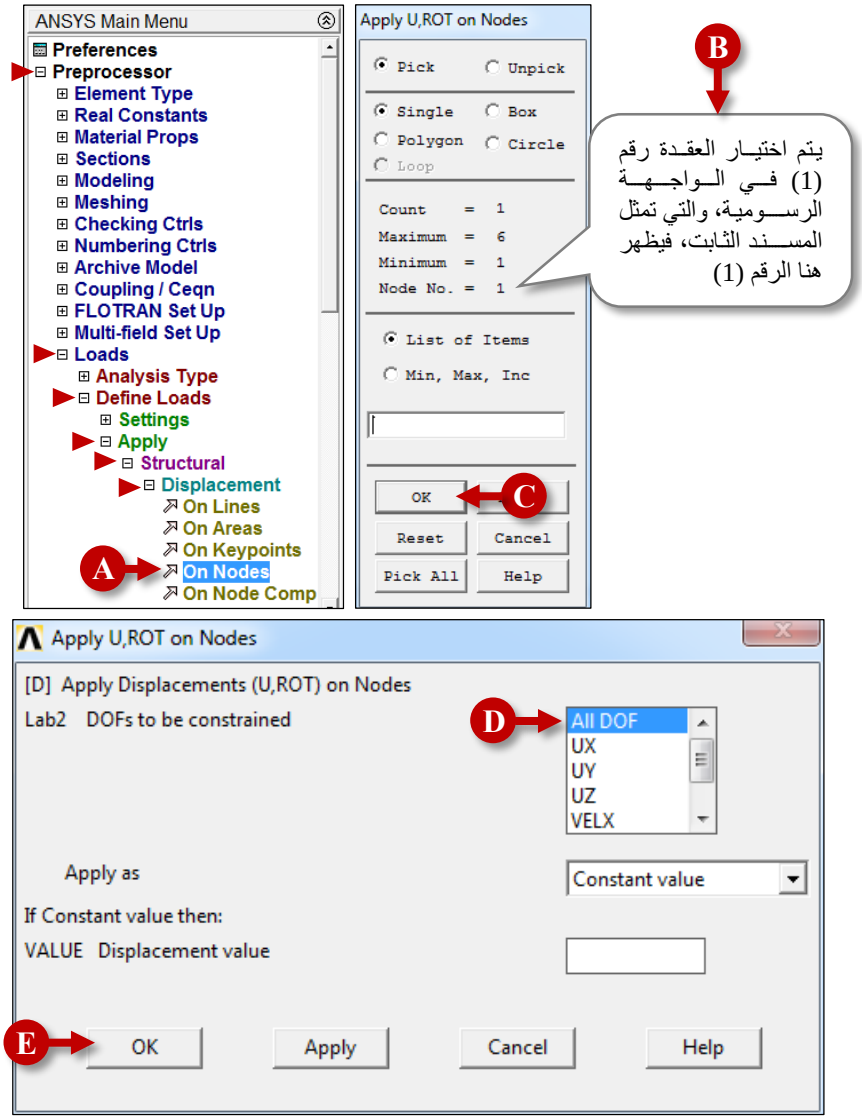
7- تخصيص المساند:

يوجد لدينا في هذا المثال ثلاثة أنواع من المســـاند (ثابت، ومنزلق، ومائل) يتم تحديدها وفق الخطوات التالية، حيث يوضح الشكل (2-110) تخصيص الإنتقال في المسند الثابت، والشكل (2-111) تخصيص الإنتقال في المسند الوسطي:

7- Preprocessor> Load> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> > On Nodes>

1. المسند الثابت:

1. (يتم اختيار العقدة الأولى الواقعة على الجانب الأيسر من الجائز)> **All DOF**> Apply



الشكل (2-110): تخصيص الإنتقال في المسند الثابت

2. المسند المنزلق:

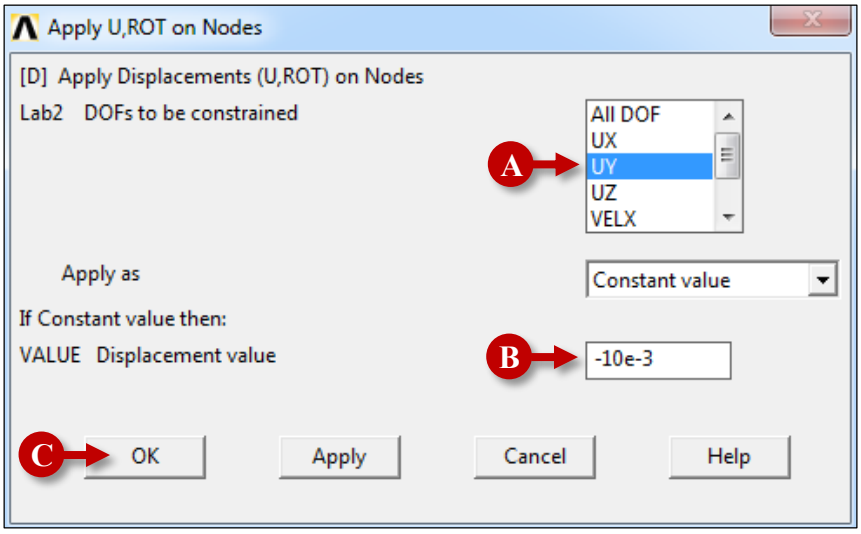
يخضع هذا المسند لإنتقال أولي (10mm):

2. (يتم تحديد العقدة الثانية الواقعة في وسط الجائز) >

LAB2 DOFs to be Constrained = **UY** (اتجاه محور الانتقال)

VALUE Displacement Value = **-10e-3** (m) (قيمة الانتقال مع الانتباه للإشارة)

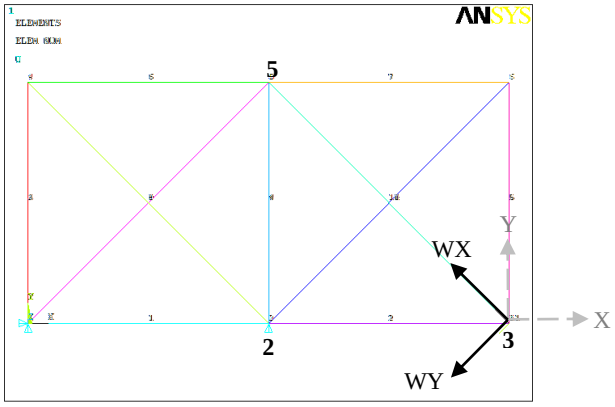
> OK



الشكل (2-111): تخصيص الإنتقال في المسند المنزلق

3. إنشاء جملة محاور مؤقتة في موقع المسند المائل:

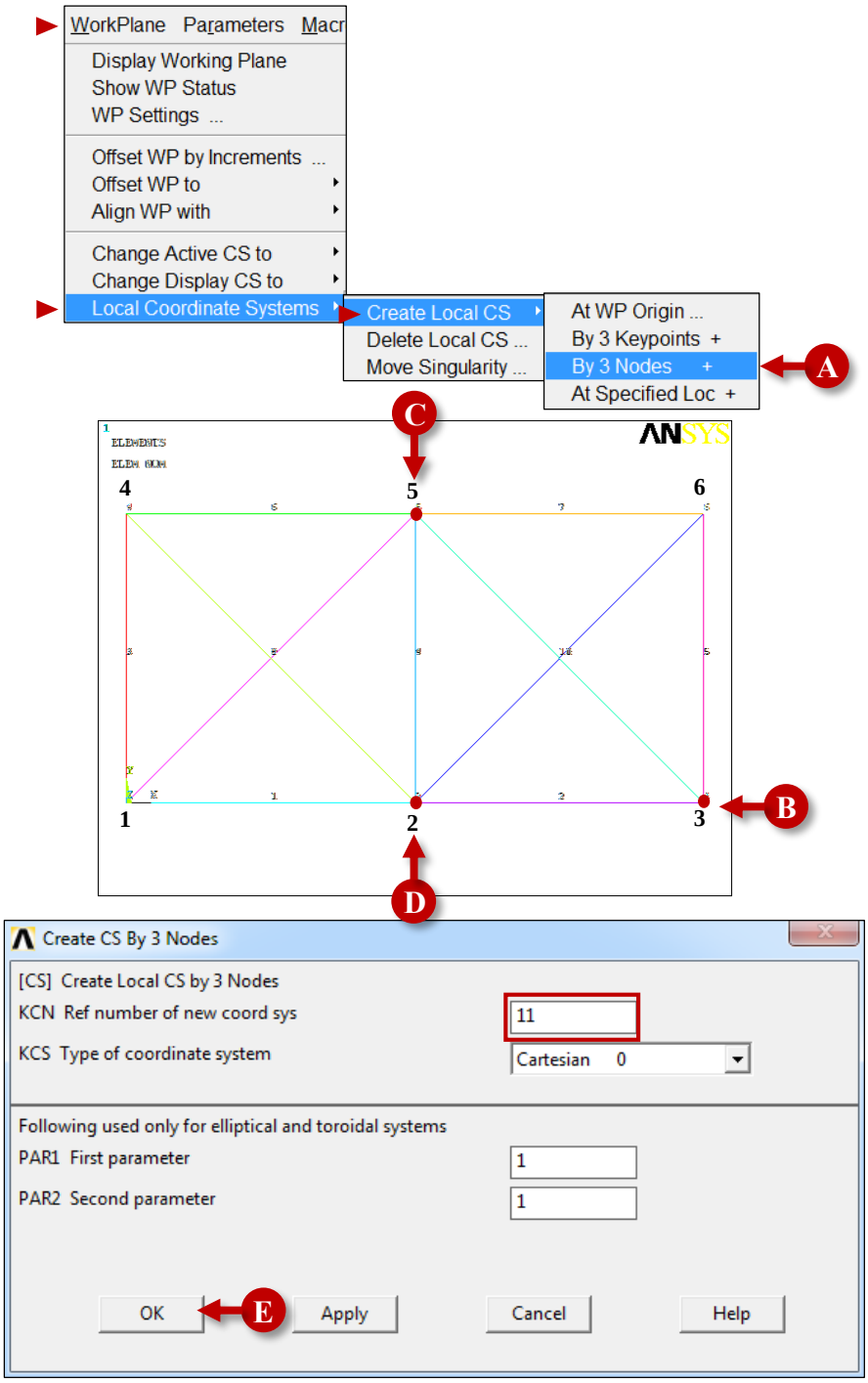
يتم إنشـــاء جملة محاور مؤقتة في المســـتوي المحدد بالعقد (3) و(5) و(2)، كما هو موضـــح في الشكل (2-112)، بحيث ينطبق المحور الجديد (WX) على العنصر المحدد بالعقدتين (3) و(5)، والمحور الجديد (WY) يكون عمودي عليه. تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-113):



الشكل (2-112): اتجاه جملة المحاور المؤقتة

3. WorkPlane> Local Coordinate Systems> Create Local CS> By 3 Nodes +

> العقدة2 > العقدة5 > العقدة3 >يتم تحديد ثلاثة عقد كما هو مبين في الشكل (2-122) > OK



الشكل (2-113): تسمية جملة المحاور المؤقتة

وبذلك تم إنشاء جملة محاور إحداثيات موقتة يرمز لها بالرقم (11):

Ref Number of New Coord Sys = **11**

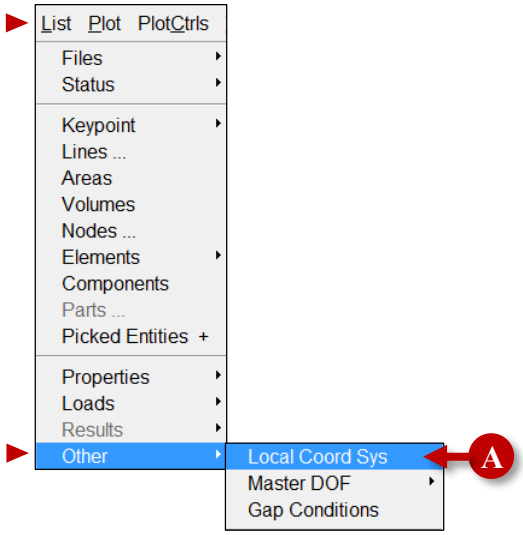
- **ملاحظة (1):**

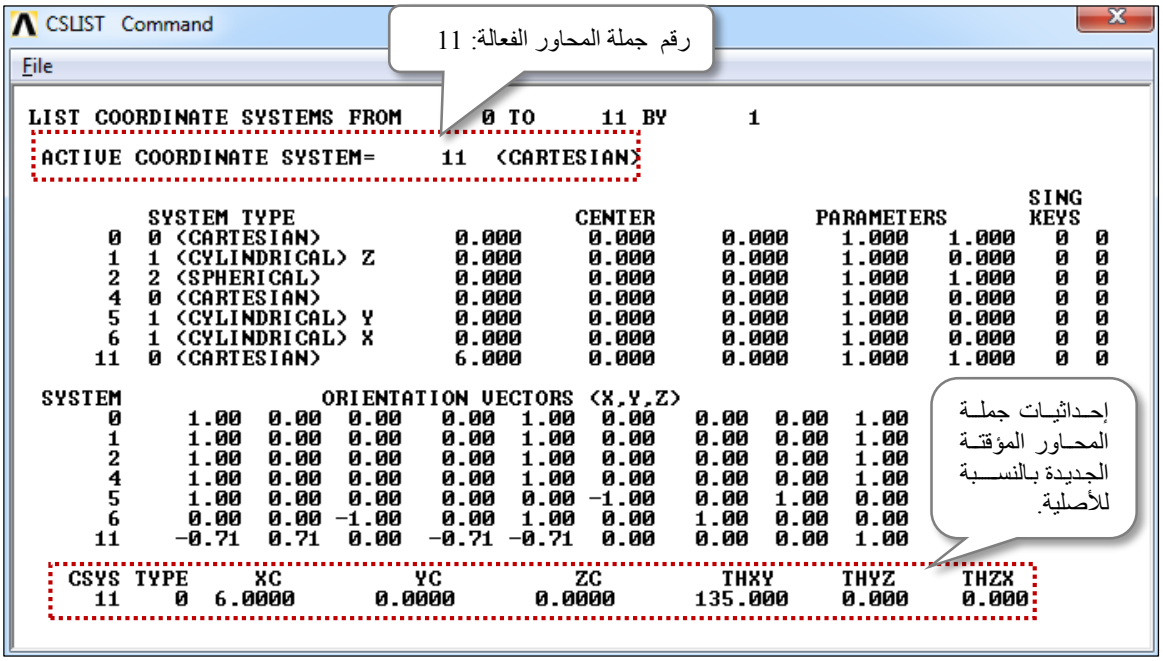
عند تحديد العقد الثلاثة (3) و(5) و(2) فإن العقدة الأولى ذات الرقم (3) والواقعة عند المسند المائل، تُمثِّل موقع مركز جملة محاور الإحداثيات المؤقتة المراد إنشاؤها، والعقدة الثانية والتي تحمل الرقم

(5)، تُمثِّل المحور (WX) في جملة المحاور المؤقتة، أما العقدة الثالثة والتي تحمل الرقم (2) فتُمثِّل المستوي (XY) في جملة المحاور المؤقتة.

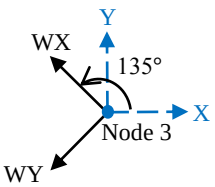
- يمكن الحصول على معلومات عن هذه جملة المحاور الجديدة وفق المسار التالي والموضح في الشكل (114-2):

- **List> Other> Local Coord Sys**





الشكل (2-114): إحداثيات جملة المحاور المؤقتة

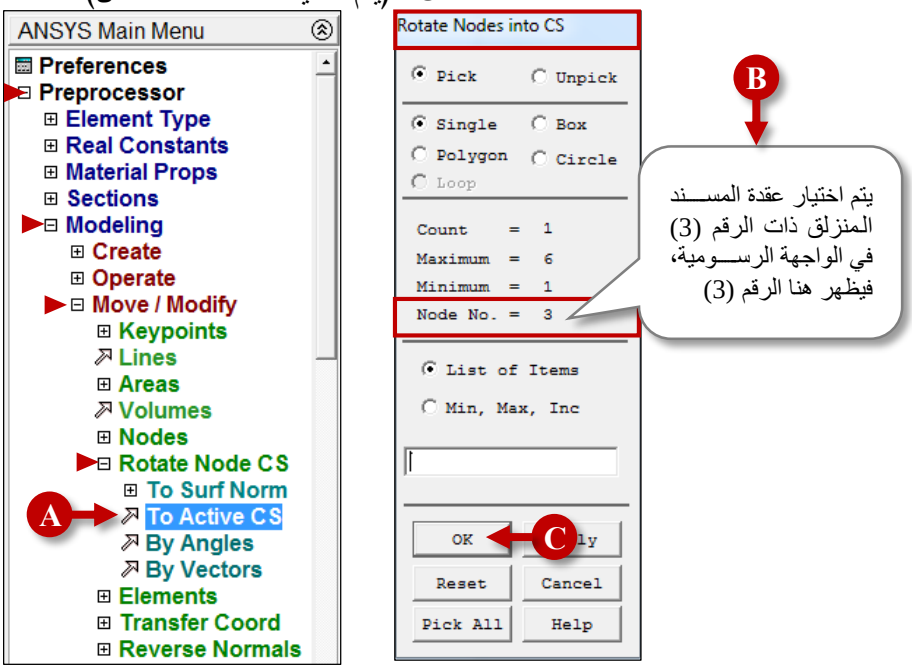


نلاحظ من الشكل (2-114) أن إحداثيات مركز جملة المحاور المؤقتة الجديدة بالنسبة لجملة المحاور القديمة الأصلية هي (X=6)، ودوران المحور (X) كان (135°) بعكس اتجاه عقارب الساعة في المستوي (XY)، كما هو موضح في الشكل (2-112) السابق.

4. تدوير جملة محاور العقدة الواقعة في موقع المسند المائل باتجاه جملة المحاور المؤقتة الجديدة:

بعد إنشـــاء جملة المحاور المؤقتة الجديدة يتم تدوير جملة محاور العقدة (3) الواقعة في موقع المسـند المائل باتجاه جملة المحاور الجديدة، للقيام بهذه العملية نتبع المسـار التالي والموضـح في الشـكل (115-2):

4. **Preprocessor> Modeling> Move/ Modify> Rotate Node CS> To Active CS>**
> (يتم تحديد عقدة المسند المائل) > OK



الشكل (2-115): تدوير إحداثيات العقدة الواقعة في موقع المسند المائل باتجاه جملة محاور مؤقتة الحالية

5. تخصيص المسند المنزلق المائل (وفقاً للجملة الجديدة):

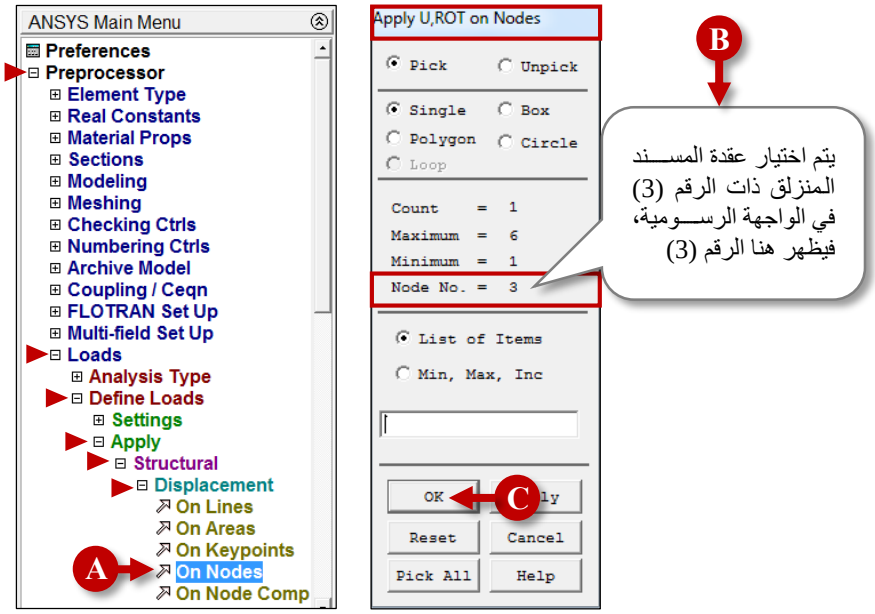
يتم تخصيص المسند المنزلق في العقدة (3) وفقاً لمحاور الجملة الجديدة من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-116) و(2-117):

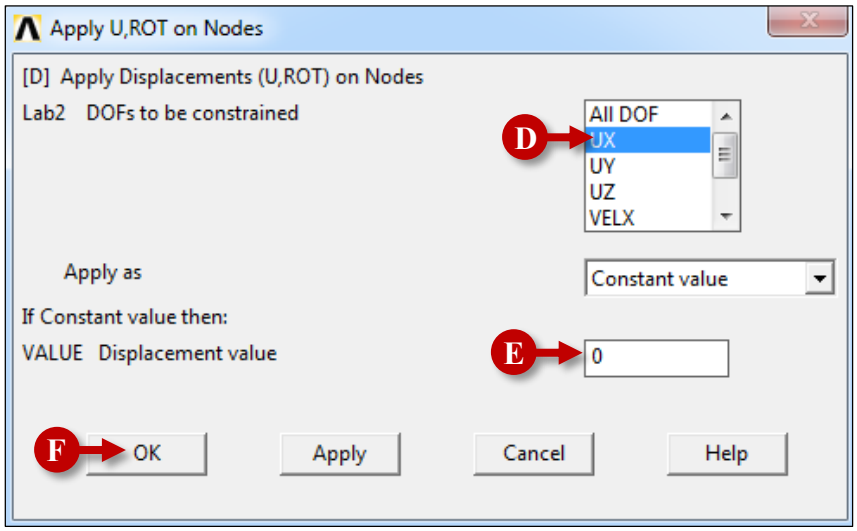
5. **Preprocessor> Load> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Nodes>**
> (يتم تحديد العقدة االثالثة الواقعة في الطرف الأيمن في الجائز) >

LAB2 DOFs to be Constrained = **UX** (اتجاه محور الانتقال)

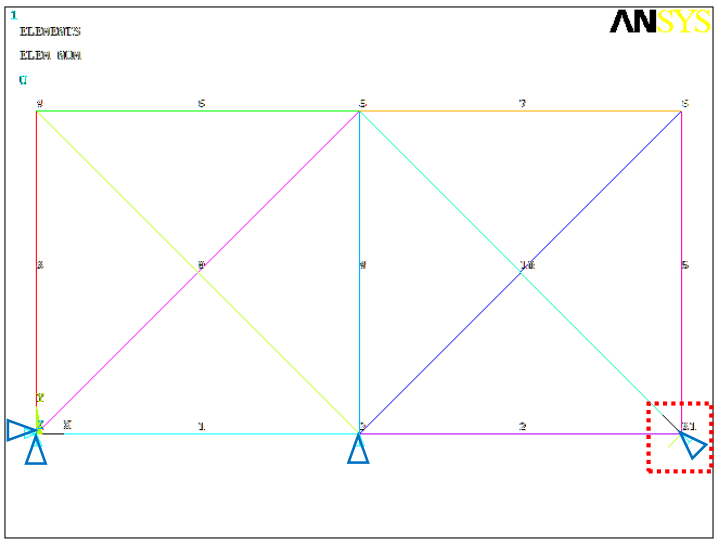
VALUE Displacement Value = 0 (m) (قيمة الانتقال)

> OK





الشكل (2-116): تخصيص المسند المائل المنزلق



الشكل (2-117): المسند المائل المنزلق

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

8- تطبيق الحمولات المركزة:

يتم تطبيق الحمولات المركزة على العقد العلوية في الجائز الشـبكي المعطى في الشـكل (2-98)، وفق المسارات التالية والموضحة في الشكل (2-118):

8- Preprocessor> Load> Define Loads> Apply> Structural> Force/Moment> > On Nodes >

1. (يتم تحديد العقدتين العلويتين الطرفيتين، ذوات الأرقام 4 و6)> OK

Direction of Force/Mom = **FY** (اتجاه محور القوة)

Value = **-2e5** (N) (قيمة القوة مع الانتباه للإشارة)

>Apply

2. (يتم تحديد العقدة العلوية الوسطية، ذات الرقم 5)> OK

Direction of Force/Mom = **FY** (اتجاه محور القوة)

Value = **-4e5** (N) (قيمة القوة مع الانتباه للإشارة)

>Apply

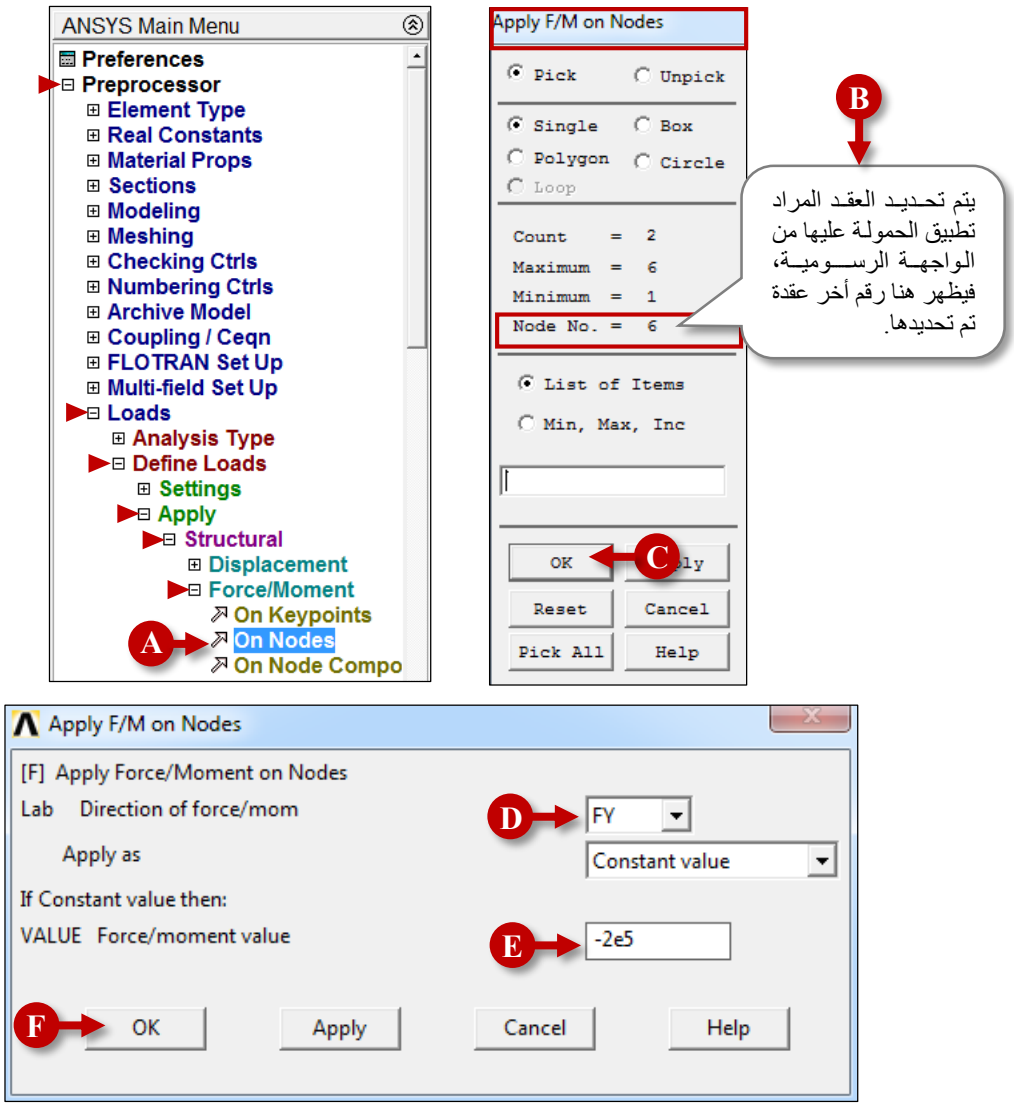
3. (يتم تحديد العقدة العلوية الطرفية، ذات الرقم 4)> OK

Direction of Force/Mom = **FX** (اتجاه محور القوة)

Value = **1e5** (N) (قيمة القوة مع الانتباه للإشارة)

> OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

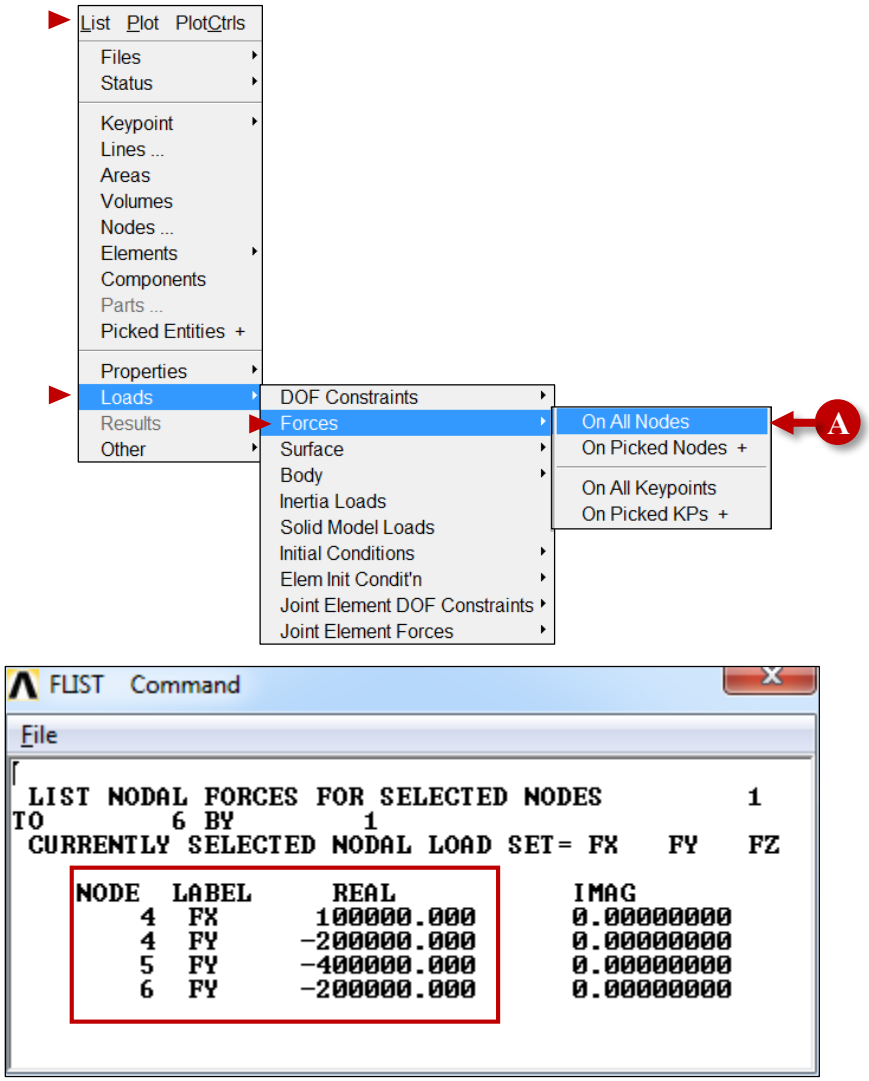


الشكل (2-118): تطبيق الحمولة على عقد الجائز الشبكي

9- التأكد من الحمولات المطبقة على العقد:

✓ يتم التأكد من أسماء العقد التي تم تطبيق الحمولات عليها واتجاه محاورها وقيمها بشكل رقمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-119):

9- List> Load> Force> On All Nodes



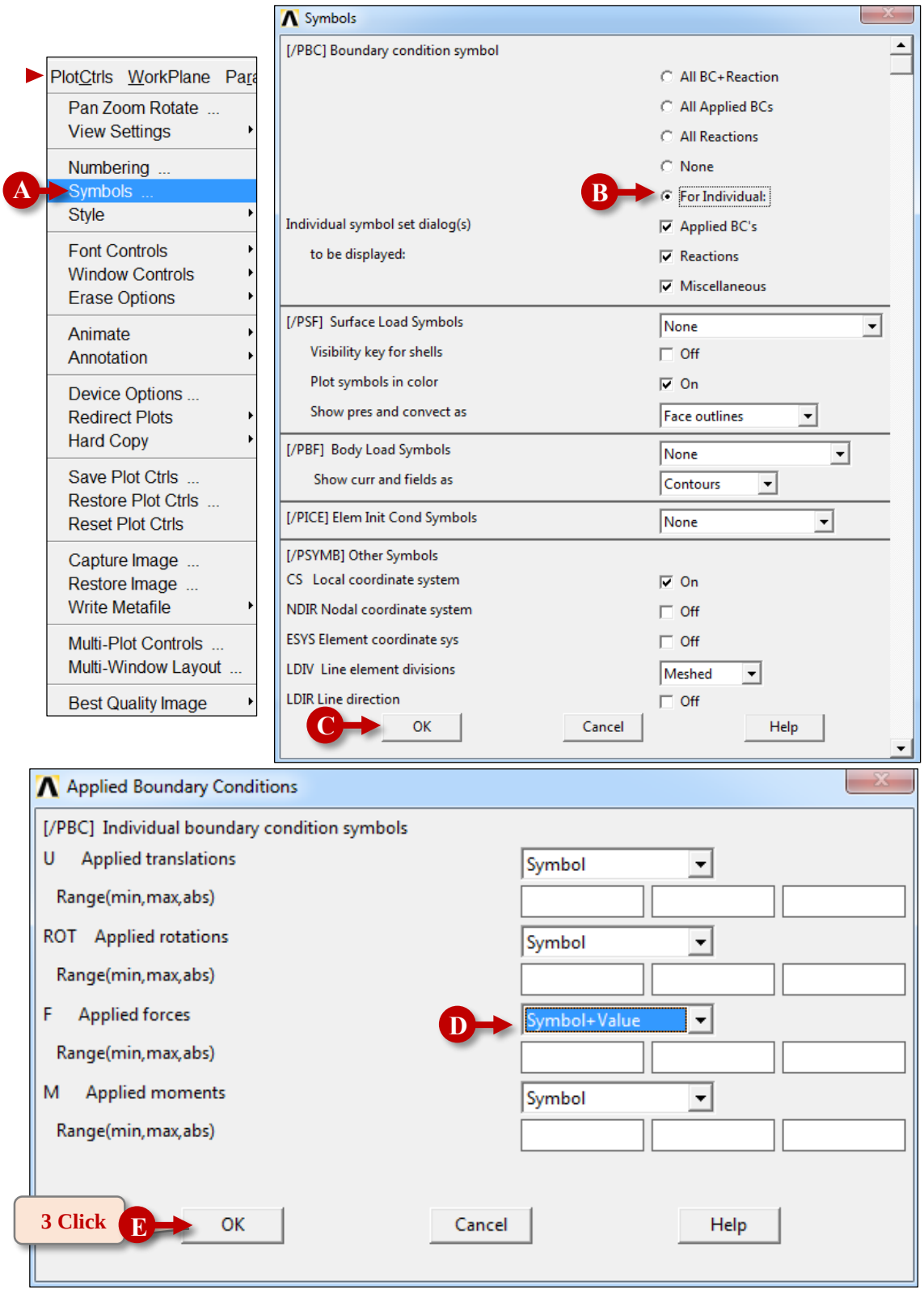
الشكل (2-119): التأكد من قيم الحمولات، ومحاورها، وأرقام العقد

✓ تتم معاينة شدة الحمولات على الشكل خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-120) و(2-121):

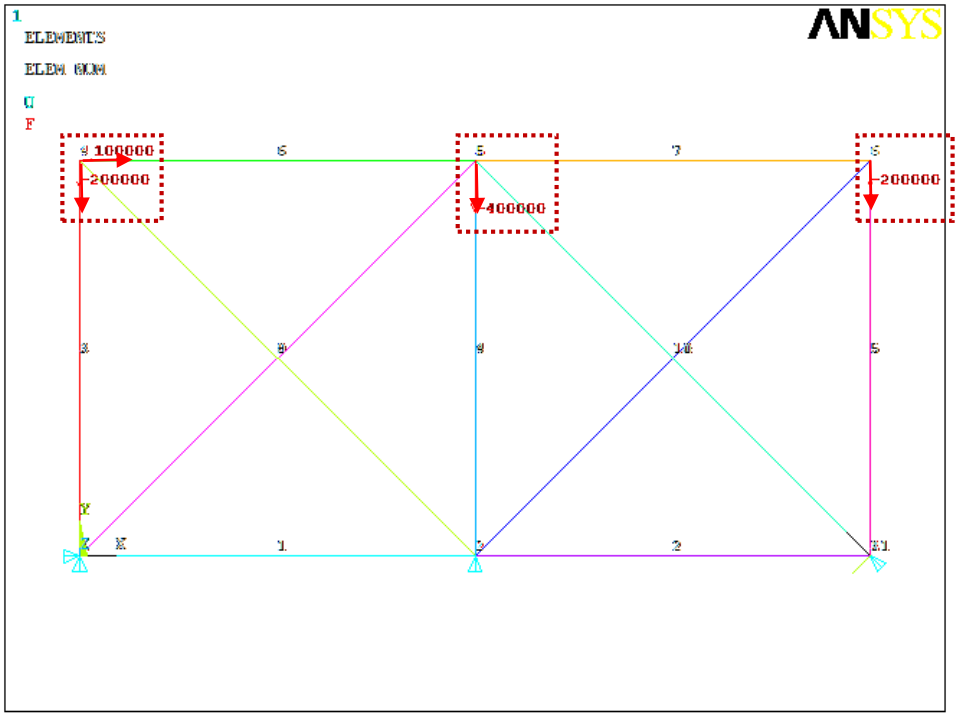
- **PlotCtrls> Symbols>**
  For Individual> OK> F Applied Forces= **Symbol + Value** >OK> OK>OK

ولإلغاء هذه المعاينة والعودة إلى الشكل الإفتراضي:

- **PlotCtrls> Symbols> All BC+Reaction**



الشكل (2-120): تفعيل إظهار قيم الحمولات على النموذج



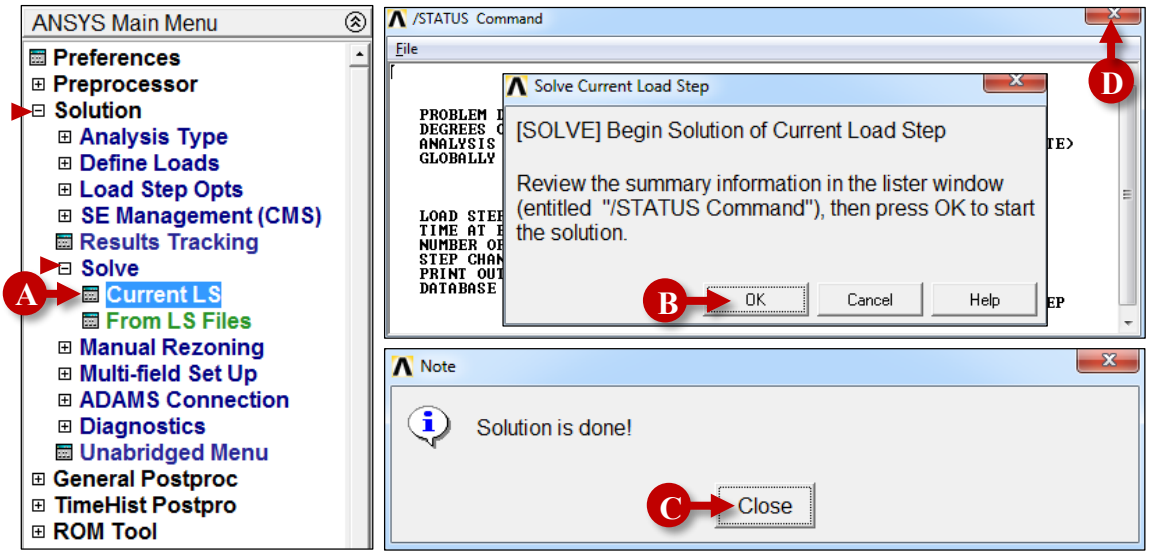
الشكل (2-121): إظهار قيم الحمولات على النموذج

10- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر(Solve) الموضح في الشكل (2-122)، وفق المسار التالي:

10- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

ثم يتم الإنتظار حتى الإنتهاء من التحليل، حيث يعطي البرنامج في هذا المثال رسالة (Solution is Done)، وبعد ذلك يمكن معاينة النتائج.



الشكل (2-122): بدء التحليل

11- معاينة النتائج:

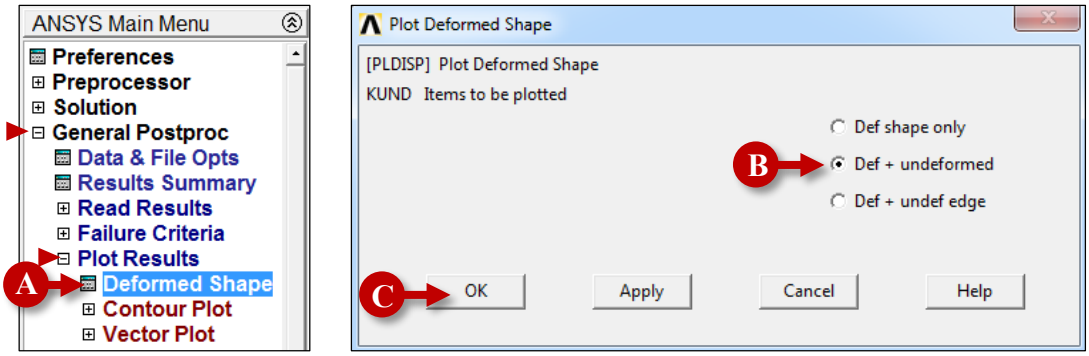
11-1 معاينة الشكل المتشوه:

تتم معاينة تشـــوه الجائز الناتج عن الحمولات المطبقة من خلال المســـار التالي والموضـــح في الشكلين (2-123) و(2-124):

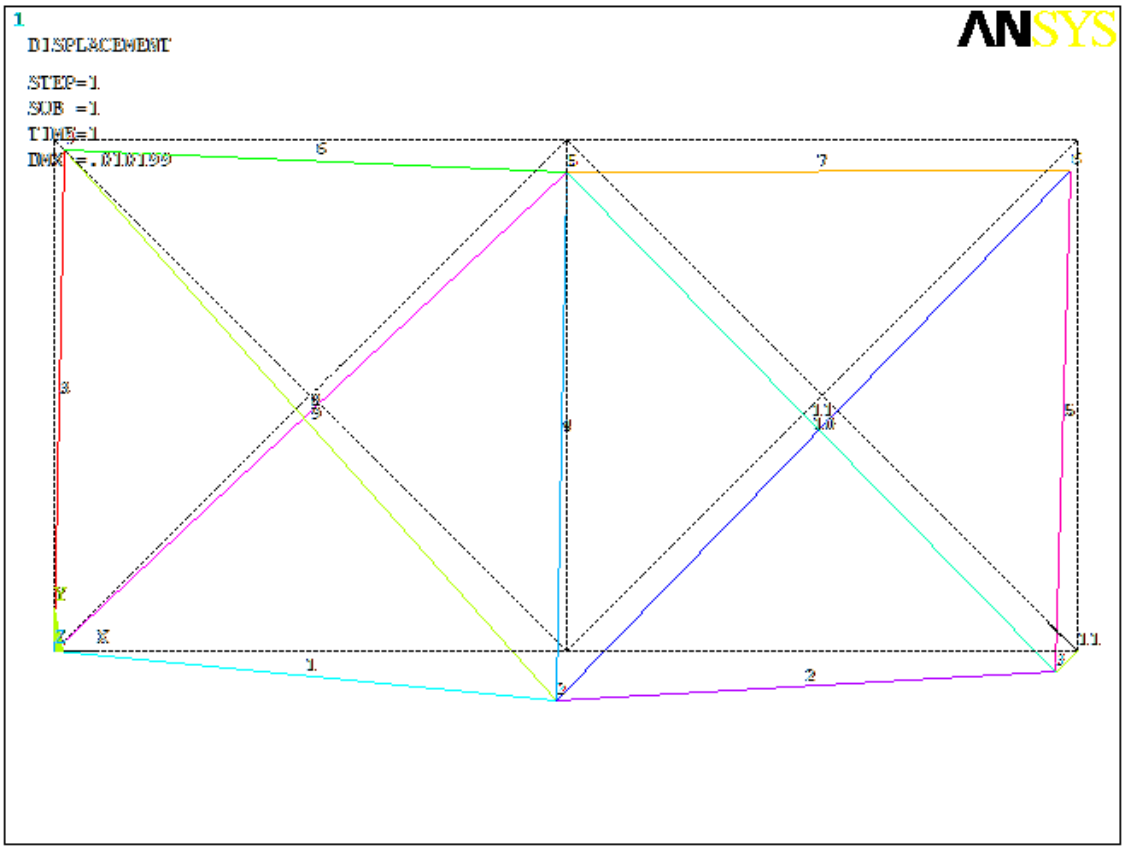
11- 1. General Postproc> Plot Results> Deformed Shape>

1. Def Shape Only > Apply

2. Def + undeformed > OK



الشكل (2-123): تحديد الشكل المتشوه وخطوط الشبكة في الشكل الأصلي



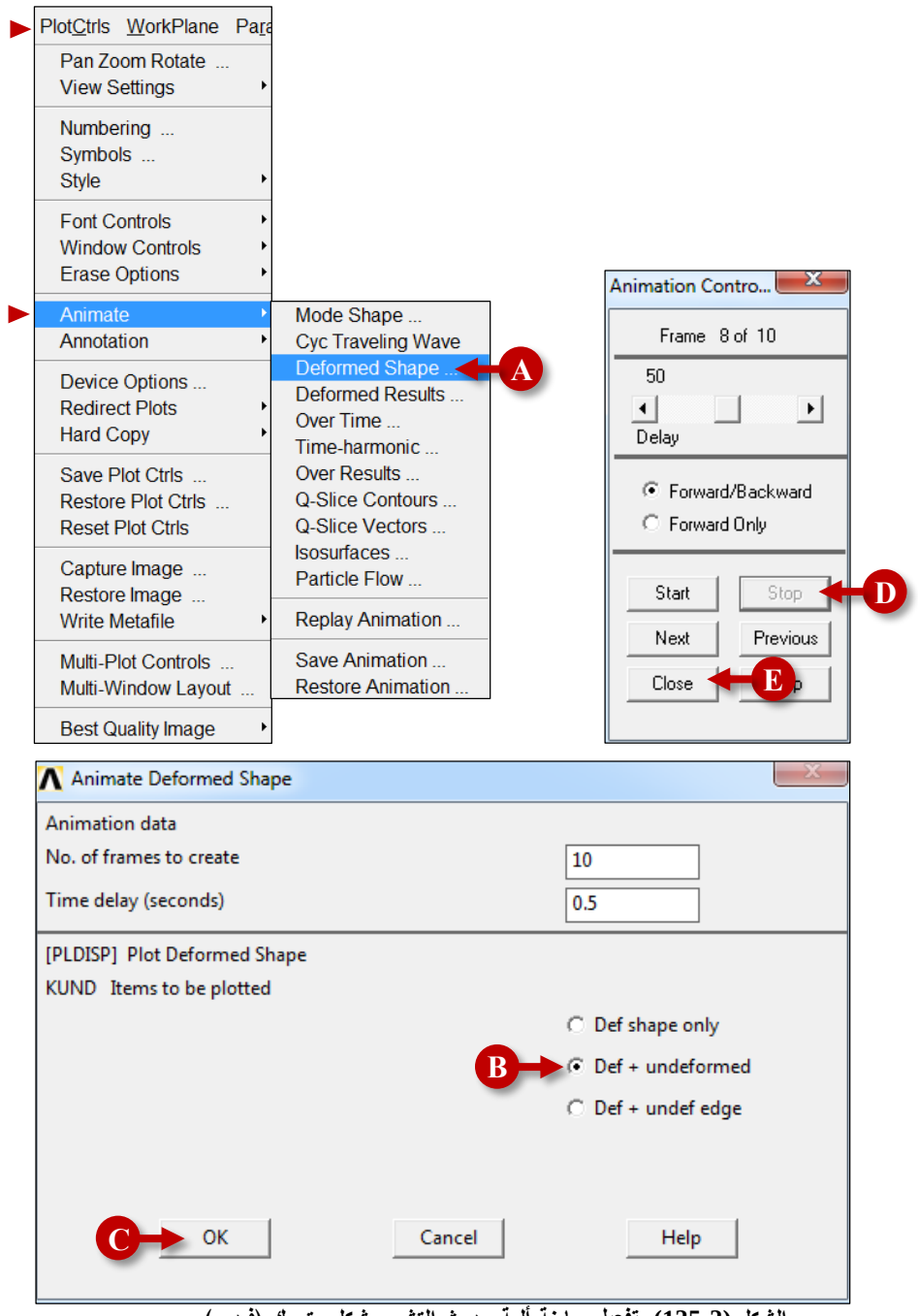
الشكل (2-124): الشكل المتشوه

نلاحظ من الشكل (2-124) بأن الإنتقالات معدومة في عقدة المسند الثابت، وحدث إنتقال شاقولي (هو الإنتقال الأولي المفروض) في عقدة المسند المنزلق الوسطي، أما في المسند المائل فقد حدث انزلاق مائل باتجاه المحور (Y) في جملة المحاور المؤقتة الجديدة التي تم إنشاؤها.

2-11 معاينة ألية حدوث التشوه بشكل فيديو:

يمكن معاينة ألية حدوث التشوه بشكل متحرك (فيديو) من خلال المسار التالي و الموضح في الشكل (2-125):

11- 2. PlotCtrls> Animate> Deformed Shape…> Def + undeformed > OK



الشكل (2-125): تفعيل معاينة ألية حدوث التشوه بشكل متحرك (فيديو)

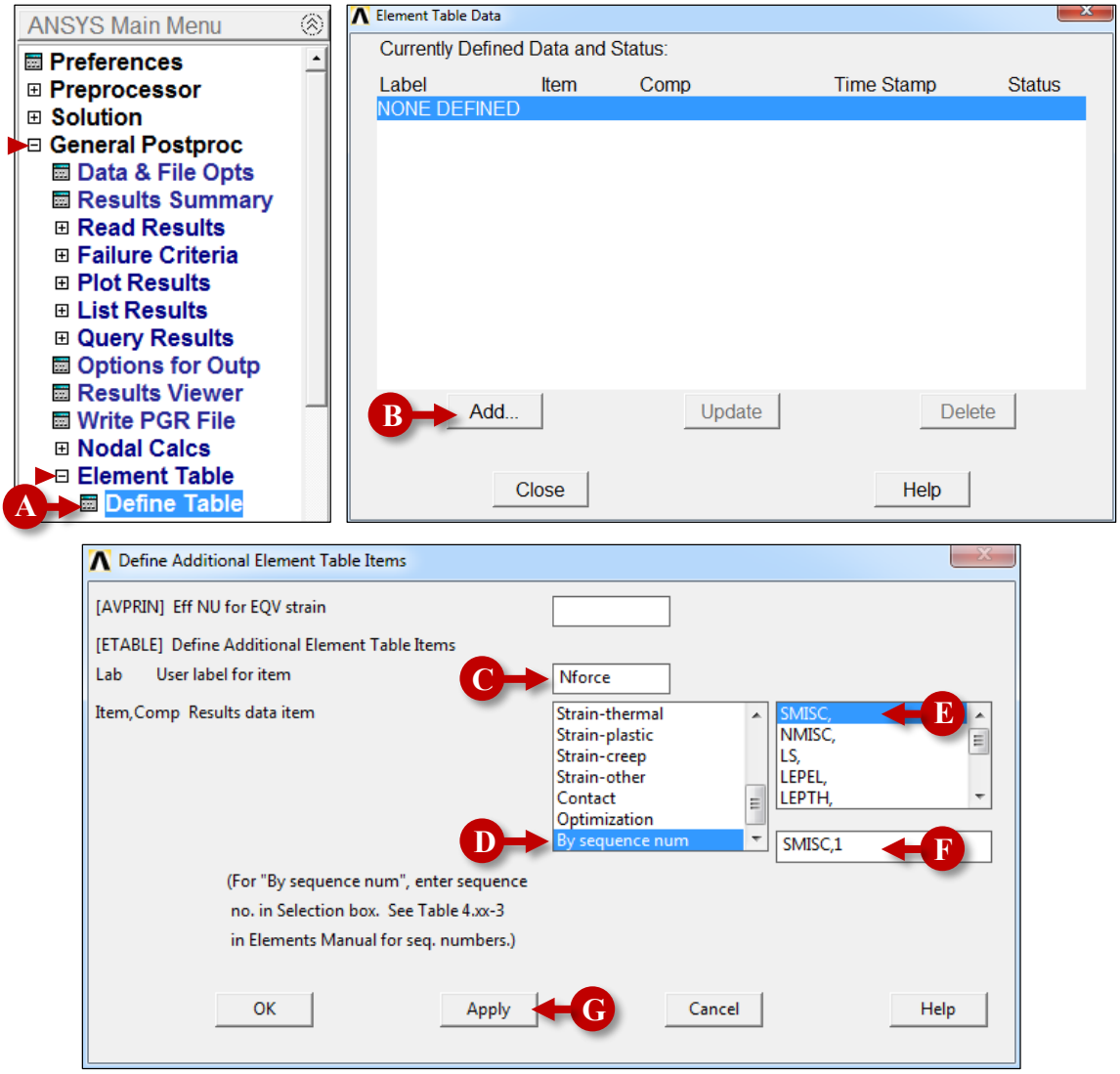
3-11 معاينة القوى المحورية والإجهادات المحورية في قضبان الجائز الشبكي:

أ. تعريف القوى والإجهادات المحورية:

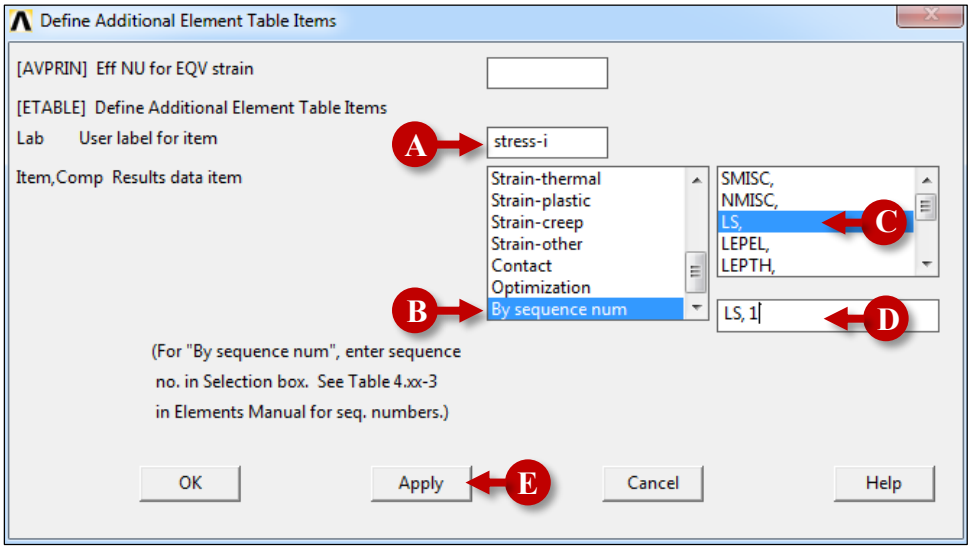
يتم تعريف القوى المحورية والإجهادات المحورية المراد معاينتها وفق المسارات التالية والموضحة في الأشكال (2-126) و(2-127) و(2-128):

11- 3-a. General Postproc> Element Table> Define Table> Add

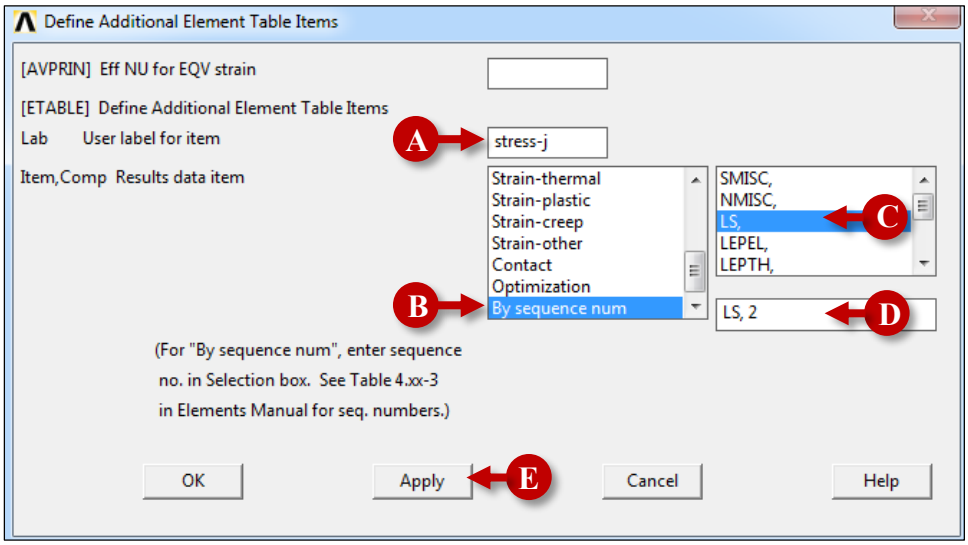
1. Lab User Label for Item = **Nforce** (يتم اقتراح اسم توضيحي للقوى المحورية)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > SMISC, 1 > Apply**
2. Lab User Label for Item = **stress-i** (يتم اقتراح اسم توضيحي للإجهادات المحورية)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > LS, 1 > Apply**
3. Lab User Label for Item = **stress-j** (يتم اقتراح اسم توضيحي للإجهادات المحورية)
   Item, Comp Results Data Item= **By Sequence Num > LS, 1 > OK> Close**



الشكل (2-126): تعريف القوى المحورية



الشكل (2-127): تعريف الإجهادات المحورية في عقدة بداية العنصر



الشكل (2-128): تعريف الإجهادات المحورية في عقدة نهاية العنصر

- **ملاحظة (2):**

في هذا المثال ستكون الإجهادات المحورية في بداية العنصر (stress-i) وفي نهاية العنصر (stress-j) متطابقة.

- **ملاحظة (3):**

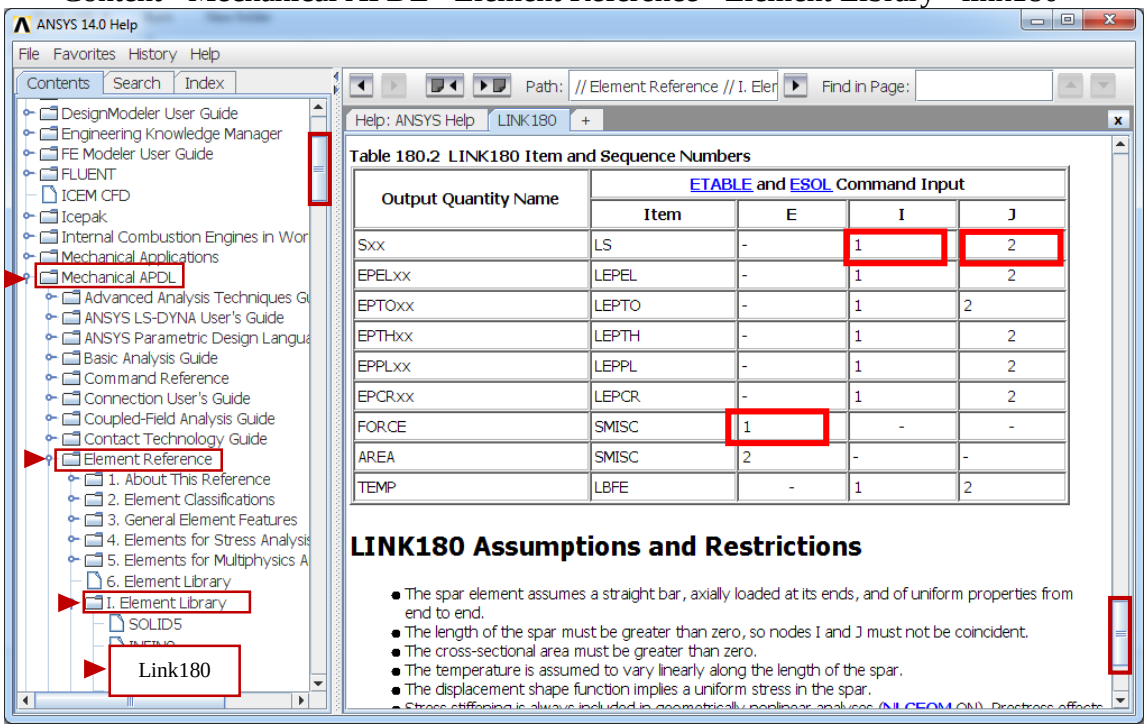
تعبر الرموز التالية عن ما يلي:

- **LS,1:** الإجهادات محورية.
- **SMISC,1:** القوى محورية.
- **LEPEL,1:** الإنفعالات محورية.

- **ملاحظة (4):**

يتم الحصول على الأرقام المطلوبة لمعاينة الإجهادات أو القوى المحورية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-129):

- **Help> Help Topics>**
  Content> Mechanical APDL> Element Reference> Element Library> link180>

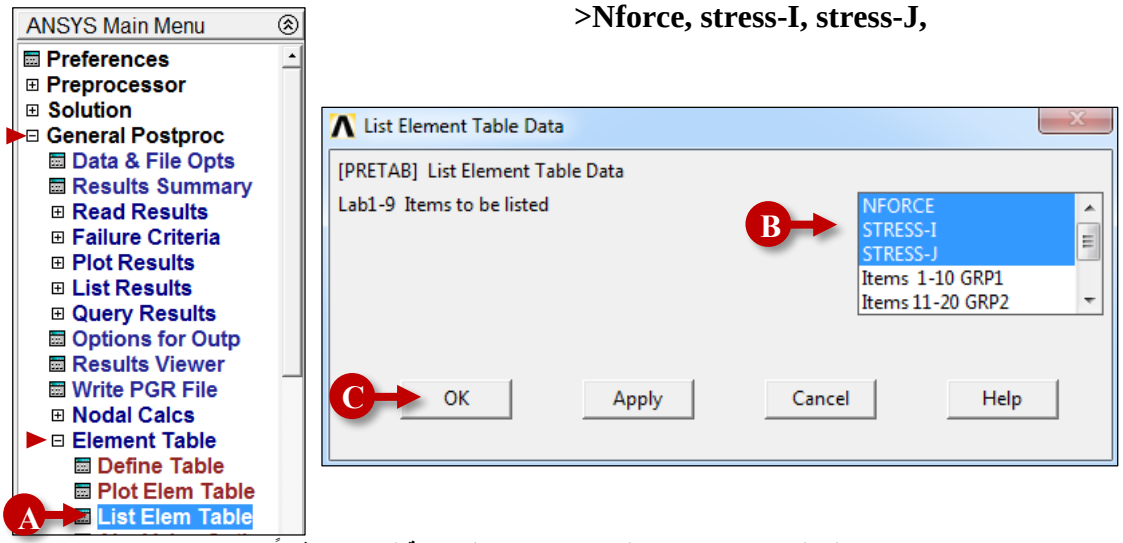


الشكل (2-129): الحصول على الأرقام المطلوبة لمعاينة القوى والإجهادات المحورية

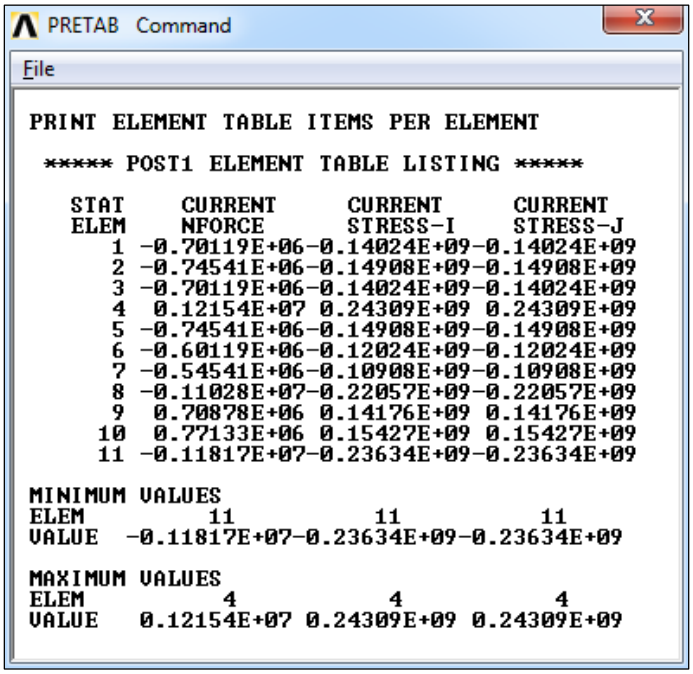
ب. معاينة القوى والإجهادات المحورية بشكل رقمي:

تتم معاينة قيم القوى والإجهادات المحورية في قضبان الجائز الشبكي بشكل رقمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-130) و(2-131):

13- 3-b. General Postproc> Element Table> List Elem Table>
>Nforce, stress-I, stress-J,



الشكل (2-130): تحديد القوى والإجهادات المحورية لمعاينتها رقمياً

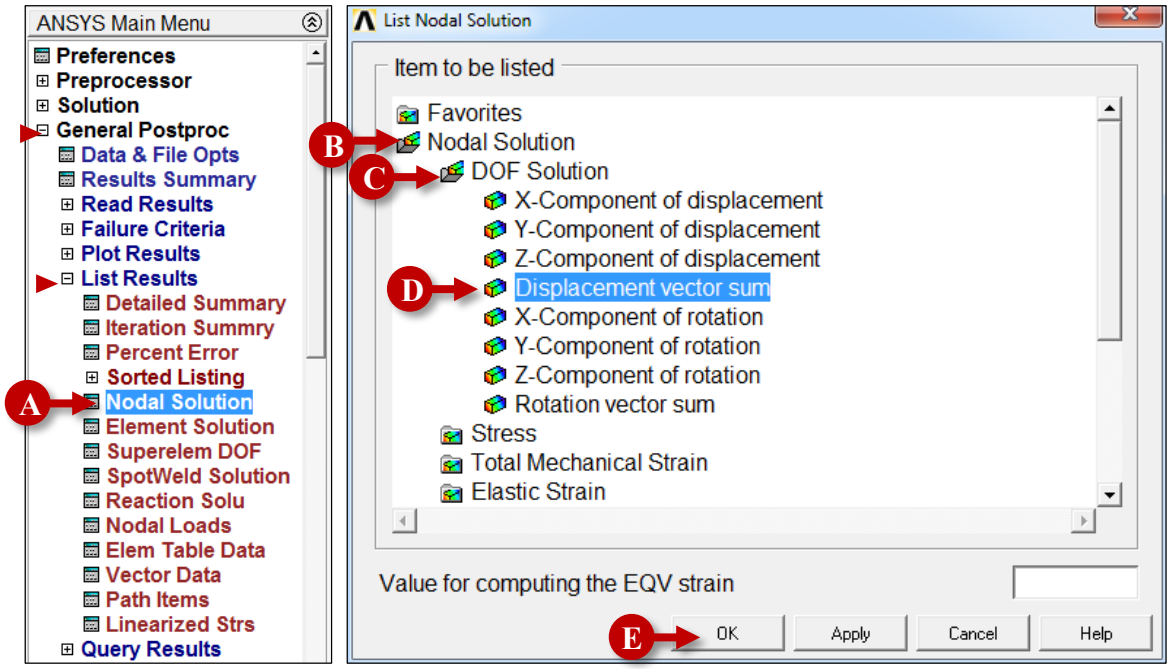


الشكل (2-131): معاينة القوى والإجهادات المحورية في قضبان الجائز الشبكي رقمياً

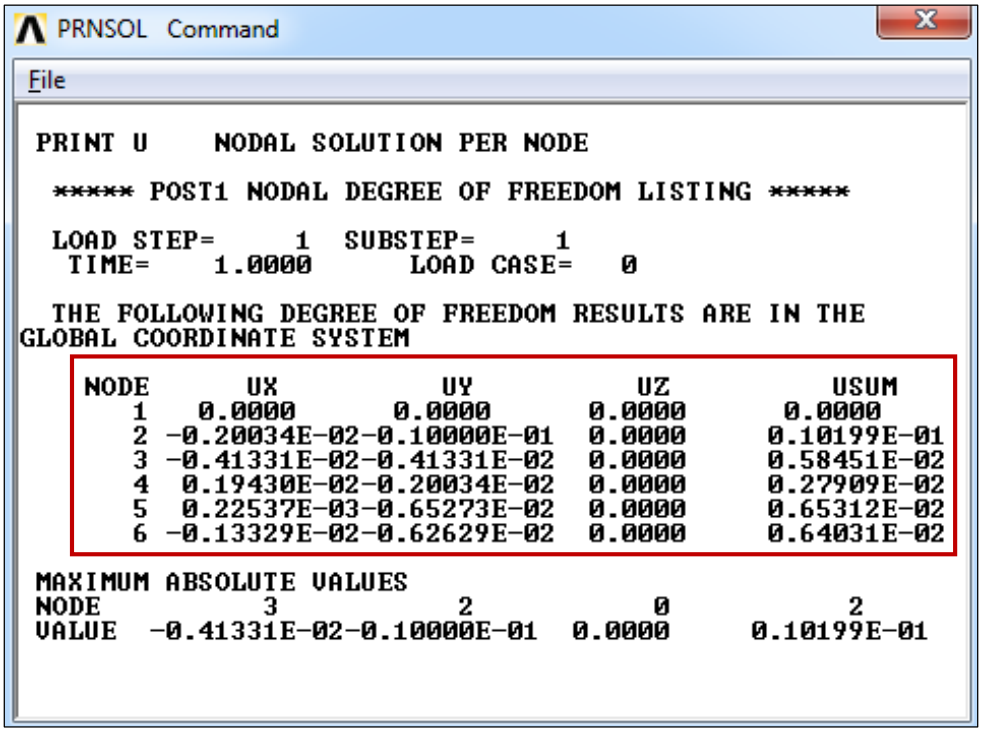
11-4 معاينة الإنتقالات في عقد الجائز الشبكي:

تتم معاينة قيم الإنتقالات في عقد الجائز الشبكي بشكل رقمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-132) و(2-133):

11- 4. General Postproc> List Results> Nodal Solution>
>DOF Solution> Displacement Vector Sum> OK



الشكل (2-132): تحديد الإنتقالات في عقد الجائز الشبكي لمعاينتها بشكل رقمي

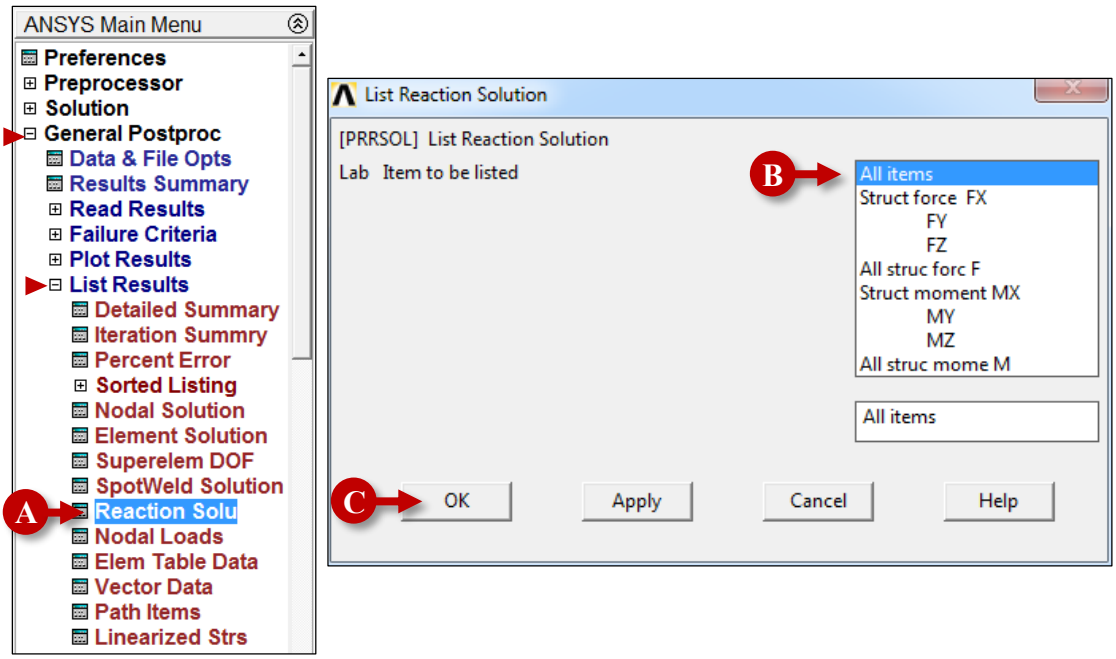


الشكل (2-133): معاينة الإنتقالات في عقد الجائز الشبكي بشكل رقمي

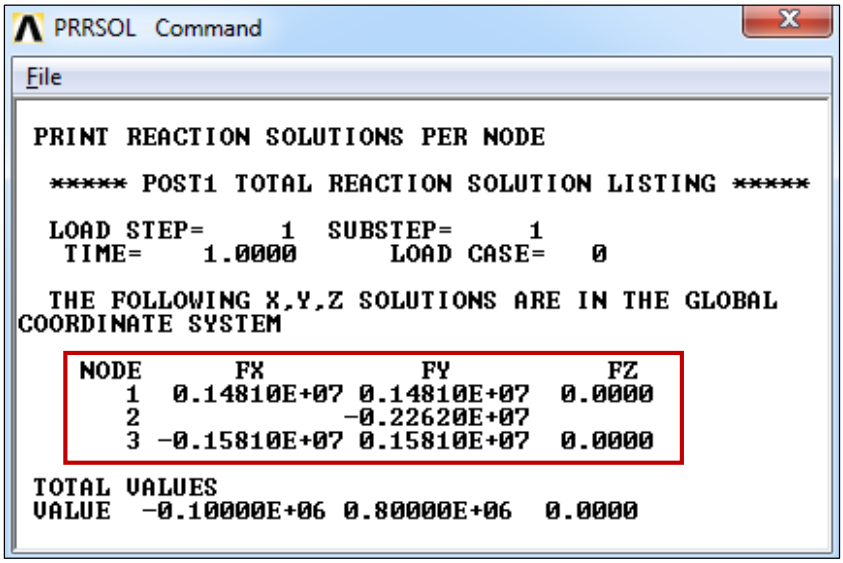
11-5 معاينة ردود الأفعال في مساند الجائز الشبكي بشكل رقمي:

تتم معاينة قيم ردود الأفعال في مساند الجائز الشبكي بشكل رقمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-134) و(2-135):

11- 5. General Postproc> List Results> Reaction Solu>
All Items> OK



الشكل (2-134): تحديد ردود الأفعال في مساند الجائز الشبكي



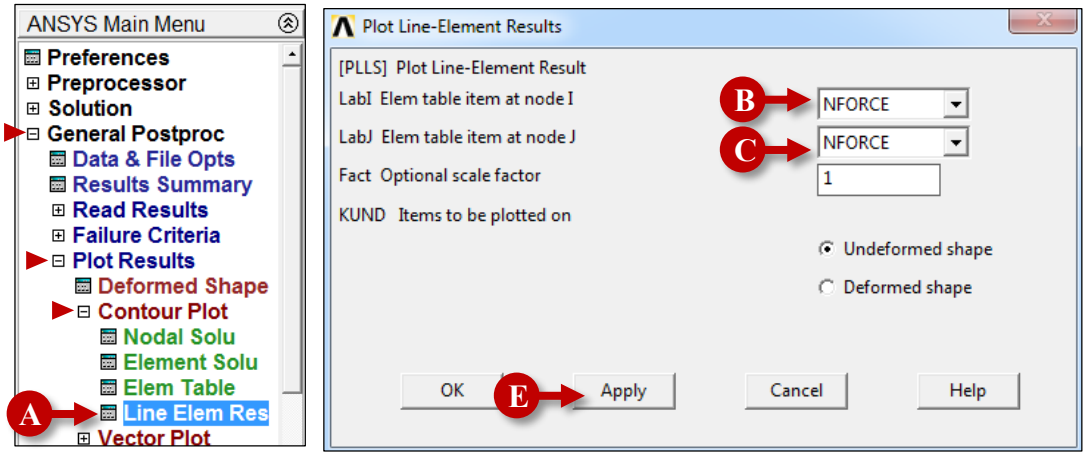
الشكل (2-135): معاينة ردود الأفعال في مساند الجائز الشبكي

11-6 معاينة القوى والإجهادات المحورية في قضبان الجائز الشبكي بشكل تخطيطي:

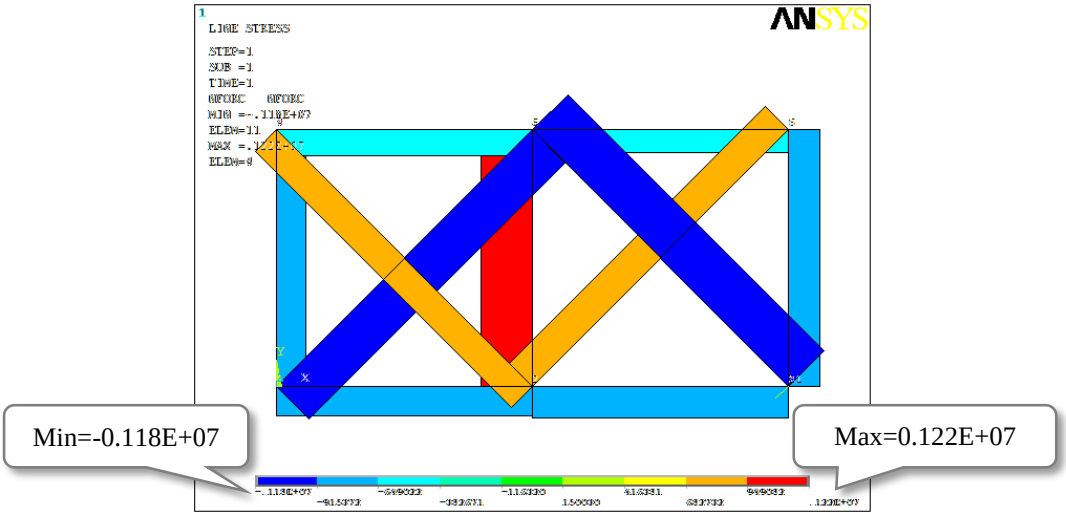
تتم معاينة مخططات القوى والإجهادات المحورية في قضبان الجائز الشبكي بشكل تخطيطي من خلال الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (2-136) و(2-137) و(2-138) و(2-139):

11- 6. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Line Elem Res>

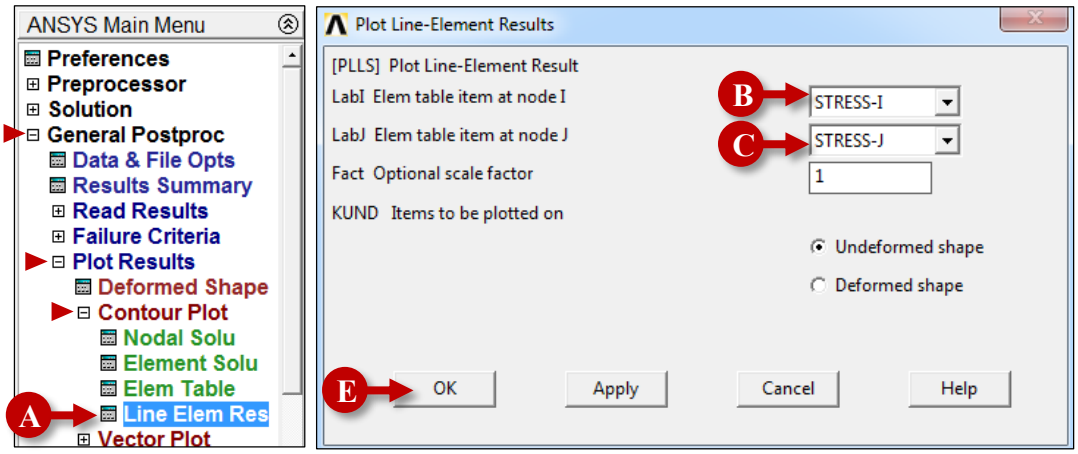
1. Lab I Elem Table Item at Node I = **NFORCE**
   Lab J Elem Table Item at Node J = **NFORCE**
   > Apply
2. Lab I Elem Table Item at Node I = **STRESS-I**
   Lab J Elem Table Item at Node J = **STRESS-J**
   > OK



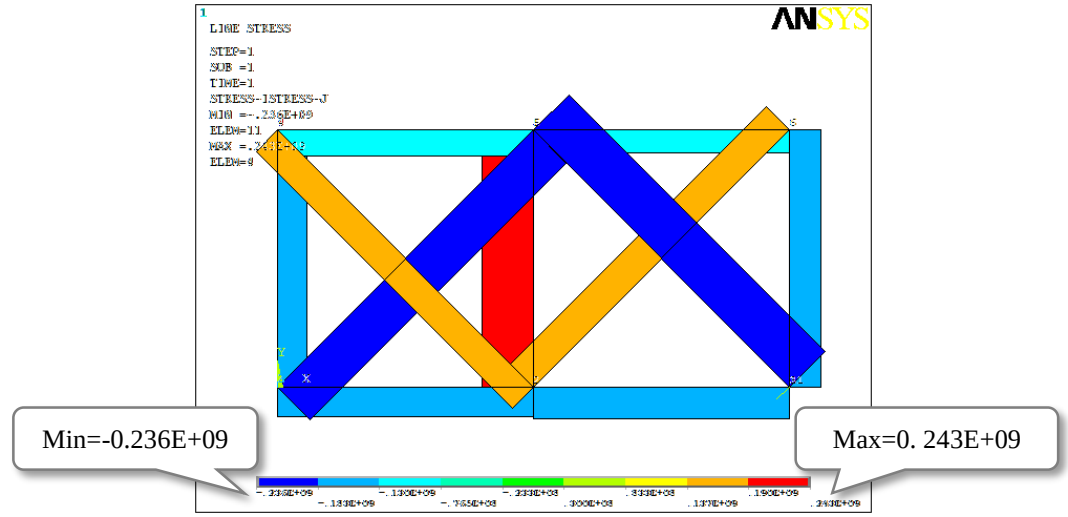
الشكل (2-136): تحديد القوى المحورية في قضبان الجائز الشبكي لمعاينتها بشكل تخطيطي



الشكل (2-137): معاينة القوى المحورية في قضبان الجائز الشبكي بشكل تخطيطي



الشكل (2-135): تحديد الإجهادات المحورية في قضبان الجائز الشبكي لمعاينتها بشكل تخطيطي



الشكل (2-135): معاينة الإجهادات المحورية في قضبان الجائز الشبكي بشكل تخطيطي

نهاية المثال الثالث

Eng. Mutaz Hussein
E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo
E-mail: seffo1@yahoo.com

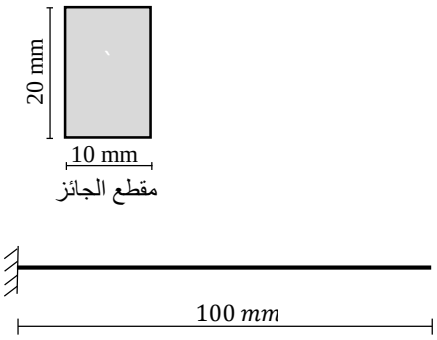
4-2 المثال الرابع:

إجراء تحليل نمطي (Model Analysis) لجائز فولاذي

جائز فولاذي، أبعاده موضحة على الشكل (2-136)، حيث يبلغ طوله (100mm) وارتفاع مقطعه (20mm) وعرض مقطعه (10mm)، وهو موثوق من طرف وحر من الطرف الأخر، المطلوب إجراء التحليل النمطي (Model Analysis).

$E_s = 2 \times 10^5 \quad N/mm^2$

$Dens = 7.85 \times 10^{-6} \quad Kg/mm^3$



الشكل (2-136): شكل الجائز و أبعاده

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ تنفيذ التحليل النمطي (Model Analysis).
- ✓ تحديد عدد الأنماط والحصول على أشكال الإنهيار المحتملة ومعاينة النتائج وفق كل نمط، (حيث يتم اعتماد شكل نموذج الإنهيار في الحالة التي يصل فيها الإجهاد إلى الحد المسموح أولاً).

❖ **خطوات الحل:**

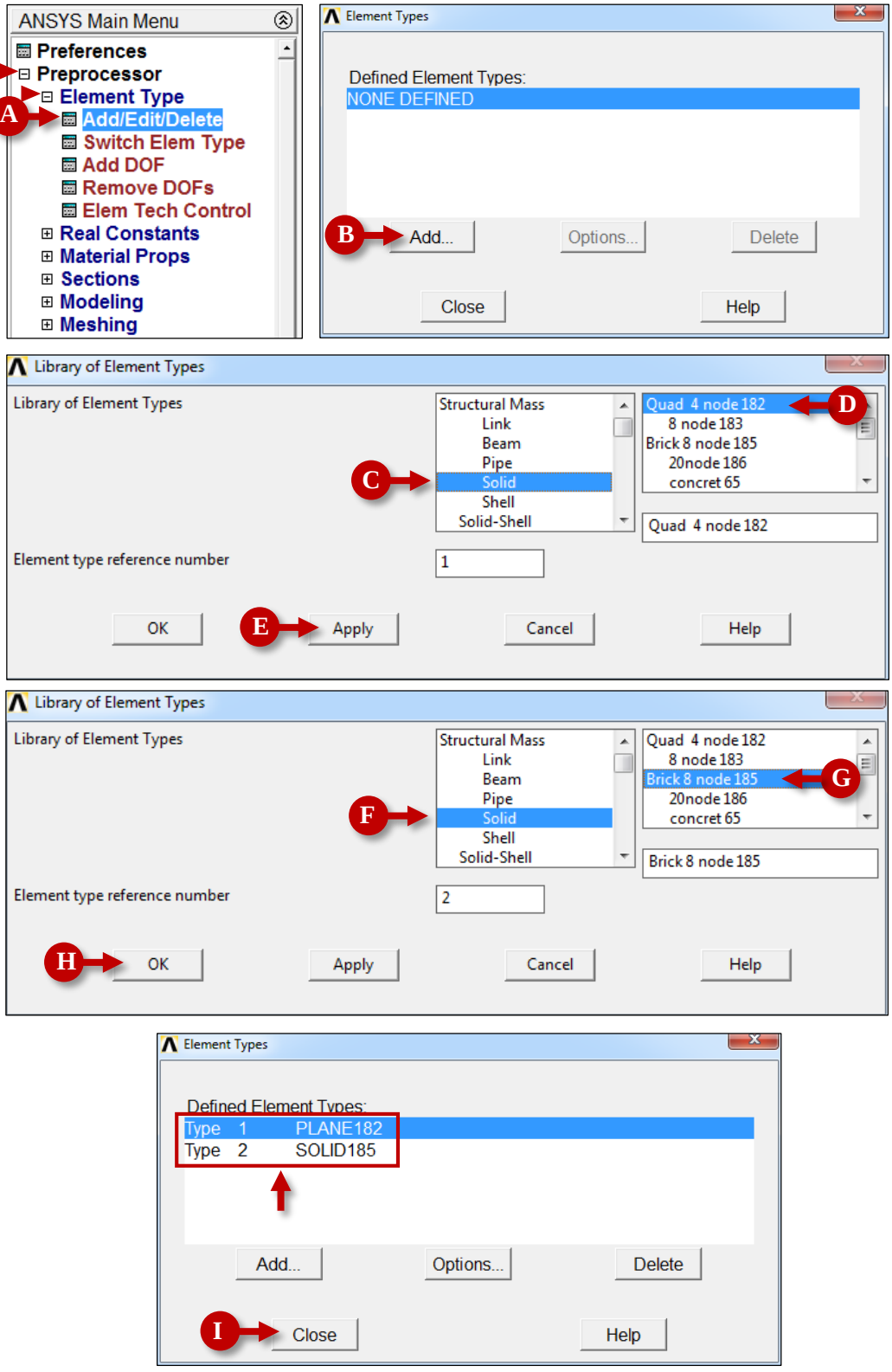
1- تحديد العناصر المستخدمة:

سيتم استخدام العنصر (Plane182) و العنصر (Solid185)، ويتم تحديدهما وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-102):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete>

Add: 1. Solid > Quad 4node 182 > Apply

2. Solid > 8node 185 > OK



الشكل (2-137): تحديد العنصر المستخدم

2- تعريف خصائص المواد المستخدمة:

يتم تعريف خصـائص المادة المسـتخدمة والتي هي (معامل المرونة ومعامل بواسـون والكثافة) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-138):

2- Preprocessor> Material props> Material models>

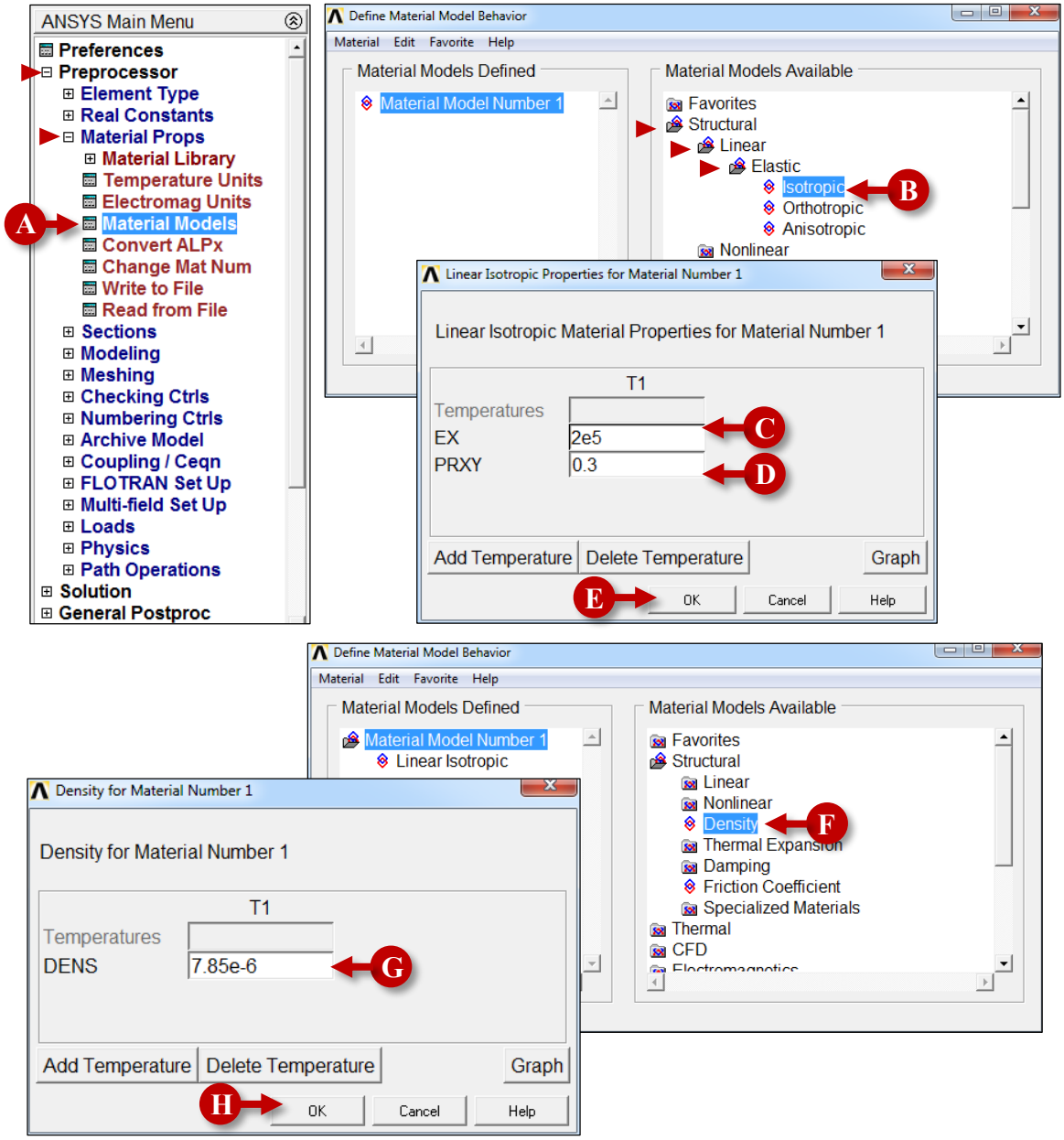
1. **Material model Number1> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e5** (N/mm^2) (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون للفولاذ)

2. **Structural>Density>**

DENS = **7.85e-6** (Kg/mm^3) (كثافة الفولاذ)



الشكل (2-138): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون والكثافة للمادة المستخدمة

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

3- رسم مقطع الجائز:

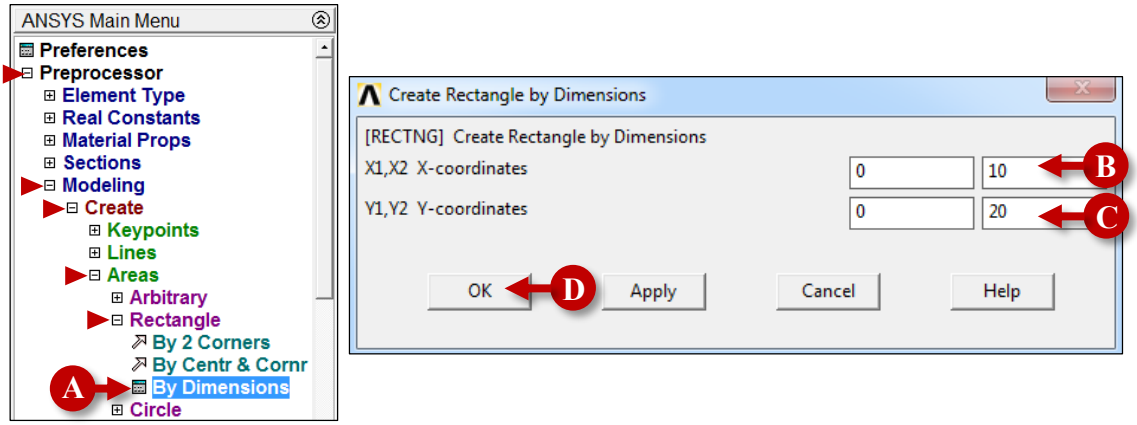
سيتم رسم سطح مقطع الجائز المعطى بالأبعاد (10×20mm) في المستوي (XY)، وبعد ذلك سيتم عمل إنبثاق لهذا السطح باتجاه المحور (Z)، وبذلك يتم الحصول على الشكل الحجمي للجائز. تتم عملية رسم مقطع الجائز وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-139):

3-Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Rectangle> By Dimension>

X1 , X2 X-Coordinates = **0** , **10** (عرض المقطع)

Y1 , Y2 Y-Coordinates = **0** , **20** (ارتفاع المقطع)

> OK



الشكل (2-139): رسم مقطع الجائز

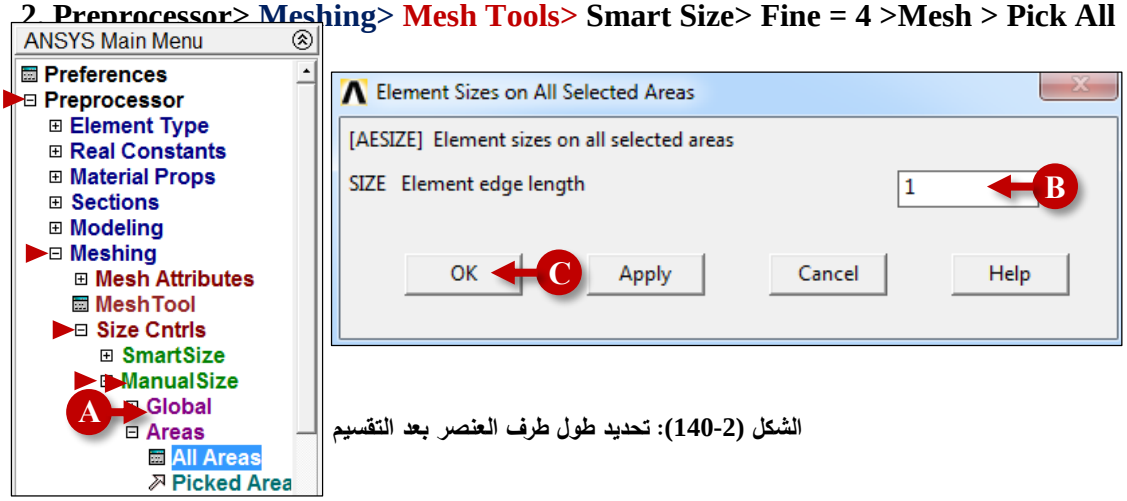
4- تحديد خطة تقسيم مقطع الجائز:

سيتم تقسيم مقطع الجائز إلى عناصر مستطيلة بحيث يكون الطول الأعظمي لأضلاع العنصر المستطيل لا يتجاوز (1mm)، ثم بعد ذلك سيتم إعطاء أمر التقسيم، تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الأشكال (2-140) و(2-141) و(2-142):

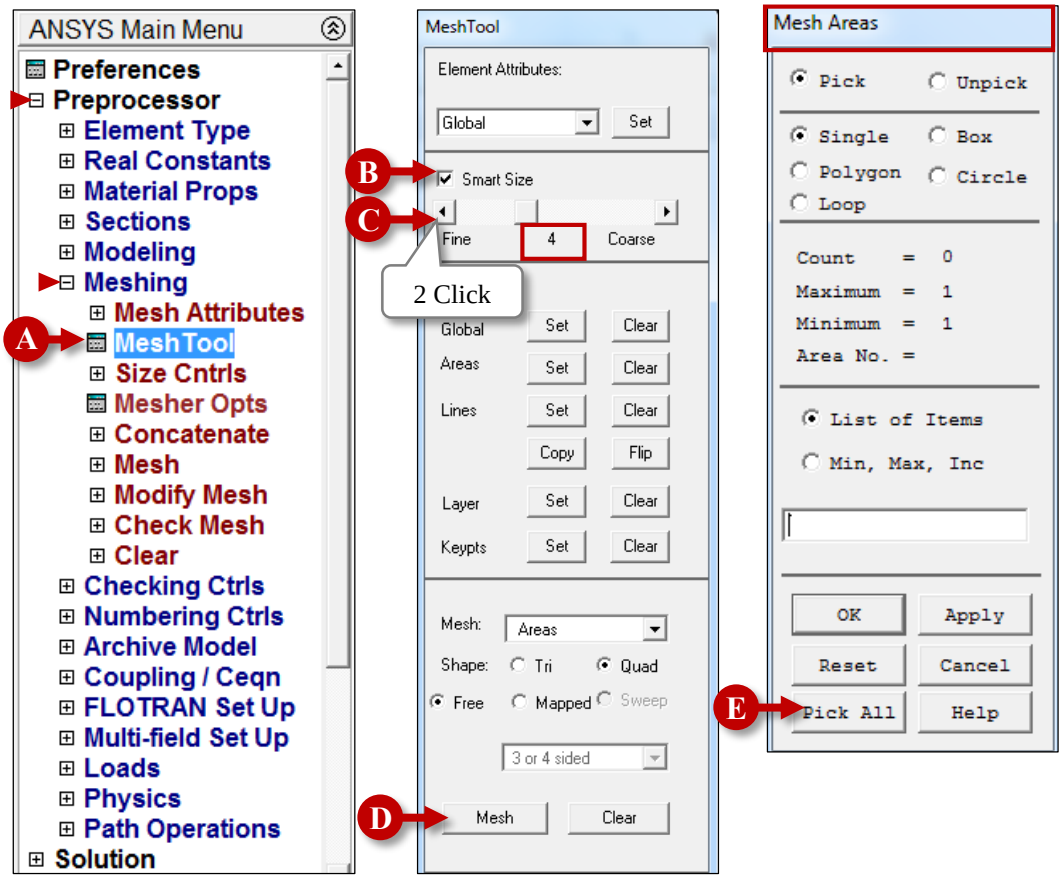
4-1. Preprocessor> Meshing> Size Cntrls> Manual Size> Areas> All Areas>

Sizes Elements Edges Length = **1** (طول طرف العنصر بعد التقسيم)

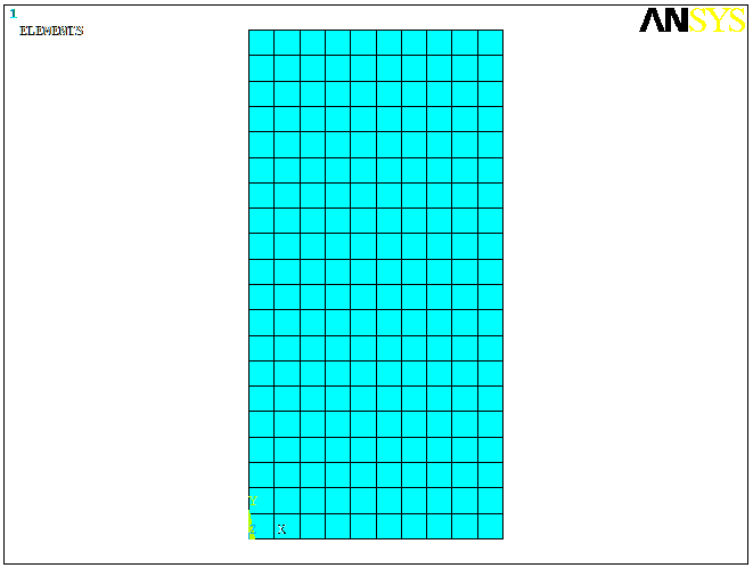
2. Preprocessor> Meshing> Mesh Tools> Smart Size> Fine = 4 >Mesh > Pick All



الشكل (2-140): تحديد طول طرف العنصر بعد التقسيم



الشكل (2-141): تنفيذ أمر التقسيم



الشكل (2-142): شكل المقطع بعد التقسيم

5- تحديد الخصائص الافتراضية للعناصر الناتجة عن الإنبثاق:

يتم تحديد الخصائص الافتراضية للعناصر التي سوف تنتج عن عملية الإنبثاق اللاحقة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-143):

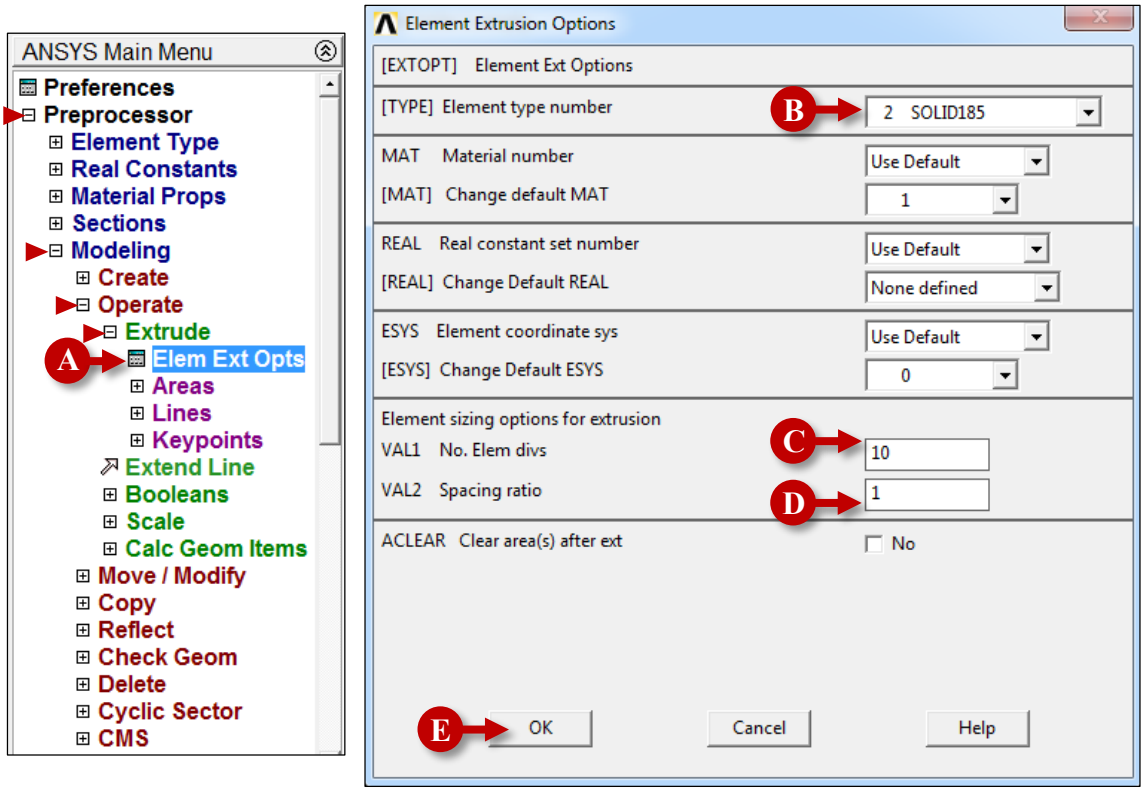
5- Preprocessor> Modeling> Operate> Extrude> Elem Ext Opts>

[TYPE] = **Solid185** (تحديد المادة الثانية كافتراضية عند رسم العناصر)

[MAT] = **1** (تحديد الرقم 1 من خصائص المواد والتابع لمادة البيتون كافتراضي)

VAL1 No. Elem divs = **10** (عدد التقسمات بالاتجاه الطولي Z)

VAL2 Spacing ratio = **1** (نسبة التباعد)



الشكل (2-143): إعداد خيارات العناصر التي سيتم عمل إنبثاق لها

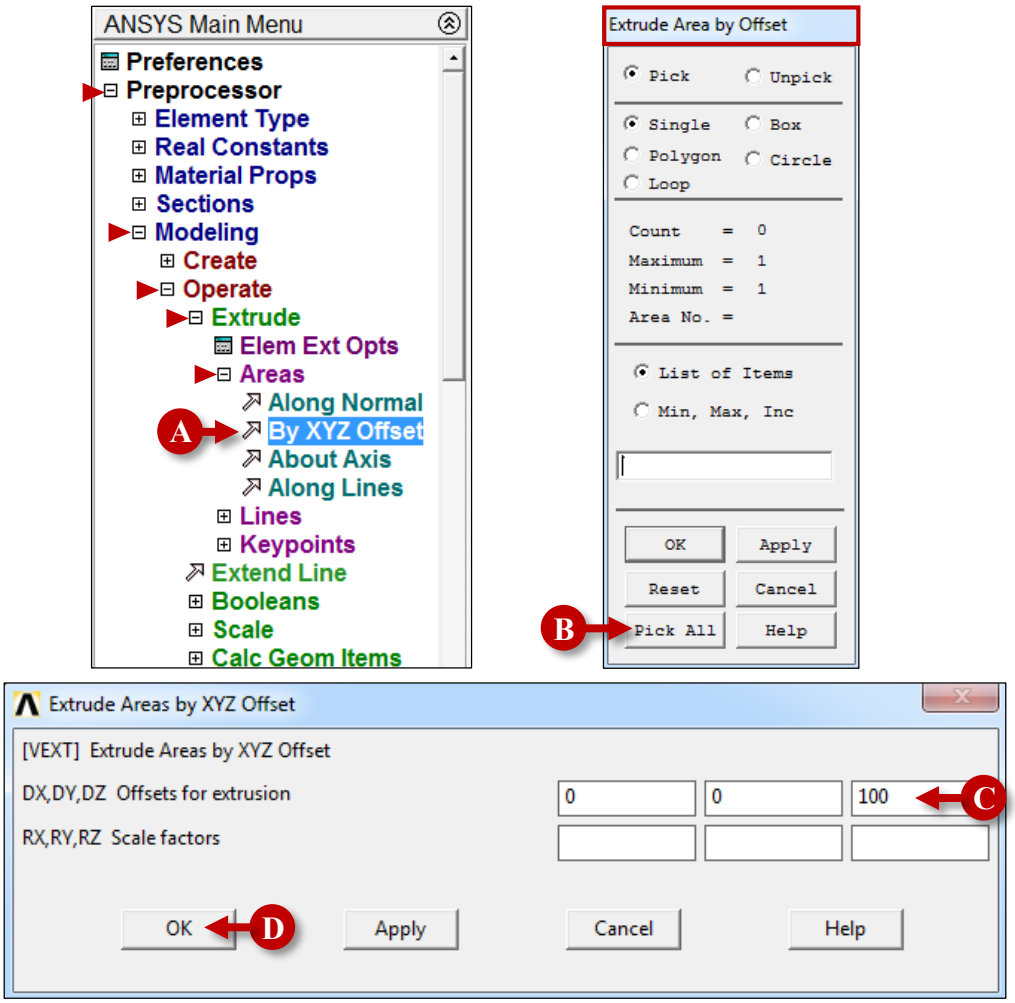
6- إنبثاق السطح ليتحول إلى حجم:

للقيام بهذه العملية نتبع المسار التالي والموضح في الشكلين (2-144) و(2-145):

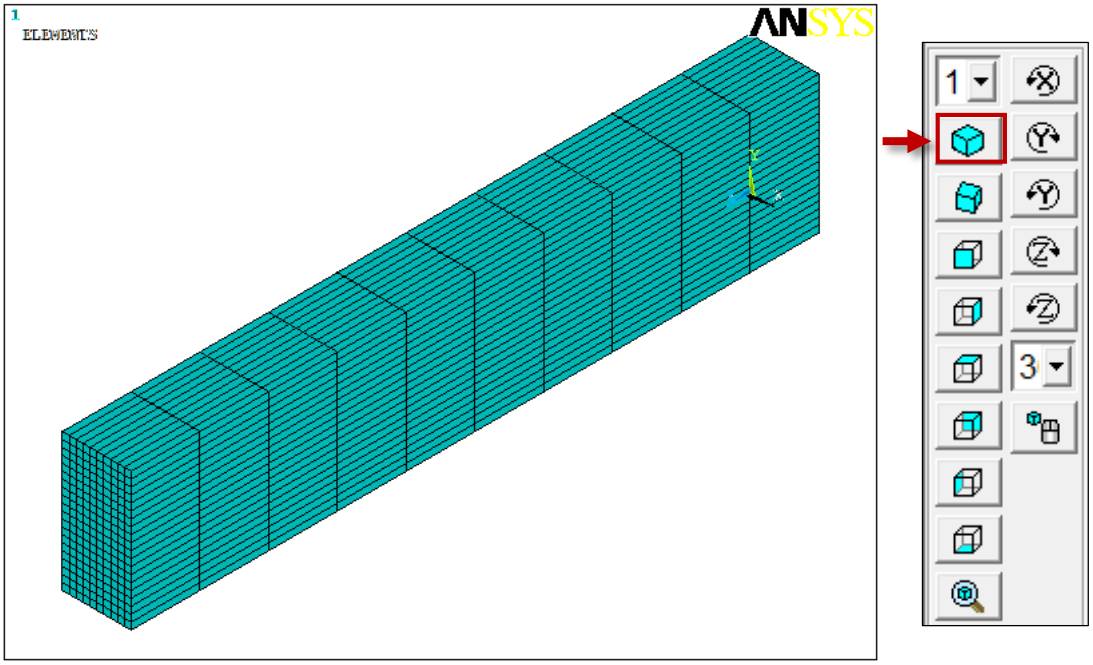
6-1. Preprocessor> Modeling> Operate> Extrude> Areas> By XYZ Offset>Pick All

DX, DY ,DZ Offsets for Extrusion = **0 , 0 , 100** (طوال الإنبثاق الكلي باتجاه المحور Z)

2. Isometric View



الشكل (2-144): تحديد طول الإنبثاق الكلي



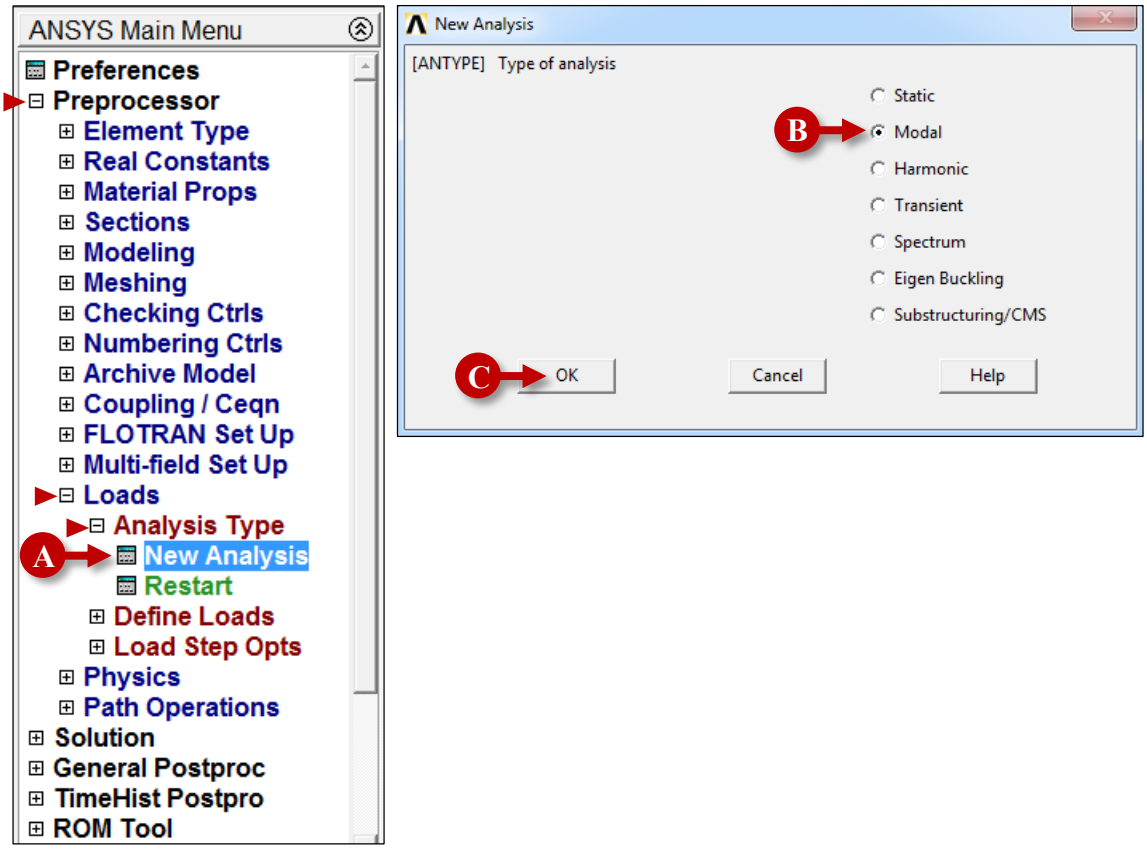
الشكل (2-145): شكل الجائز بمنظور (Isometric View) بعد عملية الإنبثاق

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

7- تحديد نوع التحليل نمطي (Model):

يتم تحديد نوع التحليل باعتباره نمطي (Model) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (146-2):

7-1. Preprocessor> Loads> Analysis Type> New Analysis Type> Model



الشكل (2-146): تحديد نوع التحليل "نمطي (Model)"

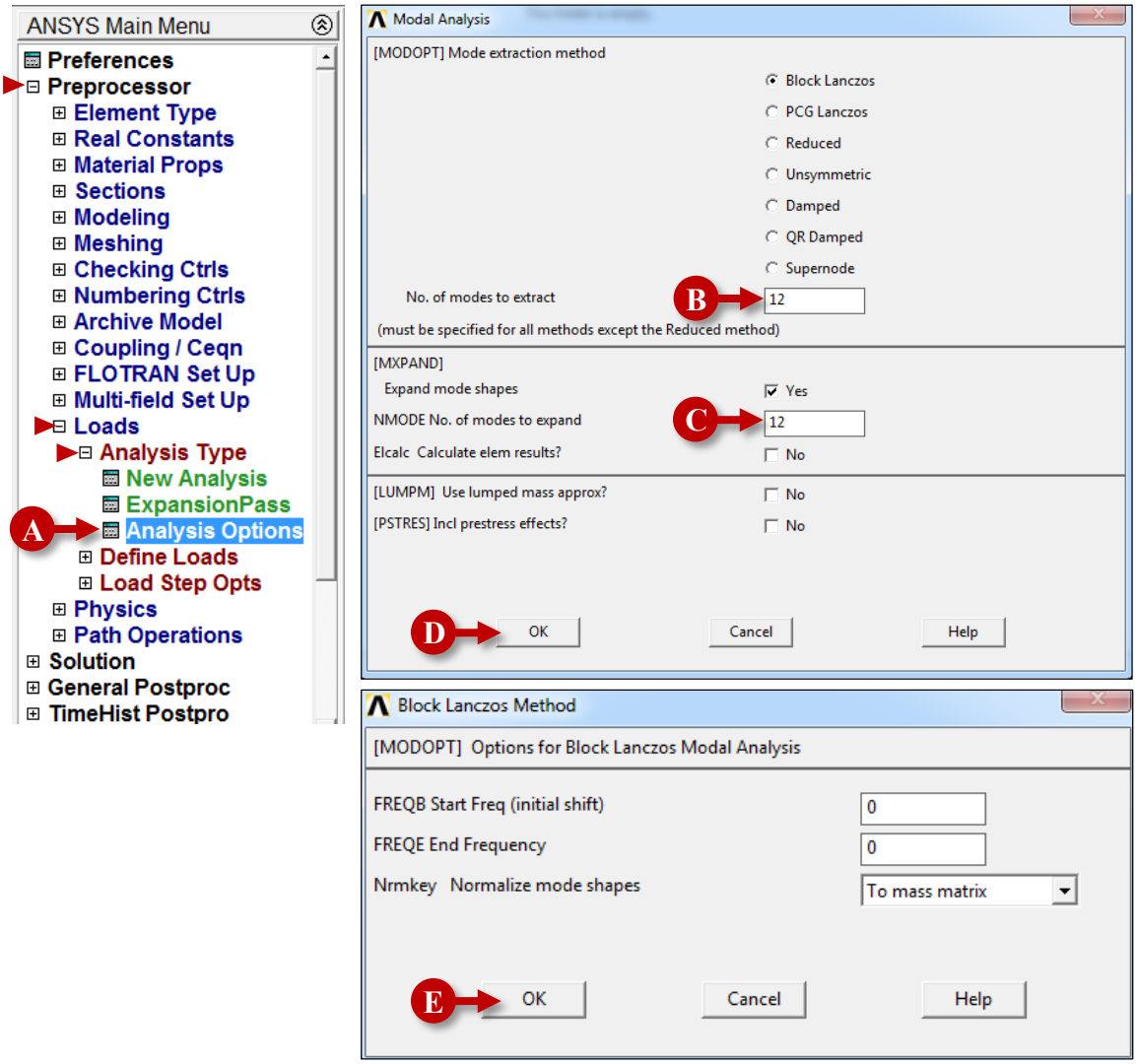
ثم يتم ضبط خيارات هذا التحليل وتحديد عدد الأنماط من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-147):

2. Preprocessor> Loads> Analysis Type> Analysis Options>

No. of Modes to Extract = **12** (عدد الأنماط المستخرجة)

NMODE. of Modes to Expand = **12** (عدد الأنماط التي يمكن استعراضها)

OK> OK



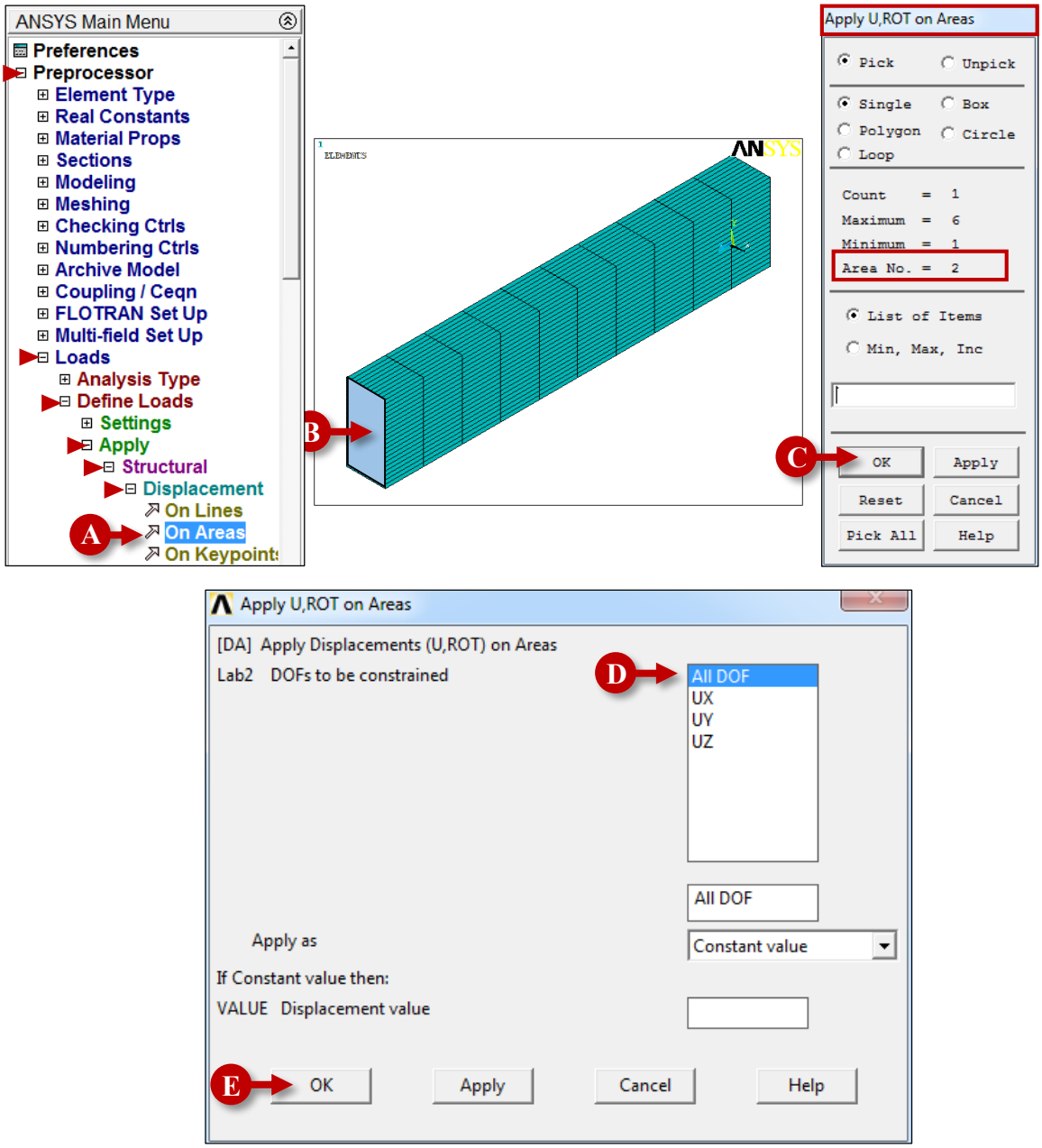
الشكل (2-147): ضبط إعدادات التحليل النمطي

8- تخصيص الوثاقة الطرفية:

يتم تخصيص الوثاقة الطرفية من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكل (2-148):

8- Preprocessor> Load> Define Loads> Apply> Structural> Displacement>
> On Areas>

- (يتم اختيار المساحة في طرف الوثاقة)>OK



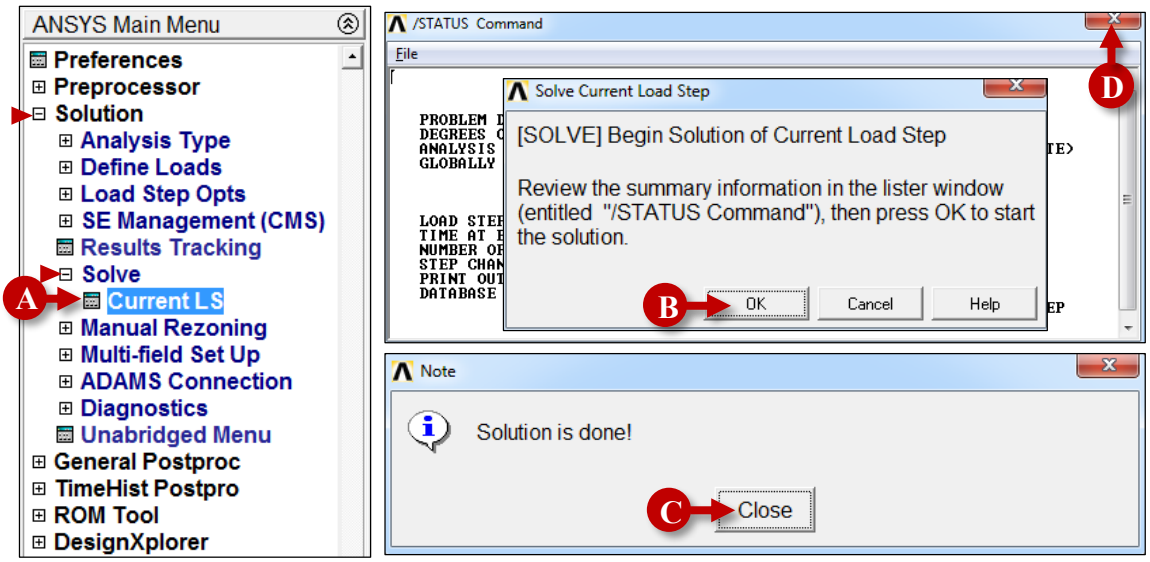
الشكل (2-148): تخصيص الوثاقة الطرفية

9- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر (Solve) الموضح في الشكل (2-149) وفق المسار التالي:

9- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

ثم يتم الإنتظار حتى الإنتهاء من التحليل، حيث يعطي البرنامج في هذا المثال رسالة (Solution is Done)، وبعد ذلك يمكن معاينة النتائج.



الشكل (2-149): بدء التحليل

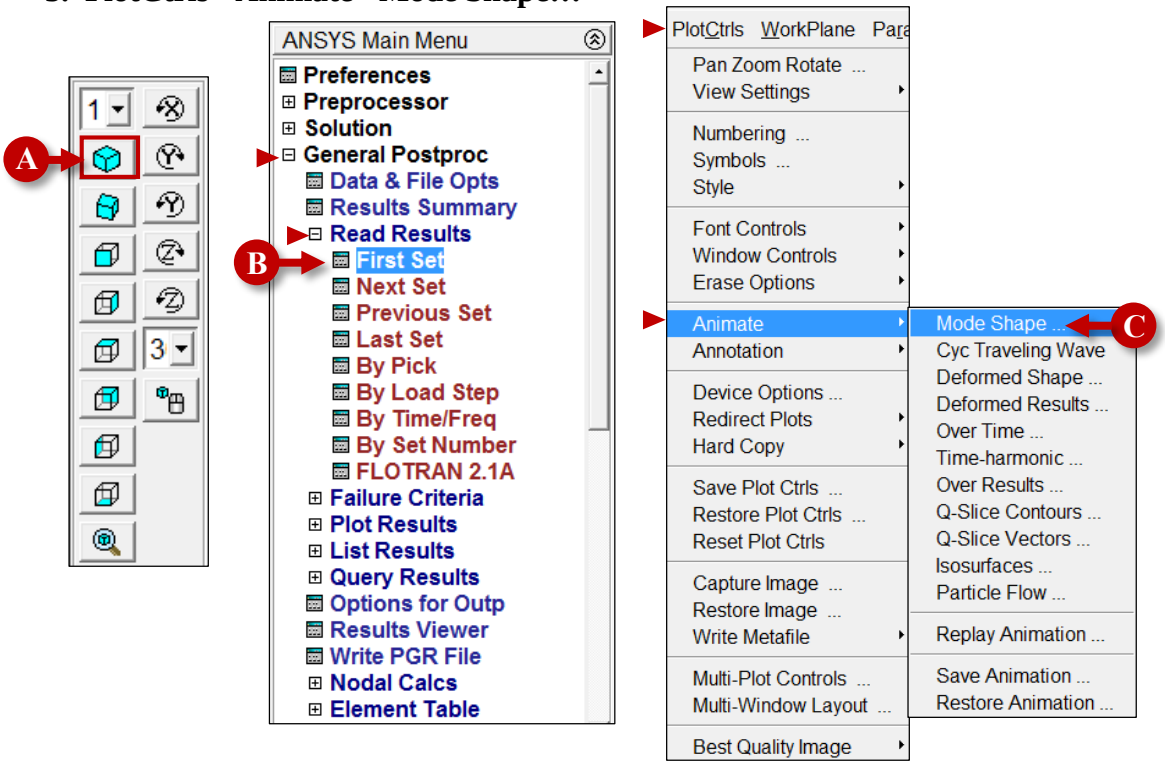
10- معاينة النتائج وفق كل نمط:

تتم معاينة النتائج وفق كل نمط، ابتداءً من النمط الأول (First Set)، من خلال المســـار التالي والموضح في الأشكال (2-150) و(2-151) و(2-152):

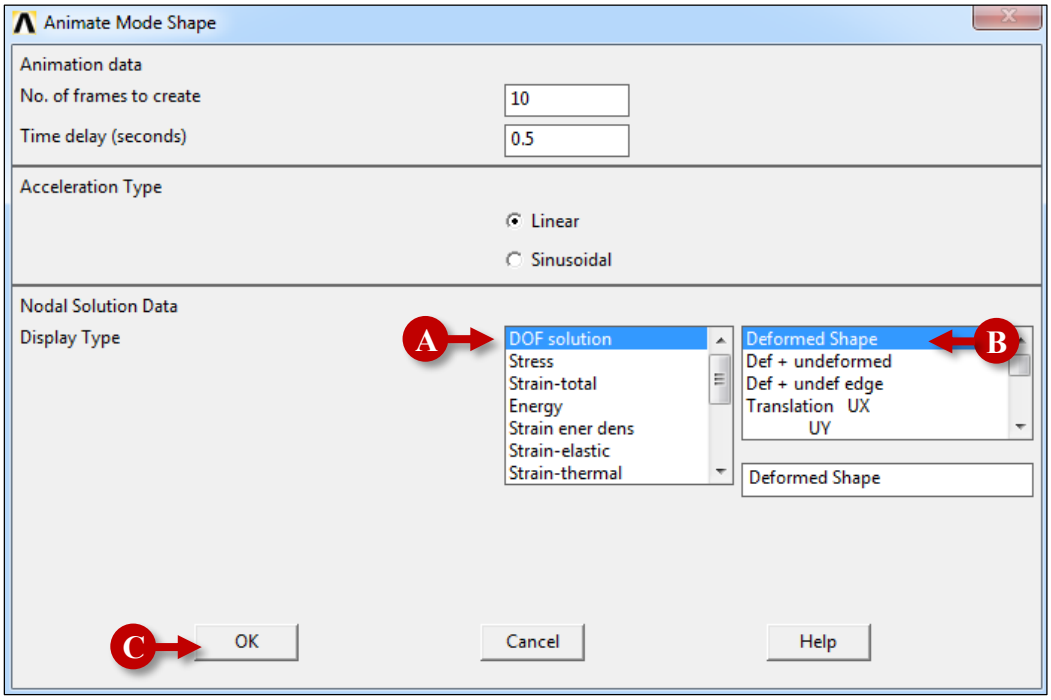
10-1. Oblique View

2. General Postproc> Read Results> First Set>

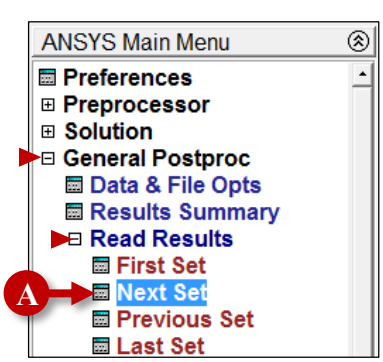
3. PlotCtrls> Animate> Mode Shape…>



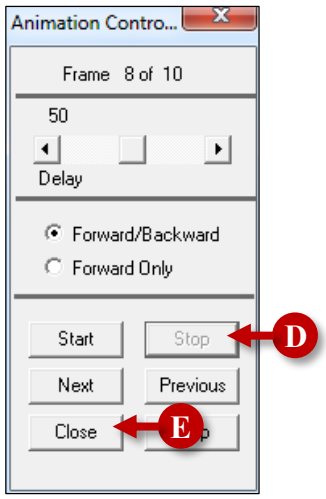
الشكل (2-150): تفعيل معاينة ألية حدوث التشوه بشكل متحرك (فيديو)



الشكل (2-151): تحديد نوع المعاينة في النمط



الشكل (2-153): تحديد النمط التالي بهدف معاينته



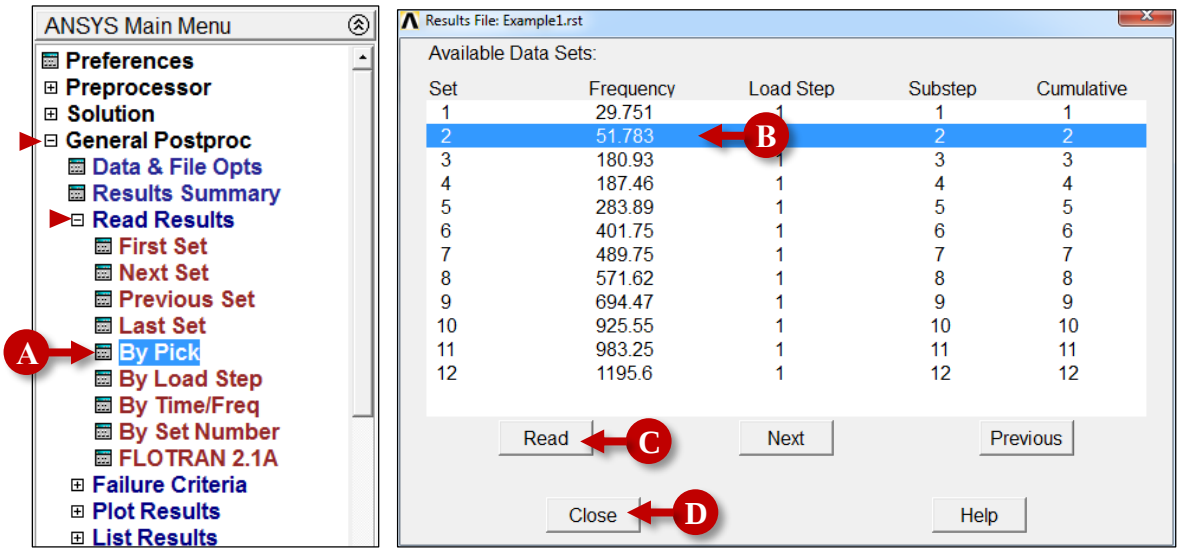
الشكل (2-152): التحكم بالفيديو

ثم يتم اختيار النمط التالي باستخدام الأمر (Next Set) الموجود أيضاً ضمن التبويب (General Postproc> Read Results)، والموضح في الشكل (2-153).

كما يمكن انتقاء رقم النمط المراد معاينته بشكل مباشر باستخدام المسار التالي والموضح في الشكل (2-154):

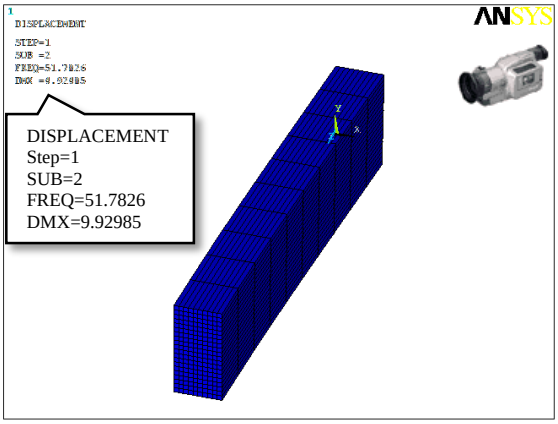
- General Postproc> Read Results> By Pick

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

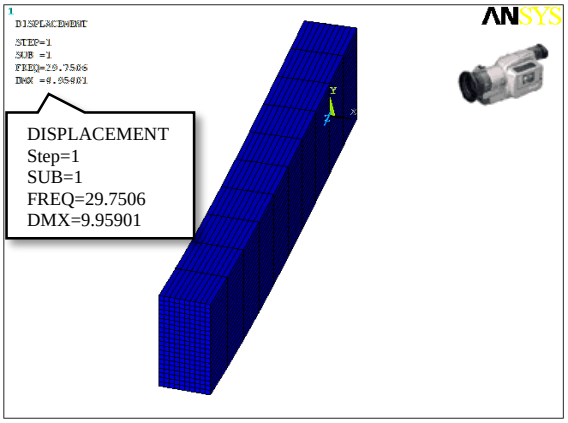


الشكل (2-154): انتقاء رقم النمط المراد معاينته

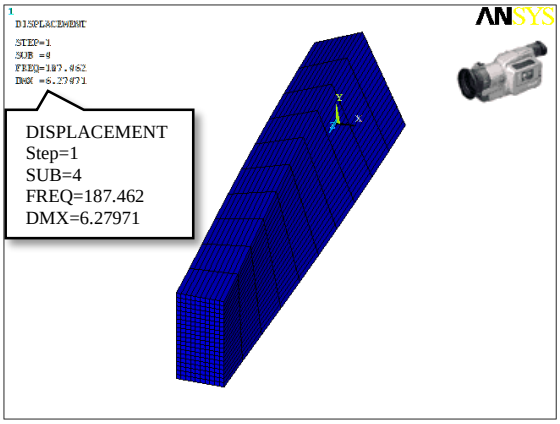
يوضح الشكل (2-155) ألية حدوث التشوه في الجائز وفق كل نمط (بشكل فيديو):



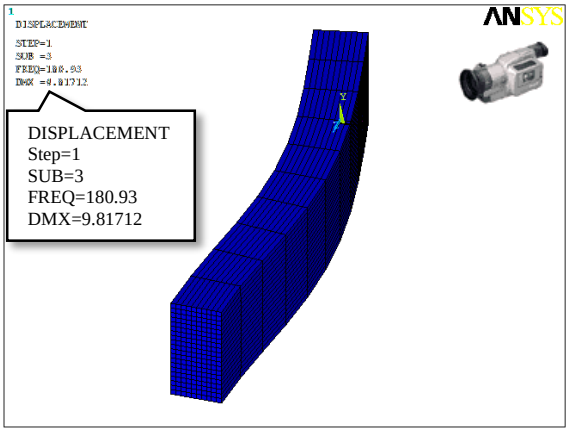
النمط الثاني



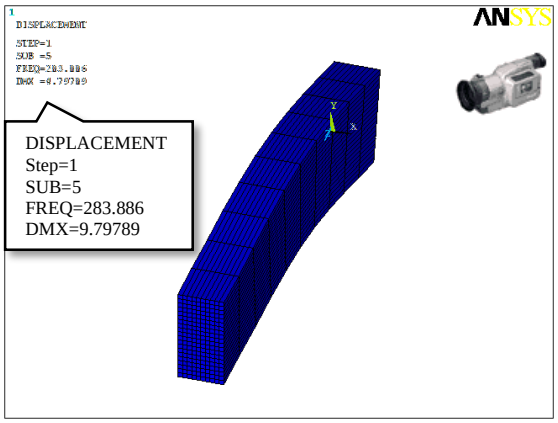
النمط الأول



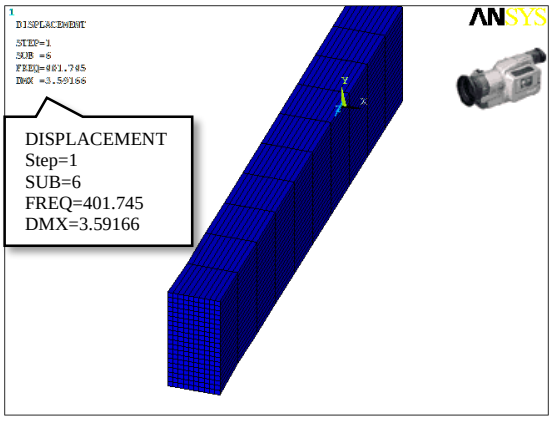
النمط الرابع



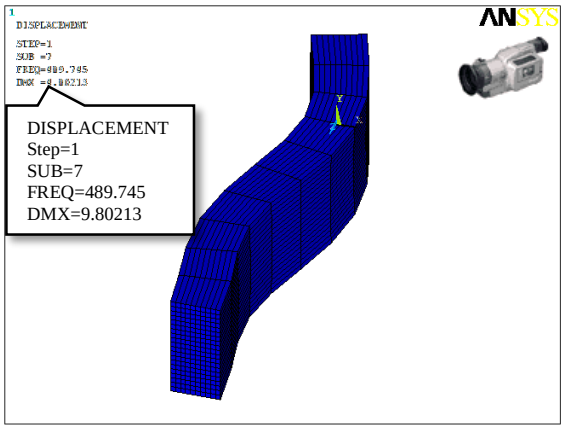
النمط الثالث



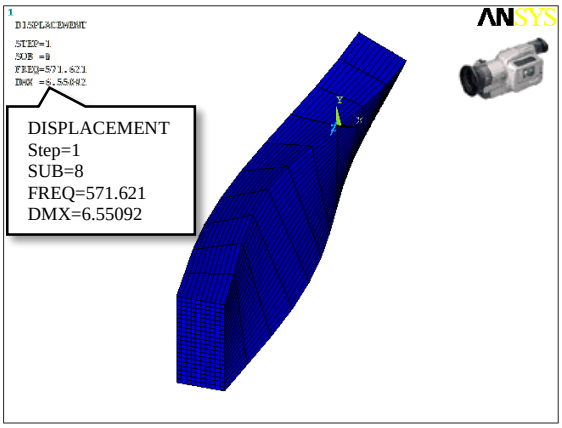
النمط الخامس



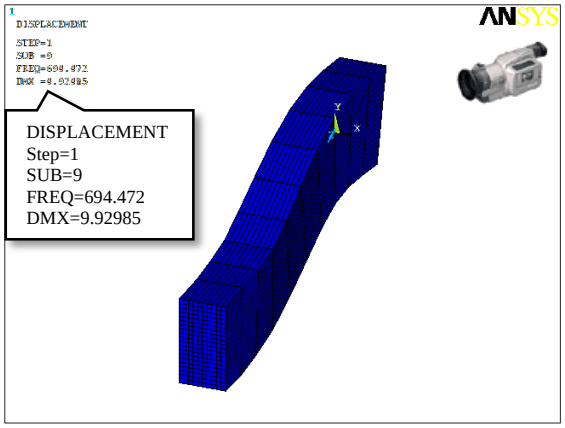
النمط السادس



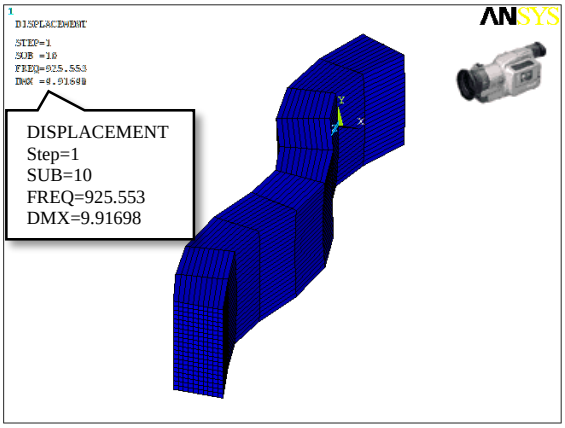
النمط السابع



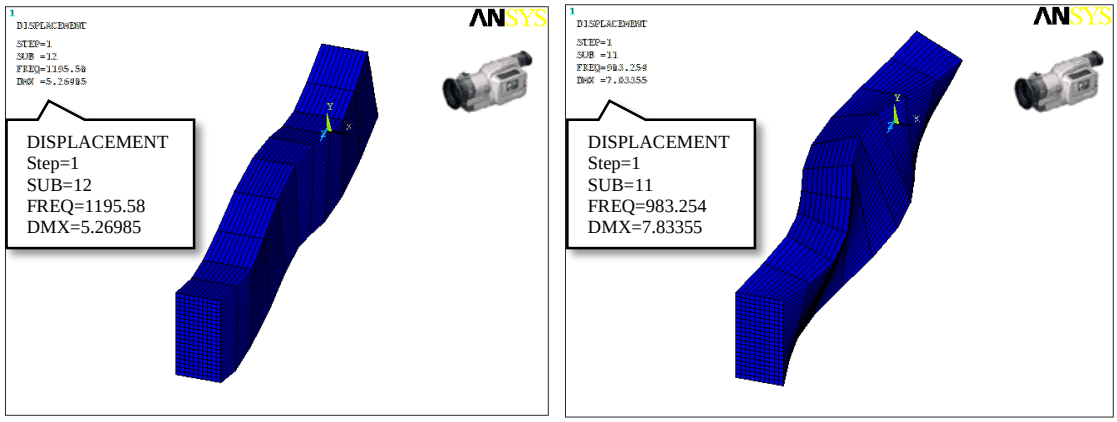
النمط الثامن



النمط التاسع



النمط العاشر

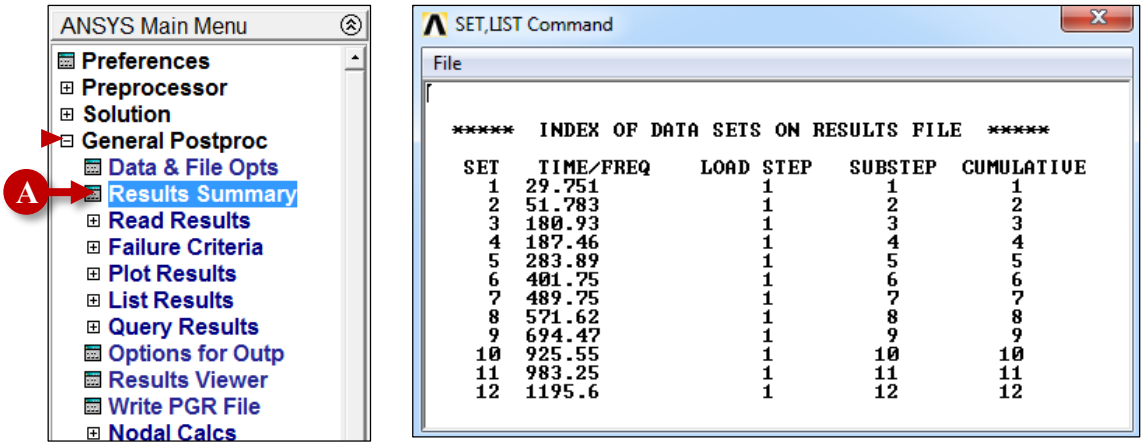


النمط الثاني عشر النمط الحادي عشر

الشكل (2-150): معاينة الانتقالات حسب الأنماط (فيديو)

يتم الحصول على ملخص نتائج الأنماط من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-150):

- **General Postproc> Results Summary>**



الشكل (2-150): ملخص نتائج الأنماط

نهاية المثال الرابع

5-2 المثال الخامس:

إجراء تحليل توافقي (Harmonic Analysis) لجائز فولاذي

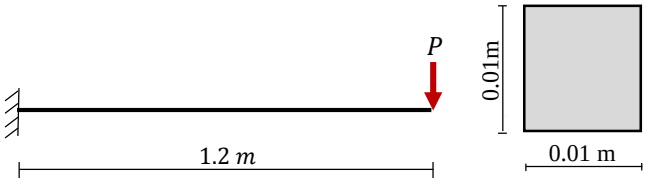
جائز فولاذي، موثوق من طرف وحر من الطرف الأخر، أبعاده موضحة على الشكل (2-151)، حيث يبلغ طوله (1.2m) وارتفاع مقطعه (0.01m) وعرض مقطعه (0.01m)، وهو يخضع لحمولة توافقية (P) مطبقة عند نهايته الحرة، المطلوب إجراء التحليل التوافقي (Harmonic Analysis).

$P = 100\ N\ cyclic$

(التردد) $\omega = 100\ cyclic$

$E_s = 2 \times 10^{11}\ N/m^2$

$Dens = 7800\ Kg/m^3$



الشكل (2-151): شكل الجائز وأبعاده

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ تنفيذ التحليل التوافقي (Harmonic Analysis).
- ✓ معاينة المخططات باستخدام المقياس اللوغارتمي.

❖ **خطوات الحل:**

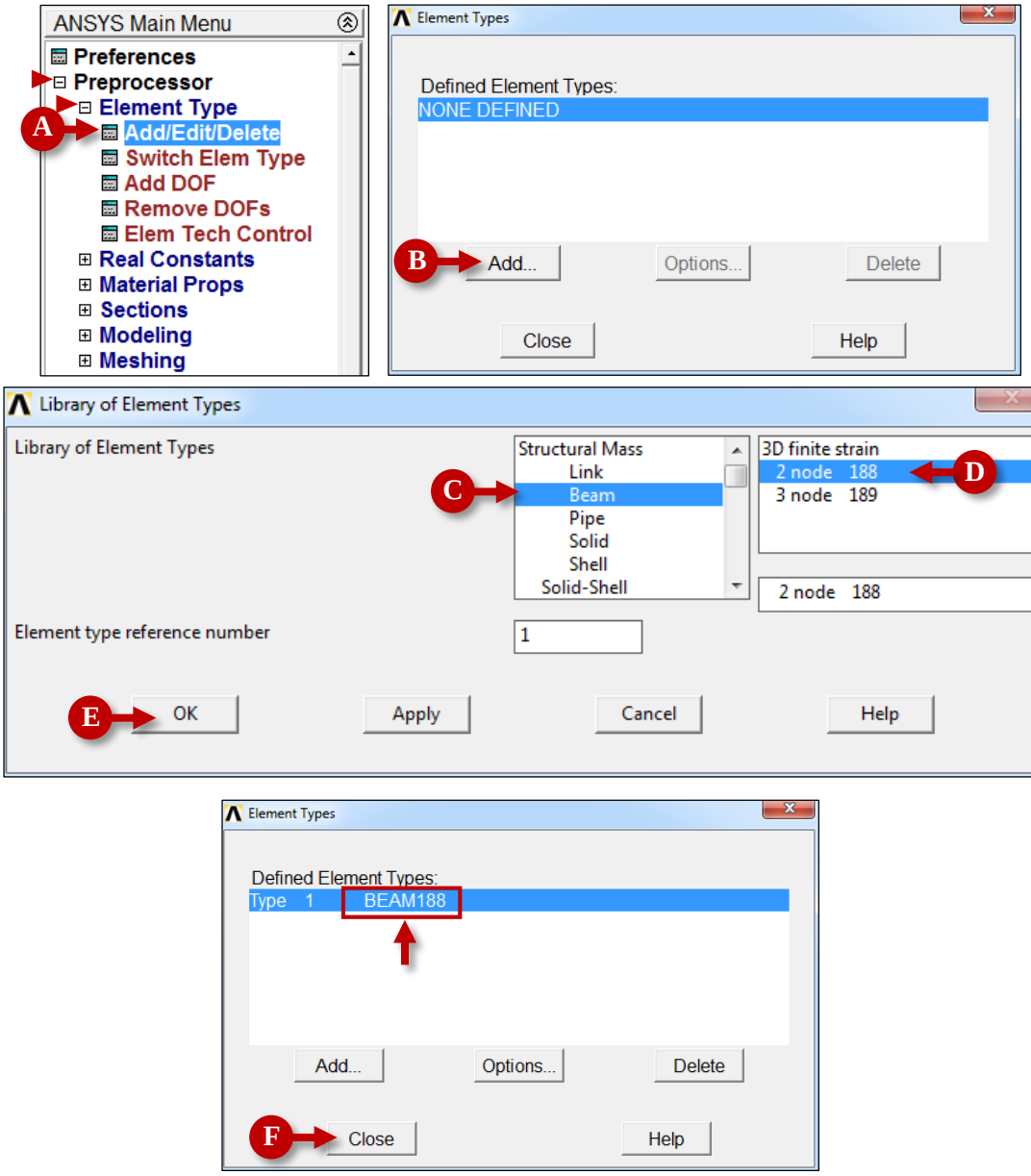
- يتم تحديد طبيعة المسألة المدروسة بأنها إنشائية (Structural) مما يساعد في اختصار بعض الخيارات المتاحة خلال نمذجة المسألة.

- **Preference> Structural> OK**

1- تحديد العنصر المستخدم:

سيتم استخدام العنصر (Beam188)، ويتم تحديده وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-152):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Beam > 2node 188> OK > Close



الشكل (2-152): تحديد العنصر المستخدم

2- تعريف خصائص المادة المستخدمة:

يتم تعريف خصائص المادة المستخدمة والتي هي (معامل المرونة ومعامل بواسون والكثافة) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-153):

2- Preprocessor> Material props> Material models>

1. **Material model Number1> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

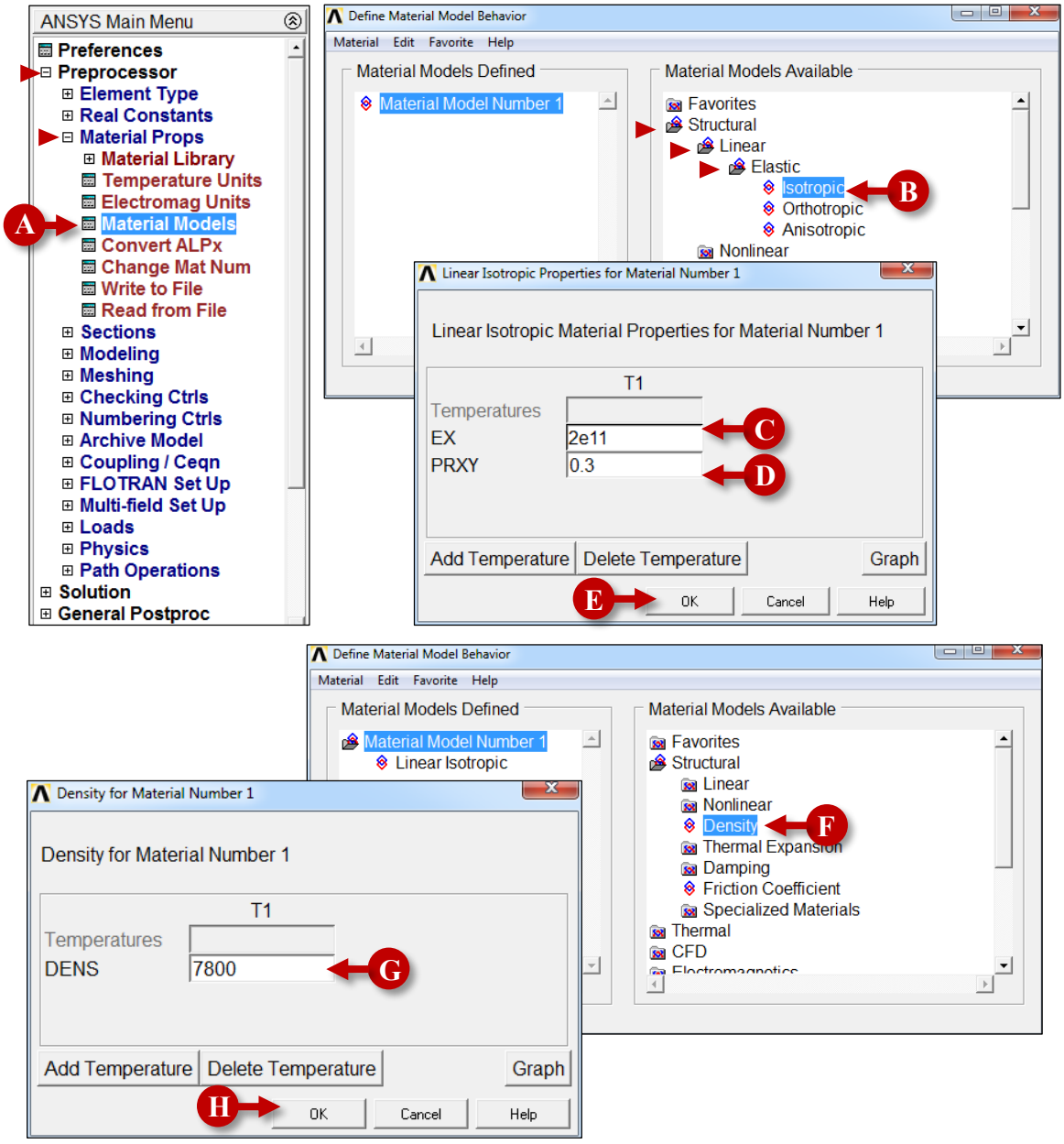
EX = **2e11** (N/m^2) (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون للفولاذ)

2. **Structural>Density>**

DENS = **7800** (Kg/m^3) (كثافة الفولاذ)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-153): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون والكثافة للمادة المستخدمة

3- تعريف مقطع الجائز:

وفقاً لمعطيات المســـألة فإن عرض مقطع الجائز (0.01m) وارتفاع هذا المقطع (0.01m)، ويتم تعريف هذه البيانات وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-154):

3- 1. Preprocessor> Sections> Beam> Common Sections>

Name = **Sec 0.01** (يتم اقتراح اسم ما للمقطع الفولاذي)

Sub-Type = (**Rectangle**) (يتم اختيار الشكل المستطيل للمقطع الفولاذي)

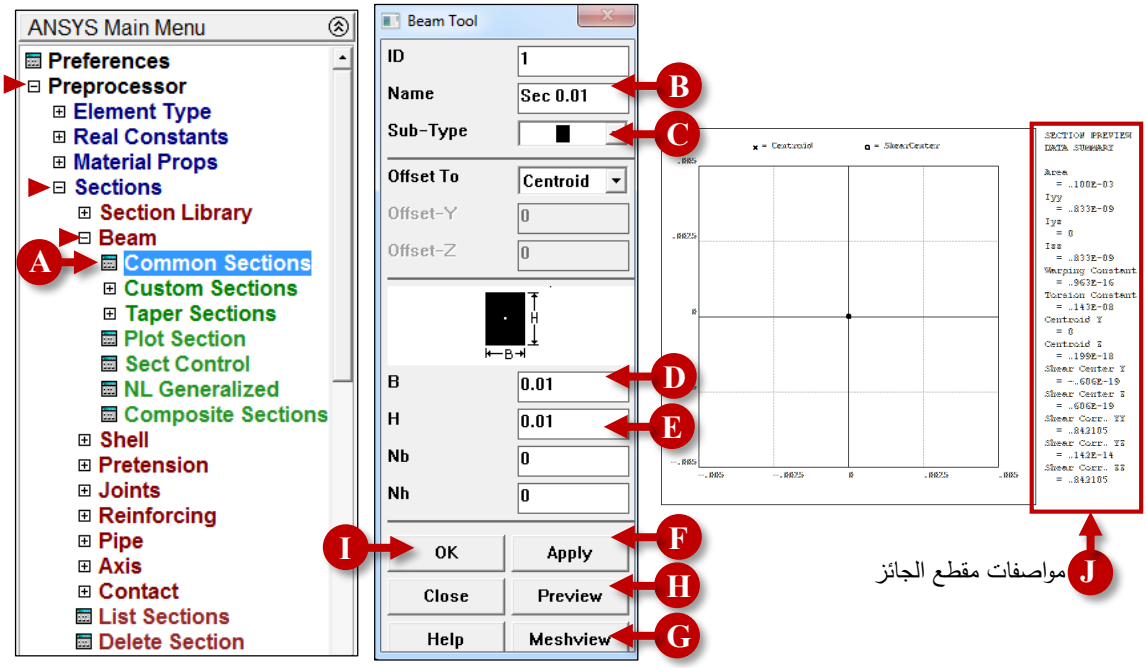
B = **0.01** (m) (عرض مقطع الجائز)

H = **0.01** (m) (ارتفاع مقطع الجائز)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

Apply> Mesh View> Preview> Ok

2. Plot> Replot



الشكل (2-154): تحديد أبعاد مقطع الجائز

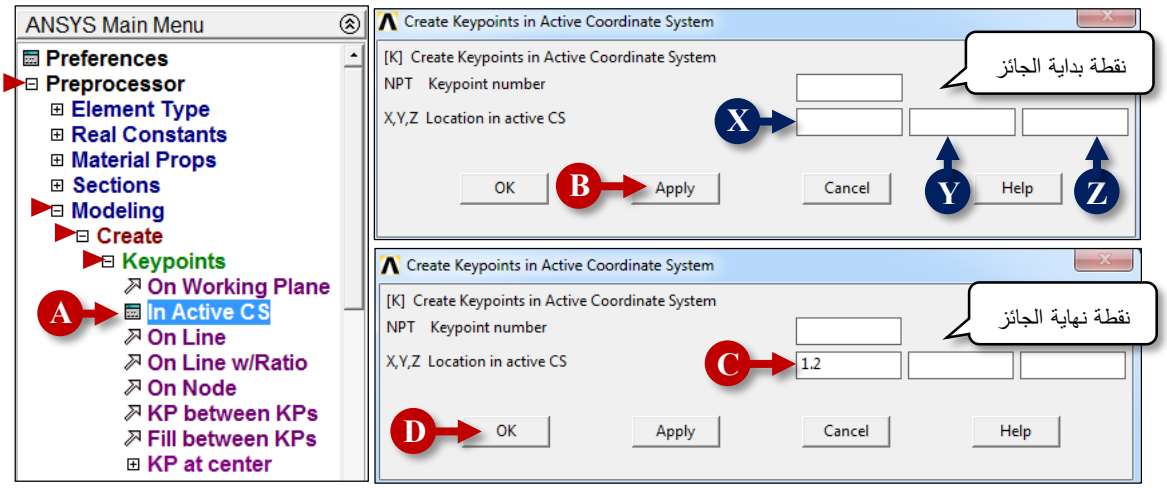
4- رسم النقاط الرئيسية في الجائز:

سيتم رسم نقطتين رئيسيتين (Keypoints) تمثل النقاط بداية ونهاية الجائز، وتتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-155):

4- Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> In Active CS>

X, Y, Z Location in Active CS = **0 , 0 , 0** > **Apply** (نقطة بداية الجائز)

X, Y, Z Location in Active CS = **1.2 , 0 , 0** > **OK** (نقطة نهاية الجائز)

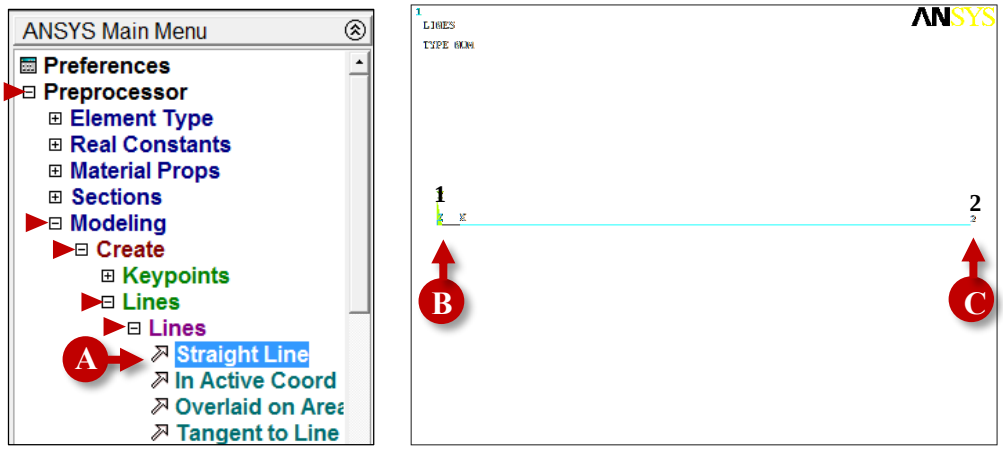


الشكل (2-155): رسم النقاط الرئيسية في الجائز

5- رسم الجائز:

يتم رسم خط يصل بين النقطتين الرئيسيتين السابقتين، من خلال اتباع المسار التالي والموضح في الشكل (2-156):

5- Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Lines> Straight Lines>
(يتم اختيار نقطتي بداية ونهاية الجائز) > OK



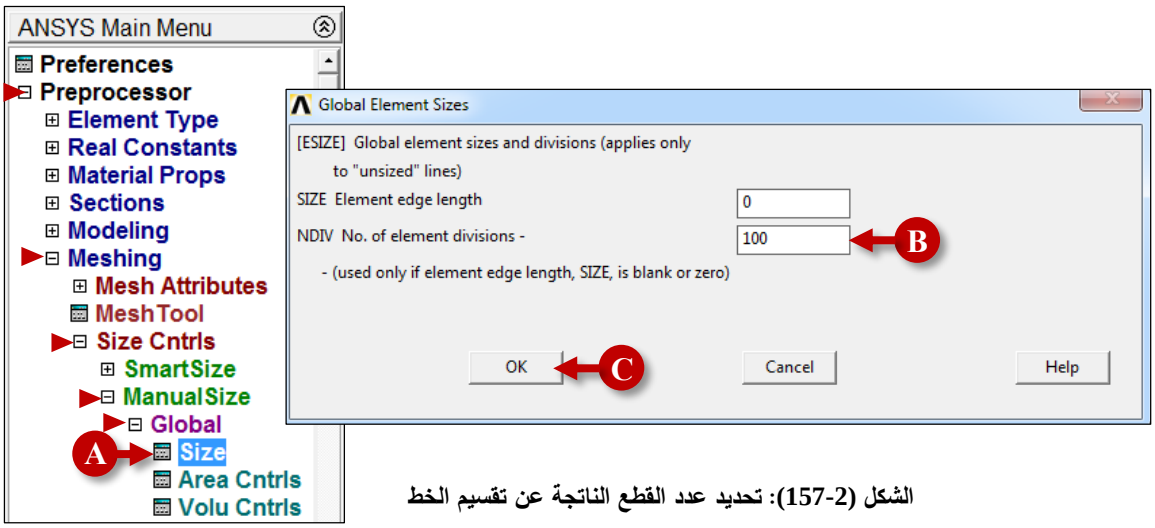
الشكل (2-156): رسم الخط الواصل بين نقاط الجائز الرئيسية

6- تحديد خطة تقسيم الجائز:

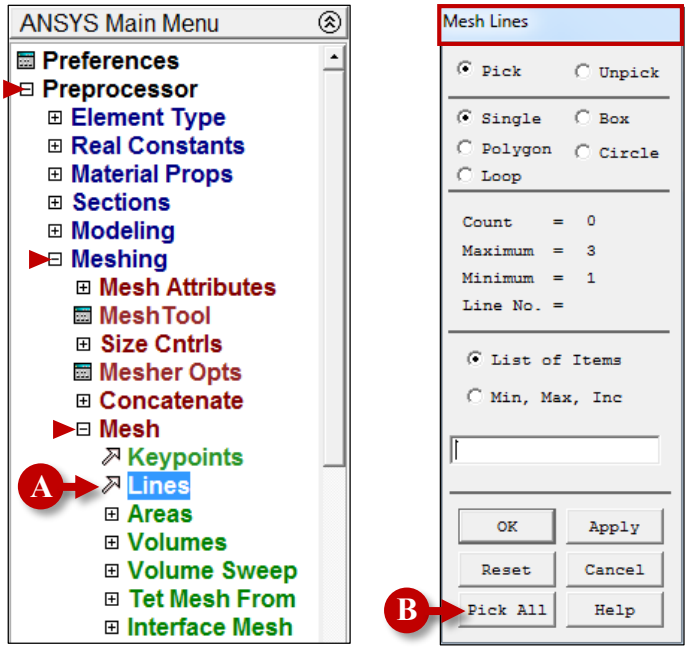
سيتم تحديد الطول الأعظمي للعناصر الناتجة بعد التقسيم بـــ (12mm) وبالتالي سيتم تقسيم الخط الواصل بين النقاط الرئيسية إلى (100) جزء، ثم يتم إعطاء أمر التقسيم. تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-157) و(2-158):

6- 1. Preprocessor> Meshing> Size Cntrls> Manual Size> Global> Size>
(عدد القطع على امتداد الجائز) NDIV No. of Element Divisions = **100**

2. Preprocessor> Meshing> Mesh> Lines> Pick All> OK



الشكل (2-157): تحديد عدد القطع الناتجة عن تقسيم الخط

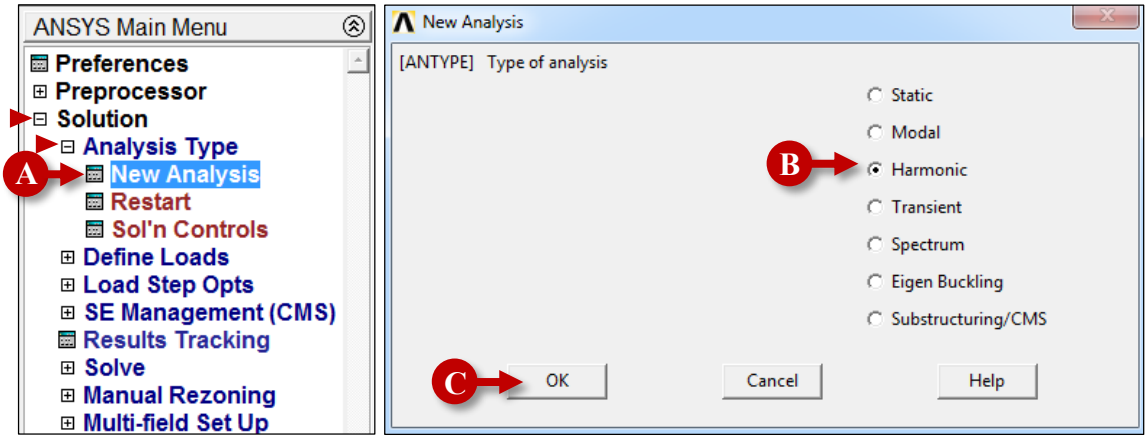


الشكل (2-158): إعطاء أمر التقسيم

7- تحديد نوع التحليل توافقي (Harmonic):

يتم تحديد نوع التحليل باعتباره توافقي (Harmonic) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-159):

7- Solution> Analysis Type> New Analysis Type> Harmonic



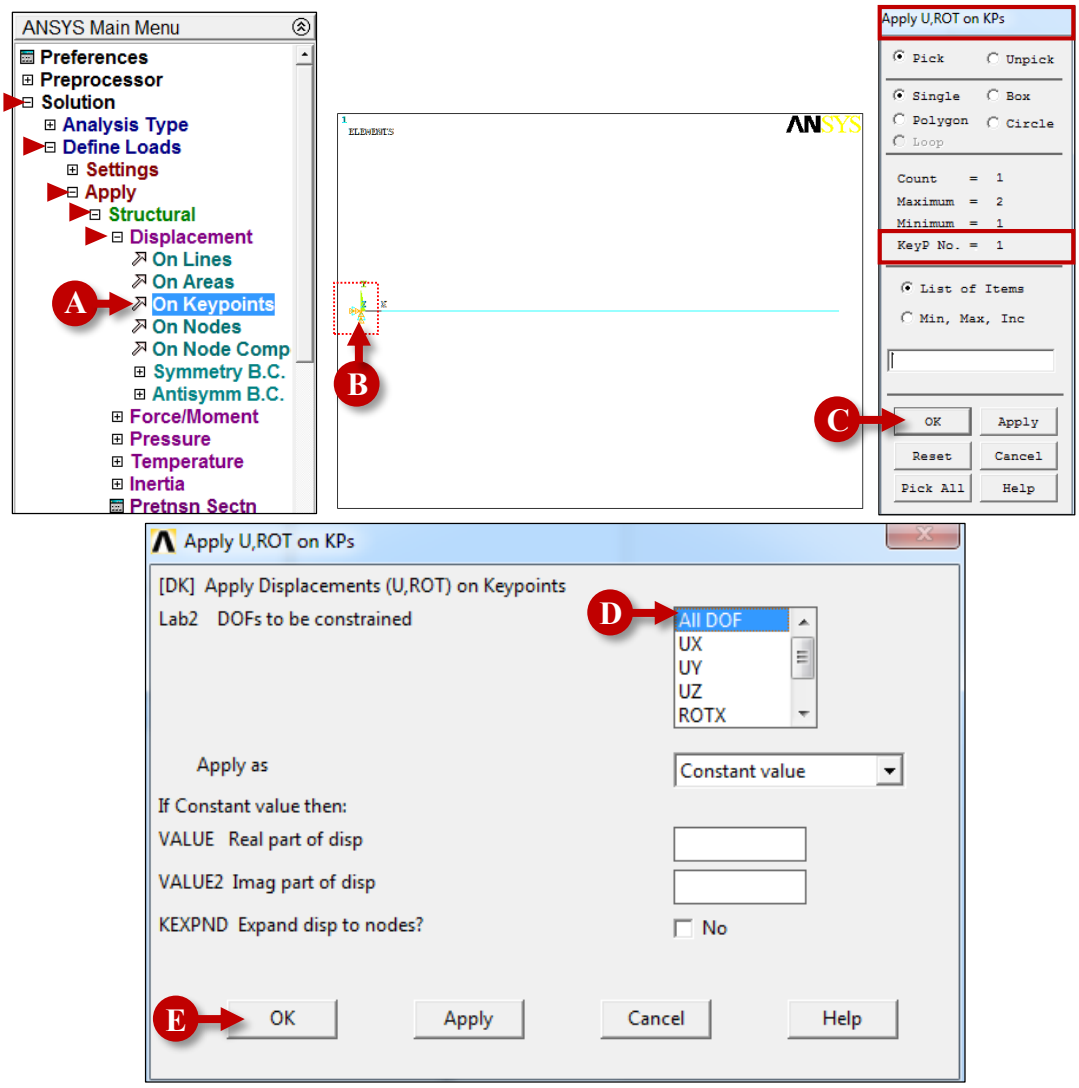
الشكل (2-159): تحديد نوع التحليل "توافقي (Harmonic)"

8- تخصيص الوثاقة:

يتم تخصيص الوثاقة الطرفية من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكل (2-160):

8- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Keypoints >
> (يتم اختيار النقطة في طرف الوثاقة)>OK> All DOF> OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-160): تخصيص الوثاقة الطرفية

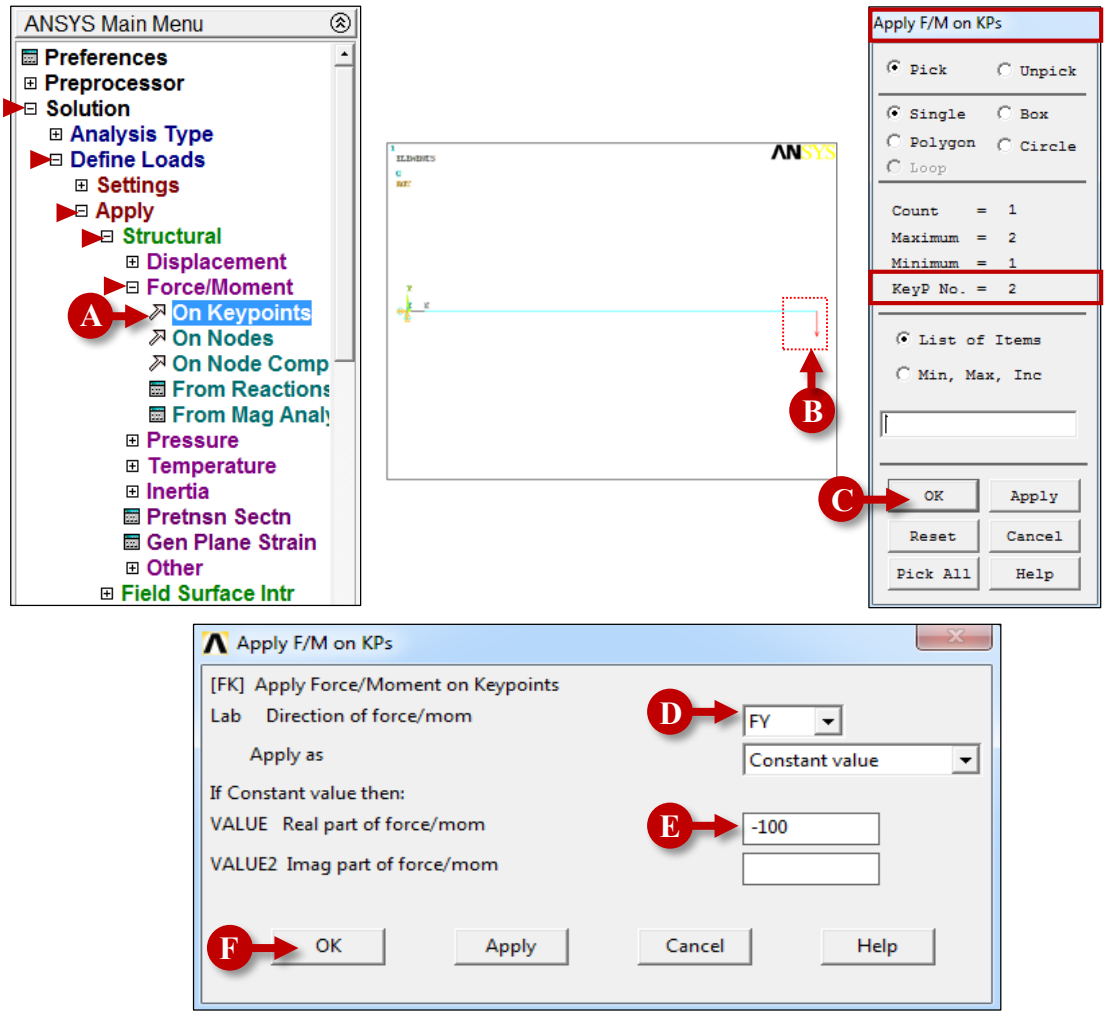
9- تطبيق الحمولة:

يتم تطبيق الحمولة المركزة ذات القيمة (P=100 N *cyclic*) على الطرف الحر الأيمن المبين في الشكل (2-161)، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-161) أيضاً:

9- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Force/Moment> On Keypoints >
> (يتم اختيار النقطة في الطرف الحر)>

LAB Direction of Force/Mom = **FY** (اتجاه محور القوة)

VALUE Real Part of Force/Mom = **-100** (N) (قيمة القوة)



الشكل (2-161): تطبيق الحمولة

10- إعداد خيارات التحليل:

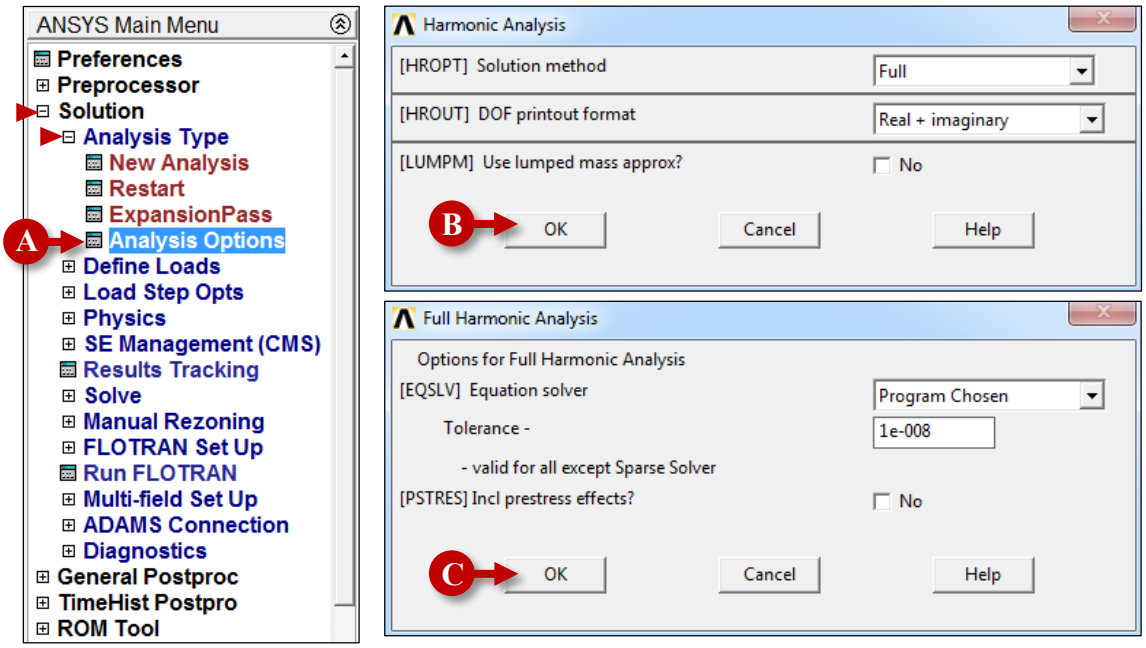
10-1. يتم ضبط الخيارات الخاصة بالتحليل التوافقي وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-162):

10- 1. Solution> Analysis Type> Analysis Options>

Solution Method = **Full** (طريقة الحل)

DOF Printout Format = **Real+Imaginary**

OK> OK



الشكل (2-162): ضبط إعدادات التحليل التوافقي

- **ملاحظة (1):**

توجد ثلاث طرائق لحل معادلة الحركة التوافقية (Solution Methods):

1. **(Full method):** تكون هي الإفتراضـية، وتعتبر الأسـهل بالمقارنة مع الطرائق الأخرى، يتم فيها استخدام المصفوفة العامة للمنشأ، كما يمكن استخدام المصفوفات غير المتناظرة.
2. **(Reduced method):** يتم فيها استخدام المصفوفات المخفَّضة، وهي أسرع من الطريقة السابقة، وتتطلب تحديد (Master DOF Selection).
3. **(Mode superposition):** يتم فيها جمع عوامل النماذج النمطية الناتجة عن تحليل نمطي سابق، وهي الأسرع بالمقارنة مع الطرائق السابقة.

يوضح الجدول التالي مقارنة بين الطرائق الثلاثة السابقة:

الجدول (2-5): مقارنة بين طرائق الحل (Solution Methods) في التحليل التوافقي (Harmonic Analysis)

	Full	Reduced *	Mode Super-position
ما هي سرعة زمن التحليل النسبي؟	سريع	أسرع	الأكثر سرعة
سهولة الإستخدام؟	الأكثر سهولة	أسهل	سهلة
هل الحمولات على العناصر(مثل الضغط) مسموحة؟	نعم	لا	نعم (1 load vector)
Non-zero displacement loading allowed?	نعم	نعم	لا
هل التخامد النمطي مسموح؟	لا	لا	نعم
هل تأخذ بالحسبان حالة سبق الإجهاد؟	نعم	نعم	نعم
هل إعادة الحل (Restart) ممكن؟	نعم	نعم	لا
هل المصفوفات غير المتناظرة (Unsymmetric matrices) مسموحة؟	نعم	لا	لا
هل يجب تحديد الأنماط (Modes) من أجل الحل ؟	لا	لا	نعم
هل يجب تحديد (Master DOF) ؟	لا	نعم	نعم (if reduced modal)

وبشكل عام لا ينصح باستخدام الطريقة (Reduced).

- **ملاحظة (2):**

ينصـــح بتفعيل الخيار (Use Lumped mass approx) في نافذة (Harmonic Analysis) الموضحة في الشكل في حال كان المنشأ نحيف في اتجاه معين بالمقارنة مع الأتجاهين الأخريين، كما في حالة القشريات النحيفة.

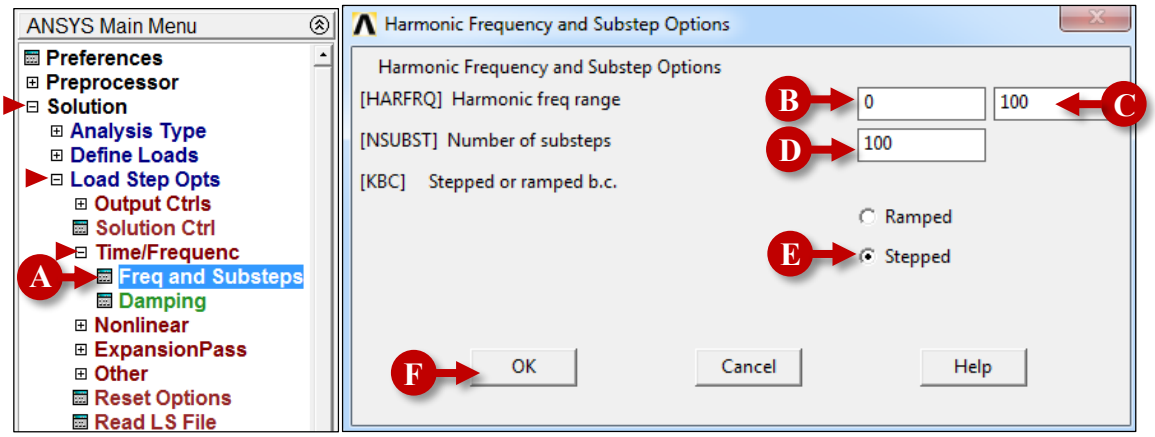
2-10. يتم تحديد مجال التردد وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-163):

10- 2. Solution> Load Step Opts> Time/Frequenc> Freq and Substps>

(مجال التردد) ، (الواحدة دورة في الثانية "هرتز") Harmonic Freq Range = **0 , 100**

(عدد المراحل الجزئية) Number of Substeps = **100**

(متدرج أم مائل) Stepped or Ramped = **Stepped**



الشكل (2-163): ضبط إعدادات مجال التردد والخطوات الجزئية

- **ملاحظة (3):**

بما أن مجال التردد هو (0-100 HZ) وعدد الخطوات الجزئية لهذا المجال (100) وبالتالي سـيتم الحل ابتداءً من التردد (1)، ثم (2)، ثم (3) ... وهكذا حتى التردد (100). أما في حال إعطاء خطوة جزئية واحدة فقط فسيتم الحل عند التردد (100) فقط.

- **ملاحظة (4):**

في حال وجود خطوات جزئية متعددة فإن الحمولة يمكن أن يتم تطبيقها بشـكل متزايد (Ramped)، أو يتم تطبيقها كاملة في أول خطوة تحميل جزئية (Stepped). الحمولات التوفقية عادة يتم تطبيقها باعتبارها (Stepped) لأن قيمة الحمولة تمثل المطال الأعظمي.

- **ملاحظة (5):**

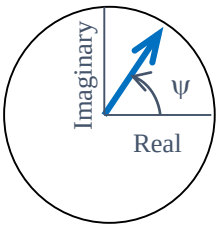
تعطى بالعلاقة العامة لمعادلة الحركة:

$$[m].\{\ddot{u}\} + [c].\{\dot{u}\} + [k].\{u\} = \{F\}$$

حيث:

m: مصفوفة الكتلة، c: مصفوفة التخامد، k: مصفوفة الصلابة، $\ddot{u}$: شعاع التسارع للعقد، $\dot{u}$: شعاع السرعة للعقد، u: شعاع الإنتقالات للعقد، F: شعاع القوى.

ويكون (F) و (u) توافقي (harmonic) بتردد (frequency ω) حيث:



$$\{F\} = \{F_{max}e^{i\psi}\}e^{i\omega t} = [\{F_1\} + i\{F_2\}]e^{i\omega t}$$
$$\{u\} = \{u_{max}e^{i\psi}\}e^{i\omega t} = [\{u_1\} + i\{u_2\}]e^{i\omega t}$$

حيث: (ψ): زاوية الطور (Phase angle).

وتصبح معادلة الحركة في التحليل التوافقي:

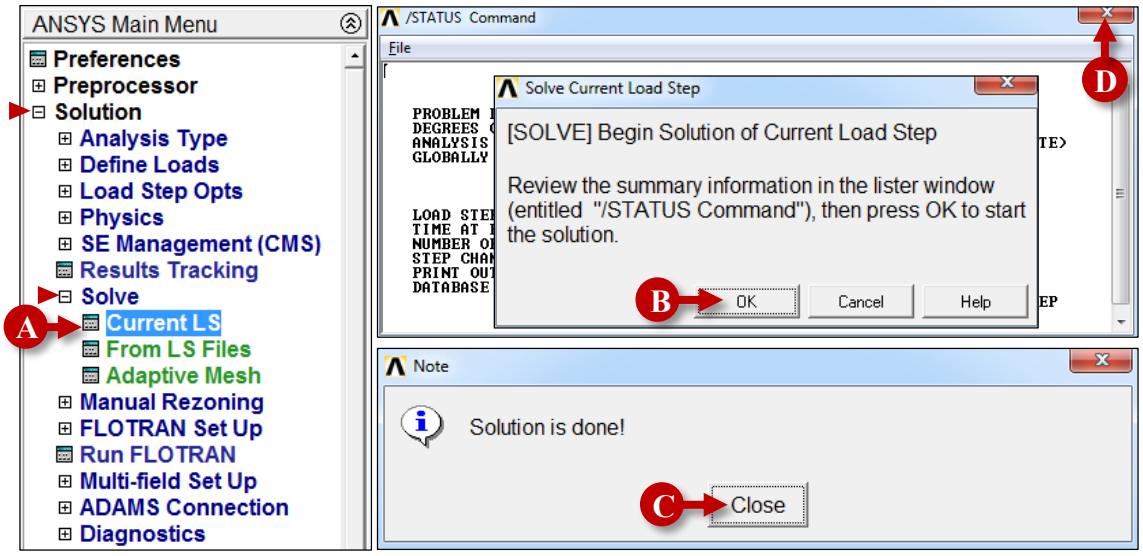
$$(-\omega^2[m] + i\omega[c] + [k])\ [\{u_1\} + i\{u_2\}] = [\{F_1\} + i\{F_2\}]$$

11- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر(Solve) الموضح في الشكل (2-164)، وفق المسار التالي:

11- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

ثم يتم الإنتظار حتى الإنتهاء من التحليل، حيث يعطي البرنامج في هذا المثال رسالة (Solution is Done)، وبعد ذلك يمكن معاينة النتائج.

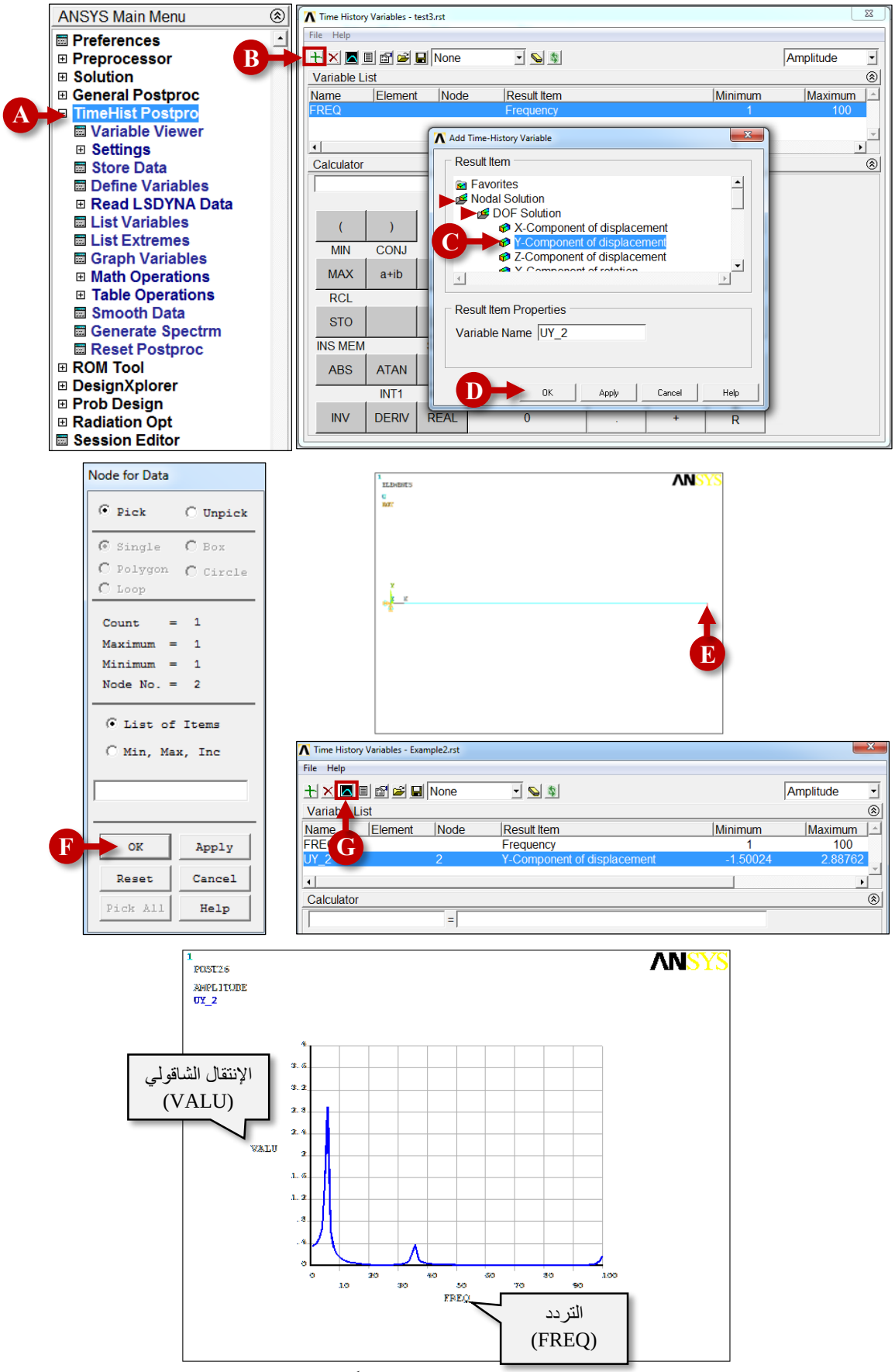


الشكل (2-164): بدء التحليل

12- معاينة النتائج:

سيتم معاينة الإنتقالات الشاقولية (UY) في النقطة الواقعة في موقع تطبيق الحمولة وذلك بالمقارنة مع التردد، تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-165):

12- TimeHist Postpor>
Add> Nodal Solution> DOF Solution> Y-Component of Displacement>
OK> (يتم اختيار النقطة في الطرف الحر) **> OK >Graph Data** (معاينة البيانات تخطيطياً)



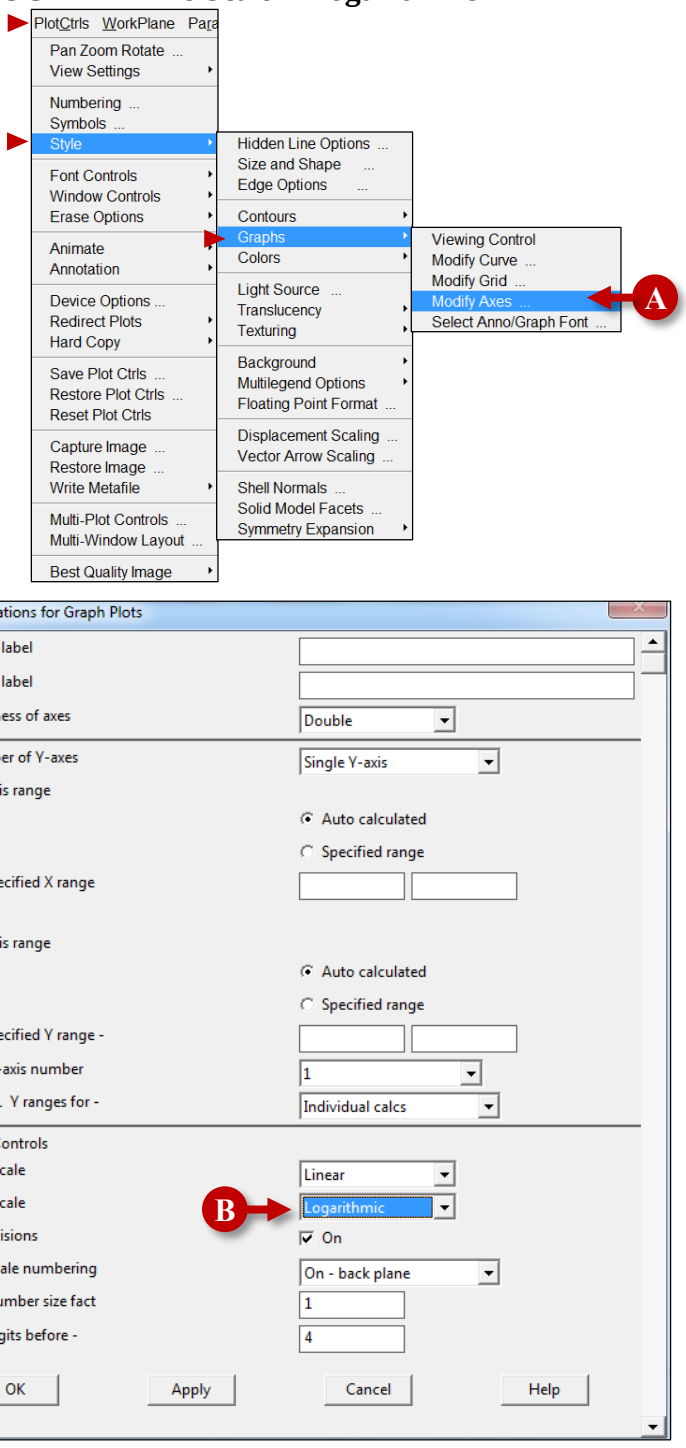
الشكل (2-165): معاينة االإنتقال الشاقولي(UY) تخطيطياً وبمقياس خطي (Linear)

12- استخدام المقياس اللوغارتمي:

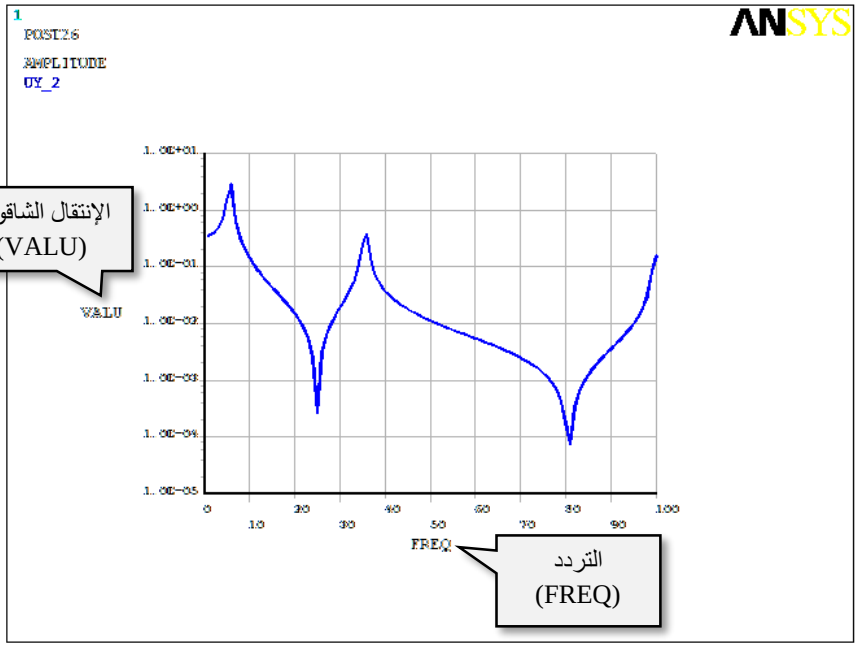
يتم تغيير المقياس الشـاقولي (Y- Axis Scal) إلى المقياس اللوغارتمي من خلال المسـار التالي والموضح في الشكلين (2-166) و(2-167):

PlotCtrls> Style> Graph> Modify Axes…>

LOGY Y- Axis Scale = **Logarithmic**

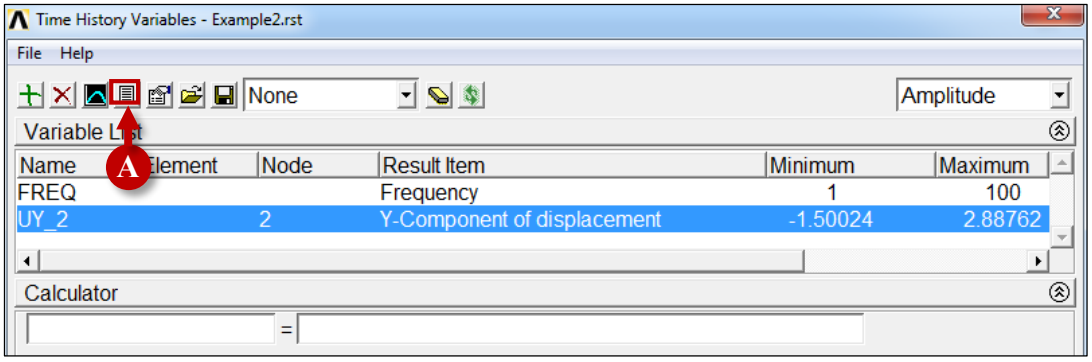


الشكل (2-166): تحديد المقياس اللوغارتمي



الشكل (2-168): معاينة الإنتقال الشاقولي(UY) تخطيطياً وبمقياس لوغارتمي (Logarithmic)

ويمكن معاينة البيانات رقمياً بالنقر على الزر (List Data) الموجود ضمن النافذة (Time History Variables) الموضح في الشكل (2-169)، فيتم الحصول على البيانات الرقمية المبينة في الشكل (2-170):



الشكل (2-169): تحديد معاينة الإنتقال الشاقولي(UY) رقمياً

PRVAR Command

File

```
          ***** ANSYS POST26 VARIABLE LISTING *****


  FREQ                2 UY
                    UY_2
                AMPLITUDE        PHASE
 1.0000         0.356349         180.000
 2.0000         0.393116         180.000
 3.0000         0.475454         180.000
 4.0000         0.675740         180.000
 5.0000          1.50024         180.000
 6.0000          2.88762         0.00000
 7.0000         0.636323         0.00000
 8.0000         0.330491         0.00000
 9.0000         0.211382         0.00000
 10.000         0.148930         0.00000
 11.000         0.110938         0.00000
 12.000         0.856321E-01     0.00000
 13.000         0.676974E-01     0.00000
 14.000         0.543917E-01     0.00000
 15.000         0.441598E-01     0.00000
 16.000         0.360558E-01     0.00000
 17.000         0.294718E-01     0.00000
 18.000         0.239985E-01     0.00000
 19.000         0.193489E-01     0.00000

          ***** ANSYS POST26 VARIABLE LISTING *****
```

الشكل (2-170): معاينة البيانات رقمياً

نلاحظ من الشكل بأن الإنتقال الأعظمي يحث عند التردد (6Hz).

- **ملاحظة (6):**

يمكن إســـتعراض النتائج من خلال الجزء الحقيقي والتخيلي (Real and Imaginary Parts) أو من خلال المطال وزاوية الطور (Amplitude and Phase angle).

بعد أن يتم تحديد التردد الأخطر من خلال (TimeHist Postpro) يمكن معاينة الإنتقالات والإجهادات لكامل النموذج من خلال التبويب (General Postpro).

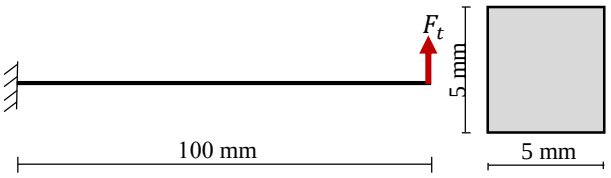
نهاية المثال الخامس

6-2 المثال السادس:

إجراء تحليل إنتقالي (Transient Analysis) لجائز فولاذي

جائز فولاذي، أبعاده موضحة على الشكل (2-171)، حيث يبلغ طوله (100 mm) وارتفاع مقطعه (5 mm) وعرض مقطعه (5 mm)، وهو موثوق من طرف وحر من الطرف الأخر، يخضع لحمولة (F_t) مطبقة عند نهايته الحرة، المطلوب إجراء التحليل الإنتقالي (Transient Analysis).

$$F_t = \mathrm{A} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4} \cdot t\right)$$
$$A = 1000 \quad N$$
$$E_s = 2 \times 10^{11} \quad N/m^2$$



الشكل (2-171): شكل الجائز وأبعاده

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

✓ تنفيذ التحليل الإنتقالي (Transient Analysis).

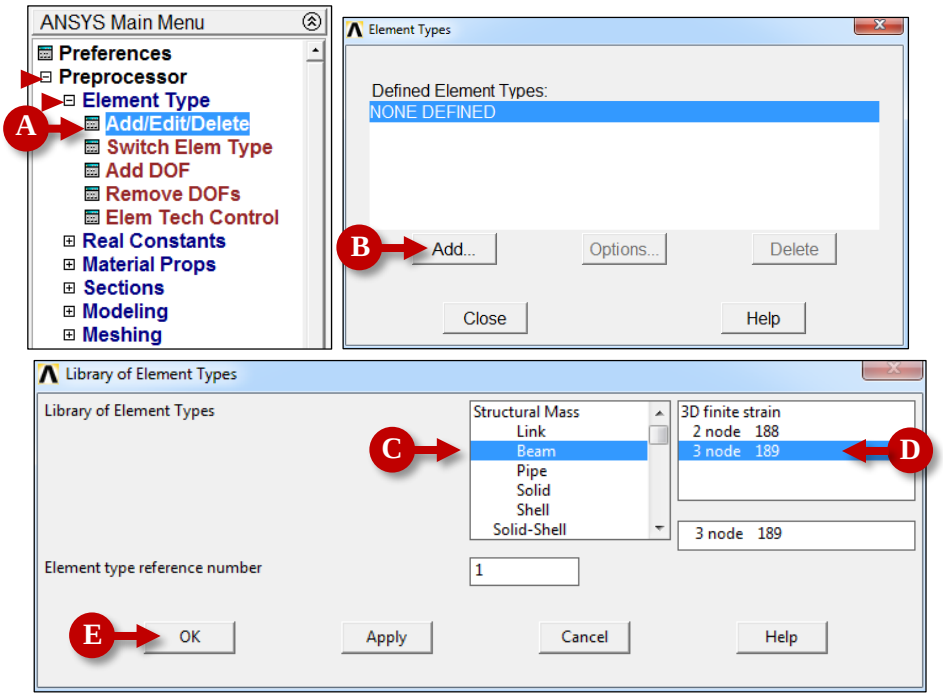
✓ معاينة ردود الأفعال في هذا النوع من التحليل من أجل زمن (Time) محدد.

❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد العنصر المستخدم:

سيتم استخدام العنصر (Beam189)، ويتم تحديده وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-172):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Beam > 3node 189> OK >Close



الشكل (2-172): تحديد العنصر المستخدم

2- تعريف خصائص المادة المستخدمة:

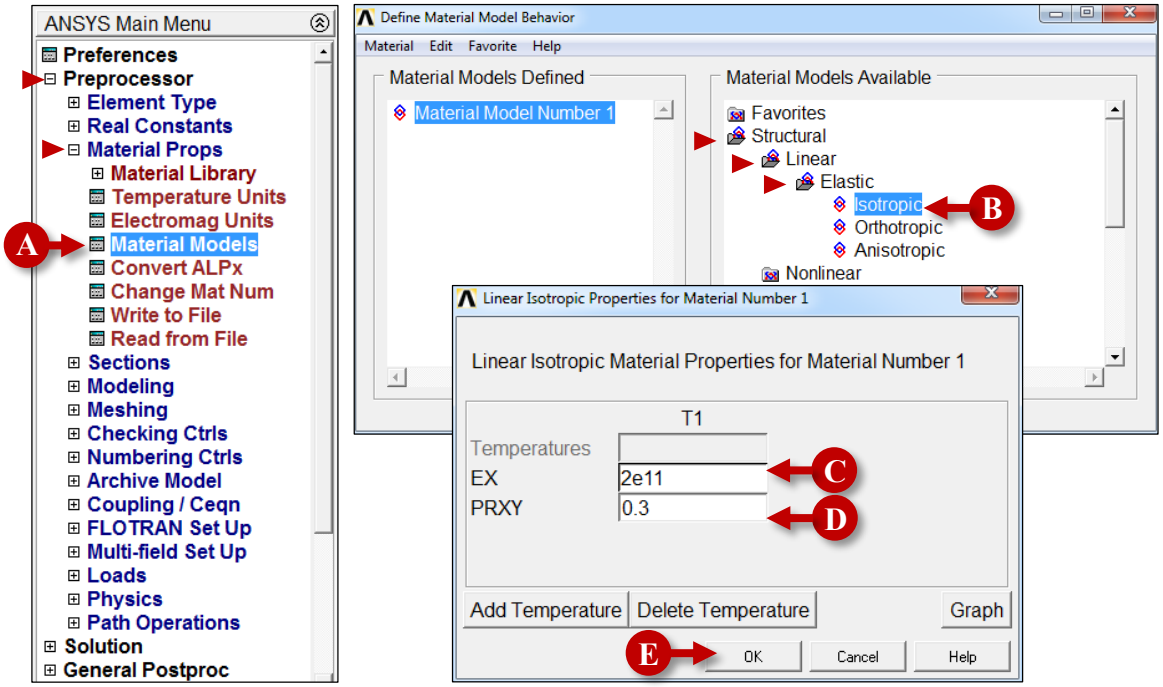
يتم تعريف خصـائص المادة المسـتخدمة والتي هي (معامل المرونة ومعامل بواسـون) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-173):

2- Preprocessor> Material props> Material models>

1. **Material model Number1> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e11** (N/m^2) (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون للفولاذ)



الشكل (2-173): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للمادة المستخدمة

3- تعريف مقطع الجائز:

وفقاً لمعطيات المسـألة فإن عرض مقطع الجائز (5mm) وارتفاع هذا المقطع (5mm)، ويتم تعريف هذه البيانات وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-174):

3- 1. Preprocessor> Sections> Beam> Common Sections>

Name = **Sec 5** (يتم اقتراح اسم ما للمقطع الفولاذي)

Sub-Type = (**Rectangle**) (يتم اختيار الشكل المستطيل للمقطع الفولاذي)

B = **5** (mm) (عرض مقطع الجائز)

H = **5** (mm) (ارتفاع مقطع الجائز)

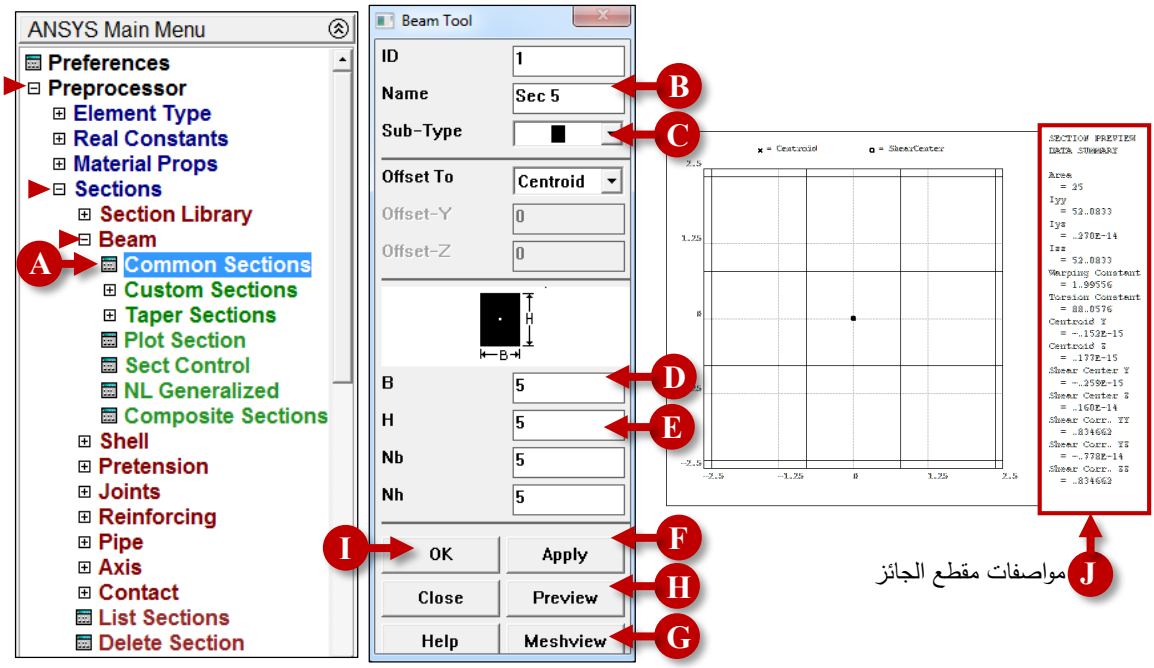
Nd = **5** (عدد التقسيمات الأفقية)

Nh = **5** (عدد التقسيمات الشاقولية)

Apply> Mesh View> Preview> Ok

2. **Plot> Replot**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-174): تحديد أبعاد مقطع الجائز

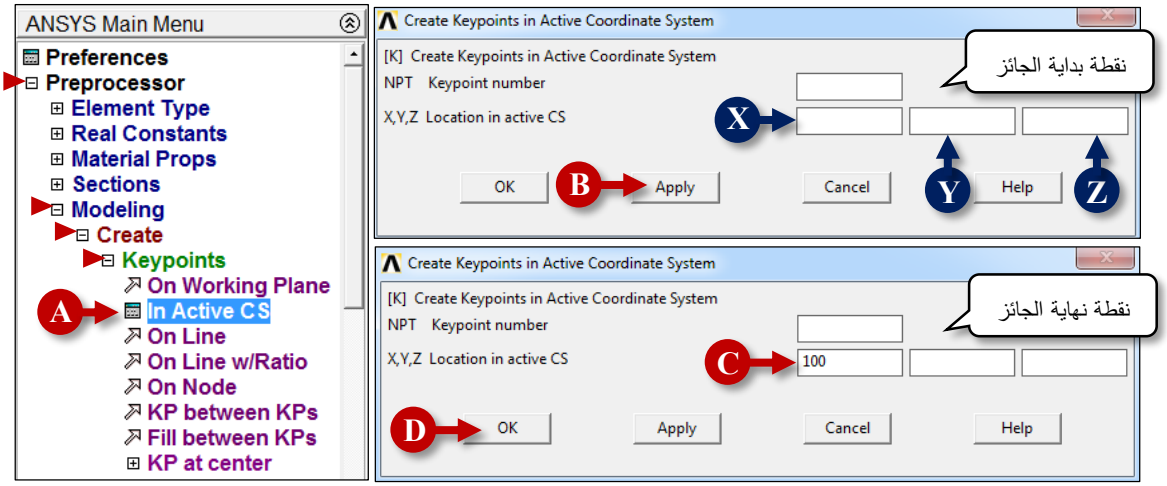
4- رسم النقاط الرئيسية في الجائز:

سيتم رسم نقطتين رئيسيتين (Keypoints) تمثل النقاط بداية ونهاية الجائز، وتتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-175):

4- Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> In Active CS>

X, Y, Z Location in Active CS = **0 , 0 , 0** > **Apply** (نقطة بداية الجائز)

X, Y, Z Location in Active CS = **100 , 0 , 0** > **OK** (نقطة نهاية الجائز)

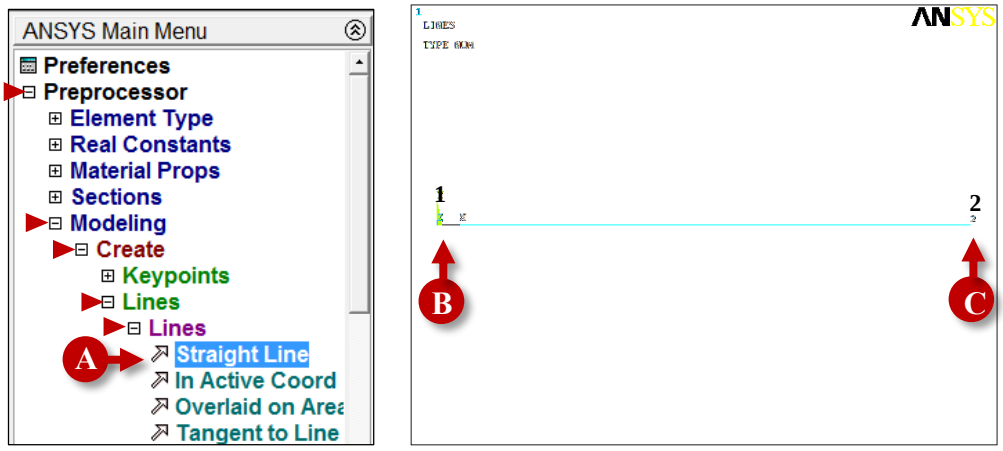


الشكل (2-175): رسم النقاط الرئيسية في الجائز

5- رسم الجائز:

يتم رسم خط يصل بين النقطتين الرئيسيتين السابقتين، من خلال اتباع المسار التالي والموضح في الشكل (2-176):

5- Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Lines> Straight Lines>
(يتم اختيار نقطتي بداية ونهاية الجائز) > OK



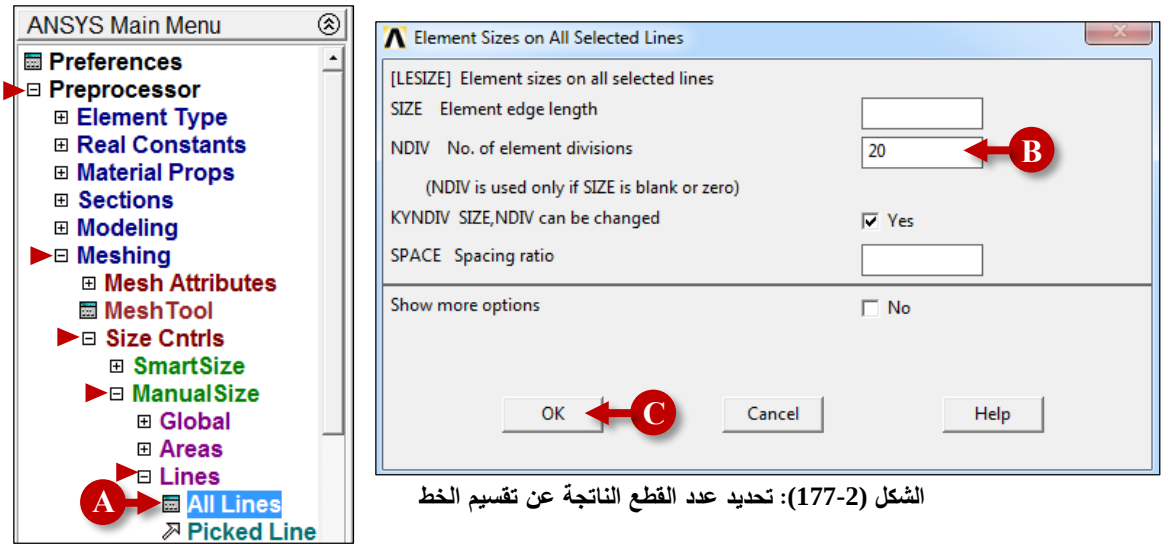
الشكل (2-176): رسم الخط الواصل بين نقاط الجائز الرئيسية

6- تحديد خطة تقسيم الجائز:

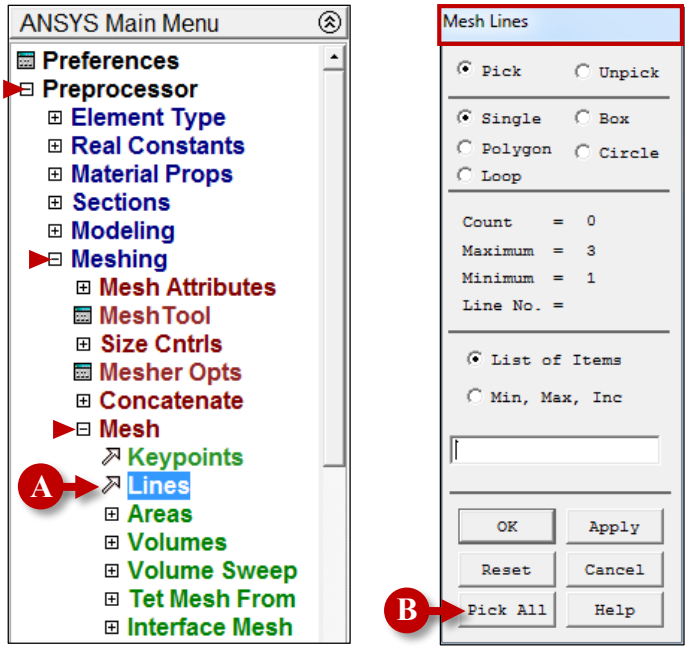
سيتم تحديد الطول الأعظمي للعناصر الناتجة بعد التقسيم بـــ (5mm) وبالتالي سيتم تقسيم الخط الواصل بين النقاط الرئيسية إلى (20) جزء، ثم يتم إعطاء أمر التقسيم. تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-177) و(2-178):

6- 1. Preprocessor> Meshing> Size Cntrls> Manual Size> Lines> All Lines>
(عدد القطع على امتداد الجائز) NDIV No. of Element Divisions = **20**

2. Preprocessor> Meshing> Mesh> Lines> Pick All> OK



الشكل (2-177): تحديد عدد القطع الناتجة عن تقسيم الخط



الشكل (2-178): إعطاء أمر التقسيم

7- تعريف تابع الحمولة:

1. إن شدة تابع الحمولة معطاة بالعلاقة $\{F_t = 1000 . \sin\left(\frac{\pi}{4}.t\right)\}$ ويتم تعريفها وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-179):

7- 1. Parameters> Functions> Define/Edit…>

> Result= $\mathbf{1000 \times \sin\left(\frac{PI}{4} \times \{TIME\}\right)}$

حيث:

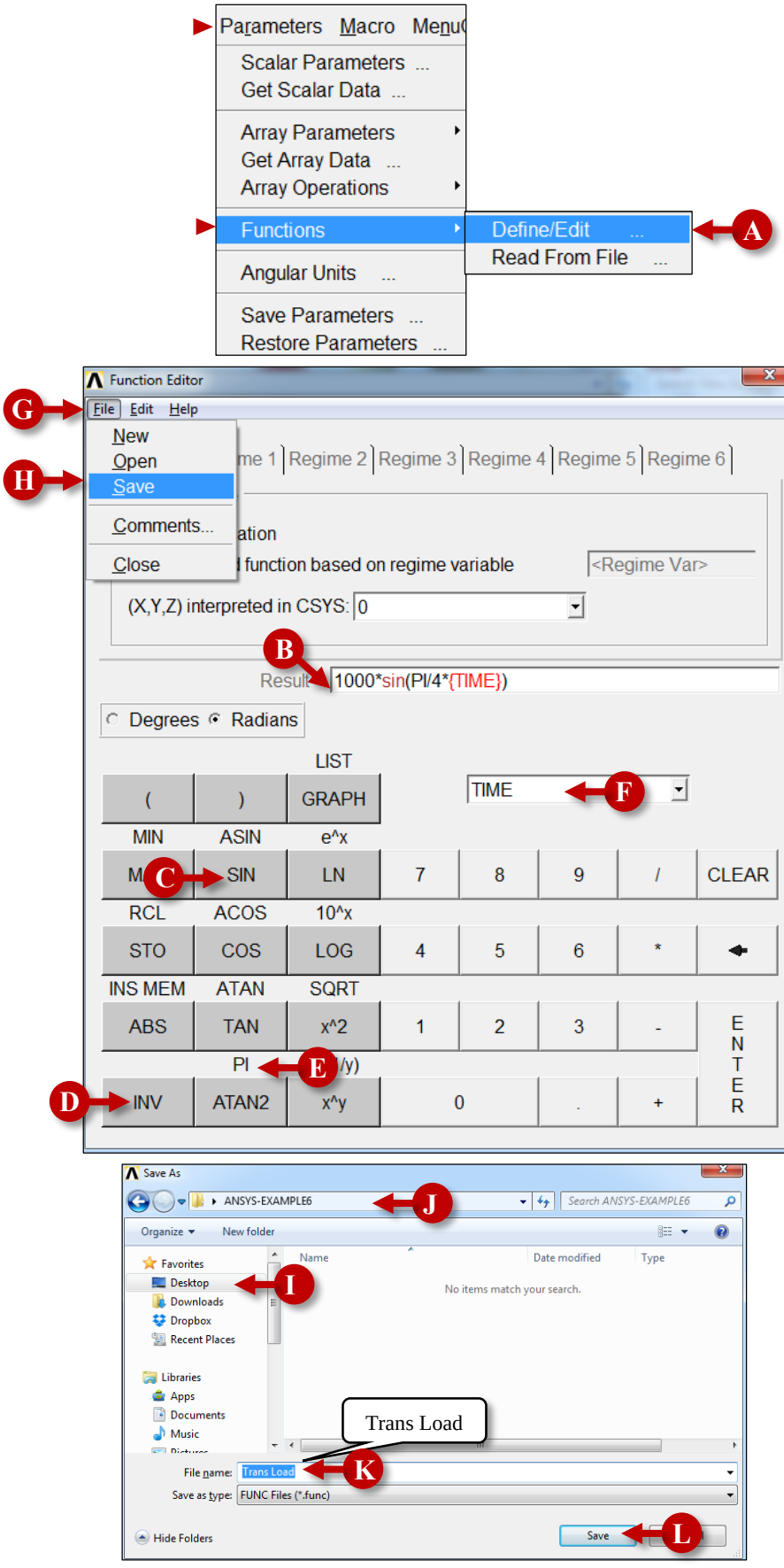
sin: يتم الحصول عليها بالنقر على الزر SIN.

PI: يتم الحصول عليها بالنقر على الزر (INV) INV ثم الزر (PI) PI.

TIME: يتم الحصول عليها بالنقر على الخيار (TIME) الموضح في الشكل (2-179).

2. يتم تخزين ملف تابع الحمولة باسم معين حيث يتم النقر على (File) ثم (Save)، في نافذة (Function Editor)، ويتم تخزين ملف تابع الحمولة باسم معين وليكن مثلاً (Trans Load)، ثم يتم إغلاق نافذة (Function Editor).

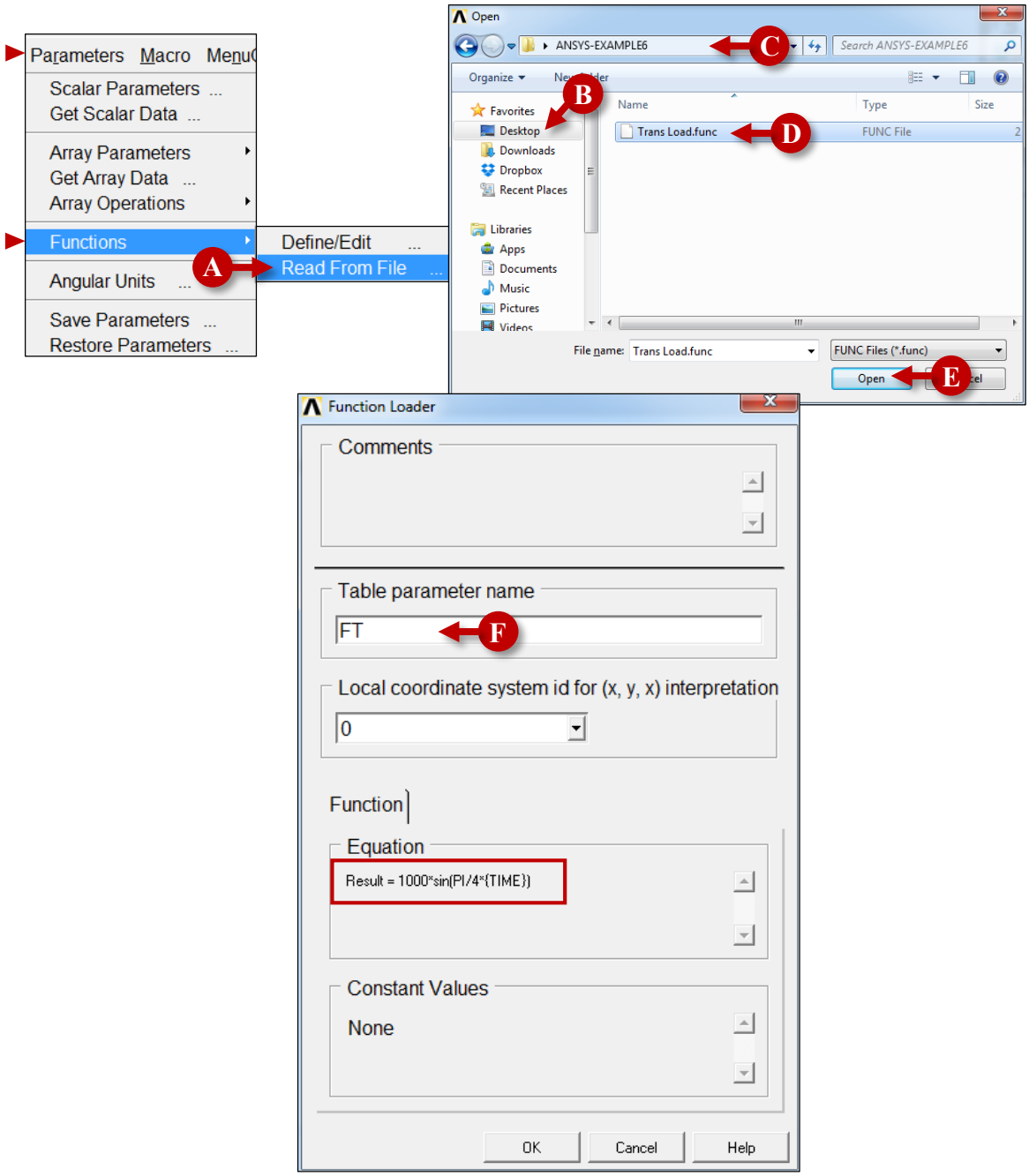
2. File (Function Editor)> Save > (Trans Load)



الشكل (2-179): تعريف وحفظ تابع الحمولة

3. ثم يتم قراءة ملف تابع الحمولة وفق الخطوات المبينة أدناه، حيث يفضـــل التأكد من معادلة التابع الموجودة ضـــمن نافذة (Function Loader) أســـفل التبويب (Equation)، واقترح اســـم لمتحول الحمولة على ألا يتجاوز عدد أحرفه (8) أحرف وأن لا يبدأ هذا الإســـم برقم، وليكن (ft) مثلاً، تتم عملية قراءة الملف وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-180):

3. Parameters> Functions> Read From File…> (نفتح موقع حفظ الملف) **>**
Trans Load > Open
Table Parameter Name = **ft** **>OK** (اقتراح اسم)

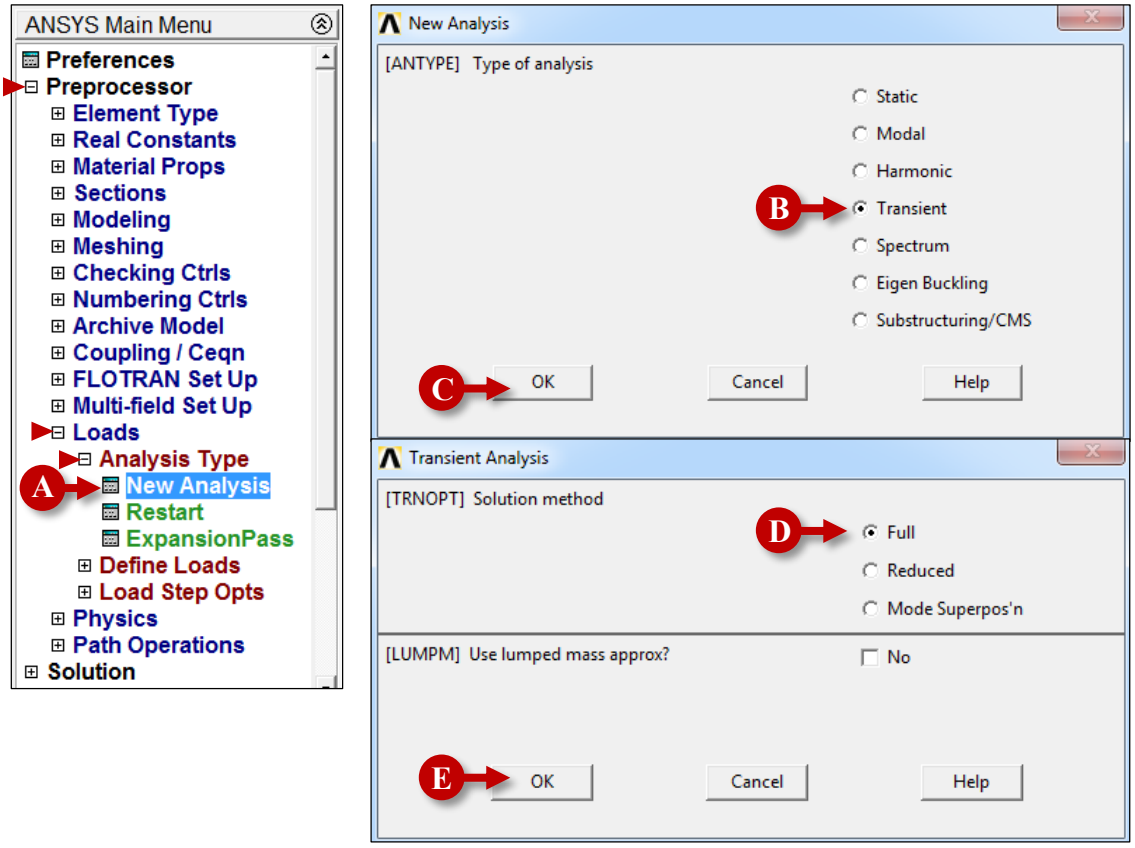


الشكل (2-180): اقتراح اسم لتابع الحمولة

8- تحديد نوع التحليل إنتقالي (Transient):

يتم تحديد نوع التحليل باعتباره إنتقالي (Transient) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (181-2):

8- Preprocessor> Load> Analysis Type> New Analysis Type> Transient
Solution Method = **Full** (طريقة الحل)
> OK

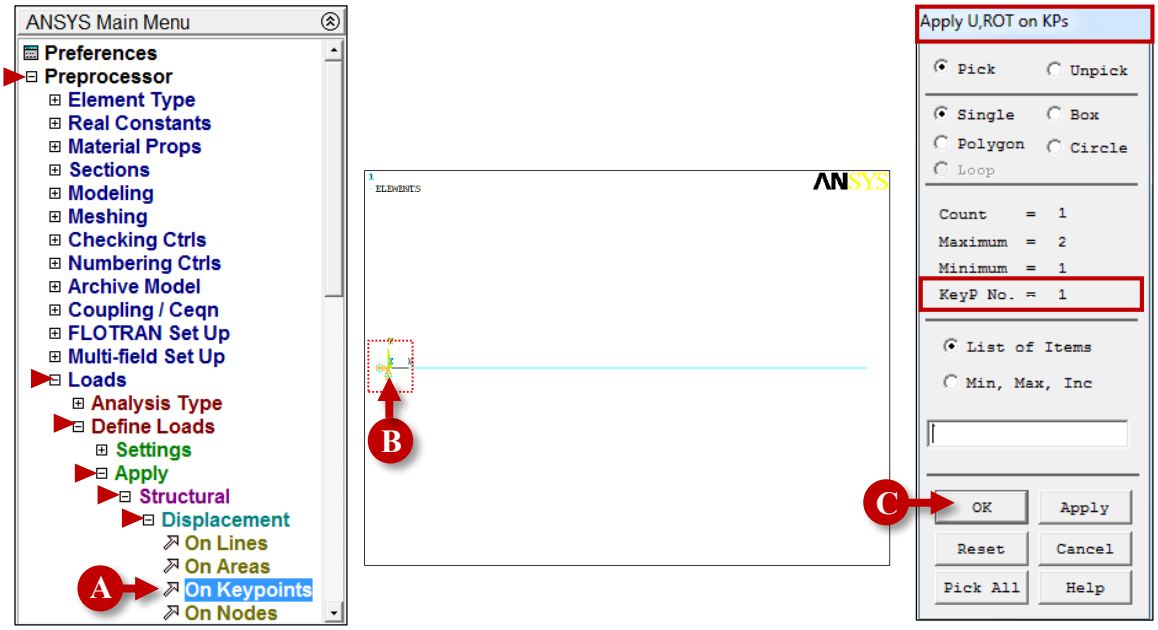


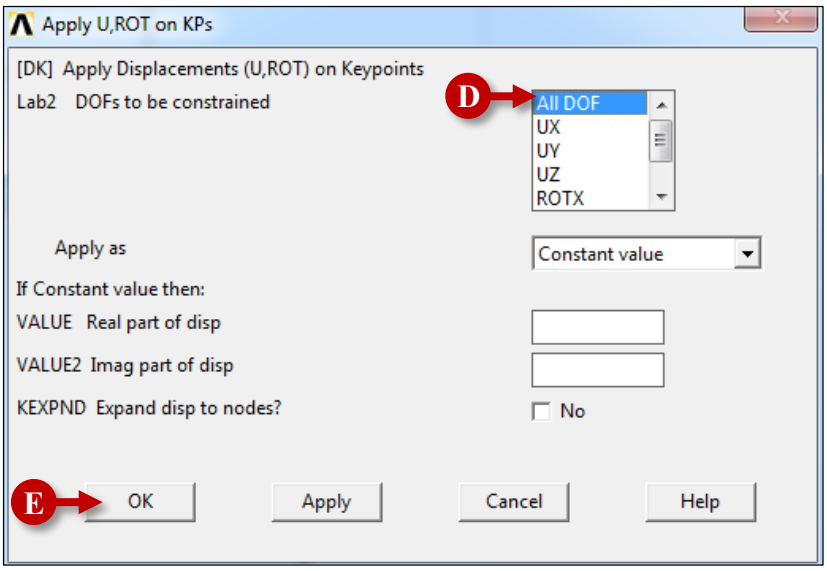
الشكل (2-181): تحديد نوع التحليل "إنتقالي (Transient)"

9- تخصيص الوثاقة:

يتم تخصيص الوثاقة الطرفية من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكل (2-182):

9- Preprocessor> Load> Define Loads> Apply> Structural> Displacement>
> On Keypoints>
> (يتم اختيار النقطة في طرف الوثاقة)> **All DOF**> OK





الشكل (2-182): تخصيص الوثاقة الطرفية

10- تطبيق الحمولة:

يتم تطبيق الحمولـة المركزة ذات القيمـة ($F_t = \mathrm{A}\,.\sin\left(\frac{\pi}{4}.t\right)$) على الطرف الحر الأيمن وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-183):

10- Preprocessor> Load> Define Loads> Apply> Structural> Force/Moment> > On Keypoints>

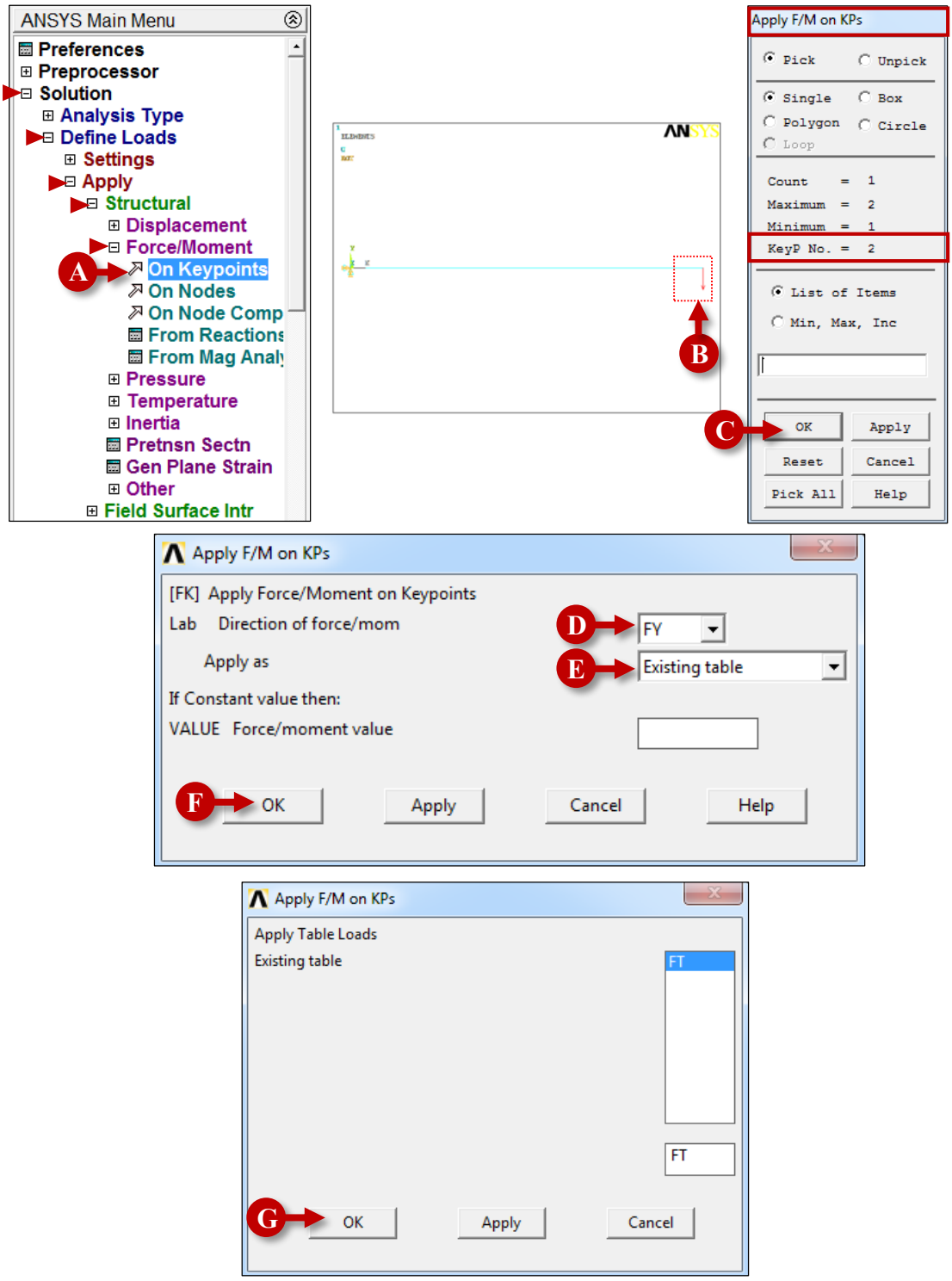
> (يتم اختيار النقطة في الطرف الحر) >

LAB Direction of Force/Mom = **FY** (اتجاه محور القوة)

Apply as = **Existing Table** (قيمة القوة)

>OK> OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-183): تطبيق الحمولة

11- إعداد خيارات التحليل:

يتم ضبط خيارات التحليل وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-184):

11- Solution> Analysis Type> Sol'n Controls>

- Basic:

Small displacement static

Time at end of load step = **20** (الزمن النهائي عند تطبيق كامل الحمولة)

Automatic Time Stepping = **Prog Chosen**

Time increment:

Time Step Size = **1** (المقدار العام لخطوة تزايد الحمولة)

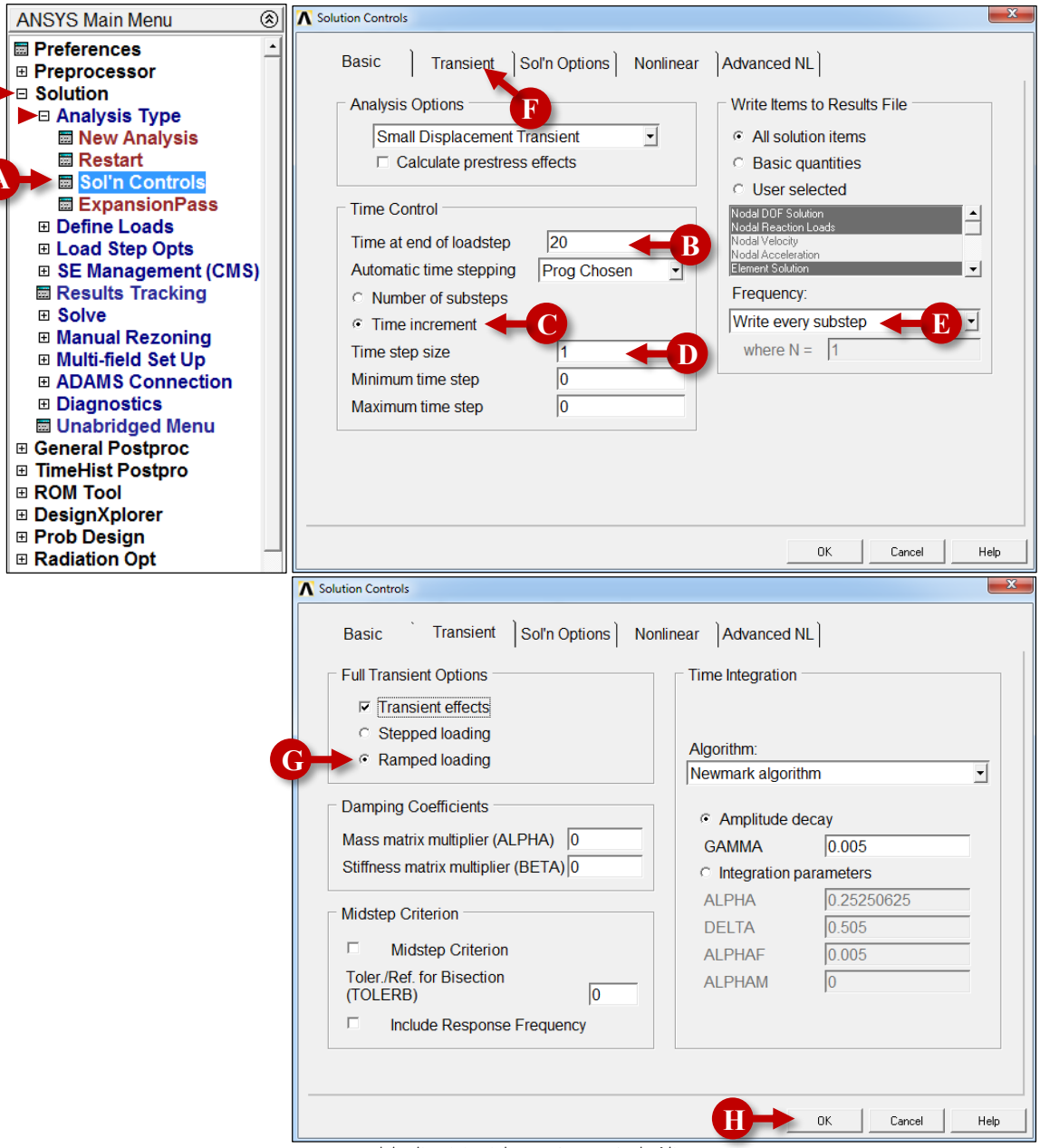
Minimum Time Step = **0** (المقدار الأصغري لخطوة تزايد الحمولة)

Maximum Time Step = **0** (المقدار الأعظمي لخطوة تزايد الحمولة)

Frequency = **Write every substep** (عرض النتائج في كل مرحلة تحميل)

- Transient:

Transient Effects = **Ramped Loading** > **OK**



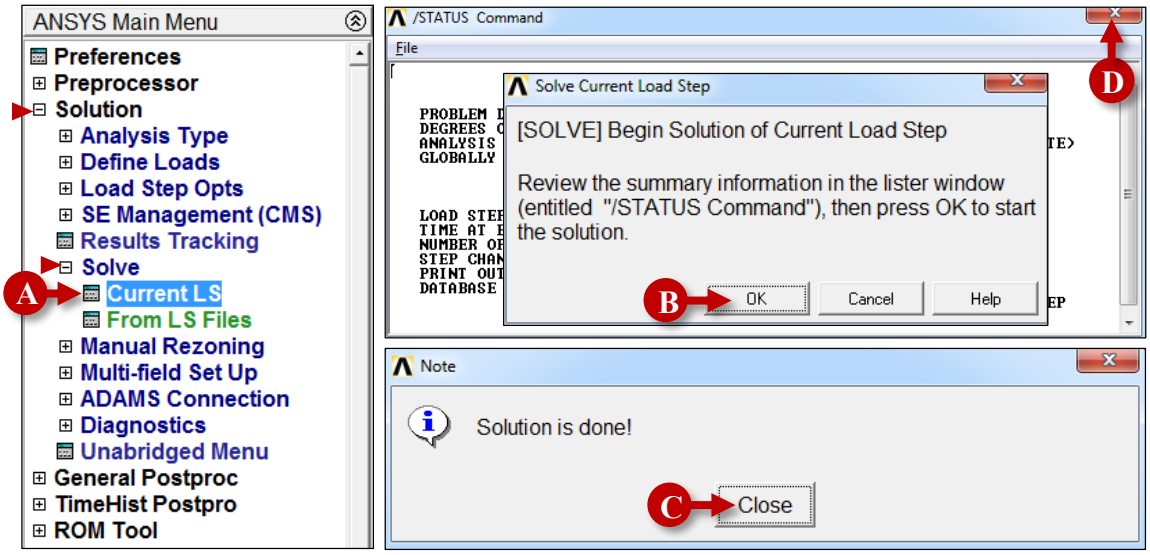
الشكل (2-184): ضبط إعدادات التحليل

12- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر(Solve) الموضح في الشكل (2-185)، وفق المسار التالي:

12- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

ثم يتم الإنتظار حتى الإنتهاء من التحليل، حيث يعطي البرنامج في هذا المثال رسالة (Solution is Done)، وبعد ذلك يمكن معاينة النتائج.

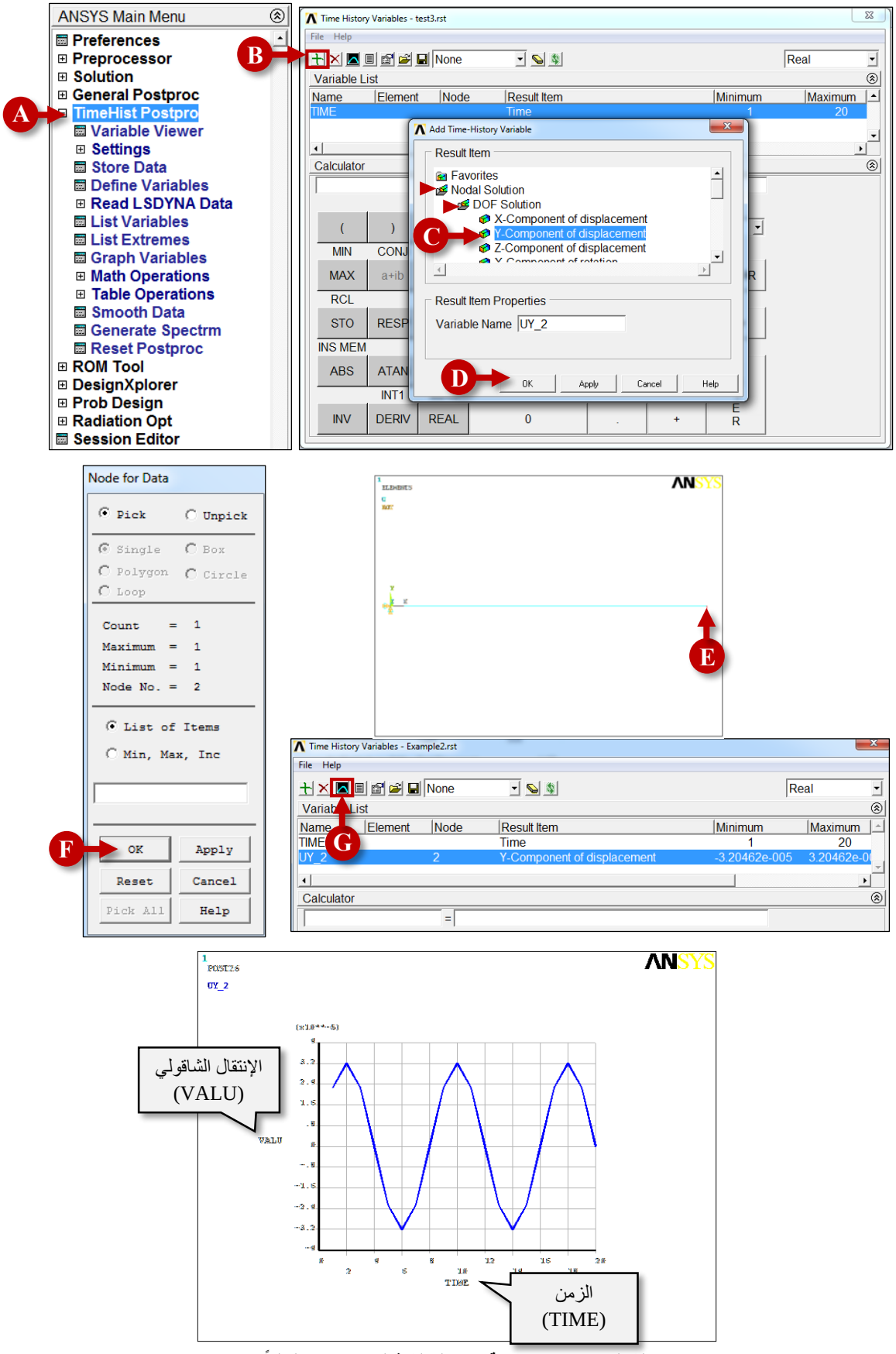


الشكل (2-185): بدء التحليل

13- معاينة النتائج:

سيتم معاينة الإنتقالات الشاقولية (UY) في النقطة الواقعة في موقع تطبيق الحمولة وذلك بالمقارنة مع التردد، تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-186):

13- TimeHist Postpor>
Add> Nodal Solution> DOF Solution> Y-Component of Displacement>
OK> (يتم اختيار النقطة في الطرف الحر) **> Next> OK >Graph Data** (معاينة البيانات تخطيطياً)



الشكل (2-186): معاينة الإنتقال الشاقولي(UY) تخطيطياً

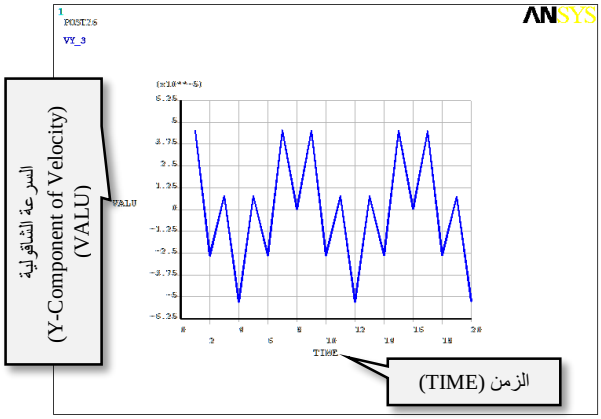
بما أن تابع الحمولة هو تابع دوري وبالتالي فإن الإنتقال الشاقولي يأخذ شكل تابع الحمولة أي يصبح بشكل مخطط دوري أيضاً كما هو واضح في الشكل.

- يمكن الحصول على معلومات أخرى بنفس الطريقة، فمثلاً من أجل الحصول على السرعة بالاتجاه (Y)، يتم القيام بالخطوات التالية والموضحة في الشكلين (2-187) و(2-188):

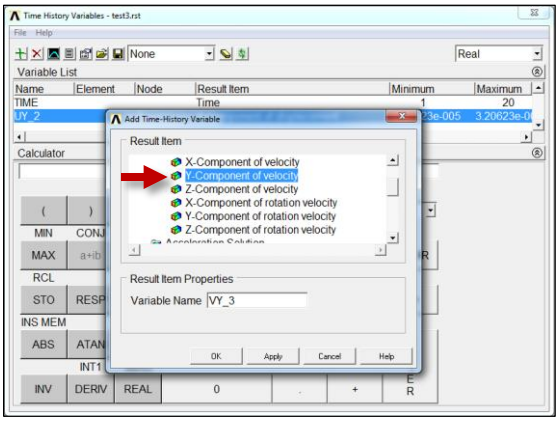
1. Add> Nodal Solution> DOF Solution> Y-Component of Velocity> OK>

2. Plot> Element

3. (يتم اختيار النقطة في الطرف الحر) > Next> OK >Graph Data



الشكل (2-188): معاينة بيانات السرعة الشاقولية تخطيطياً



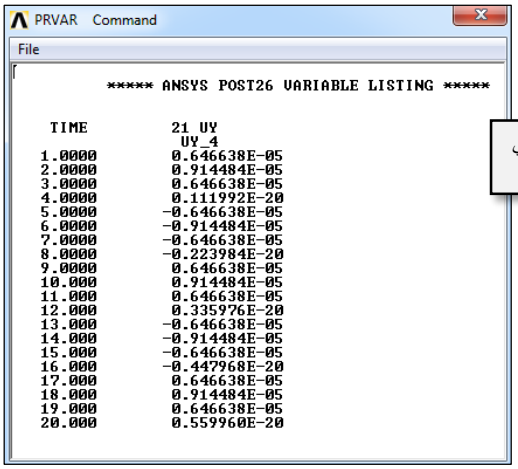
الشكل (2-187): تحديد السرعة الشاقولية

- يمكن الحصول على معلومات عن أي نقطة كذلك على امتداد الجائز، على سبيل المثال من أجل نقطة تقع في منتصف المجاز يمكن الحصول على البيانات التخطيطية والرقمية وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (2-189) و(2-190):

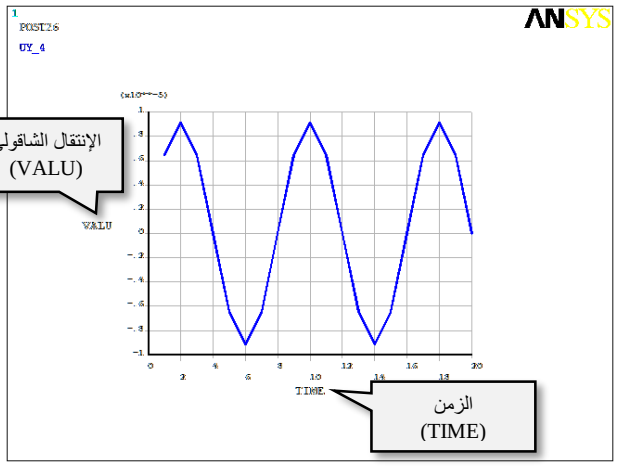
1. Add> Nodal Solution> DOF Solution> Y-Component of Displacement > OK>

2. Plot> Element

3. (يتم اختيار نقطة في منتصف المجاز) > Next> OK >Graph Data



الشكل (2-190): معاينة بيانات العقدة المختارة رقمياً

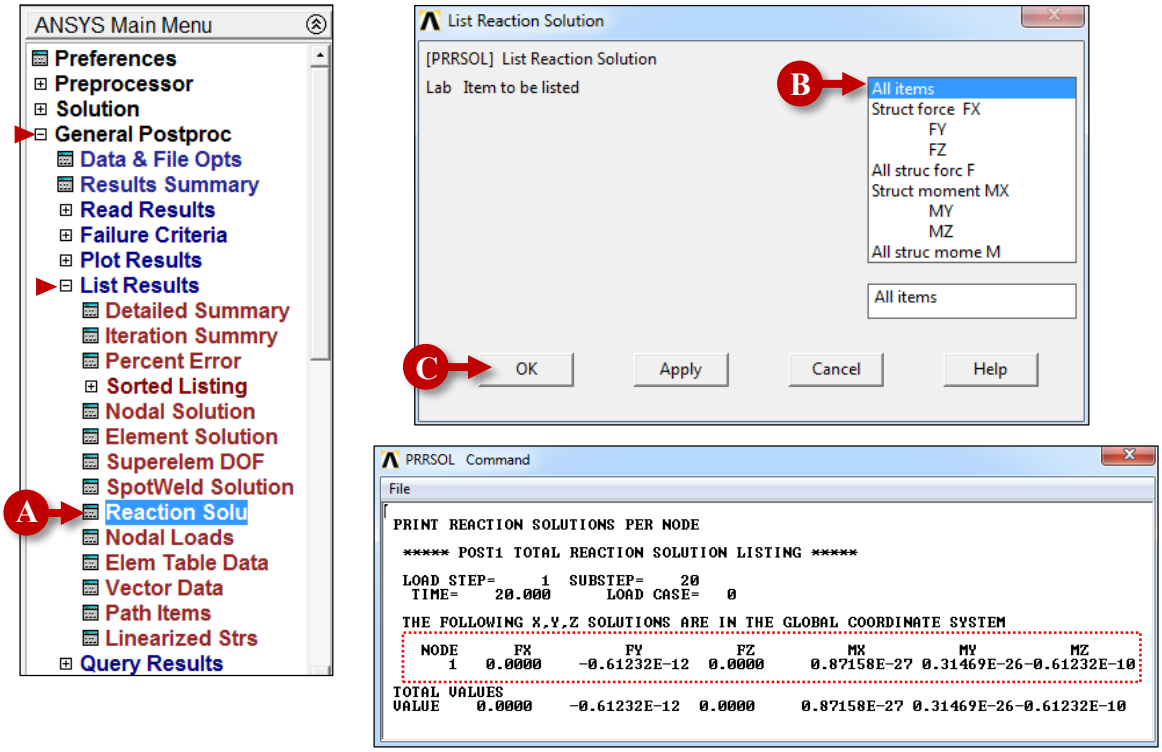


الشكل (2-189): معاينة بيانات العقدة المختارة تخطيطياً

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

- لقراءة ردود الأفعال عند الوثاقة: نتبع المسار التالي والموضح في الشكل (2-191):

- **General Postproc> List Results> Reaction Solu>** All Items> OK



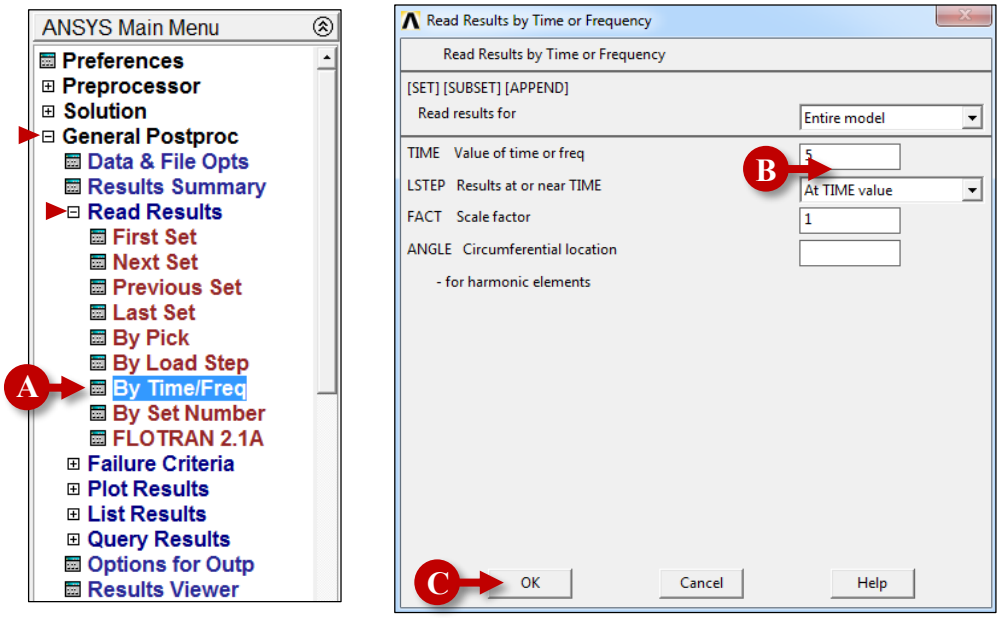
الشكل (2-191): معاينة ردود الأفعال

- لمعاينة ردود الأفعال عند زمن (Time) محدد: نتبع المسار التالي والموضح في الشكلين (2-192) و(2-193):

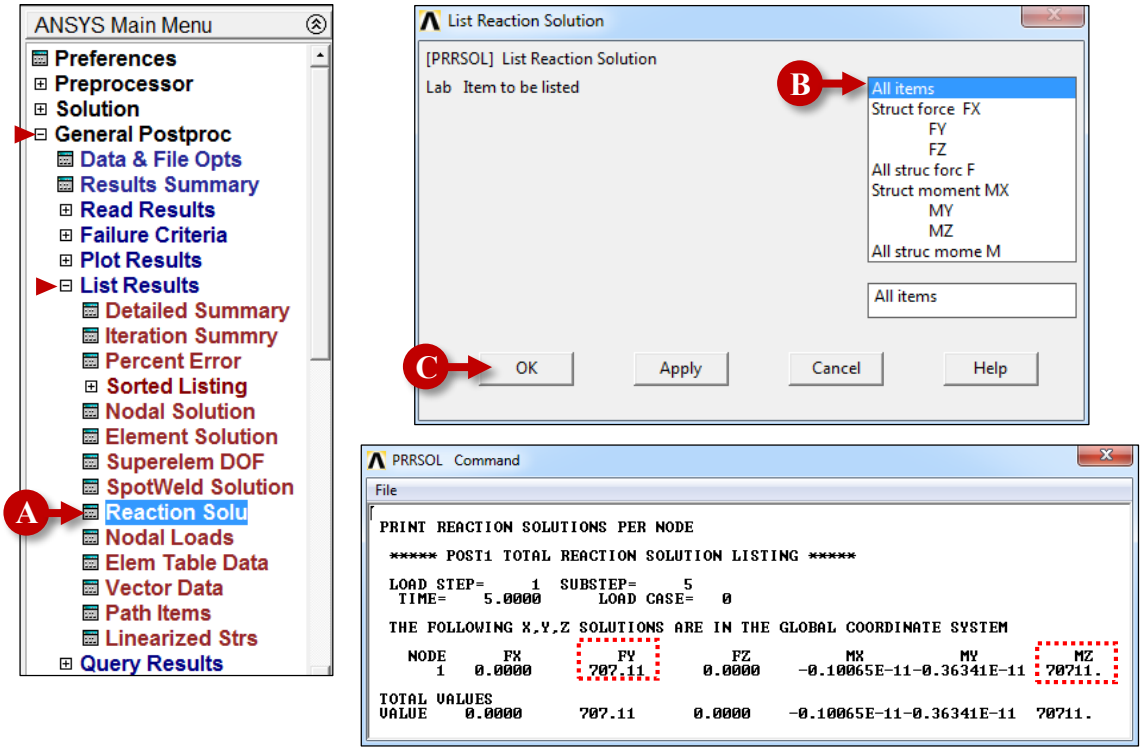
- **General Postproc> Read Results> By Time/Freq>**

  TIME Value of Time or Freq= 5

- **General Postproc> List Results> Reaction Solu>** All Items> OK



الشكل (2-192): تحديد الزمن (t=5) المطلوب معاينة ردود الأفعال فيه



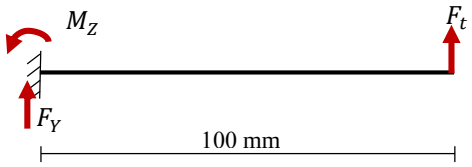
الشكل (2-193): معاينة ردود الأفعال الناتجة عند زمن معين (t=5)

✓ يمكن التأكد من قيمة رد الفعل (FY) المبين في الشكل (2-194)عند المسند حسابياً في الزمن **(t=5)** كما يلي:

$$\sum \text{Force}_{(Y)} = 0 \Rightarrow$$

$$F_Y = -Ft = -1000 \,.\, \sin\left(\frac{\pi}{4}.t\right) =$$

$$1000 \,.\, \sin\left(\frac{\pi}{4} \times 5\right) = 707.11 \text{ N}$$



الشكل (2-194): حساب ردود الأفعال الناتجة

✓ كما يمكن التأكد من قيمة العزم **(MZ)** عند المسند حسابياً في الزمن **(t=5)** كما يلي:

$$\sum \text{Moment}_{(z)} = 0 \Rightarrow$$

$$M_Z = -Ft \times L == -1000 \,.\, \sin\left(\frac{\pi}{4}.t\right) = 1000 \,.\, \sin\left(\frac{\pi}{4} \times 5\right) \times 100 = 70711 \text{ N.mm}$$

بمقارنة النتائج الحسابية مع النتائج التحليلية الموضحة في الشكل (2-193) الذي يبين معاينة ردود الأفعال الناتجة عند الزمن (t=5) فنلاحظ بأن النتائج متطابقة.

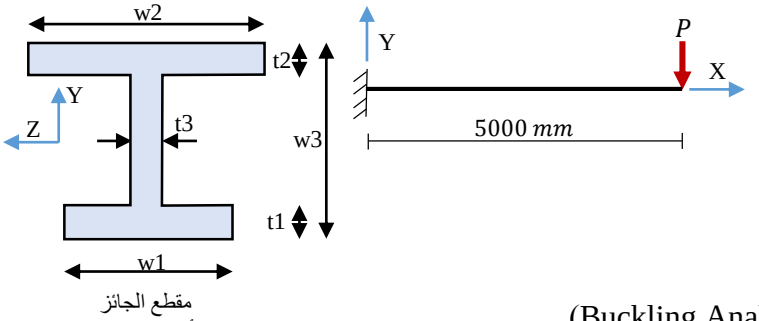
نهاية المثال السادس

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

7-2 المثال السابع:

إجراء تحليل التحنيب (Buckling Analysis) لجائز فولاذي

جائز فولاذي، موثوق من طرف وحر من الطرف الأخر، حيث يبلغ طوله (5000mm) أبعاده مقطعه موضحة في الشكل (2-195)، وهو يخضع لحمولة مطبقة عند نهايته الحرة، المطلوب إجراء كل من التحليل الستاتيكي، وتحليل التحنيب (Buckling Analysis).



الشكل (2-195): شكل الجائز وأبعاده

$$P = 1\ N$$
$$E_s = 210\,000\ N/mm^2$$
$$w1 = 250\ mm, t1 = 20\ mm$$
$$w2 = 450\ mm, t2 = 15\ mm$$
$$w3 = 350\ mm, t3 = 10\ mm$$

الهدف من المثال: معرفة طريقة:

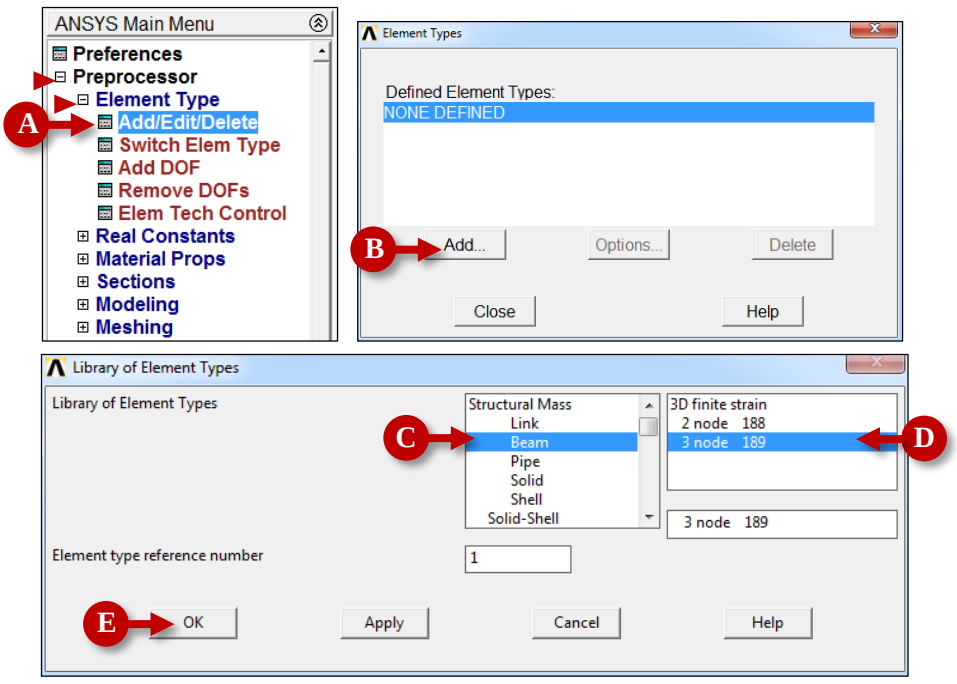
- ✓ تنفيذ تحليل التحنيب (Buckling Analysis).
- ✓ معاينة أنماط التحنيب.
- ✓ توضيح التشوه الناتج عن التحليل الستاتيكي، والتشوه الناتج عن تحليل التحنيب.

❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد العنصر المستخدم:

سيتم استخدام العنصر (Beam189)، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-196):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Beam > 3node 189> OK >Close



الشكل (2-196): تحديد العنصر المستخدم

2- تعريف خصائص المادة المستخدمة:

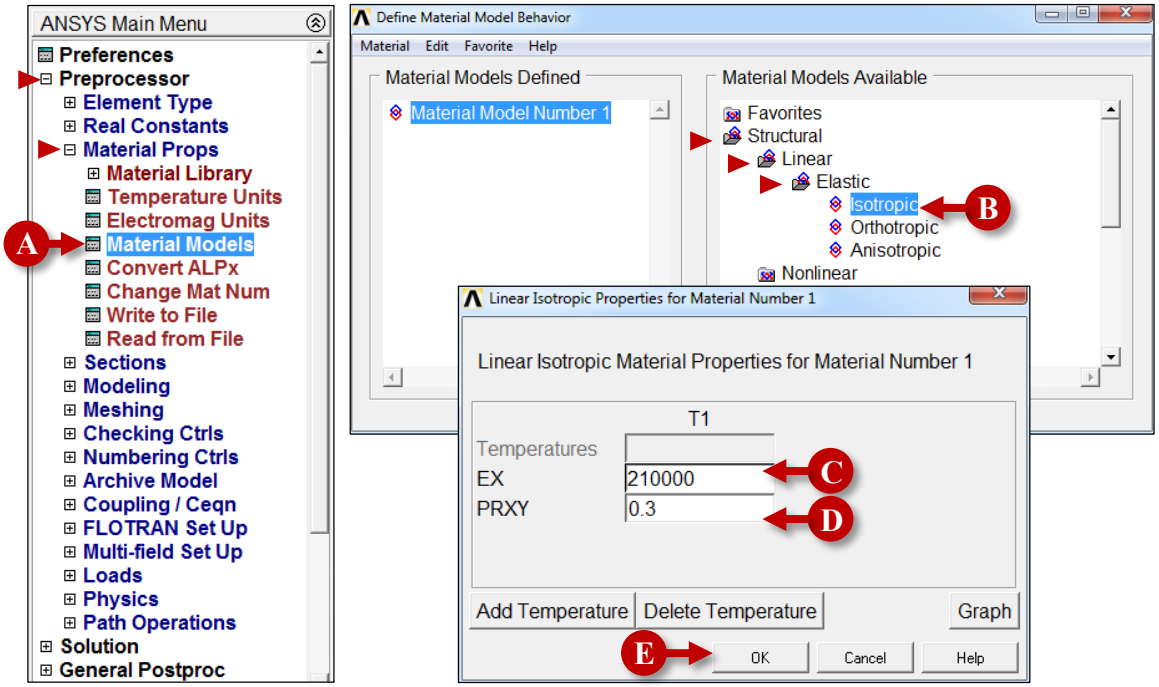
يتم تعريف خصـائص المادة المسـتخدمة والتي هي (معامل المرونة ومعامل بواسـون) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-197):

2- Preprocessor> Material props> Material models>

1. Material model Number1> Structural>Linear> Elastic> Isotropic

EX = **210000** (N/mm^2) (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون للفولاذ)



الشكل (2-197): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للمادة المستخدمة

3- تعريف المقطع الفولاذي:

يتم تعريف أبعاد مقطع الجائز الفولاذي (المعطاة في نص المسـألة) وفق المسـار التالي والموضـح في الشكل (2-198):

3-1. Preprocessor> Sections> Beam> Common Sections>

Name = **i350** (يتم اقتراح اسم ما للمقطع الفولاذي)

Sub-Type = (**I**) (يتم اختيار الشكل المستطيل للمقطع الفولاذي)

w1 = **250** (mm) (عرض الجناح السفلي)

w2 = **450** (mm) (عرض الجناح العلوي)

w3 = **350** (mm) (إرتفاع مقطع الجائز)

t1 = **20** (mm) (سماكة الجناح السفلي)

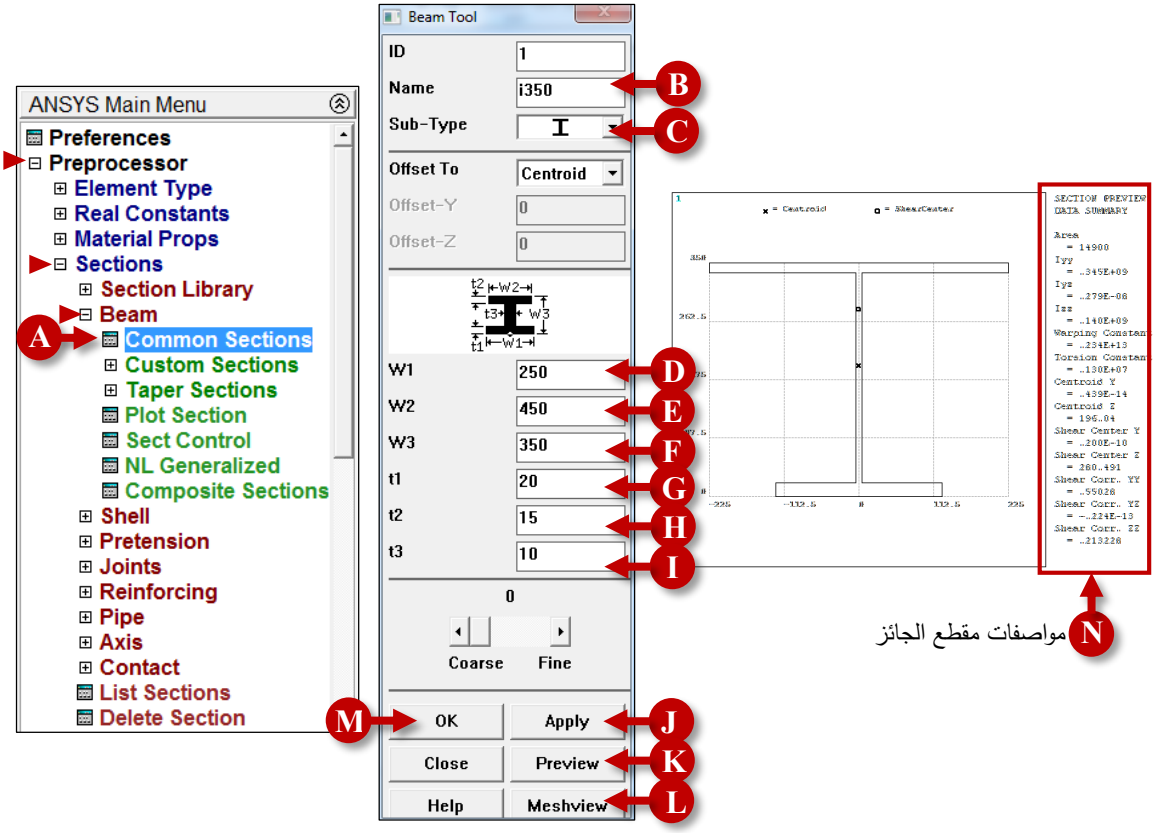
t2 = **15** (mm) (سماكة الجناح العلوي)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

t3 = **10** (mm) (سماكة الجسد)

Apply> Mesh View> Preview> Ok

2. Plot> Replot



الشكل (2-198): تحديد أبعاد مقطع الجائز

4- رسم النقاط الرئيسية في الجائز:

سيتم رسم ثلاث نقاط رئيسية (Keypoints) تمثل نقاط بداية ونهاية الجائز ونقطة توجيه مساعدة، وتتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-199):

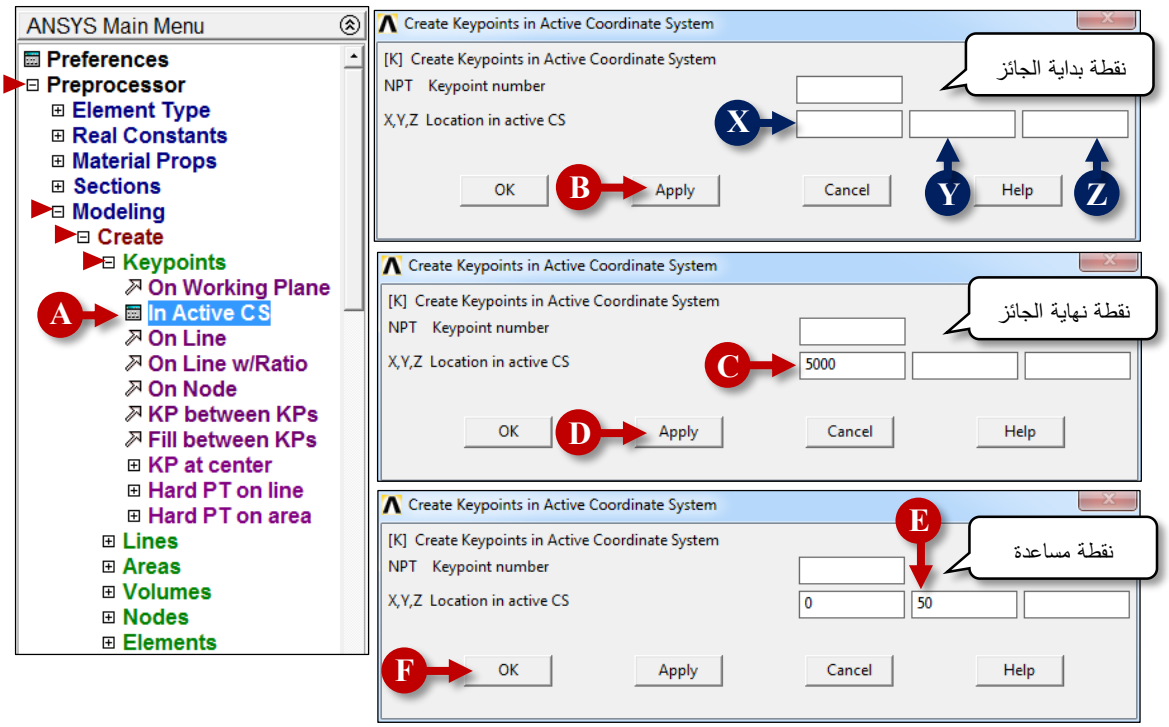
4-Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> In Active CS>

X, Y, Z Location in Active CS = **0 , 0 , 0** **> Apply** (نقطة بداية الجائز)

X, Y, Z Location in Active CS = **5000 , 0 , 0** **> Apply** (نقطة نهاية الجائز)

X, Y, Z Location in Active CS = **0 , 50 , 0** **> OK** (نقطة توجيه)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



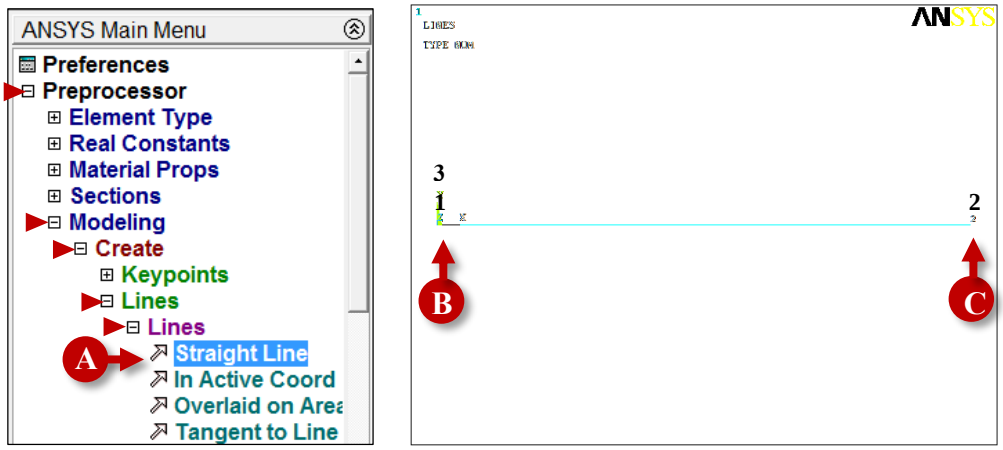
الشكل (2-199): رسم النقاط الرئيسية في الجائز

5- رسم الجائز:

يتم رسم خط يصل بين نقطتي بداية ونهاية الجائز، من خلال اتباع المسار التالي والموضح في الشكل (2-200):

5- Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Lines> Straight Lines>

(يتم اختيار نقطتي بداية ونهاية الجائز 1و2)> OK



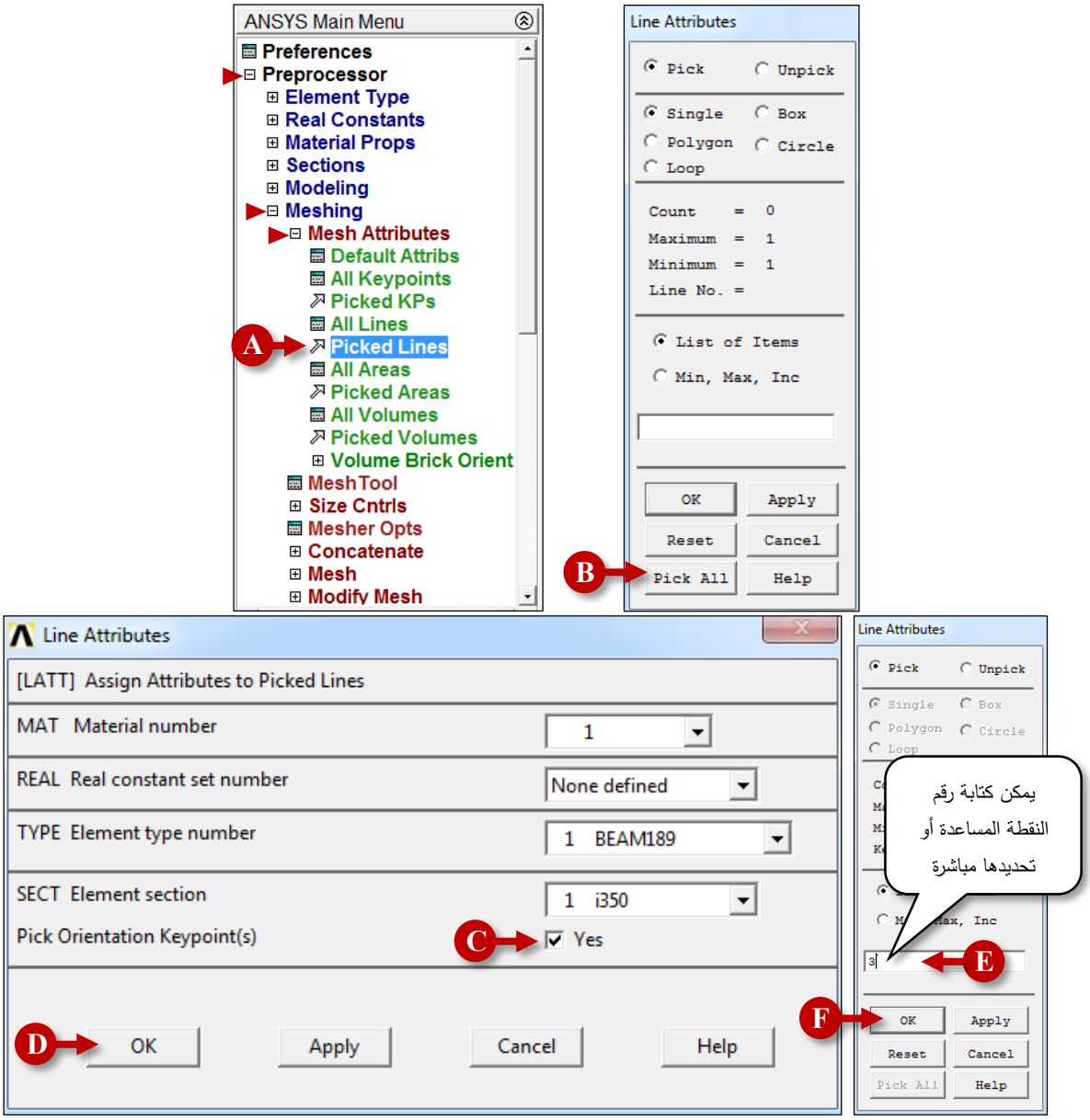
الشكل (2-200): رسم الخط الواصل بين نقاط الجائز الرئيسية

6- تقسيم الجائز:

1. يتم تحديد خصائص العناصر التي ستنتج عن التقسيم وفق المسار التالي والموضح في الشكل (201-2):

6- 1. Preprocessor> Meshing> Mesh Attributes> Picked Lines> (Pick All)
Pick Orientation Keypoint(s) **=Yes**
>OK

نحدد النقطة الرئيسية (3) أو نكتبها ضمن النافذة كما هو مبين في الشكل التالي >



الشكل (2-201): تحديد خصائص العناصر التي ستنتج عن التقسيم

2. نقوم بعد ذلك بتحديد عدد العناصر التي ستنتج عن التقسيم حيث سيتم تحديد الطول الأعظمي للعناصر الناتجة بعد التقسيم بـ (1000mm) وبالتالي سيتم تقسيم الخط الواصل بين النقاط الرئيسية

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

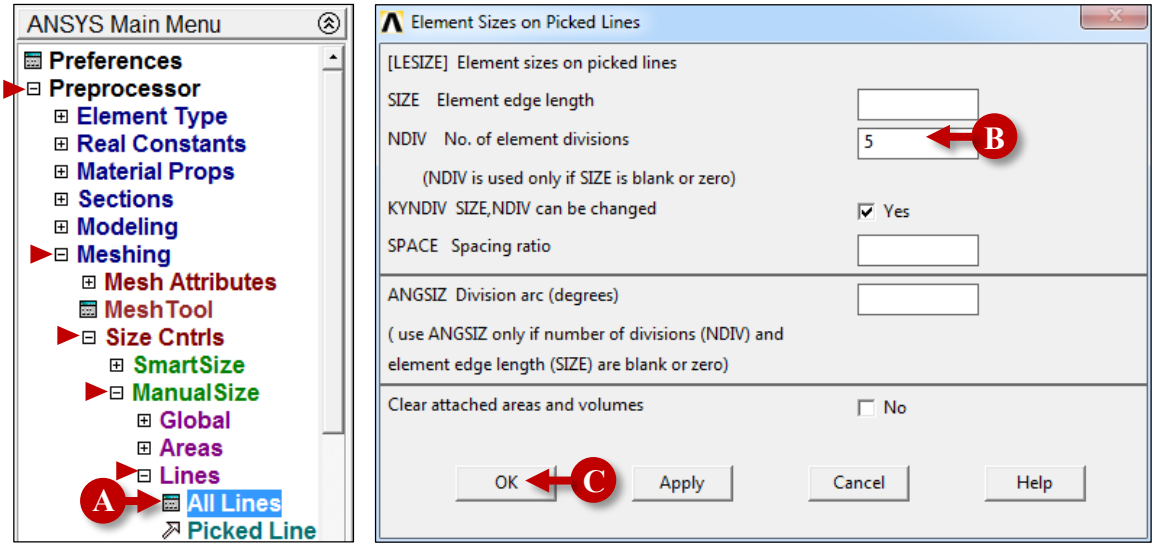
إلى (5) أجزاء، ثم يتم إعطاء أمر التقسيم. تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-202) و(2-203):

2. Preprocessor> Meshing > Size Cntrls> ManualSize> Lines > Picked Lines> > (Pick All)

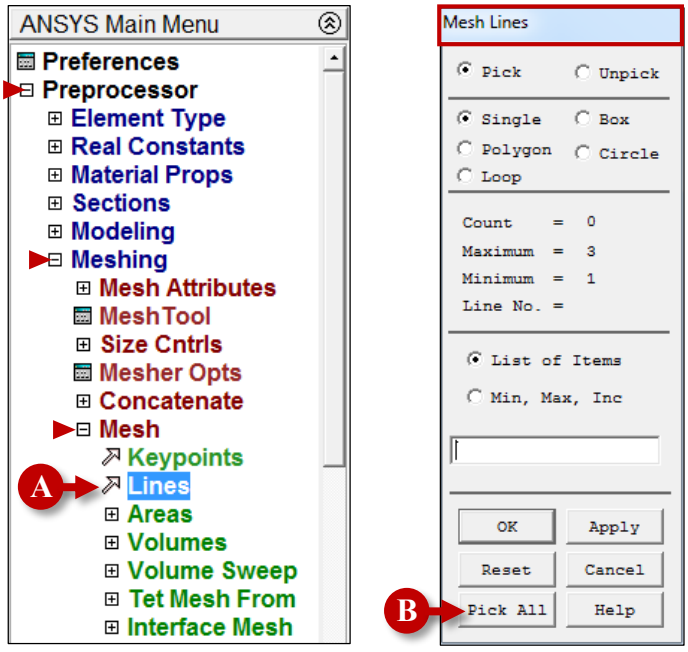
(عدد القطع على امتداد الجائز) NDIV No. of Element Divisions = **5**

3. إعطاء أمر التقسيم:

3. Preprocessor> Meshing> Mesh> Lines> Pick All> OK



الشكل (2-202): تحديد عدد القطع الناتجة عن تقسيم الخط

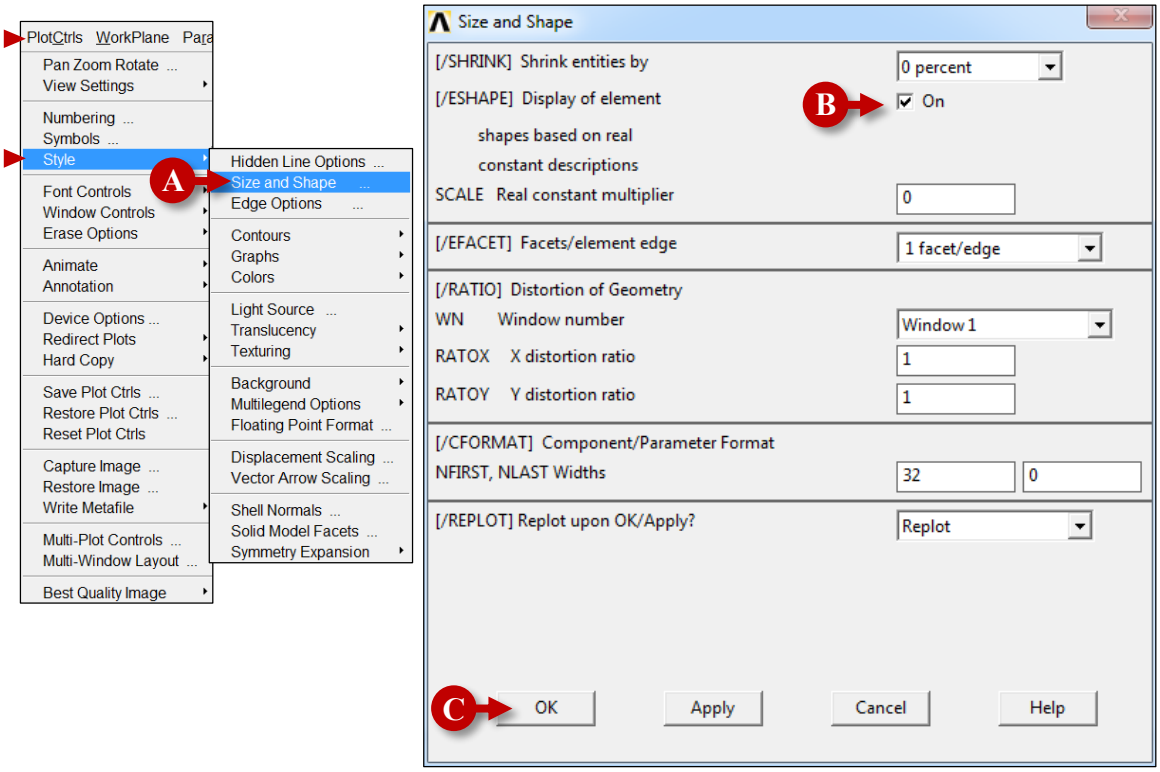


الشكل (2-203): إعطاء أمر التقسيم

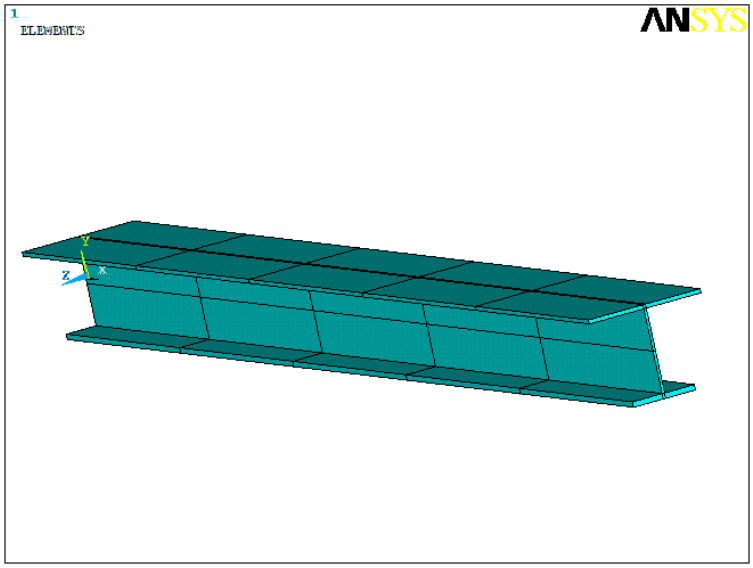
4. تتم معاينة الجائز بشكل حجمي وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (2-204) و(2-205):

4. PlotCtrls> Style> Size and Shape…> Display of element= **on**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-204): تفعيل معاينة الجائز بشكل حجمي

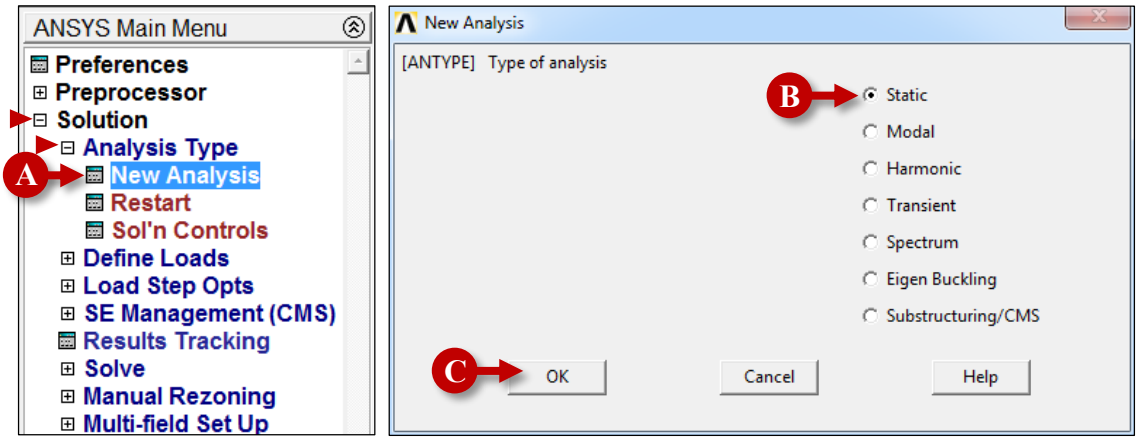


الشكل (2-205): شكل الجائز

7- تحديد نوع التحليل الأول (ستاتيكي):

يتم تحديد نوع التحليل باعتباره ستاتيكي (Static) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-206):

7- Solution> Analysis Type> New Analysis Type> Static



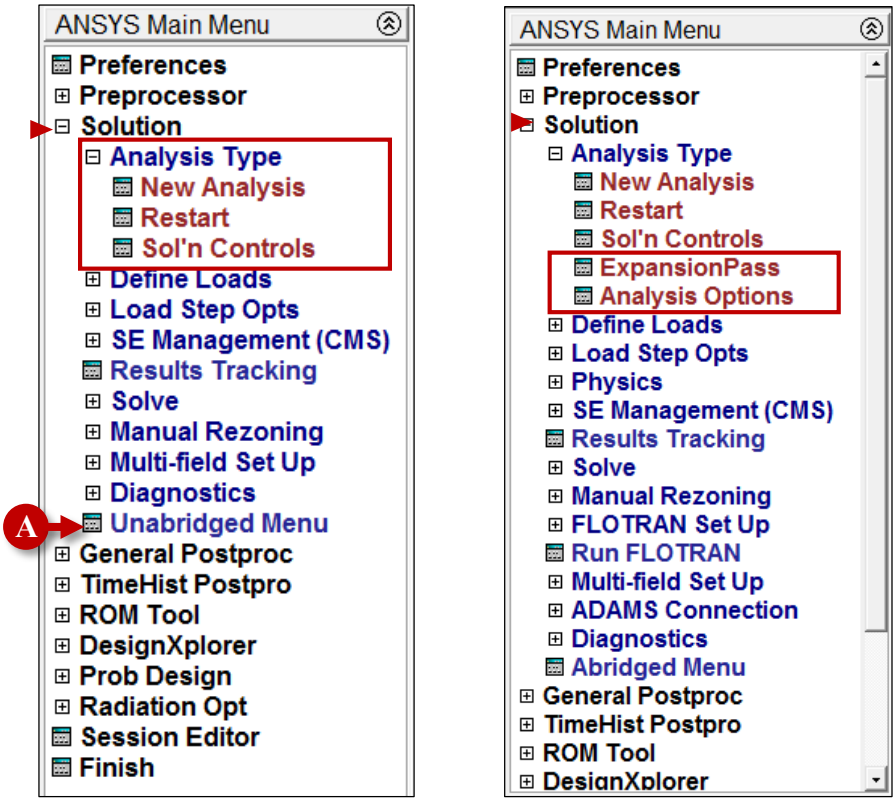
الشكل (2-206): تحديد نوع التحليل الأول ستاتيكي (Static)

8- التحكم بإعدادات التحليل:

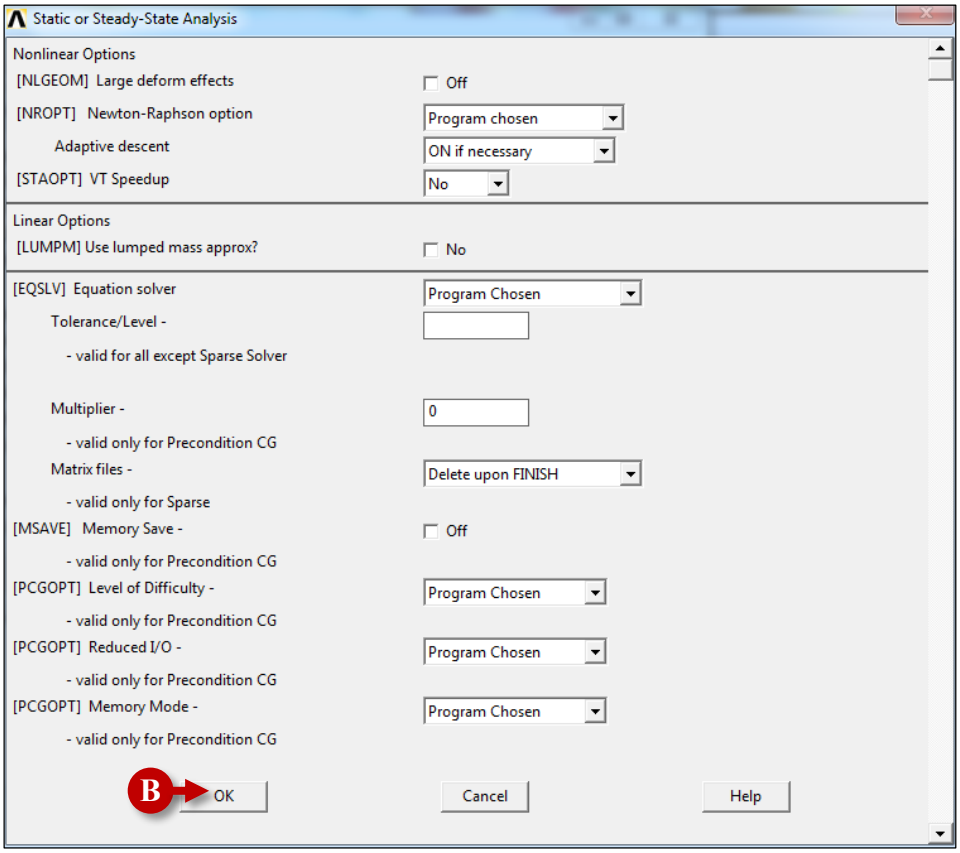
يتم التحكم بإعدادات خيارات التحليل من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-207):

8-1. Solution> Unabridged Menu

2. Solution> Analysis Type> Analysis Options> OK



الشكل (2-207-a): التحكم بإعدادات التحليل الأول

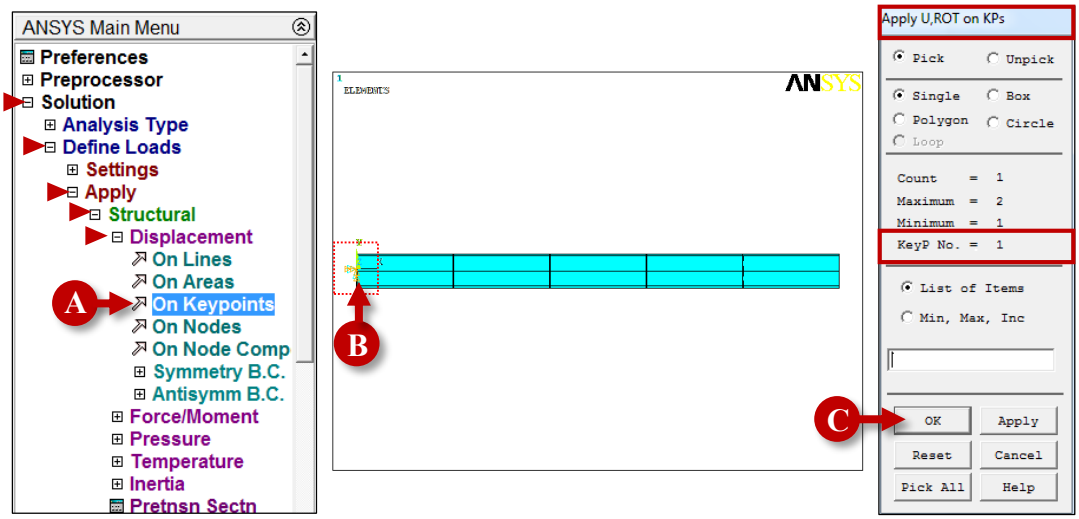


الشكل (2-207-b): التحكم بإعدادات التحليل الأول

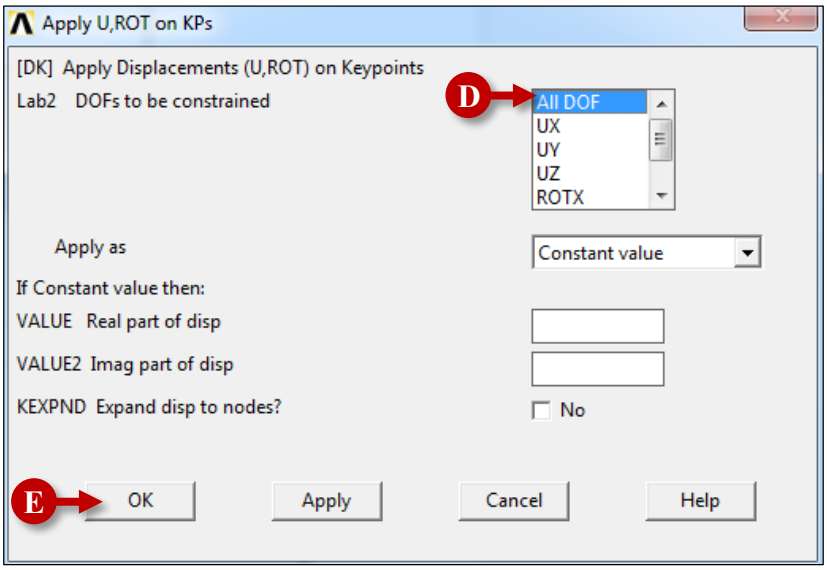
9- تخصيص الوثاقة الطرفية:

يتم تخصيص الوثاقة الطرفية من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكل (2-208):

9- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Keypoints >
> (يتم اختيار النقطة في طرف الوثاقة)> All DOF> OK



الشكل (2-208-a): تخصيص الوثاقة الطرفية



الشكل (2-208-b): تخصيص الوثاقة الطرفية

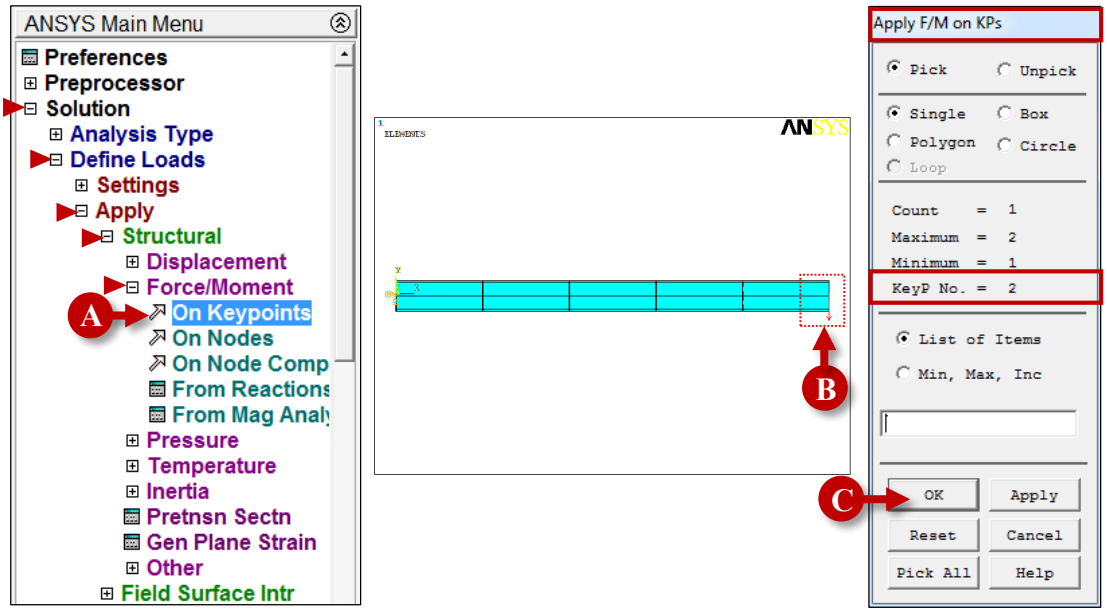
10- تطبيق الحمولة:

يتم تطبيق الحمولة المركزة ذات القيمة (P=1 N) على الطرف الحر الأيمن المبين في الشكل (2-209)، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-209) أيضاً:

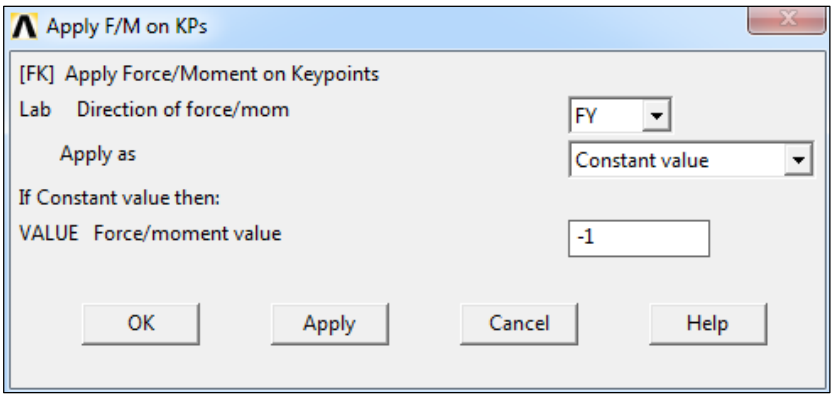
10- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Force/Moment> On Keypoints >
> (يتم اختيار النقطة في الطرف الحر) >

LAB Direction of Force/Mom = **FY** (اتجاه محور القوة)

VALUE Real Part of Force/Mom = **-1** (N) (قيمة القوة)



الشكل (2-209-a): تطبيق الحمولة

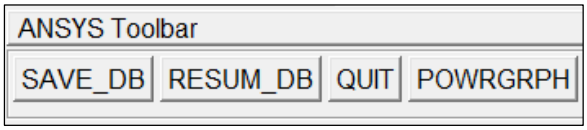


الشكل (2-209-b): تطبيق الحمولة

11- حفظ العمل:

يتم حفظ بيانات العمل بشكل سريع من خلال النقر على زر (Save-DB) والموضح في الشكل (2-210):

11- ANSYS Toolbar> Save-DB



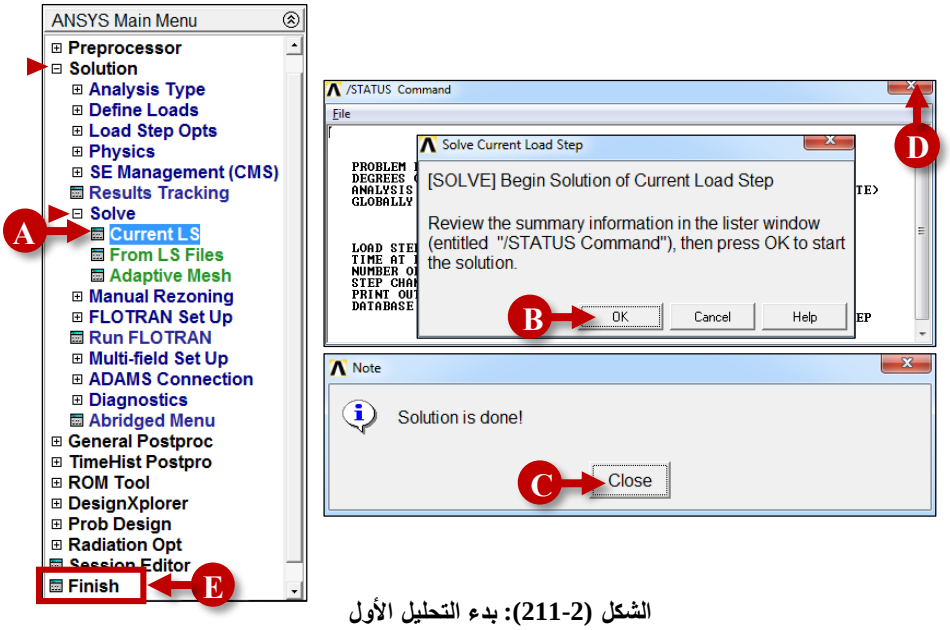
الشكل (2-210): حفظ بيانات العمل

12- بدء التحليل الأول:

يتم البدء بعملية التحليل من خلال الأمر (Solve) الموضح في الشكل (2-211)، من خلال المسار التالي:

12-1. Solution> Solve> Current LS> OK> Close

2. Main Menu> Finish



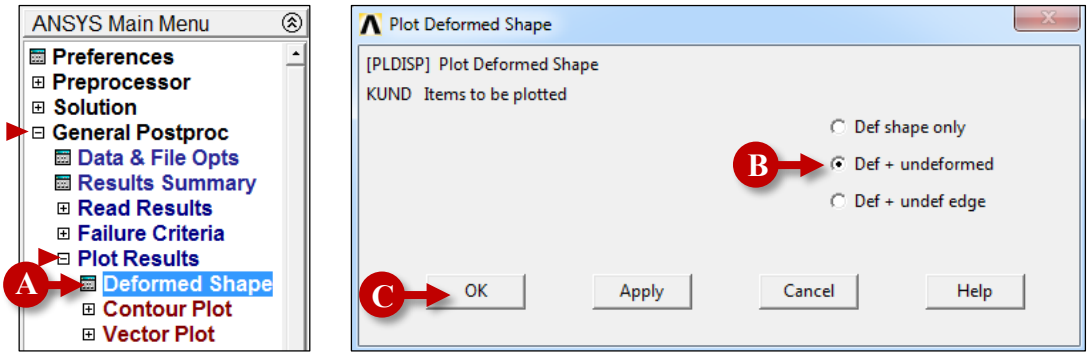
الشكل (2-211): بدء التحليل الأول

حيث يتم الإنتظار حتى الإنتهاء من التحليل، وبعد ظهور رسالة (Solution is Done) يتم إغلاق النوافذ المنبقة والضغط على التبويب (Finish) لإغلاق التبويبات المفتوحة.

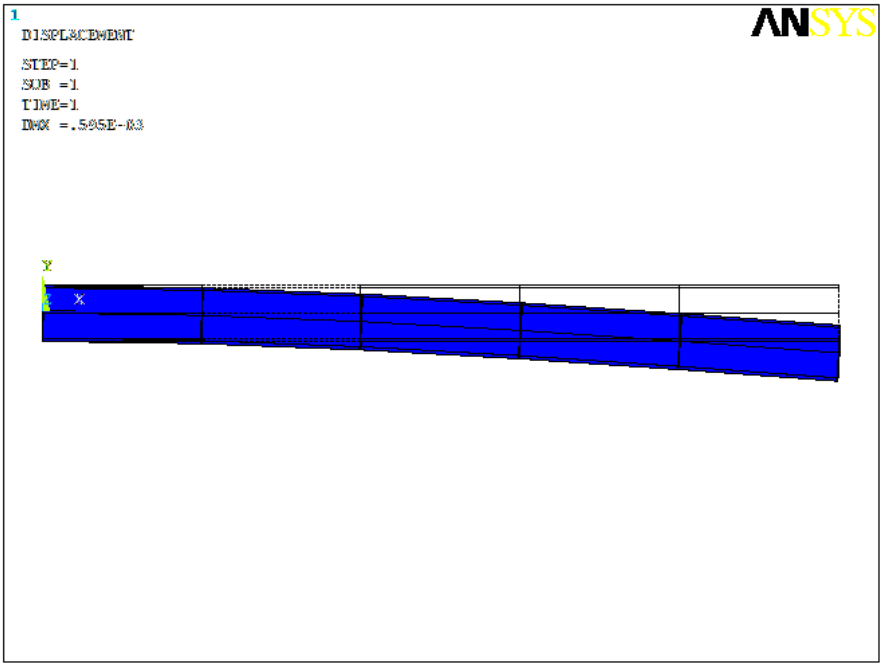
13 - معاينة نتيجة التحليل الستاتيكي:

سيتم فقط معاينة الشكل المتشوه والناتج عن التحليل الستاتيكي وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-212) و(2-213):

13- General Postproc> Plot Results> Deformed Shape> Def + undeformed > OK



الشكل (2-212): تحديد الشكل المتشوه وخطوط الشبكة في الشكل الأصلي



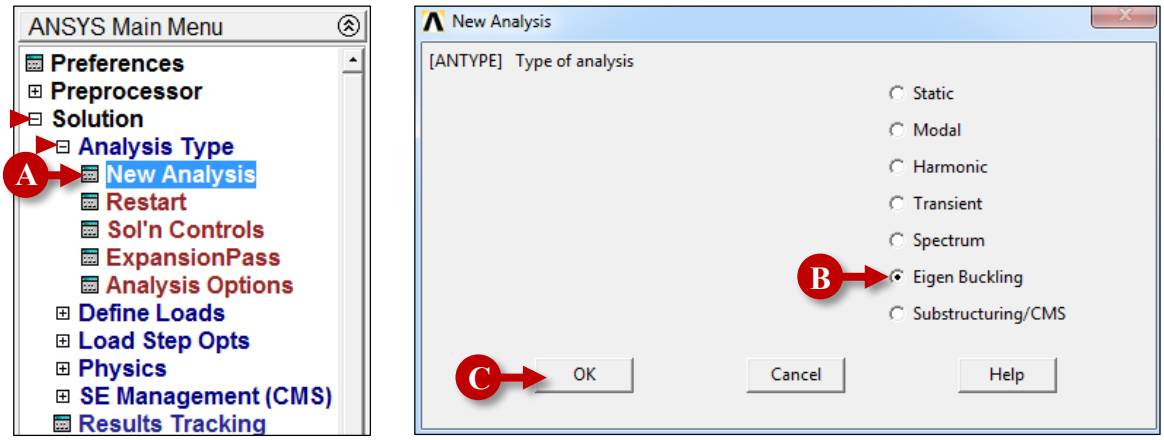
الشكل (2-213): شكل التشوه الناتج عن التحليل الستاتيكي

14- تحديد نوع التحليل الثاني (التحنيب):

يتم تحديد نوع التحليل الثاني باعتباره تحليل تحنيب (Eigen Buckling) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-214):

14- Solution> Analysis Type> New Analysis Type> Eigen Buckling

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-214): تحديد نوع التحليل الثاني "تحنيب (Eigen Buckling)"

15- ضبط خيارات التحليل الثاني:

يتم ضبط إعدادات تحليل تحنيب (Eigen Buckling) من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (2-215) و(2-216):

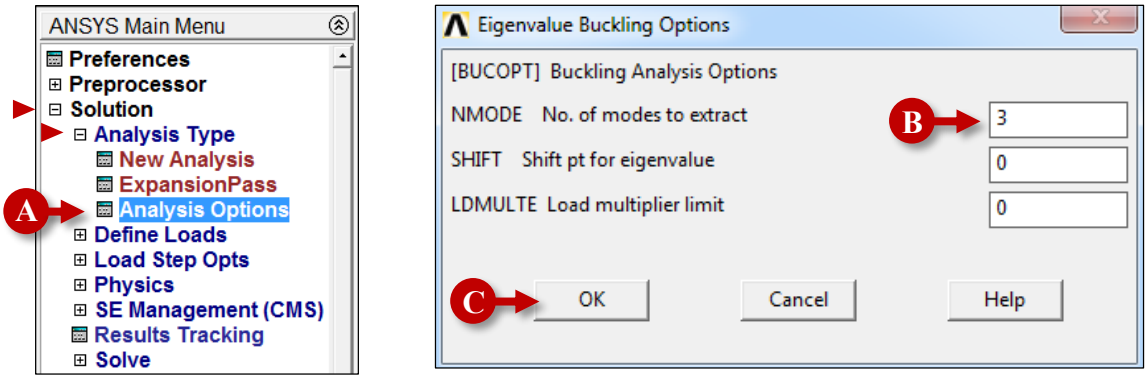
15-1. Solution> Analysis Type> Analysis Options>

No. of Modes to Extract=3 (تحديد عدد أنماط المعاينة المستخرجة)

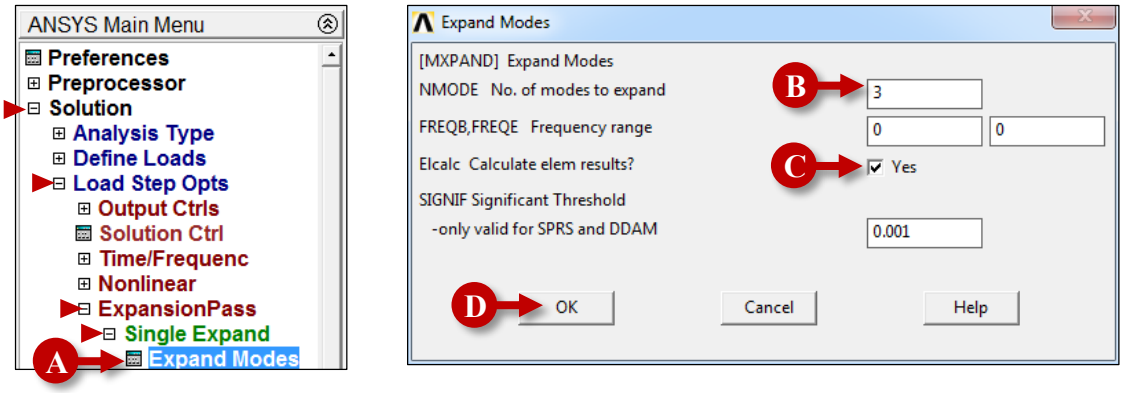
2. Solution> Load Step Opts > ExpansionPass> Single Expand> ExpandModes

No. of Modes to Expand =**3** (تحديد عدد أنماط المعاينة الموسعة)

Calculate Elem Results =**Yes** (حساب نتائج العناصر)



الشكل (2-215): ضبط إعدادات التحليل



الشكل (2-216): تحديد عدد الأنماط

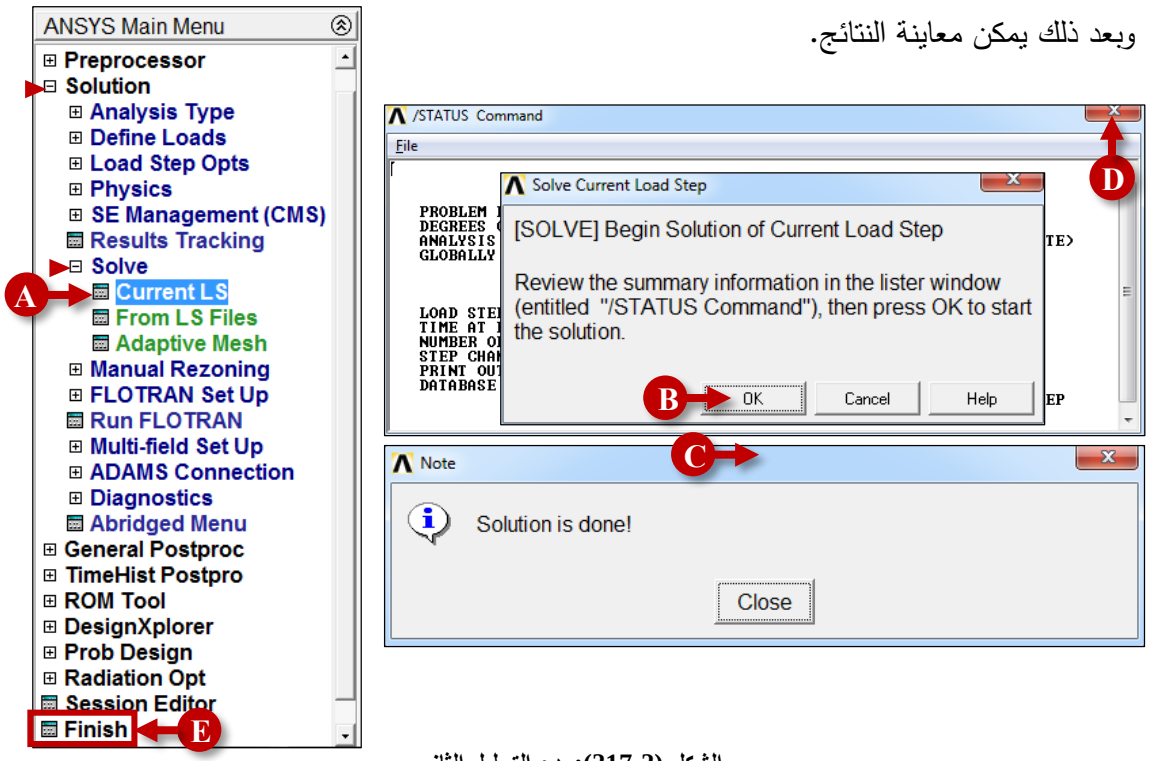
16- بدء التحليل الثاني:

يتم البدء بعملية التحليل الثانية باســـتخدام الأمر(Solve) الموضـــح في الشـــكل (2-217)، وفق المسار التالي:

16-1. Solution> Solve> Current LS> OK> Close

2. Main Menu> Finish

ثم يتم الإنتظار حتى الإنتهاء من التحليل، حيث يعطي البرنامج في هذا المثال رسالة (Solution is Done)، وبعد ذلك يمكن معاينة النتائج.

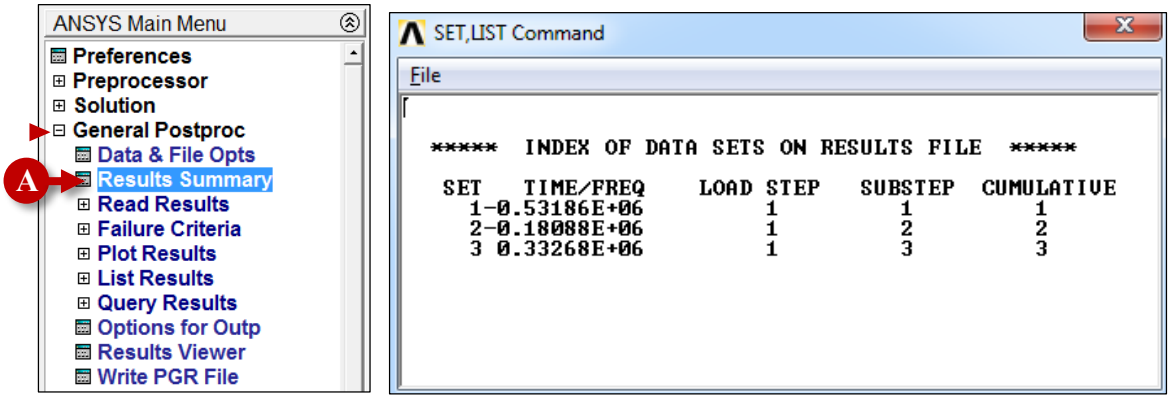


الشكل (2-217): بدء التحليل الثاني

17 - معاينة النتائج:

1. تتم معاينة ملخص بيانات نتائج الأنماط من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (2-218):

17-1. General Postproc> Results Summary

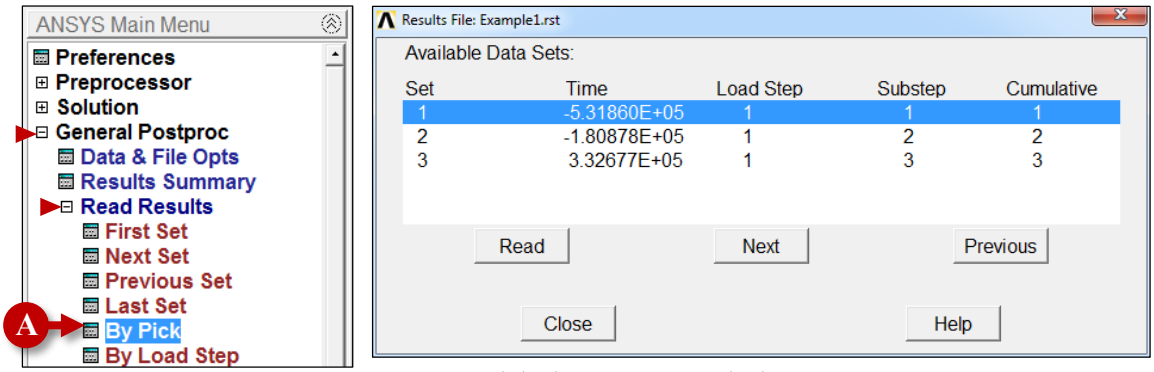


الشكل (2-218): معاينة ملخص بيانات نتائج الأنماط

2. لمعاينة النتائج عند نمط معين تتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-219):

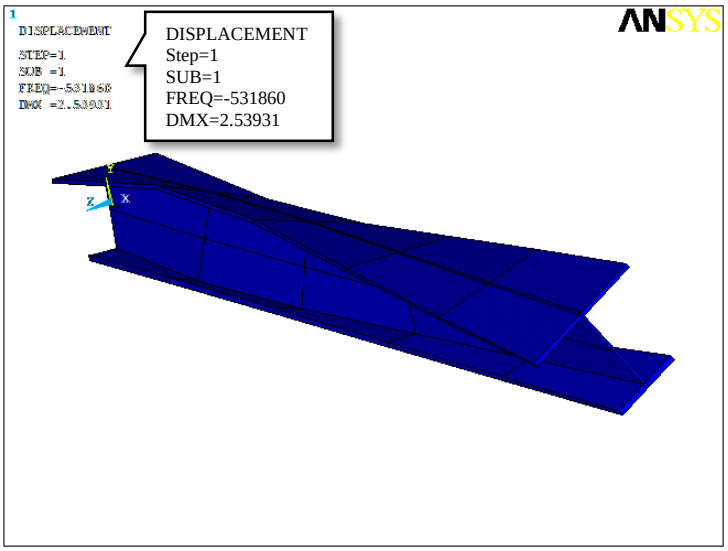
2. General Postproc> Read Results> By Pick> (يتم تحديد النمط)> Read

3. General Postproc> Plot Results> Deformed Shape> Def + undeformed > OK

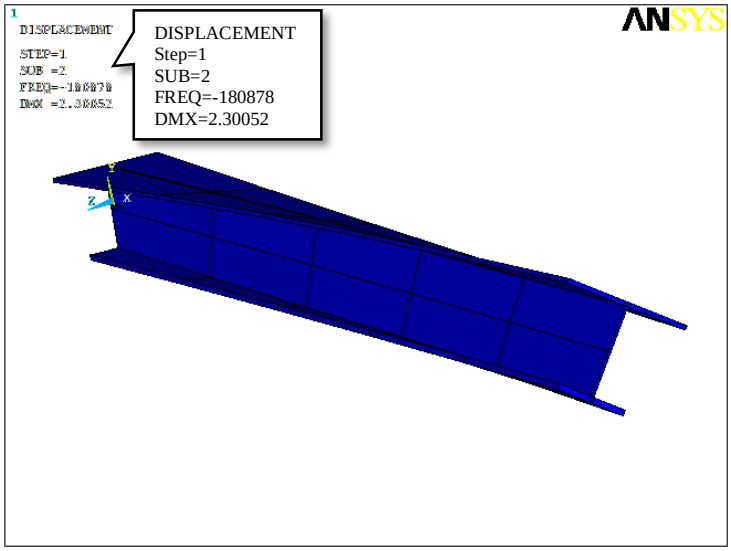


الشكل (2-219): تحديد النمط المراد معاينته

تبين الأشكال التالية (2-220) و(2-221) و(2-222) أشكال التشوه حسب كل نمط:

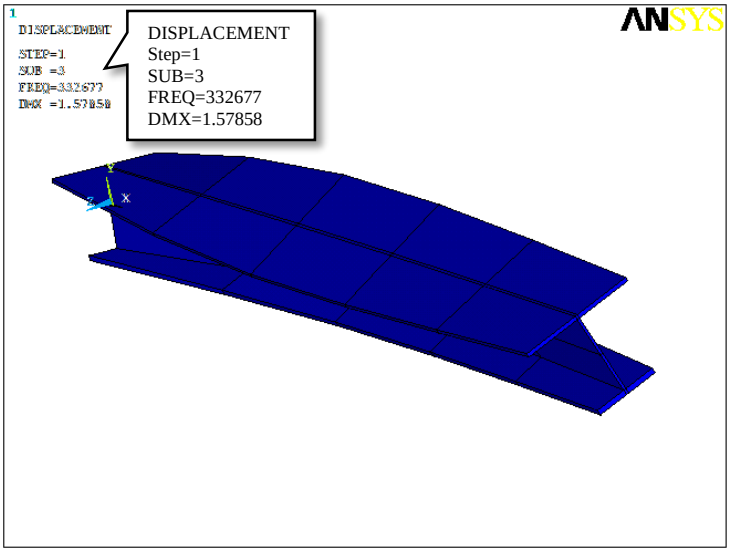


الشكل (2-220): شكل التشوه الأول



الشكل (2-221): شكل التشوه الثاني

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (2-222): شكل التشوه الثالث

ملاحظة:

إن الهدف من تحليل التحنيب دراسة إمكانية أن يتم الإنهيار في المنشأ نتيجة التحنيب الفتلي، ولذلك يجب الرجوع إلى الكودات وتحديد الإجهاد المسموح الأعظمي حتى لا يحدث التحنيب. وبالتالي إذا إزدادت الإجهادات الأعظمية عن الإجهادات المسموحة في التحنيب فحتماً سينهار العنصر تحت تأثير التحنيب لأن العنصر (I) هو عنصر نحيف.

نهاية المثال السابع

الفصل الثالث: أمثلة تطبيقية على نماذج سطحية

1-3 المثال الأول:

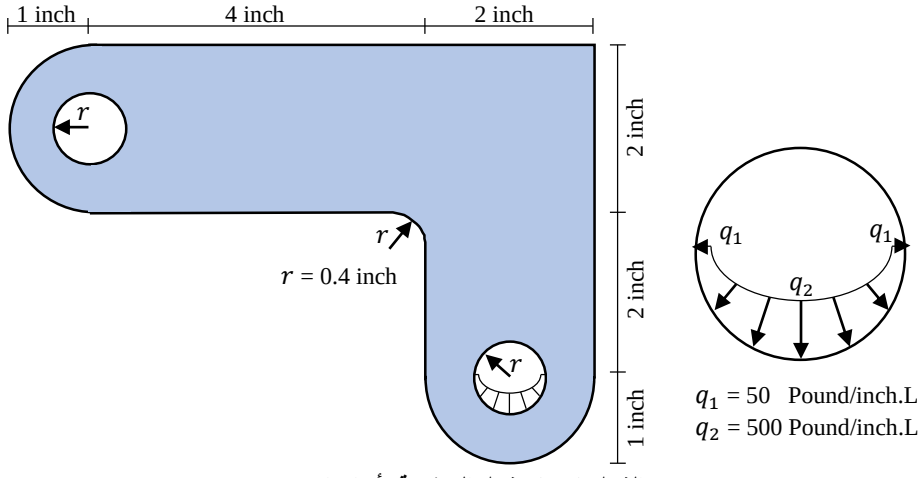
نمذجة صفيحة معدنية بشكل حرف (L) تحوي فتحات دائرية

صفيحة معدنية بشكل حرف (L)، أبعادها موضحة على الشكل (1-3)، سماكتها (0.5 inch)، تحوي على فتحتين دائريتين، الفتحة اليسارية موثوقة من كافة أطرافها، والفتحة الثانية تخضع لحمولة موزعة بانتظام كما هو مبين على الشكل (1-3)، والمطلوب نمذجة الصفيحة، و معاينة التشوهات، ومراحل تغير مخطط إجهادات (Von Mises).

$$E_s = 30 \times 10^6 \ \ Pound/inch^2$$
$$\nu \ = 0.27$$

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ التعامل مع المحاور المؤقتة (Work Plane).
- ✓ الإستفاد من خصائص الجمع (Add) والطرح (Subtract) في بناء النموذج.
- ✓ تطبيق حمولة موزعة بانتظام بشكل شبه منحرف على خط قوسي.
- ✓ مراحل تغير مخطط إجهادات (Von Mises).



الشكل (1-3): شكل الصفيحة وأبعادها

ملاحظة: سيتم اعتمد الواحدات (Pound, Inch) في هذا المثال، (مع التذكير بأن البرنامج لا يحوي واحدات). وإنما يجب على المستخدم اعتماد نظام واحدات معين والإنتباه إلى واحدات جميع المدخلات.

❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد طبيعة المسألة:

سيتم دراسة هذه المسألة، من الناحية الإنشائية، باعتبارها تمثل حالة إجهادات مستوية.

1- Preference> Structural

2- تحديد العنصر المستخدم:

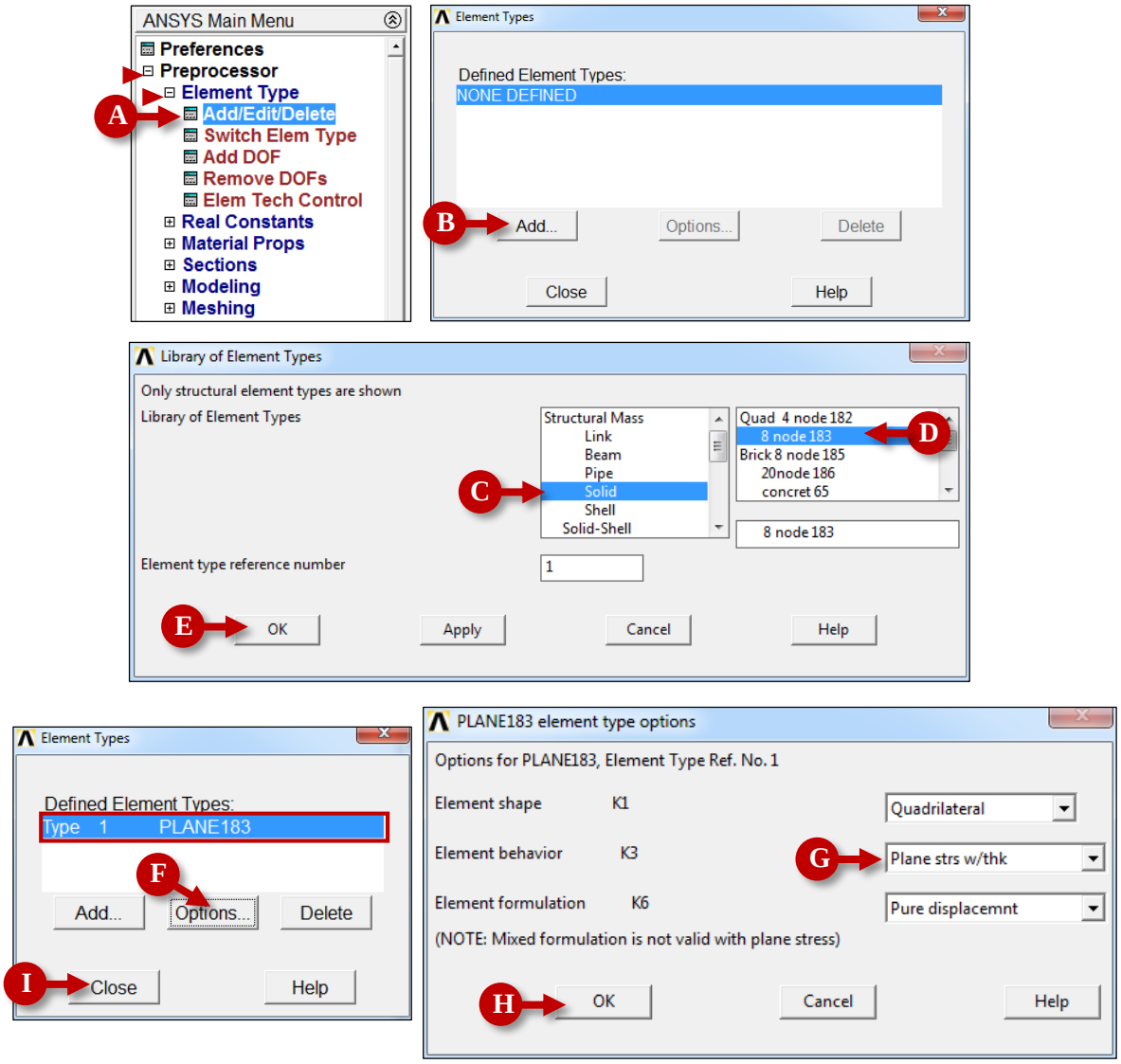
سيتم استخدام العنصر (Plane183)، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-2):

2- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Solid > 8node 183 > OK> > Options…>

Element Shape	**K1 = Quadrilateral**	(شكل العنصر: رباعي الأضلاع)
Element Behavior	**K3 = Plane Strs w/thk**	(سلوك العنصر: إجهادات مستوية مع أخذ السماكة)
Element Formulation	**K6 = Pure Displacemnt**	(صيغة العنصر: انتقالات صافية)

OK> Close

نلاحظ بأن اسم المادة أصبح (Plane183) على الرغم من أنها بالأصل (Solid).



الشكل (3-2): تحديد العنصر المستخدم

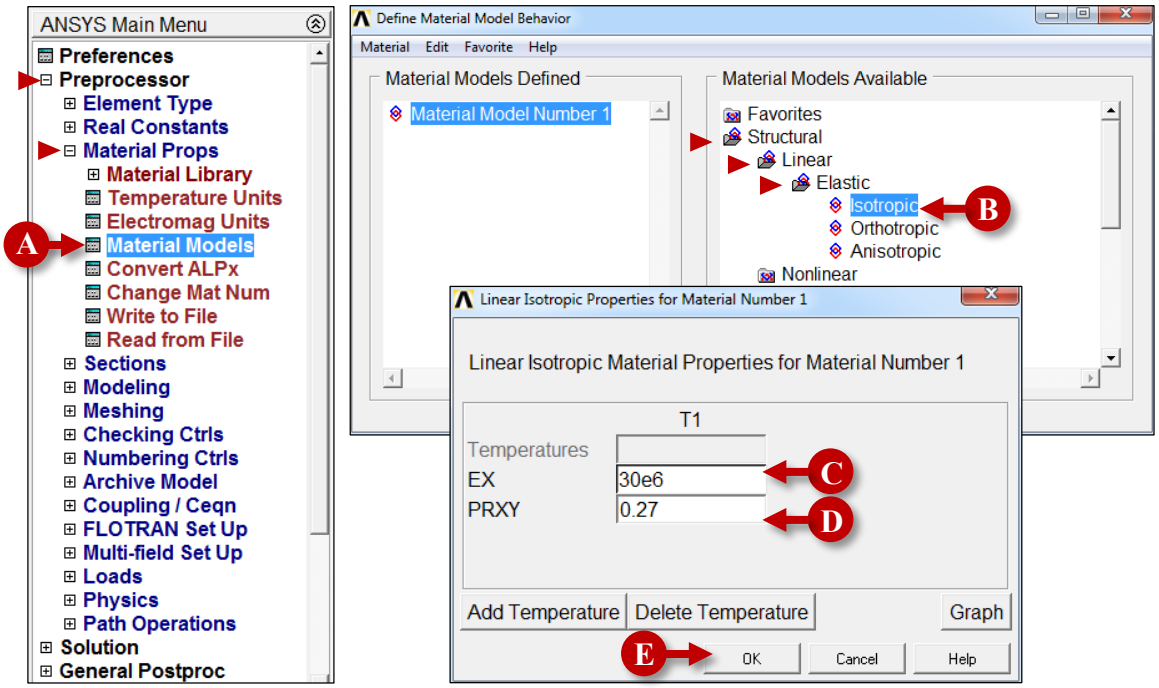
3- تعريف خصائص المادة المستخدمة:

يتم تعريف خصـائص المادة المسـتخدمة والتي هي (معامل المرونة ومعامل بواسـون) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-3):

3- Preprocessor> Material props> Material models> Structural>Linear> Elastic> > Isotropic

EX = **30e6** $(Pound/inch^2)$ (معامل مرونة المادة)

PRXY = **0.27** (معامل بواسون للمادة)



الشكل (3-3): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للمادة المستخدمة

4- تعريف ثوابت المادة المستخدمة:

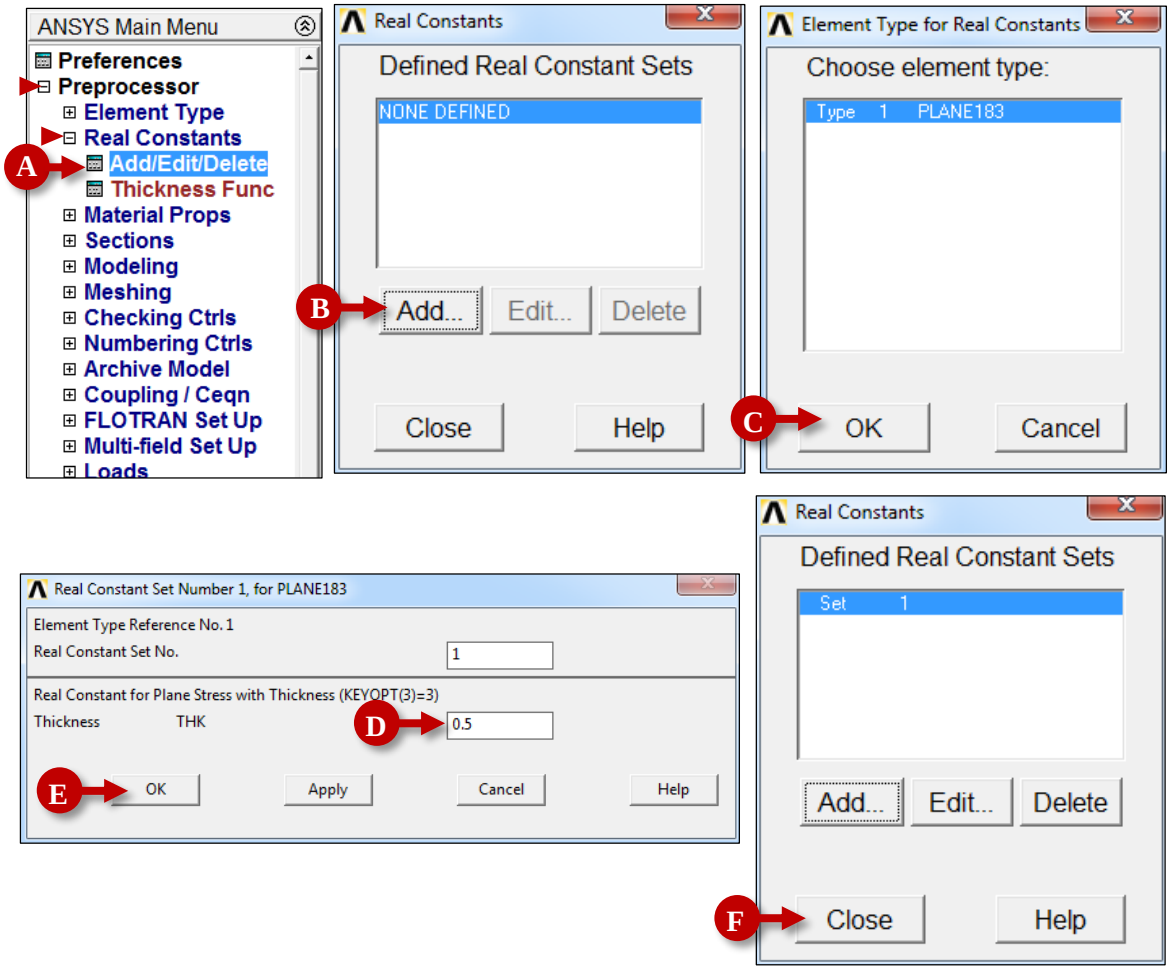
يتم تحديد سـماكة الصـفيحة من خلال تعريف ثوابت المادة المسـتخدمة، وتتم العملية وفق المسـار التالي والموضح في الشكل (3-4):

4- Preprocessor> Real constant> Add/Edit/Delete>Add: plane183> OK

Thickness = **0.5** $(inch)$ (سماكة الصفيحة)

OK> Close

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (3-4): تحديد سماكة الصفيحة

5- رسم شكل النموذج:

5-1 رسم المستطيلات:

سيتم رسم مستطيل أبعاده (6×2in) ومربع أبعاده (2×2in) ليشكلان معاً الشكل الأولي للصفيحة، وتتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-5) و(3-6):

5-1-1. Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Rectangle> By Dimension>

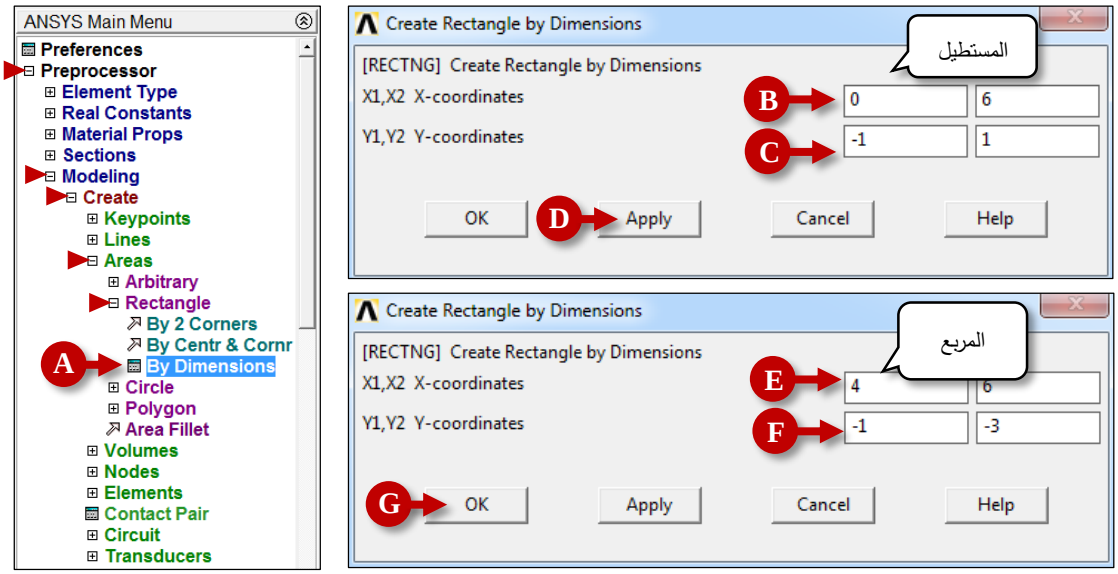
X1 , X2 X-Coordinates =	**0** , **6**	(inch)	(عرض المستطيل)
Y1 , Y2 Y-Coordinates =	**-1** , **1**	(inch)	(ارتفاع المستطيل)

> Apply

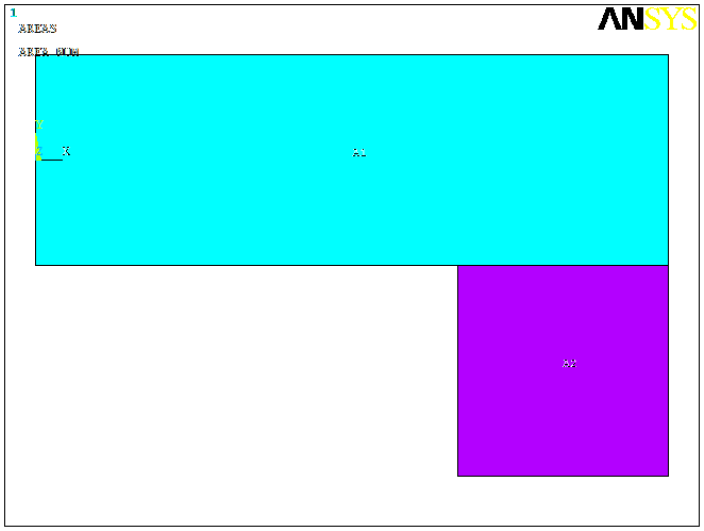
X1 , X2 X-Coordinates =	**4** , **6**	(inch)	(عرض المربع)
Y1 , Y2 Y-Coordinates =	**-1** , **-3**	(inch)	(ارتفاع المربع)

> OK

5-1-2. Plot Ctrl> Numbering…> AREA Area Numbers =**On**



الشكل (3-5): رسم المستطيلات المشكلة للصفيحة



الشكل (3-6): المستطيلات المشكلة للصفيحة

2-5 إعداد المحاور المؤقتة (WP):

سـيتم تفعيل المحاور المؤقتة (WorkPlane) وتحويلها من جملة الإحداثيات الديكارتية إلى جملة الإحداثيات القطبية، وضبط خطوة قفزة الماوس عند التحرك على شبكة الإحداثيات القطبية، وتحديد نصف القطر الأعظمي للشبكة القطبية، وتتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-7):

5-2- Work Plane> Display WorkPlane (On)

Work Plane> WP Setting…>

Polar (تفعيل جملة الإحداثيات القطبية"الدائرية")

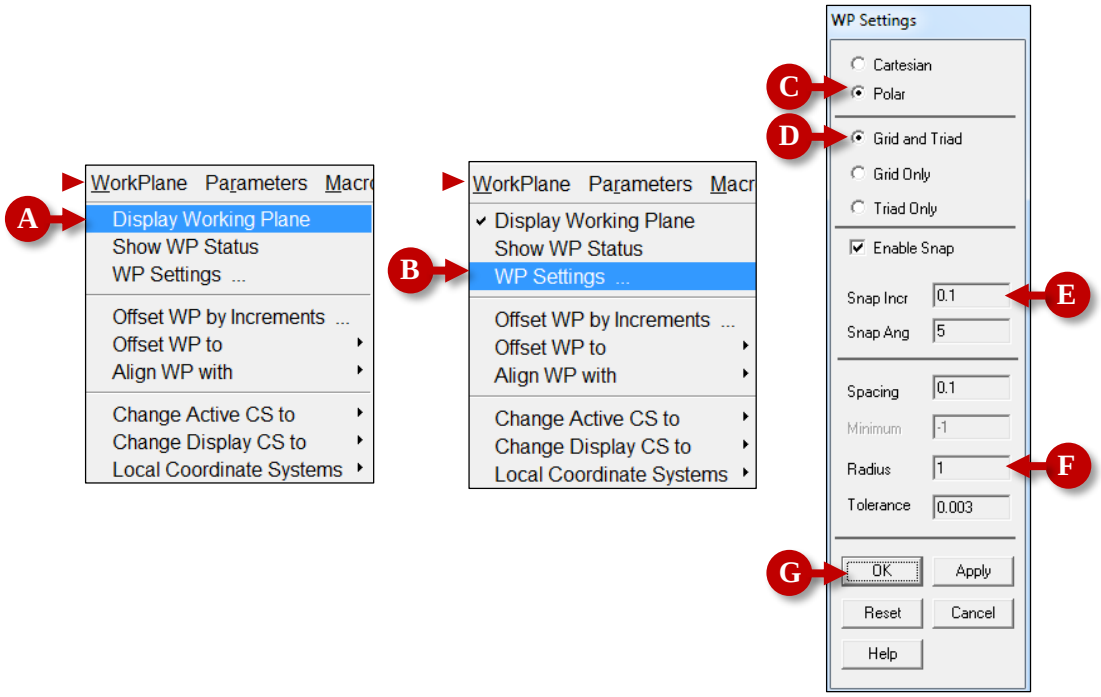
Grid and Triad (رؤية محاور الإحداثيات المؤقتة والشبكة التابعة لها)

Snap Incr = **0.1** (inch) (خطوة قفزة الماوس عند التحرك على شبكة الإحداثيات)

Radius = **1** (inch) (نصف القطر الأعظمي للشبكة)

> OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (3-7): ضبط إعدادات المحاور المؤقتة

3-5 رسم الدائرة الأولى:

تتم عملية رسم الدائرة الأولى وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-8):

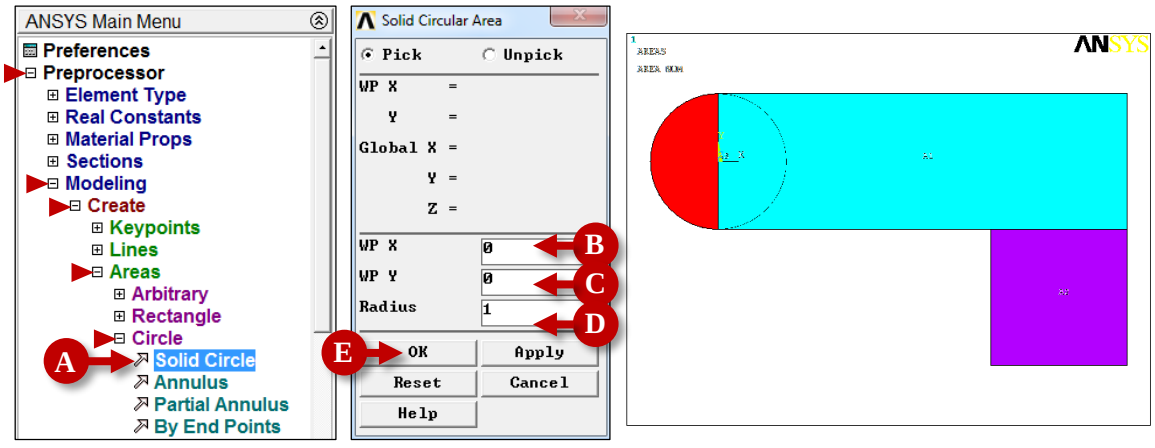
5-3- Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Circle> Solid Circle>

WP X = **0** (إحداثيات امركز الدائرة على المحور الأفقي المؤقت "WP X")

WP Y = **0** (إحداثيات امركز الدائرة على المحور الشاقولي المؤقت "WP Y")

Radius = **1** (inch) (نصف قطر الدائرة)

>OK



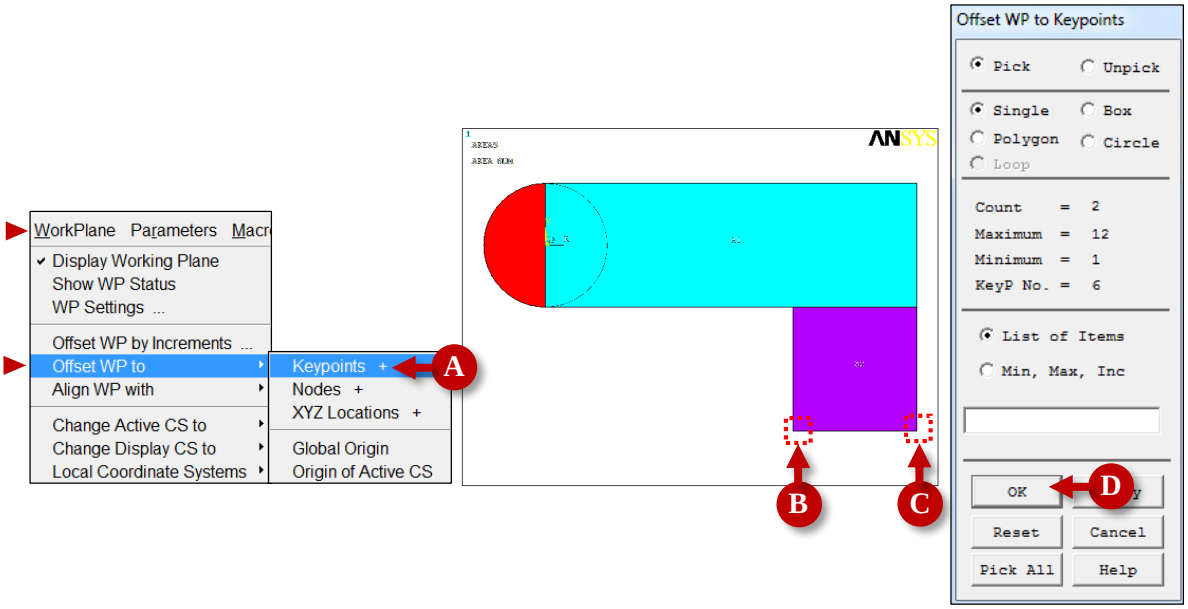
الشكل (3-8): رسم الدائرة الأولى

4-5 نقل موضع المحاور المؤقتة (WP):

يتم نقل موضـــع مركز جملة المحاور المؤقتة (Work Plane) إلى مركز الدائرة الجديدة المراد إنشاؤها وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-9):

5-4- Work Plane> Offset WP to> Keypoints+

> (يتم تحديد النقطتين الموجودتين أسفل المستطيل الثاني)> OK



الشكل (3-9): نقل مركز جملة المحاور المؤقتة (WP)

- **ملاحظة:**

- أدى تحديد النقطتين السابقتين إلى انتقال مركز جملة المحاور المؤقتة إلى منتصف القطعة المستقيمة المحددة بهاتين النقطتين.
- في حال تم تحديد عدة نقاط تقع في مستوي فإن مركز جملة المحاور المؤقتة سوف ينتقل إلى مركز المساحة المحددة بهذه النقاط .

5-5 رسم الدائرة الثانية:

تتم عملية رسم الدائرة الثانية بصورة مشابهة لعملية رسم الدائرة الأولى وذلك وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-10):

5-5-1. Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Circle> Solid Circle>

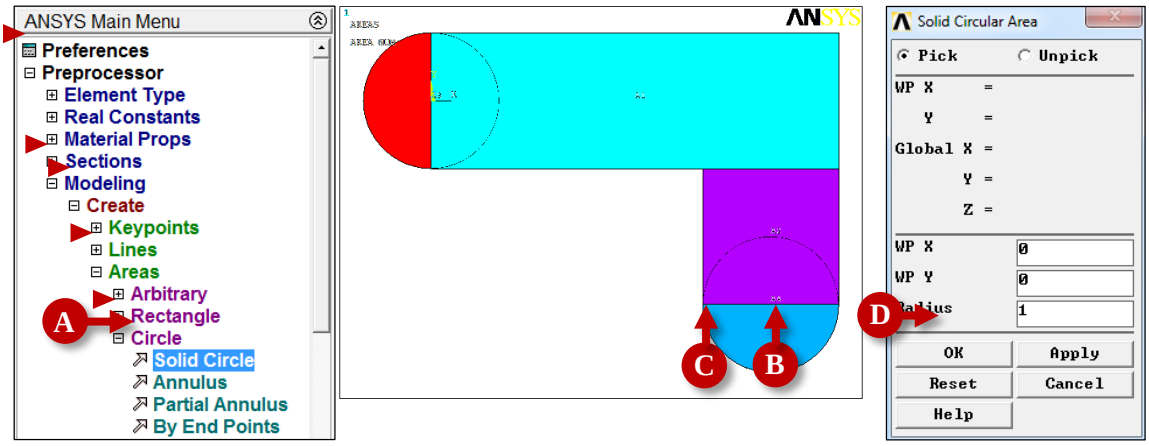
>(يتم تحديد مركز الدائرة الثانية بالنقر بزر الماوس على مركز الدوائر في جملة المحاور المؤقتة "WP XY")

> (يتم تحديد نصف قطر الدائرة الثانية بالنقر بزر الماوس على الزاوية السفلية للمستطيل الثاني "WP XY")

>OK

يتم إلغاء تفعيل المحاور المؤقتة:

2. Work Plane> Display WorkPlane (Off)



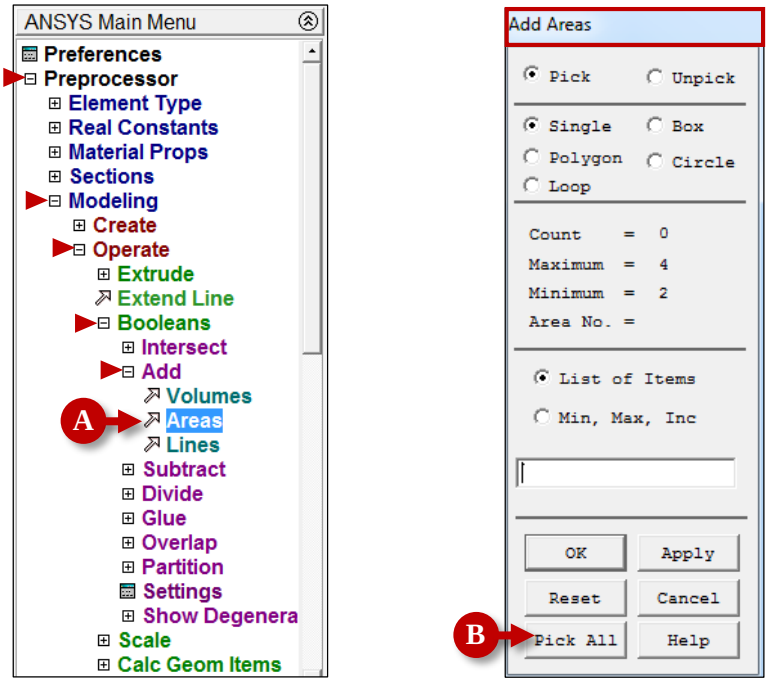
الشكل (3-10): رسم الدائرة الثانية

6-5 دمج المساحات:

تؤدي عملية الدمج إلى الحصـــول على مســـاحة واحدة فقط، وتتم هذه العملية وفق المســـار التالي والموضح في الشكل (3-11):

5-6- Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Add> Areas > Pick All

بذلك يصبح لدينا مساحة واحدة فقط وهي تحمل الرقم (5)، لأنه قد تم رسم أربع مساحات سابقاً.



الشكل (3-11): دمج المساحات

5-7 رسم خط قوسي عند الزاوية الداخلية:

يتم إظهار أرقام الخطوط على النموذج في الواجهة الرسومية من خلال المسار التالي:

5-7-1. Plot Ctrl> Numbering…> LINE Line Numbers = **On**

ثم يتم رسم الخط القوسي عند الزاوية الداخلية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-12):

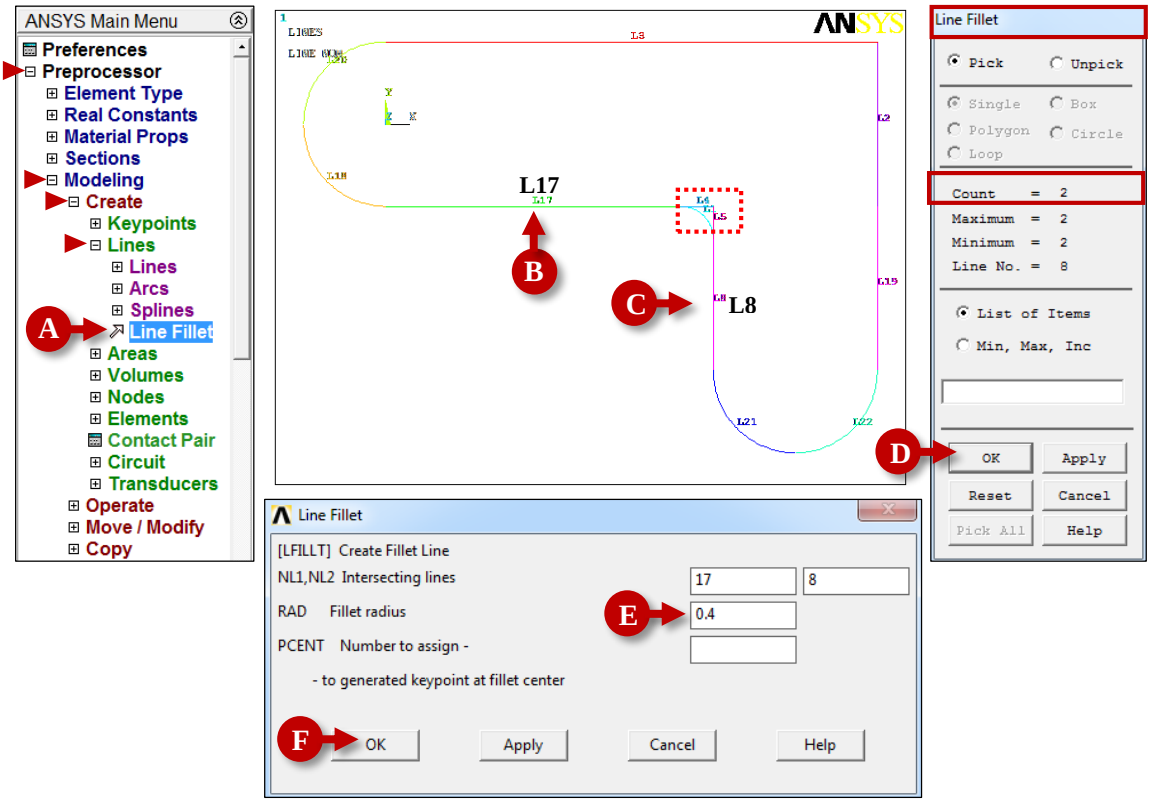
2. Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Line Fillet >

> (يتم تحديد الخطين "**17**" و"**8**") >

RAD Fillet Radius = **0.4** (inch) (نصف قطر الانحناء)

>OK

3. Plot > Lines



الشكل (3-12): رسم الخط القوسي عند الزاوية الداخلية

5-8 رسم المساحة المحصورة بين الخط القوسي والزاوية الداخلية:

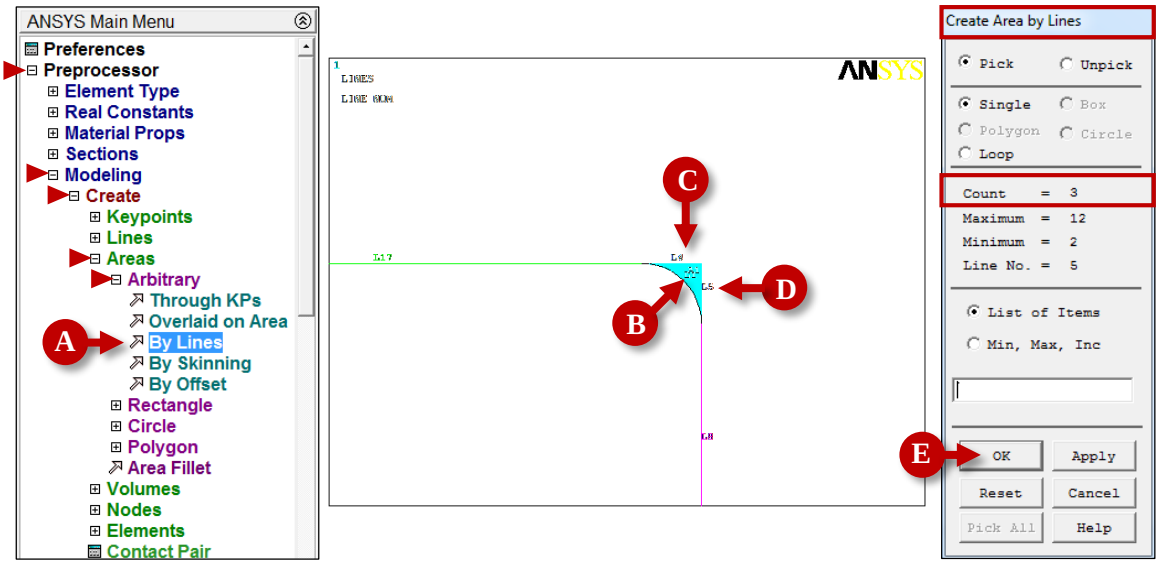
يتم رسم المساحة المحصورة بين الخط القوسي والزاوية الداخلية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-13):

5-8-1. Zoom Model (يتم تكبير الزاوية الداخلية)

2. Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Arbitrary> by Lines>

> (يتم تحديد الخطوط الثلاثة المحددة للمساحة المحصورة بين الخط القوسي والزاوية الداخلية) >OK

3. Plot > Areas



الشكل (3-13): رسم المساحة المحصورة بين الخط القوسي والزاوية الداخلية

9-5 إعادة دمج المساحات:

يتم دمج المساحات من جديد وفق المسار التالي والموضح سابقاً في الشكل (3-11):

5-9- Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Add> Areas > Pick All

بذلك يصبح لدينا مساحة واحدة وهي تحمل الرقم (2)، لأن المساحة التي تم رسمها بين الخط القوسي والزاوية الداخلية كانت تحمل الرقم (1).

10-5 رسم الدائرة المفرغة الأولى:

من أجل رسم الدائرة المفرغة الأولى نتبع المسار التالي والموضح في الشكل (3-14):

5-10-1. Work Plane> Display WorkPlane (On)

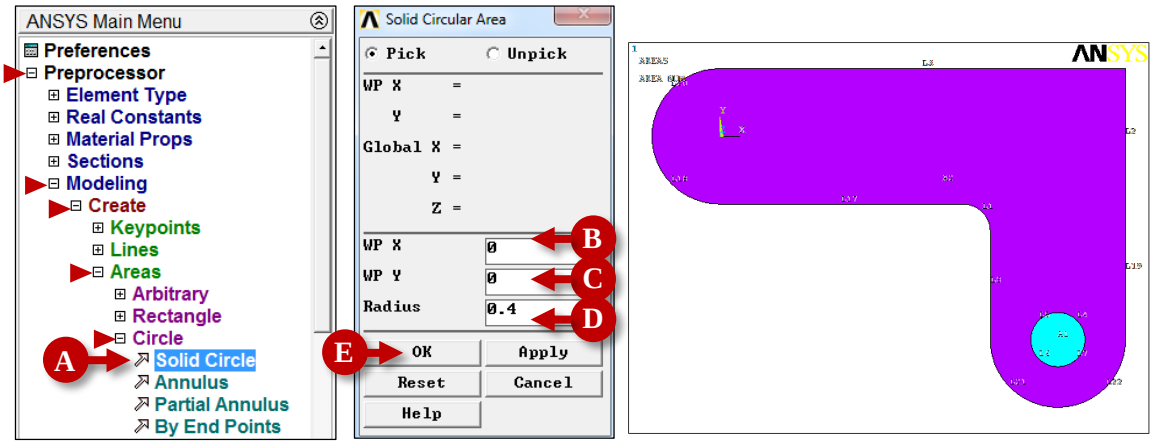
2. Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Circle> Solid Circle>

WP X = **0** ("WP X" إحداثيات مركز الدائرة على المحور الأفقي المؤقت)

WP Y = **0** ("WP Y" إحداثيات مركز الدائرة على المحور الشاقولي المؤقت)

Radius = **0.4** (inch) (نصف قطر الدائرة)

>OK

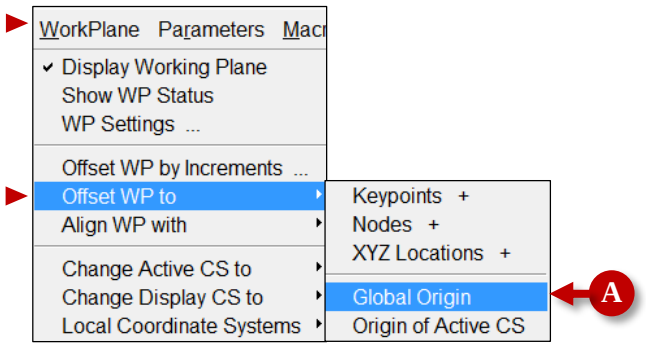


الشكل (3-14): رسم الدائرة المفرغة الأولى

11-5 نقل موضع مركز جملة المحاور المؤقتة (WP) إلى الموقع الأصلي:

إعادة موضع مركز جملة المحاور المؤقتة (WP) إلى الموقع الأصلي (أي إلى مبدأ جملة المحاور العامة) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-15):

5-11- Work Plane> Offset WP to> Global Origin



الشكل (3-15): إعادة موضع مركز جملة المحاور المؤقتة (WP) إلى الموقع الأصلي

12-5 رسم الدائرة المفرغة الثانية:

يتم رسم الدائرة المفرغة الثانية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-16):

5-12-1. Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Circle> Solid Circle>

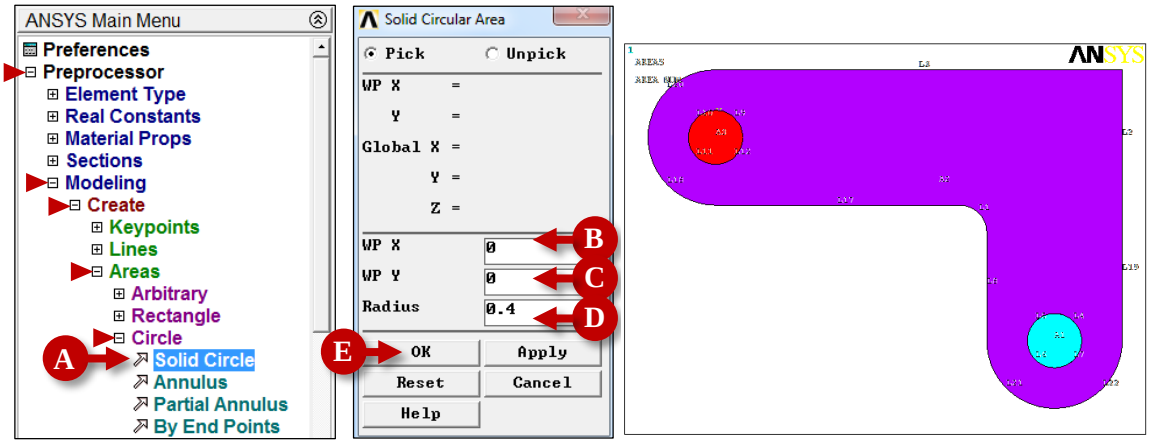
WP X = **0** (إحداثيات امركز الدائرة على المحور الأفقي المؤقت "WP X")

WP Y = **0** (إحداثيات امركز الدائرة على المحور الشاقولي المؤقت "WP Y")

Radius = **0.4** (inch) (نصف قطر الدائرة)

>OK

2. Work Plane> Display WorkPlane (Off)



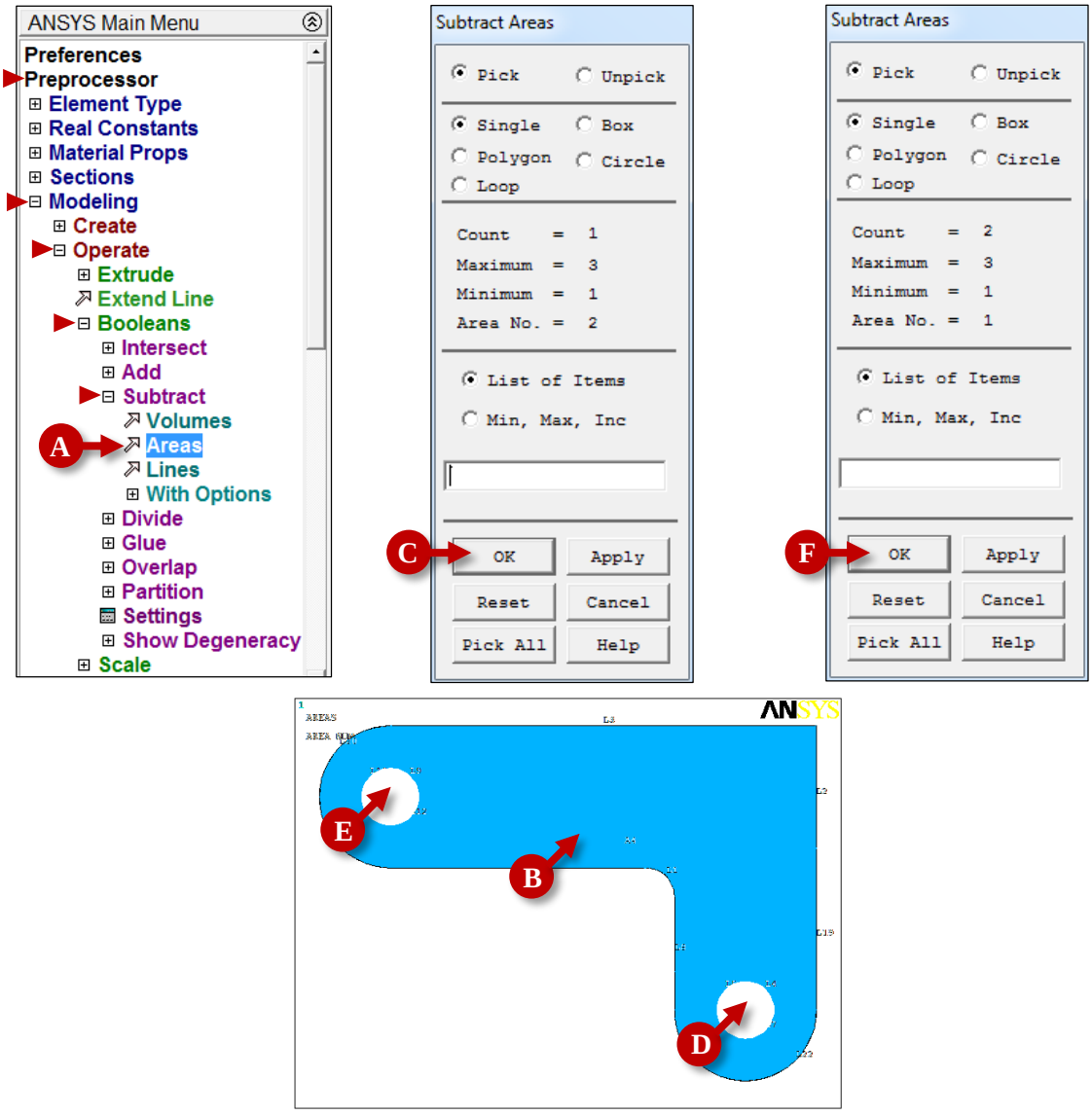
الشكل (3-16): رسم الدائرة المفرغة الثانية

13-5 طرح الدوائر من الشكل:

يتم تفريغ الدوائر من الشكل وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-17):

5-13- Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> Areas >

- >(يتم تحديد المساحة الكلية التي سيتم الطرح منها)>OK
- >(يتم تحديد مساحتي الدائرتين المفرغتين)>OK



الشكل (3-17): تفريغ الدوائر من الشكل

6- تقسيم النموذج:

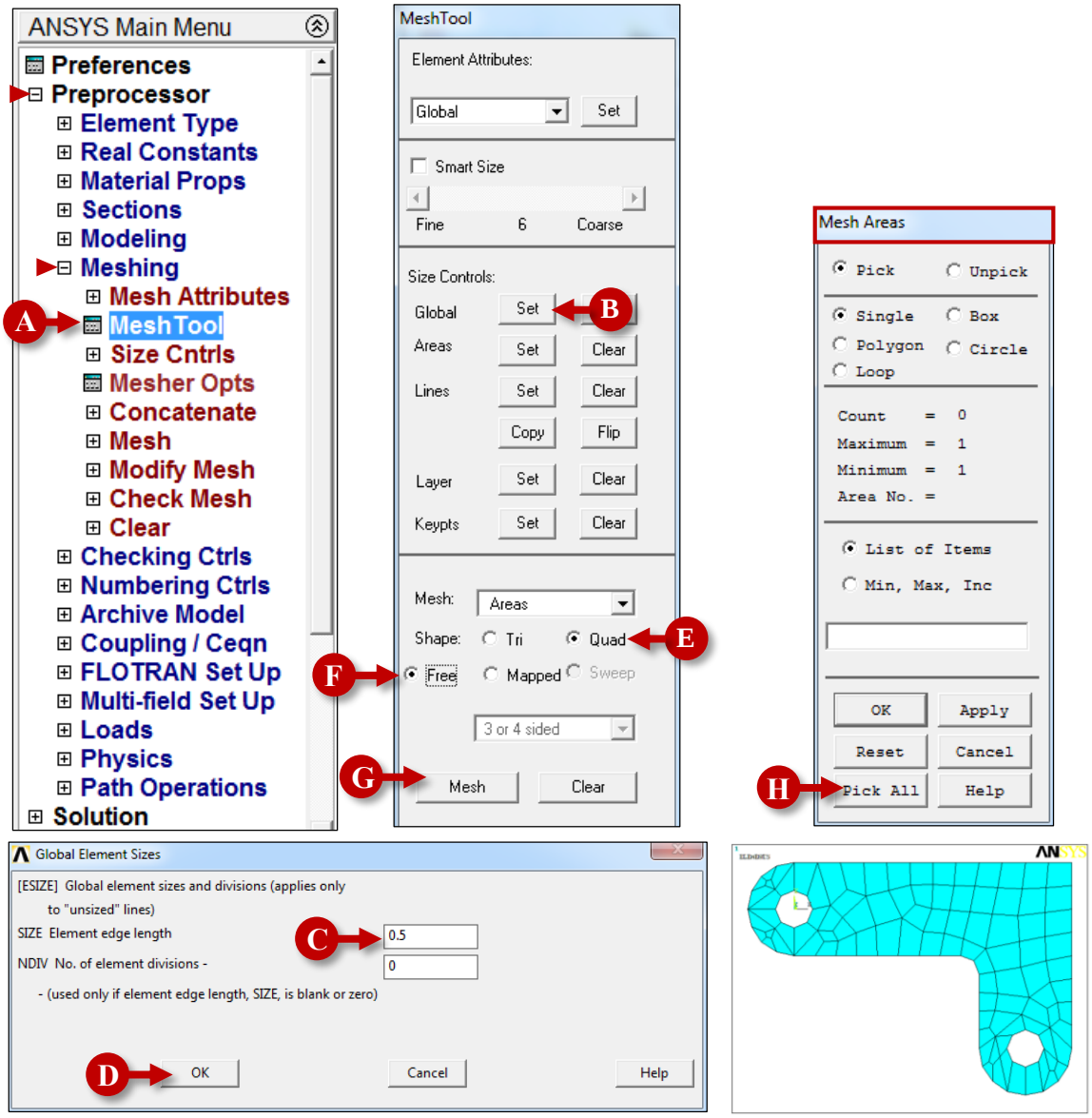
سيتم تقسيم النموذج بحيث يكون للعناصر الناتجة شكل رباعي الأضلاع (Quad)، وباستخدم التقسيم الحر (Free) على أن لا يتجاوز الطول الأعظمي لطرف العنصر الرباعي القيمة (0.5 inch). تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-18):

6- Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

1. Global:**Set** > SIZE Element Edge Length = **0.5 (inch)** (الطول الأعظمي لطرف العنصر)

>OK

2. Mesh: Areas: **Quad - Free > Mesh > Pick All**



الشكل (3-18): ضبط إعدادات التقسيم

7- حفظ الملف:

يتم حفظ ملف العمل (بعد إنجاز التقسيم) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-19):

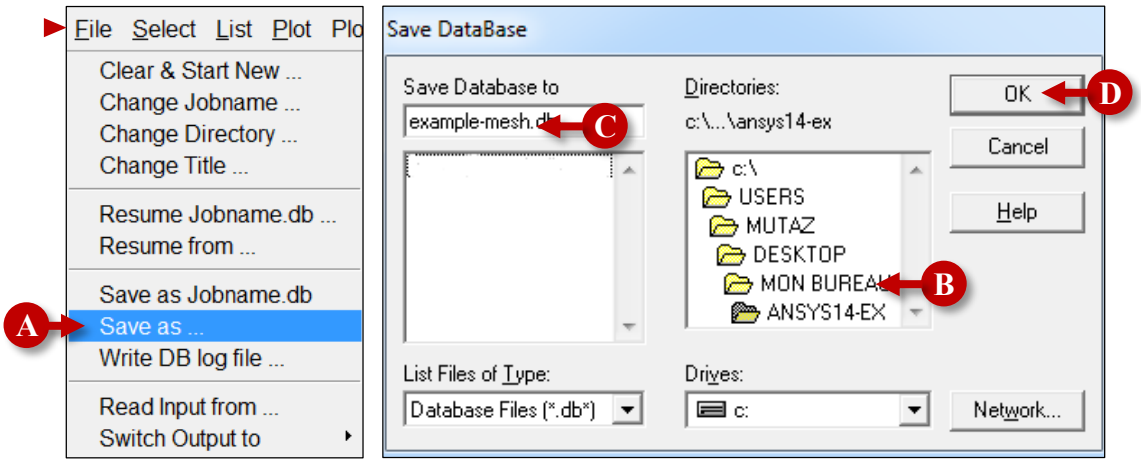
7- File> Save as…>

Directions **: c:/USERS >…** (يتم تحديد موقع الحفظ)

Save Database to**: example-mesh.db** (يتم تسمية الملف)

>OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (3-19): حفظ ملف العمل

8- تخصيص المسند الموثوق:

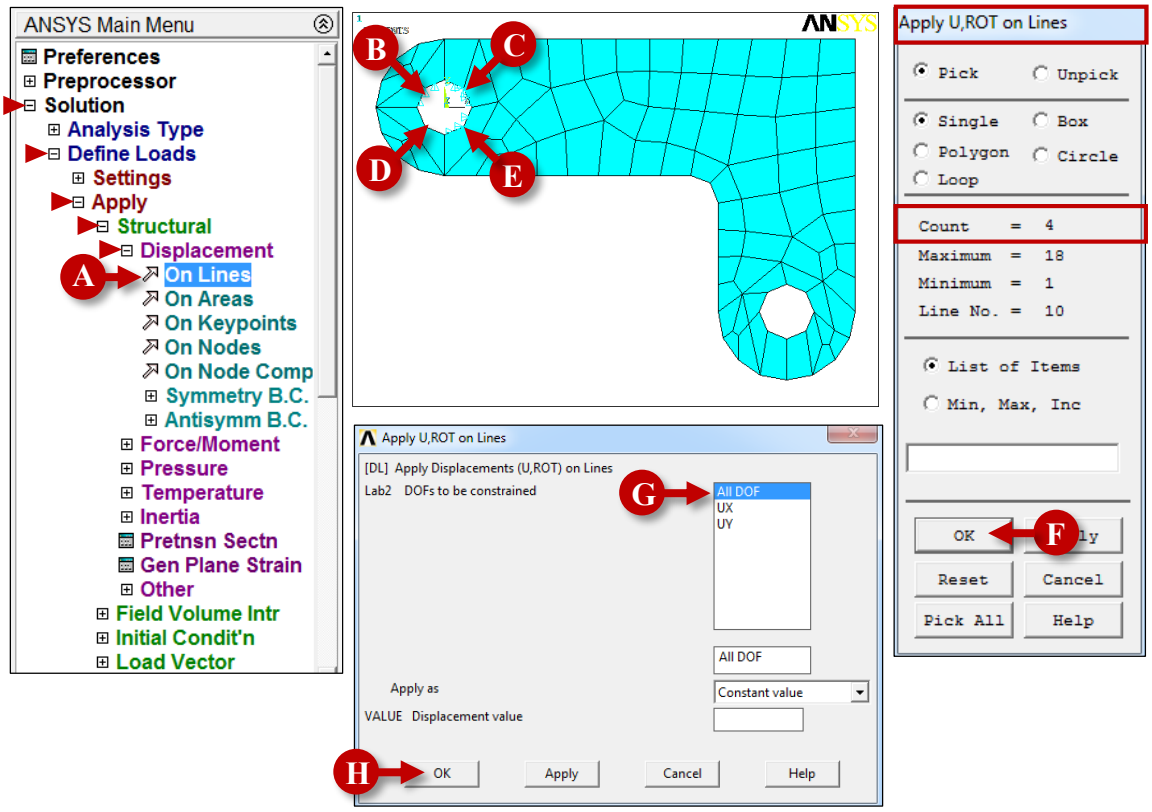
يتم تخصـــيص الإســـتناد الموثوق على الخطوط المحددة للدائرة المفرغة (المتواجدة في الطرف الأيسر من الشكل) من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكل (3-20):

8- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Lines>

> (يتم تحديد الخطوط الأربعة المحددة للدائرة المفرغة اليسارية)> OK>

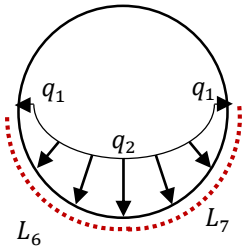
>LAB2 DOFs to be Constrained = **All DOF** (تثبيت كافة الانتقالات والدورانات)

> OK



الشكل (3-20): تخصيص الإنتقال في المسند الموثوق

9- تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام:



الشكل (3-21): الحمولة الموزعة

إن الحمولة موزعة بانتظام بشكل متغير على النصف السفلي من محيط الدائرة المفرغة كما هو موضح في الشكل (3-21).

حيث: (q_1=50 Pound/inch.L)

(q_2=500 Pound/inch.L)

يتم أولاً إظهار الخطوط (Lines) وكذلك إظهار أرقامها في حال كانت غير مرئية من خلال:

(Plot Ctrl> Numbering…> LINE Line Numbers = On)

يتم تطبيق الحمولة الموزعة على الخطين (Line 6) و(Line 7) من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكلين (3-22) و(3-23):

9-1. Plot> Lines

2. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Pressure> On Lines>

- **Apply** >(يتم اختيار الخط رقم **"6"** الذي يمثل الربع الأيسر في الدائرة)>

  VALUE Load PRES Value = **50** (Pound/inch) (قيمة الحمولة الموزعة في بداية الخط)

  VALUE = **500** (Pound/inch) (قيمة الحمولة الموزعة في نهاية الخط)

  > **Apply**

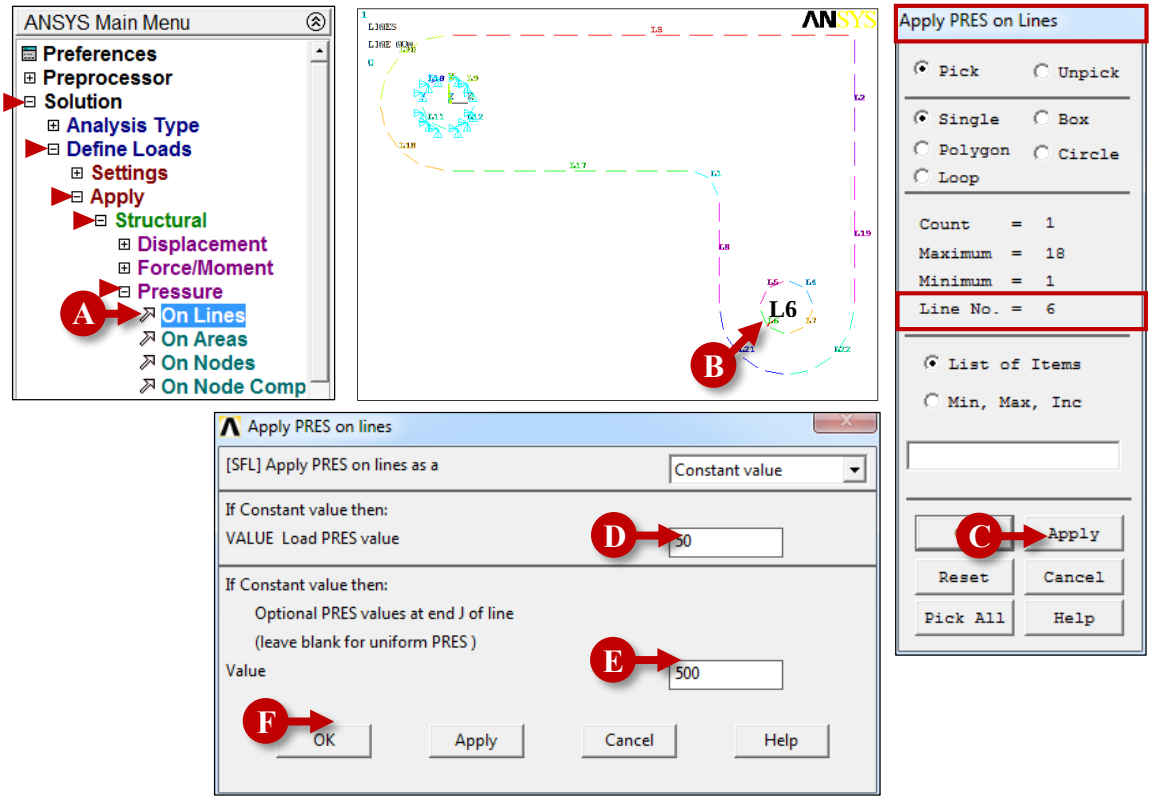
- **OK** >(يتم اختيار الخط رقم **"7"** الذي يمثل الربع الأيمن في الدائرة)>

  VALUE Load PRES Value = **500** (Pound/inch) (قيمة الحمولة الموزعة في بداية الخط)

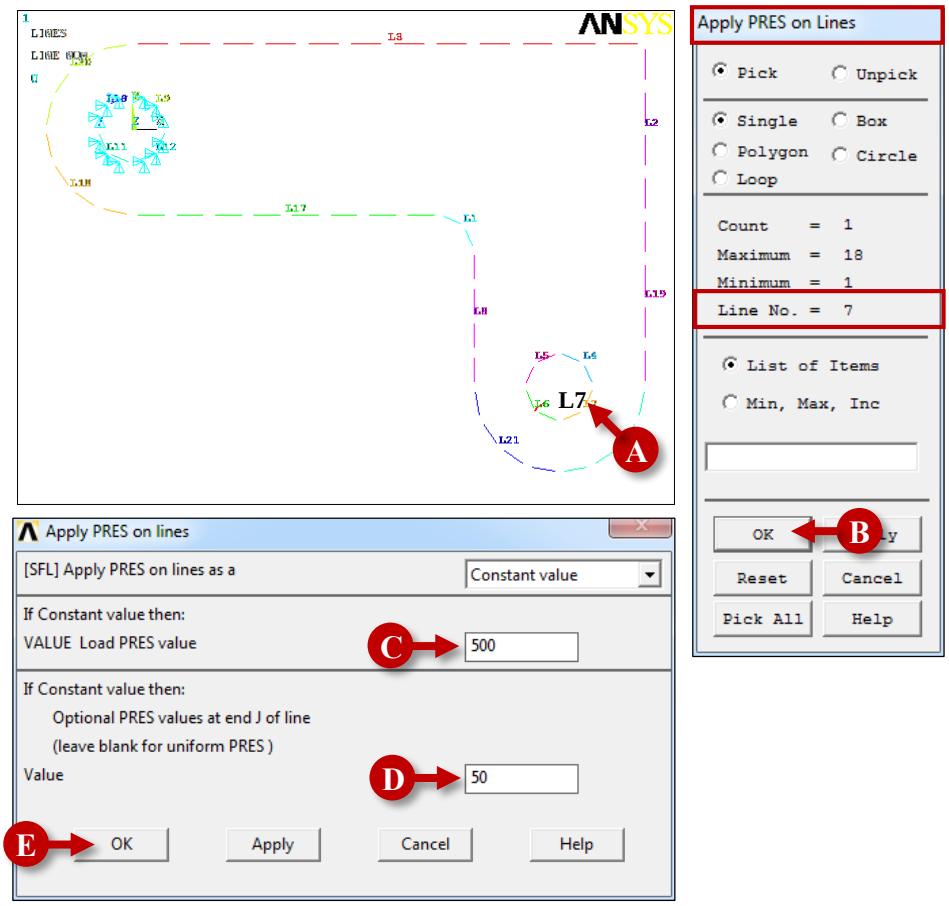
  VALUE = **50** (Pound/inch) (قيمة الحمولة الموزعة في نهاية الخط)

  > **OK**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (3-22): تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام على الخط الأول



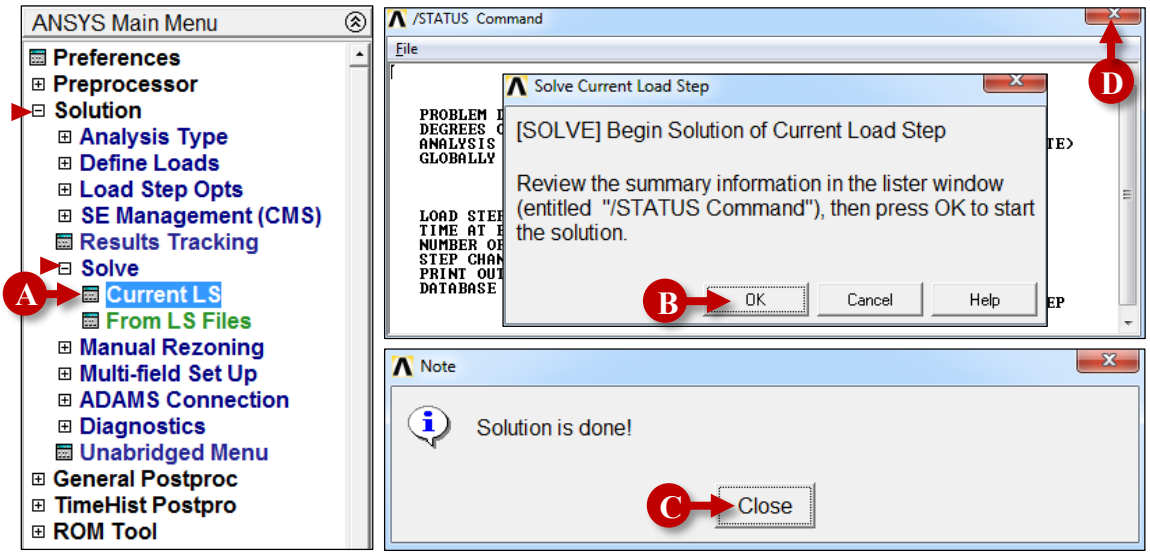
الشكل (3-23): تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام على الخط الثاني

10- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر (Solve) الموضح في الشكل (3-24)، وفق المسار التالي:

10- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

ثم يتم الإنتظار حتى الإنتهاء من التحليل، حيث يعطي البرنامج في هذا المثال رسالة (Solution is Done)، وبعد ذلك يمكن معاينة النتائج.



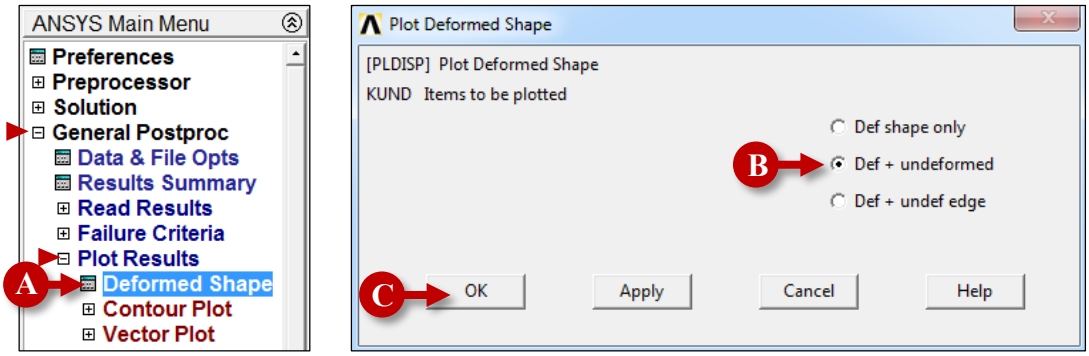
الشكل (3-24): بدء التحليل

11- معاينة النتائج:

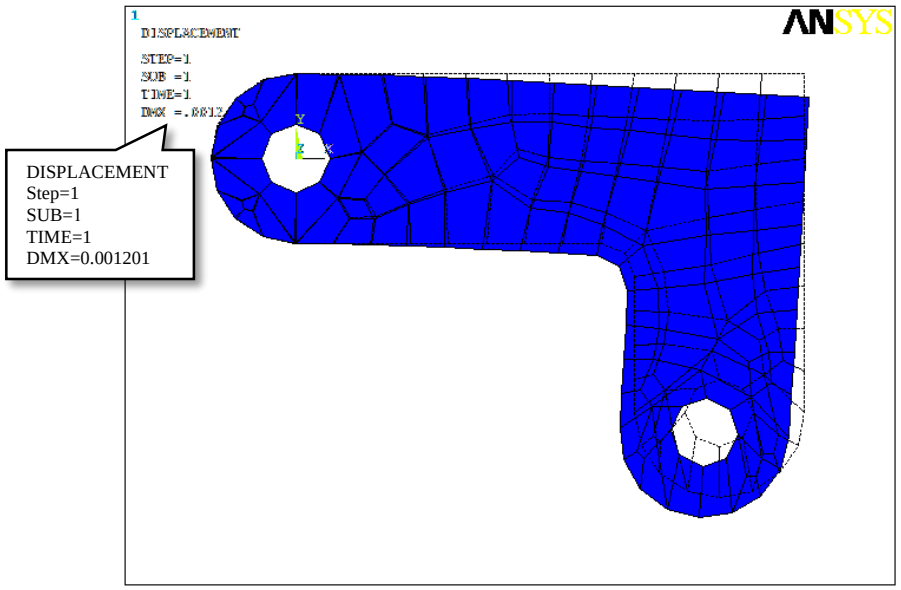
11-1 معاينة الشكل المتشوه:

تتم معاينة التشـوه الناتج عن الحمولات المطبقة من خلال المسـار التالي والموضـح في الشـكلين (3-25) و(3-26):

11- 1. General Postproc> Plot Results> Deformed Shape> Def + undeformed > OK



الشكل (3-25): تحديد الشكل المتشوه وخطوط الشبكة في الشكل الأصلي

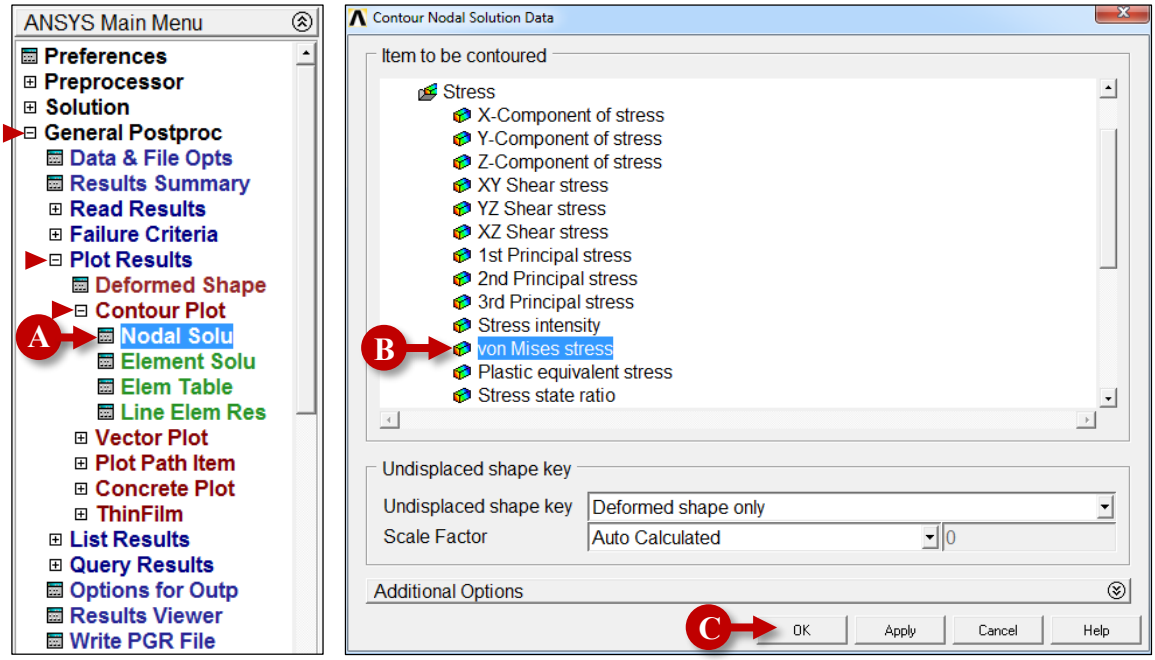


الشكل (3-26): الشكل المتشوه

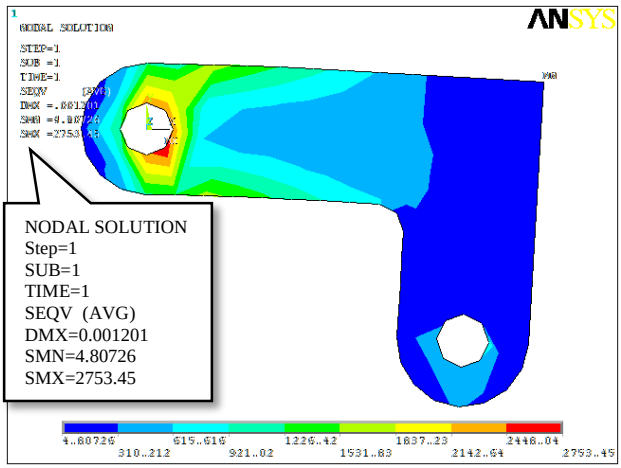
2-11 معاينة مخطط إجهادات (Von Mises):

تتم معاينة مخطط إجهادات (Von Mises) من خلال المسار التالي و الموضح في الشكلين (3-27) و(3-28):

11-2. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu> Stress> Von Mises Stress > OK



الشكل (3-27): تحديد إجهادات (Von Mises) لمعاينتها

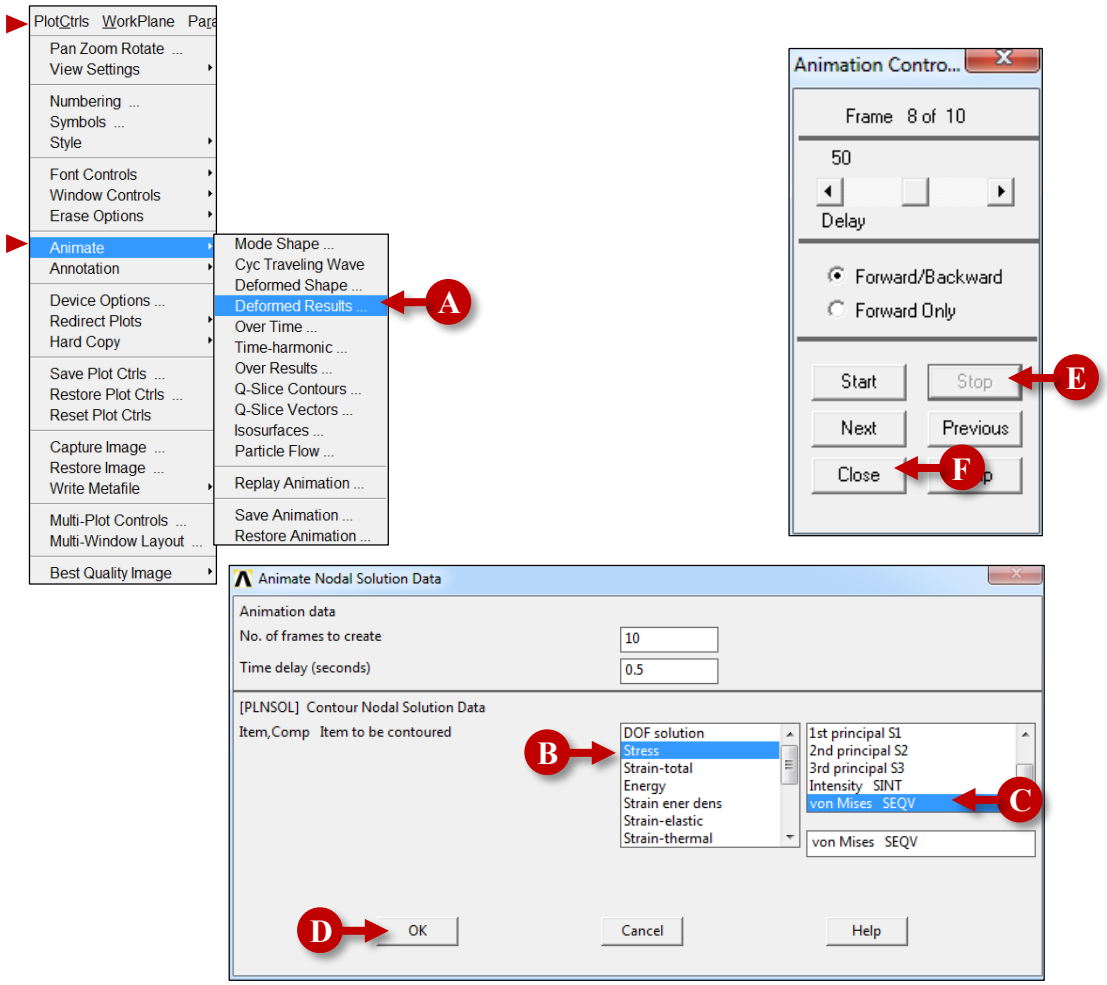


الشكل (3-28): مخطط إجهادات (Von Mises)

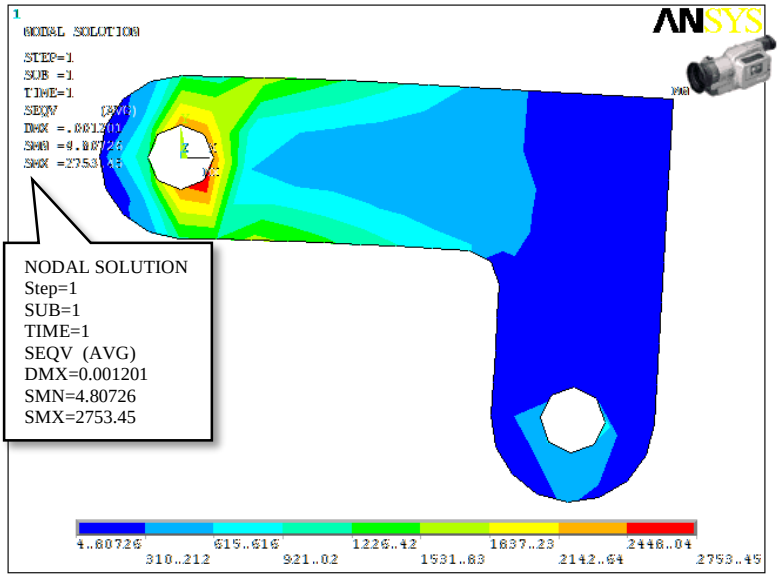
3-11 معاينة مخطط مراحل تغير إجهادات (Von Mises) :

يمكن معاينة مراحل تغير إجهادات (Von Mises) بشكل متحرك (فيديو) من خلال المسار التالي و الموضح في الشكلين (3-29) و(3-30):

11-3. Plot Ctrls> Animate> Deformed Results > Stress> Von Mises SEQV > OK



الشكل (3-29): تفعيل معاينة مراحل تغير إجهادات (Von Mises) بشكل متحرك (فيديو)

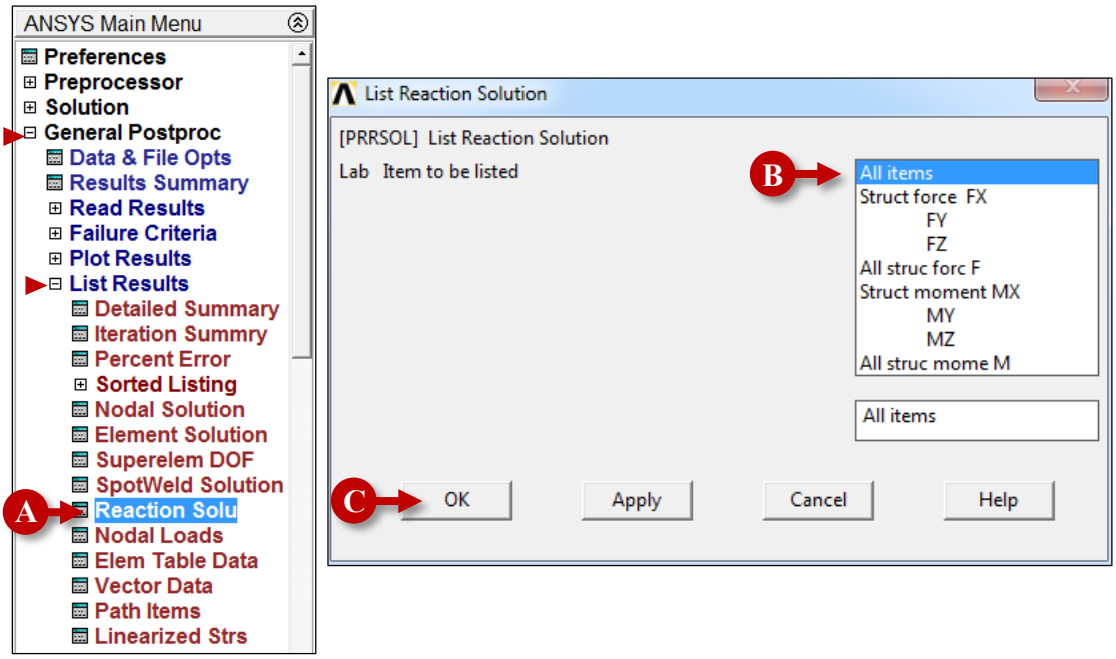


الشكل (3-30): معاينة مخطط مراحل تغير إجهادات (Von Mises)

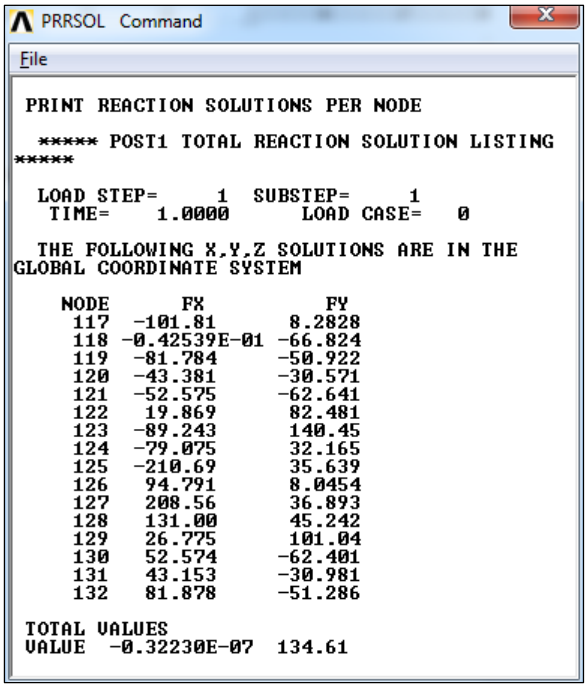
4-11 معاينة ردود الأفعال في العقد بشكل رقمي:

تتم معاينة قيم ردود الأفعال في عقد الإســـتناد الموثوق بشـــكل رقمي من خلال المســـار التالي والموضح في الشكلين (3-31) و(3-32):

11- 4- General Postproc> List Results> Reaction Solu>
All Items> OK



الشكل (3-31): تحديد ردود الأفعال في عقد الإستناد لمعاينتها


PRRSOL Command

File

```
 PRINT REACTION SOLUTIONS PER NODE

  ***** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING
*****

  LOAD STEP=     1  SUBSTEP=     1
   TIME=    1.0000      LOAD CASE=   0

  THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN THE
GLOBAL COORDINATE SYSTEM

    NODE       FX          FY
     117  -101.81       8.2828
     118 -0.42539E-01 -66.824
     119  -81.784      -50.922
     120  -43.381      -30.571
     121  -52.575      -62.641
     122   19.869       82.481
     123  -89.243       140.45
     124  -79.075       32.165
     125  -210.69       35.639
     126   94.791       8.0454
     127   208.56       36.893
     128   131.00       45.242
     129   26.775       101.04
     130   52.574      -62.401
     131   43.153      -30.981
     132   81.878      -51.286

 TOTAL VALUES
 VALUE  -0.32230E-07  134.61
```

الشكل (3-32): معاينة ردود الأفعال في العقد

- -

نهاية المثال الأول

2-3 المثال الثاني:

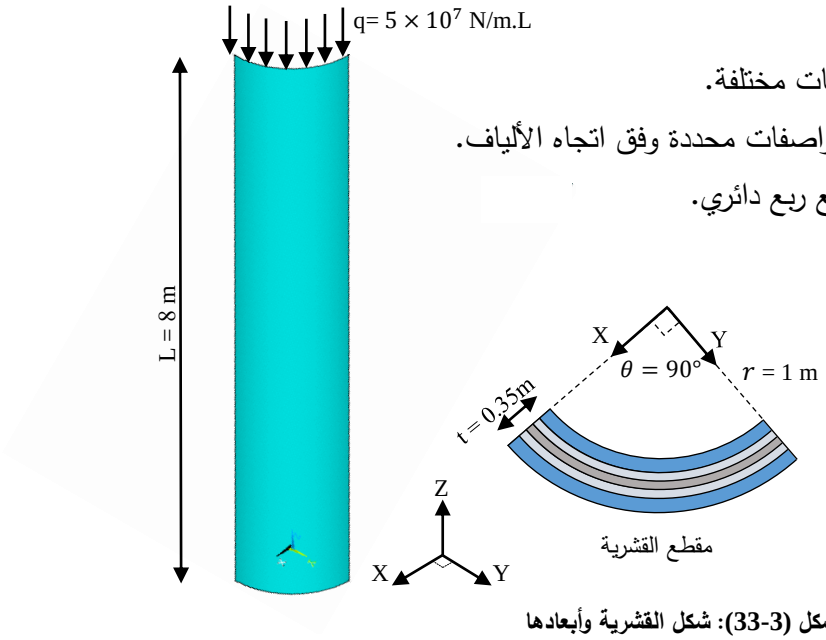
نمذجة قشرية إسطوانية ذات مقطع ربع دائري

قشرية إسطوانية ذات مقطع ربع دائري، طولها (L=8m)، ونصف قطرها (r=1m)، وزاوية دورانها ($\theta = 90°$)، وسماكتها (t=0.35m)، وهي مؤلفة من خمس طبقات، سماكة الطبقة الاولى والأخيرة (0.1m) وسماكة كل طبقات من الطبقات الداخلية (0.05m)، القشرية موثوقة من الأسفل، وتخضع لحمولة موزعة بانتظام من الأعلى ($q=5 \times 10^7$ N/m.L) كما هو مبين على الشكل (3-33)، والمطلوب نمذجة القشرية، ومعاينة مخطط الإنتقالات، و إجهادات (Von Mises).

$$E = 190 \times 10^9 \ N/m^2$$
$$\nu = 0.25$$

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ تعريف مقطع مؤلف من عدة طبقات مختلفة.
- ✓ توضيح كيفية إدخال مواد ذات مواصفات محددة وفق اتجاه الألياف.
- ✓ نمذجة قشرية إسطوانية ذات مقطع ربع دائري.



الشكل (3-33): شكل القشرية وأبعادها

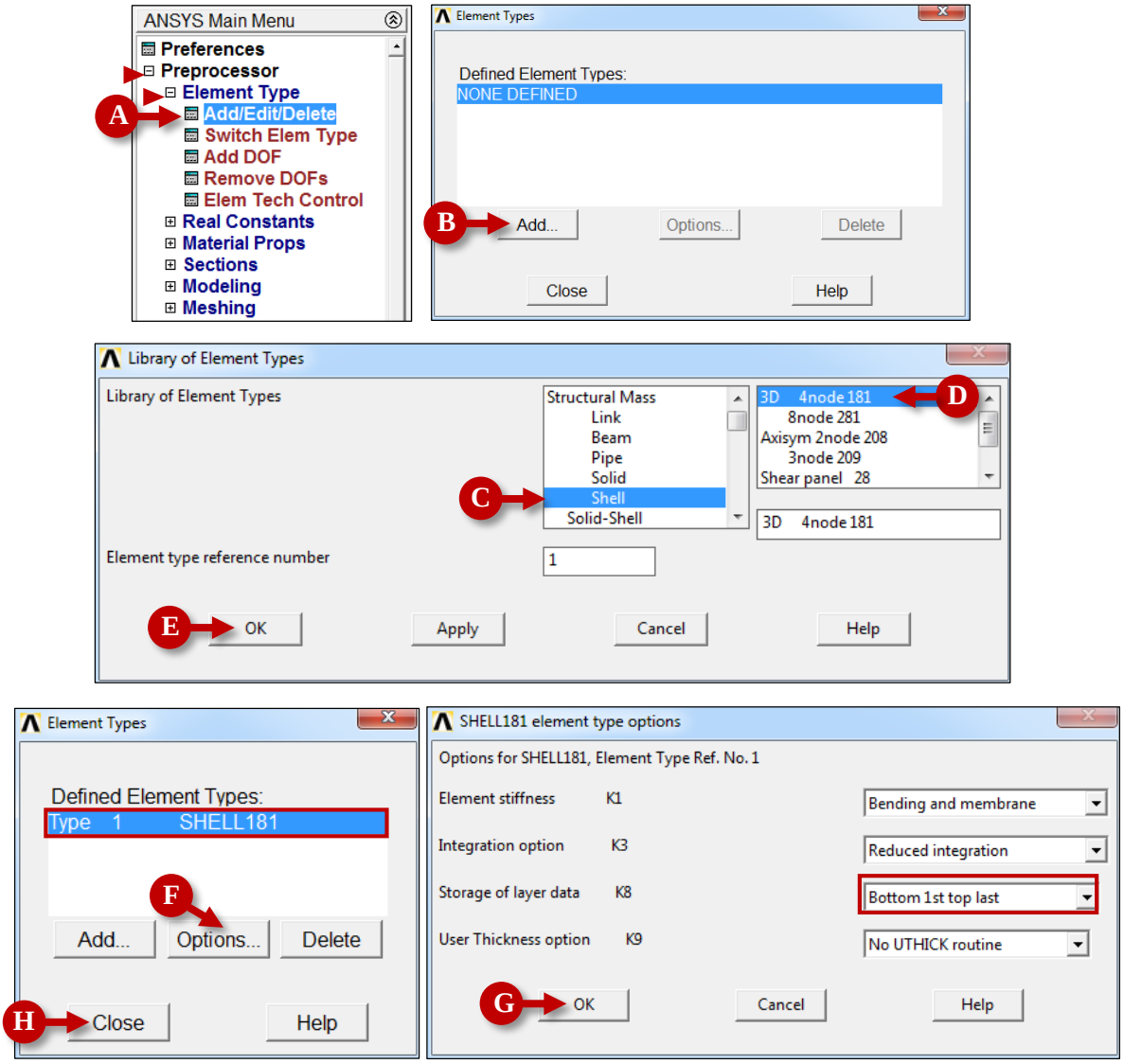
❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد العناصر المستخدمة:

سيتم استخدام العنصر (Shell 181)، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-34):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Shell> 3D 4node 181>
> OK>
> Options…>

Storage of Layer Data K8 = **Bottom 1st top last** (كيفية ترتيب الطبقات)**>OK> Close**



الشكل (3-34): تحديد العنصر المستخدم

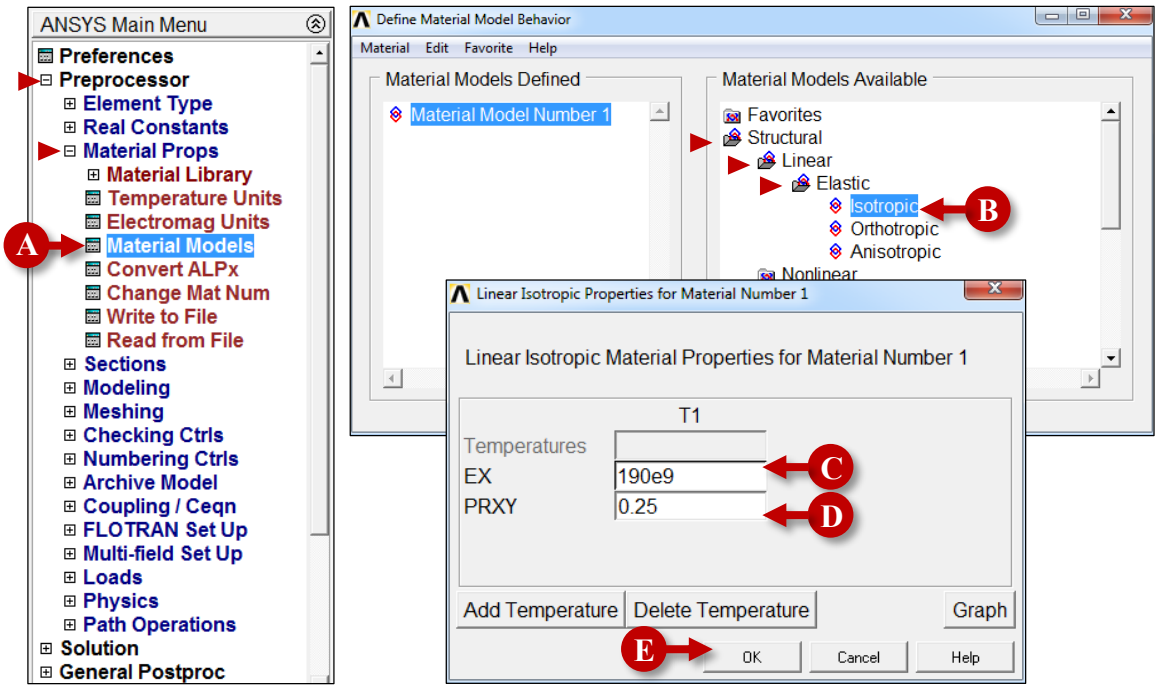
2- تعريف خصائص المواد المستخدمة:

يتم تعريف خصـائص المادة المسـتخدمة والتي هي (معامل المرونة ومعامل بواسـون) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-35):

2- Preprocessor> Material props> Material models> Structural>Linear> Elastic> > Isotropic

EX = **190e9** (N/m^2) (معامل مرونة المادة)

PRXY = **0.25** (معامل بواسون للمادة)



الشكل (3-35): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للمادة المستخدمة

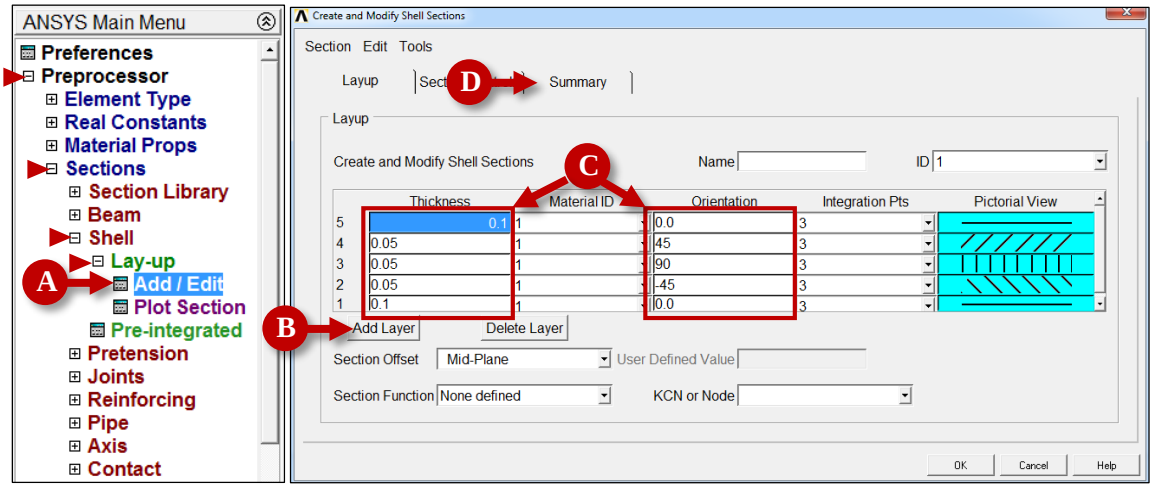
3- تعريف مقطع القشرية:

يتم تعريف مقطع القشرية المكون من خمس طبقات من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (3-36) و(3-37)، حيث سماكة الطبقة الاولى والأخيرة (0.1m) وسماكة كل طبقات من الطبقات الداخلية (0.05m):

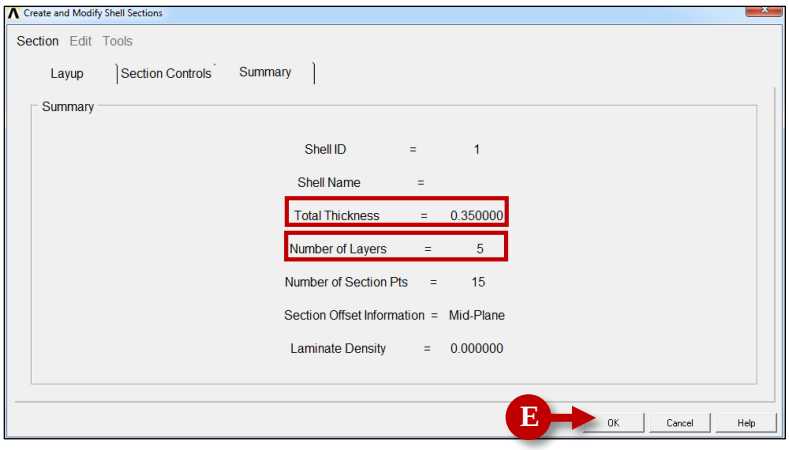
3- Preprocessor> Section> Shell> Lay-up>Add/Edit> Add Layer (أربع نقرات بالماوس) > يتم تحديد سماكة كل طبقة واتجاهها كما هو مبين في الجدول (3-1) > Summary (لمعاينة ملخص عدد الطبقات والسماكة الكلية)

الجدول (3-1): سماكة كل طبقة واتجاهها في مقطع القشرية

	Thickness (السماكة)	Material ID (رقم المادة)	Orientation (الاتجاه)	Pictorial View (معاينة الشكل)
5	0.1	1	0	
4	0.05	1	45	
3	0.05	1	90	
2	0.05	1	-45	
1	0.1	1	0	



الشكل (3-36): تحديد سماكة كل طبقة واتجاهها



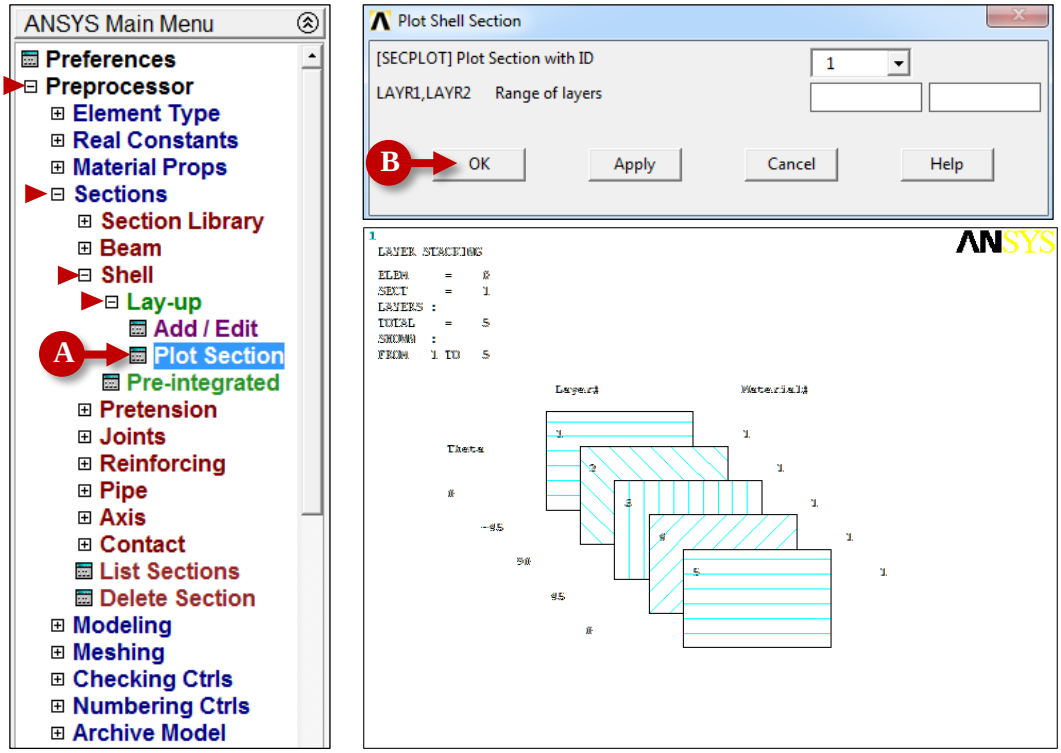
الشكل (3-37): معاينة ملخص عدد الطبقات والسماكة الكلية

تتم معاينة عدد الطبقات واتجاهاتها والمواد التابعة لها على الواجهة الرسومية، من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-38):

- **Preprocessor> Section> Shell> Lay-up>Plot Section> OK**

- **ملاحظة (1):**

في حال كان عدد الطبقات كبير يمكن تحديد مجال معين لمعاينة الطبقات فيه.



الشكل (3-38): تحديد عدد الطبقات المراد معاينتها على الواجهة الرسومية

4- نمذجة القشرية:

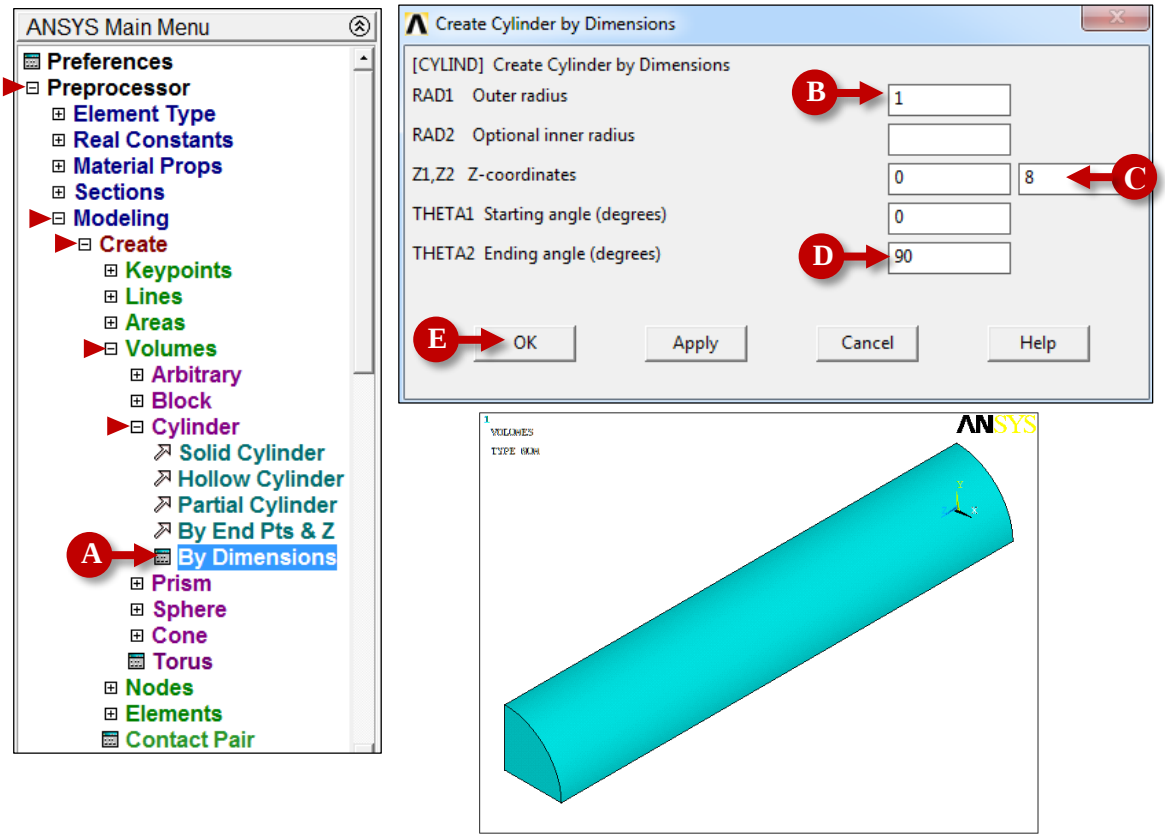
من أجل الحصـول على الشـكل المطلوب للقشـرية، سـيتم في البدء رسـم ربع إسـطوانة باعتبارها نموذج حجمي (مقطع مليئ) وفق الأبعاد المعطية، ثم سيتم حذف الحجم فقط (Volumes Only) والإبقاء على السـطوح الخارجية المحددة لهذه الحجم، وبذلك يصـبح لدينا ربع اسـطوانة مفرغة، يتم بعد ذلك حذف السـطوح المسـتوية مع الخطوط التابعة لهذه السـطوح (Areas and Below) والإبقاء على سـطح القشـرية فقط. تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (3-39) و(3-40):

4-1. Preprocessor> Modeling> Create> Volumes> Cylinder> By Dimension>

RAD1	Outer Radius	= **1**	(m)	(نصف القطر الخارجي)
RAD2	Optional Inner Radius	= **0**	(m)	(نصف القطر الداخلي)
Z1,Z2	Z-Coordinates	= **0 , 8**	(m)	(إحداثيات بداية ونهاية محور الإسطوانة)
THETA1	Starting Angle (Degrees)	= **0**	(m)	(زاوية البداية)
THETA2	Ending Angle (Degrees)	= **90**	(m)	(زاوية النهاية)

> OK

2. Isometric View .



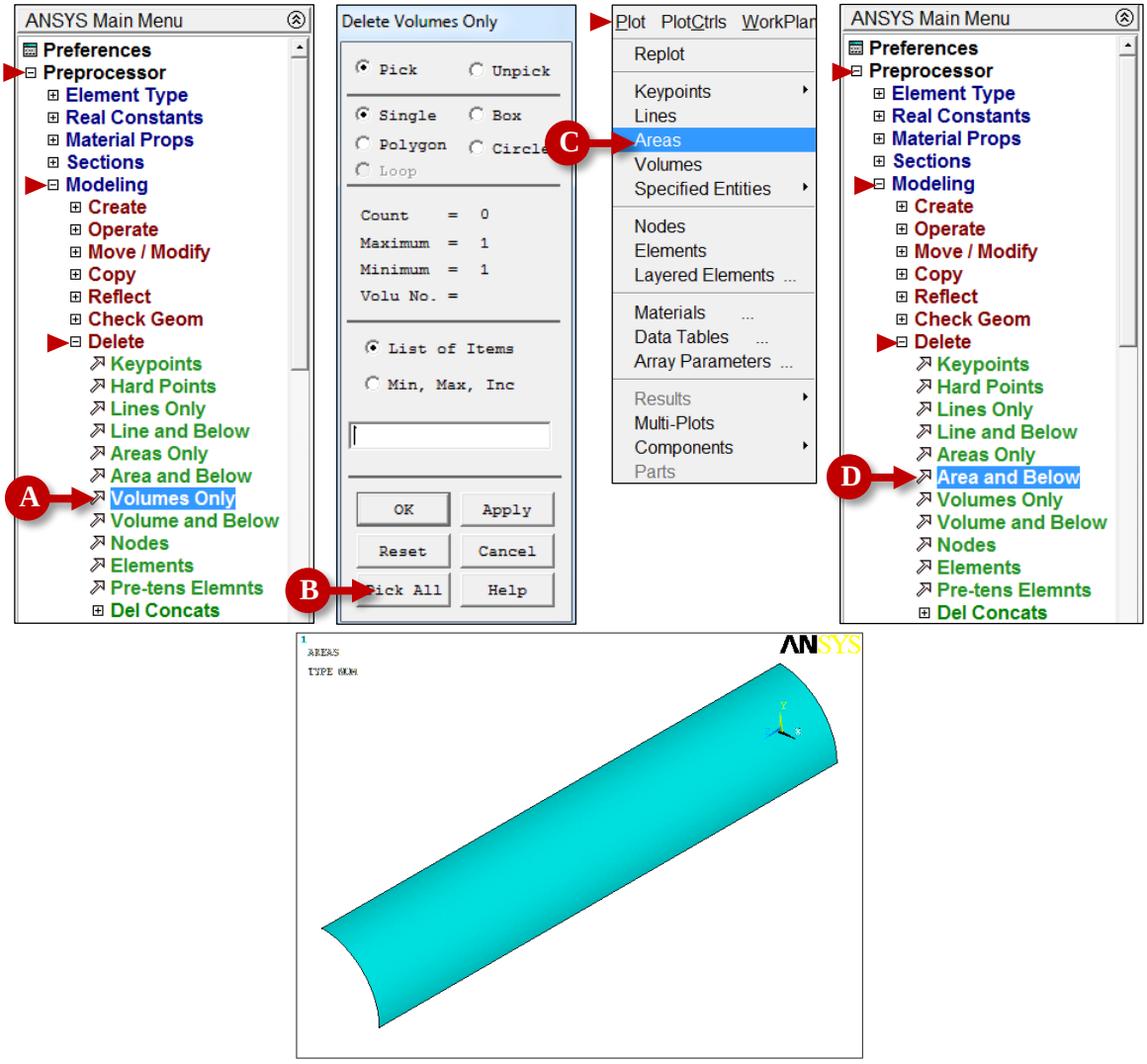
الشكل (3-39): رسم ربع الإسطوانة (نموذج حجمي)

3. **Preprocessor> Modeling> Delete> Volumes Only>** Pick All (حذف الحجم)
4. **Plot> Area**
5. **Preprocessor> Modeling> Delete> Areas and Below>** (حذف السطوح المستوية)

> OK >(يتم تحديد جميع السطوح المستوية، ويبقى سطح القشرية بدون تحديد)

- **ملاحظة (2):**

يمكن لتسهيل عملية التحديد التحكم بمنظور الشكل على الواجهة الرسومية بالضغط المستمر على زر (Ctrl) وزر الماوس الأيمن.



الشكل (3-40): حذف السطوح المستوية والإبقاء على سطح القشرية

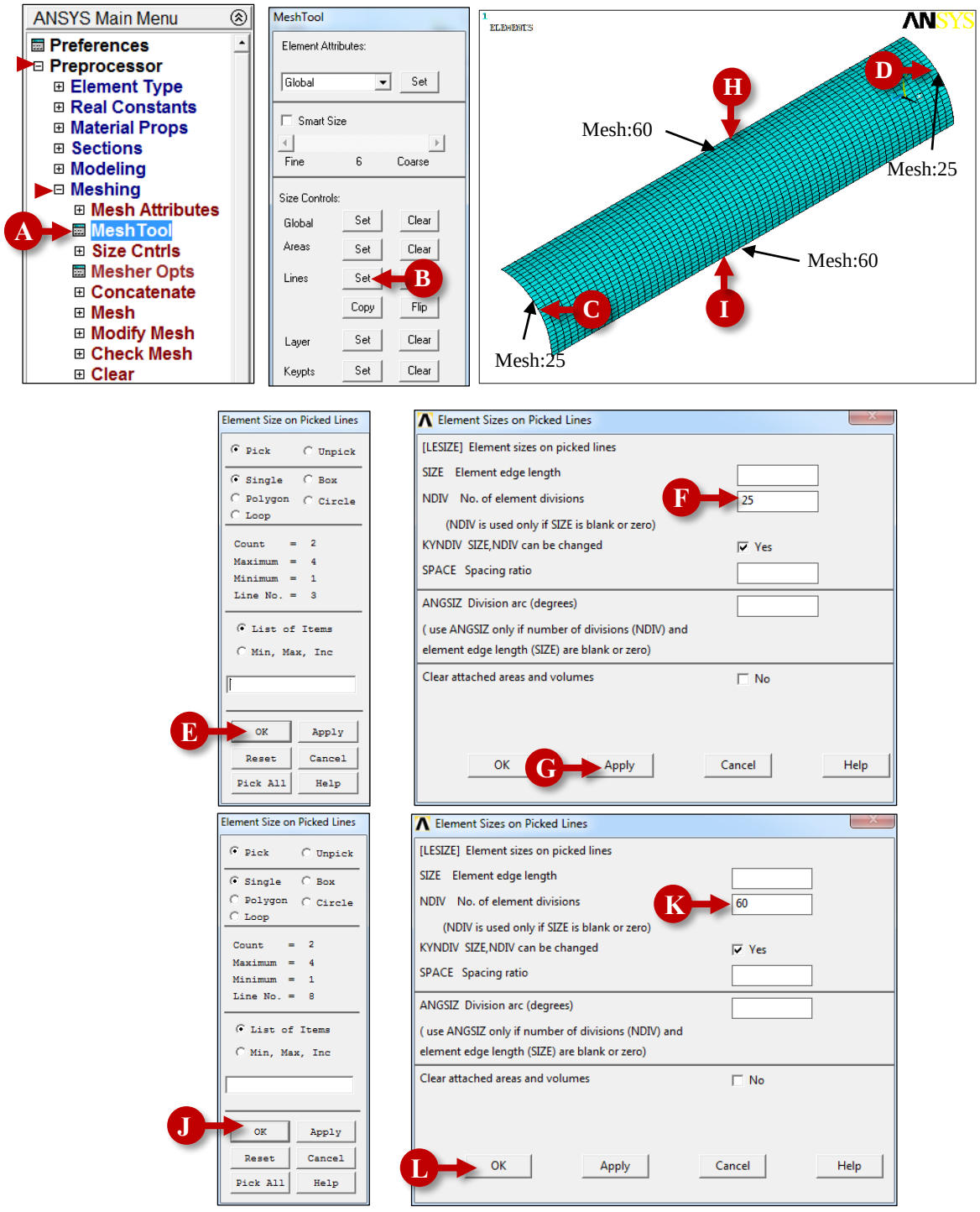
5- تقسيم النموذج:

سيتم تقسيم الخطوط القوسية عند بداية ونهاية القشرية إلى (25) قطعة، وتقسيم الخطوط الطولية على جانبي القشرية إلى (60) قطعة، تتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-41) و (3-42):

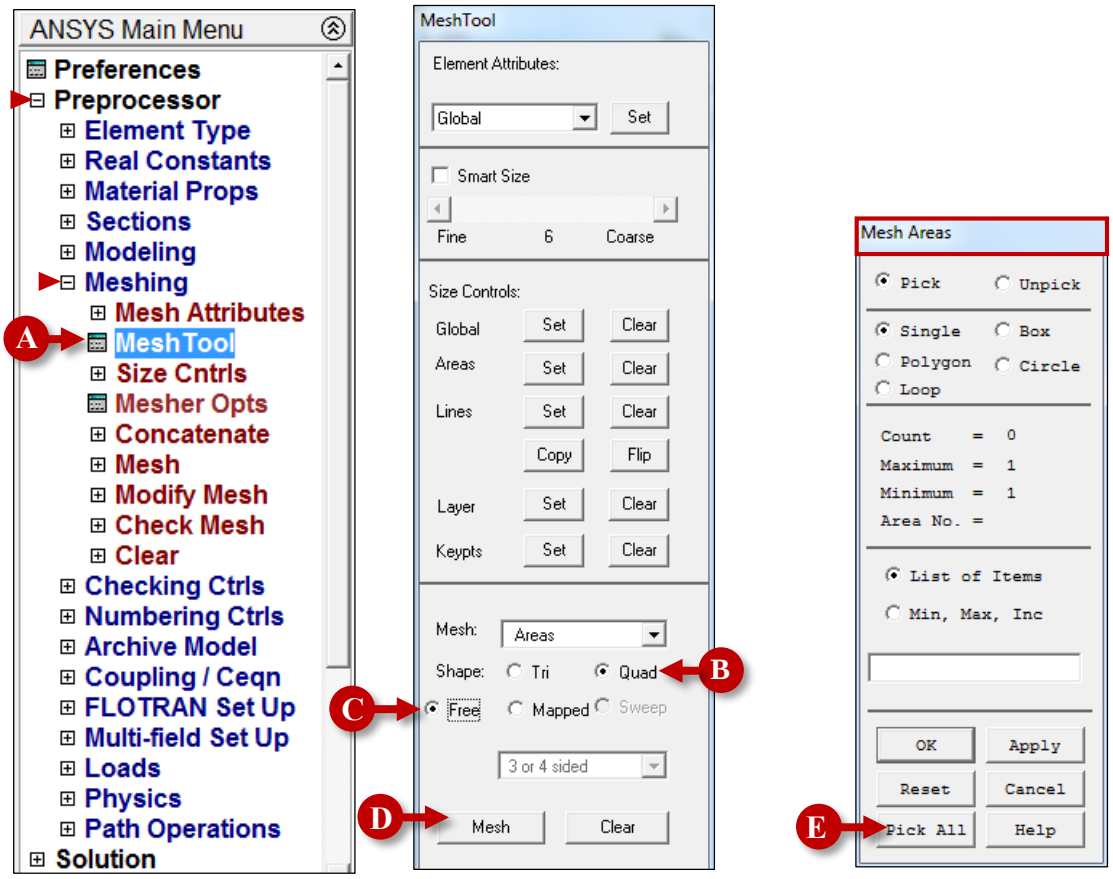
5- Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

1. Lines :**Set >**
   - >(يتم تحديد الضلعين القوسيين في بداية ونهاية القشرية)>
     No. of Element Divisions = **25** (عدد القطع)
     >Apply
   - >(يتم تحديد الضلعين المستقيمين على جانبي القشرية)>
     No. of Element Divisions = **60** (عدد القطع)
     >OK

2. Mesh: Areas: **Quad - Free > Mesh > Pick All**



الشكل (3-41): ضبط إعدادات التقسيم

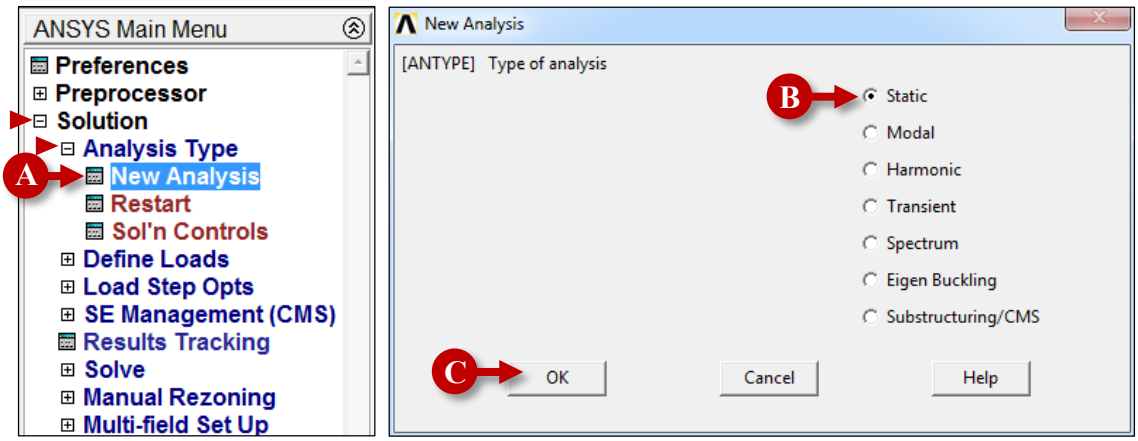


الشكل (3-42): إعطاء أمر التقسيم

6- تحديد نوع التحليل ستاتيكي (Static):

يتم تحديد نوع التحليل باعتباره ستاتيكي (Static) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-43):

6- Solution> Analysis Type> New Analysis Type> Static



الشكل (3-43): تحديد نوع التحليل "ستاتيكي (Static)"

7- تخصيص المساند:

يتم تخصيص الوثاقة في الطرف السفلي من القشرية من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكل (3-44):

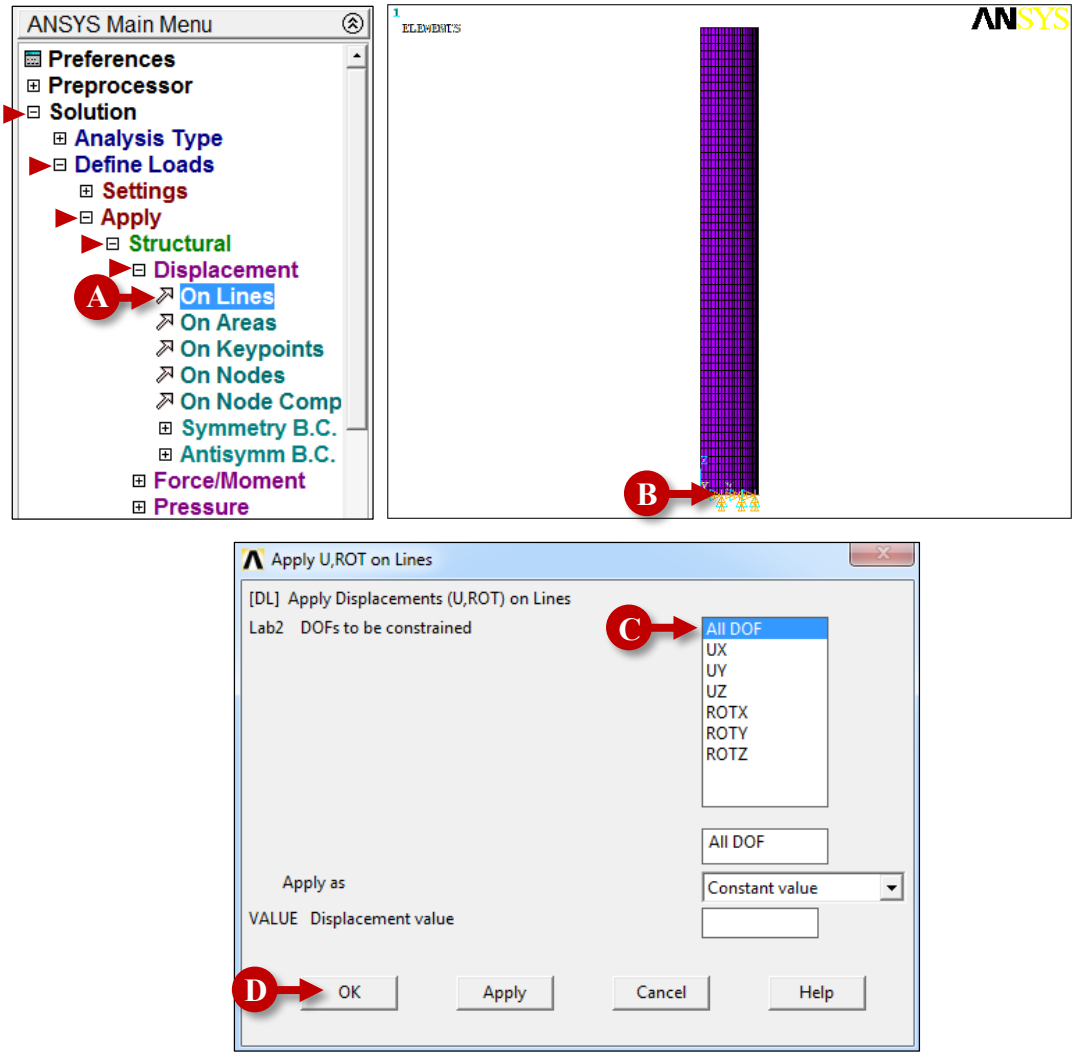
7-1. Bottom View

2. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Lines>

> (يتم تحديد الخط القوسي السفلي)> OK>

>LAB2 DOFs to be Constrained = **All DOF** (تثبيت كافة الانتقالات والدورانات)

> OK



الشكل (3-44): تخصيص الإنتقال في المسند

8- تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام:

يتم تطبيق الحمولة الموزعة على الخط القوسي العلوي من القشرية من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكلين (3-45):

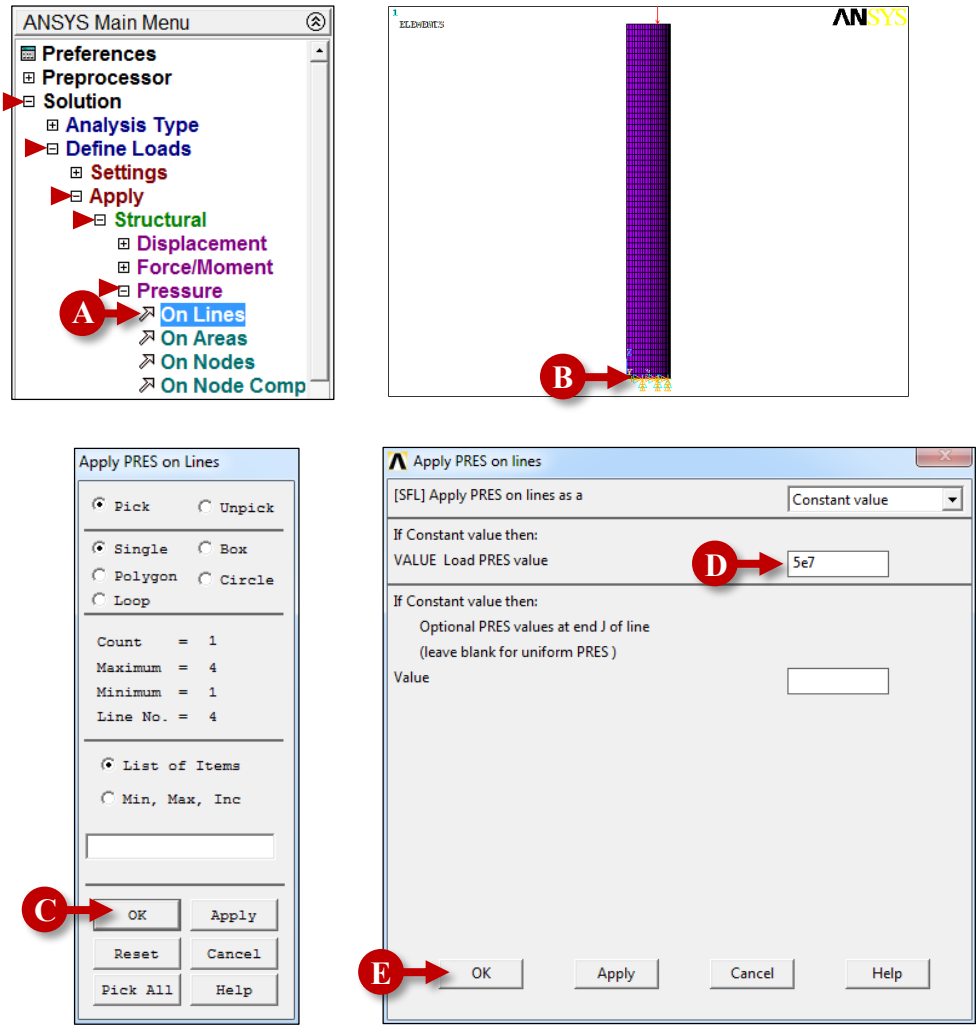
8-1. Plot> Lines

2. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Pressure> On Lines>

>(يتم اختيار الخط القوسي العلوي)> Apply

VALUE Load PRES Value = **5e7** (N/m.L) (قيمة الحمولة الموزعة في بداية الخط)

> OK



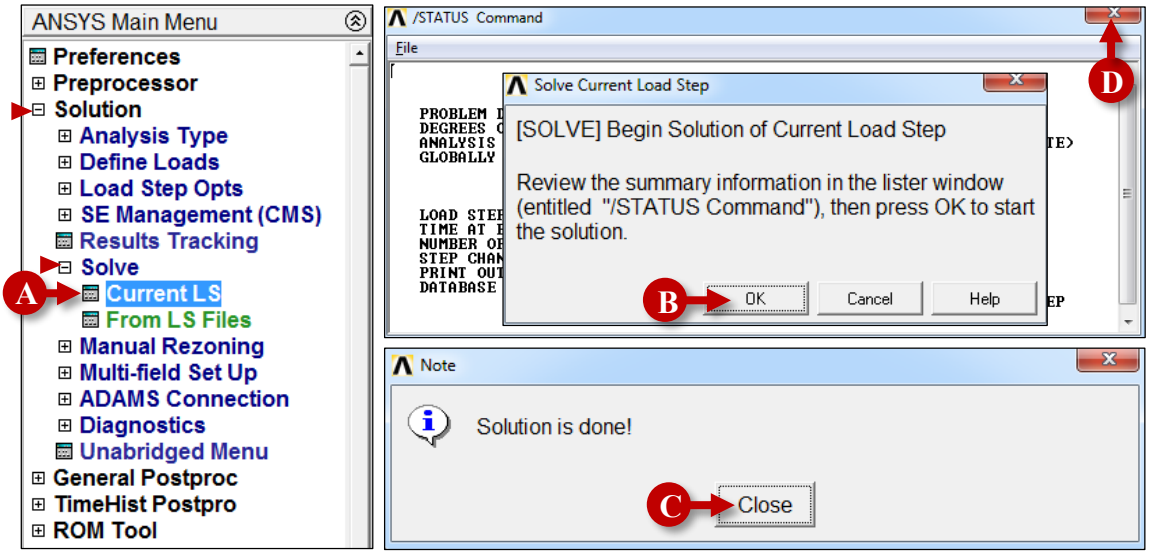
الشكل (3-45): تطبيق الحمولة الموزعة بانتظام على الخط القوسي العلوي

9- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر (Solve) الموضح في الشكل (3-46)، وفق المسار التالي:

9- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



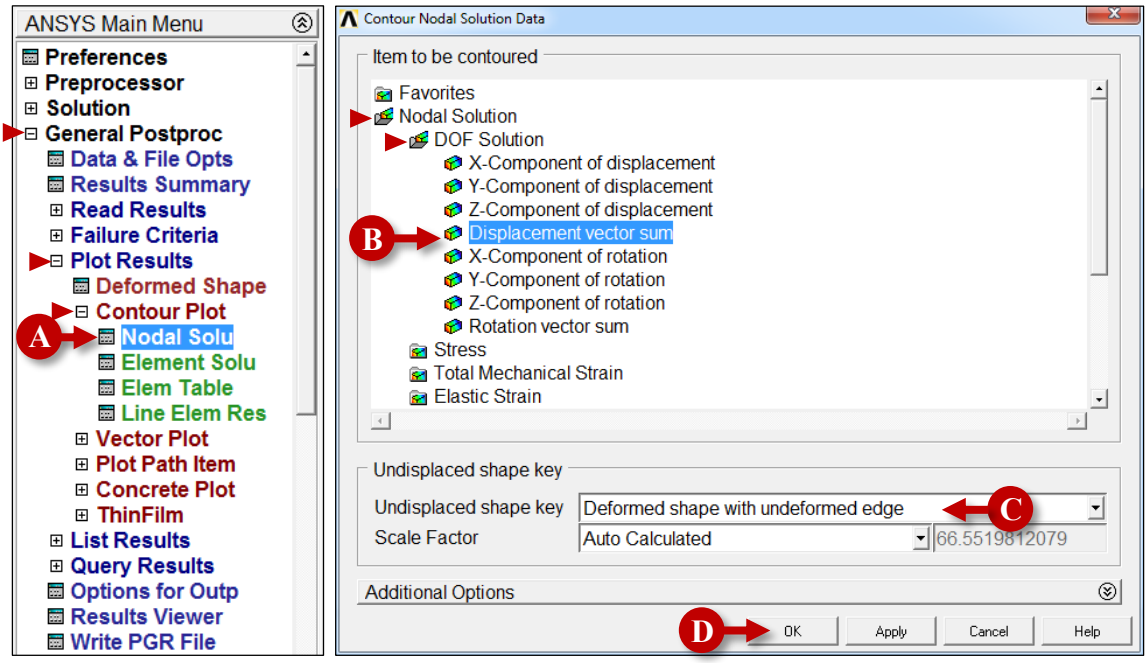
الشكل (3-46): بدء التحليل

10- معاينة النتائج:

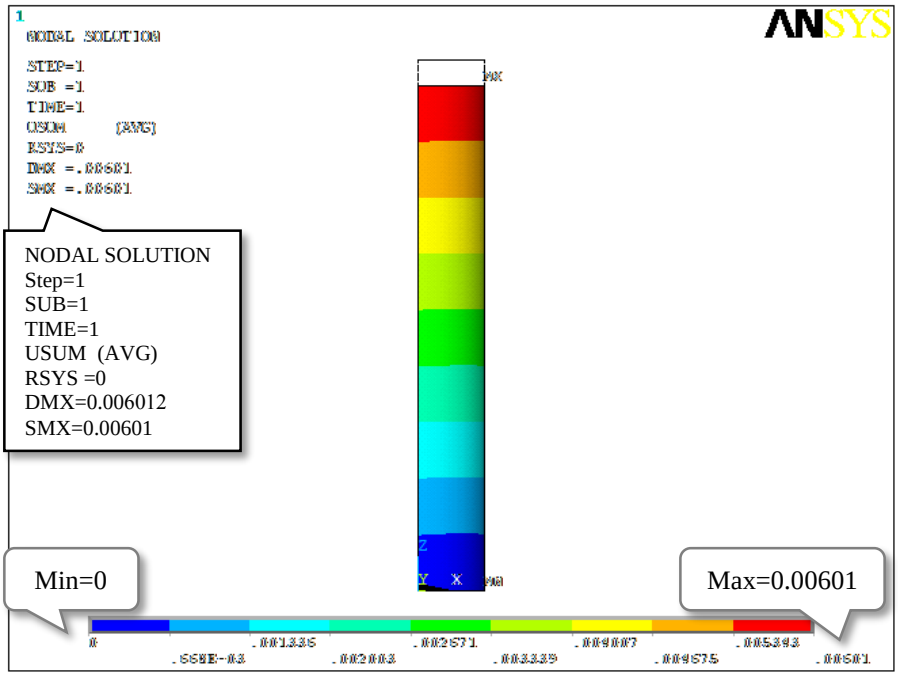
10-1 معاينة الإنتقالات:

تتم معاينة الإنتقالات مع إظهار حواف الشكل غير المشوه، علماً بأن مقياس التكبير تلقائي، وفق المسار التالي و الموضح في الشكلين (3-47) و(3-48):

10-1- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
DOF Solution> Displacement Vector Sum
Undisplaced Shape Key = **Deformed Shape with Undeformed Edge**



الشكل (3-47): تحديد الإنتقالات لمعاينتها



الشكل (3-48): معاينة الإنتقالات

يتم تفعيل االمعاينة الحجمية للقشرية من خلال:

- **PlotCtrls> Style> Size and Shape…>** Display of element= **On**

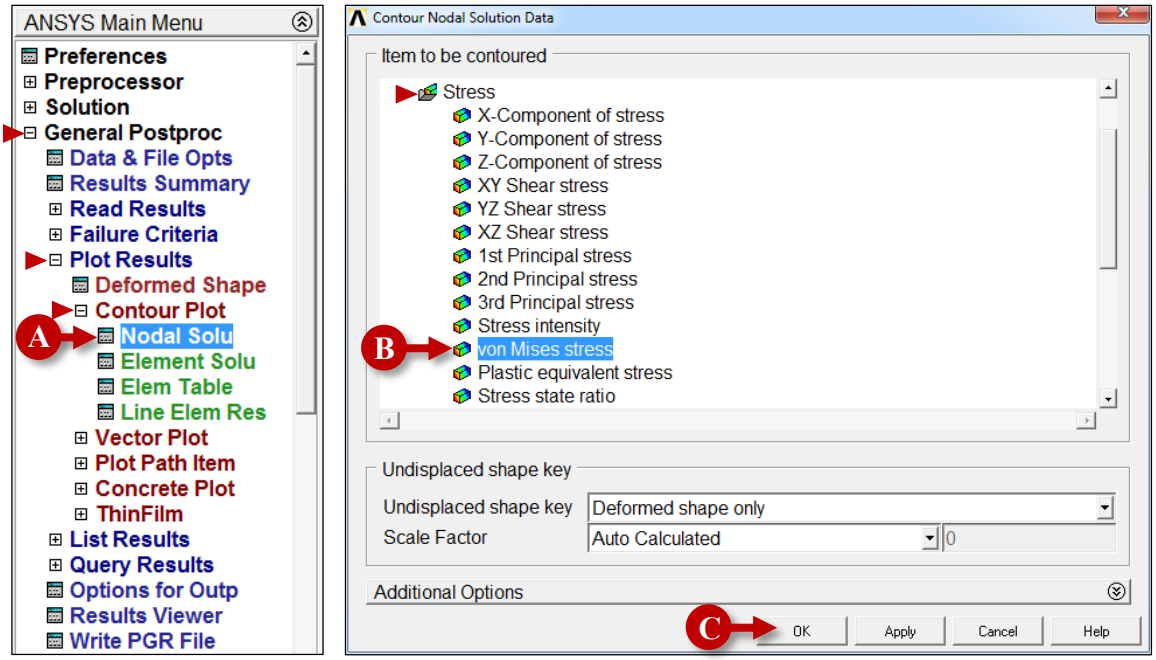
وتتم إلغاء المعاينة الحجمية بنفس الطريقة من خلال:

- **PlotCtrls> Style> Size and Shape…>** Display of element= **Off**

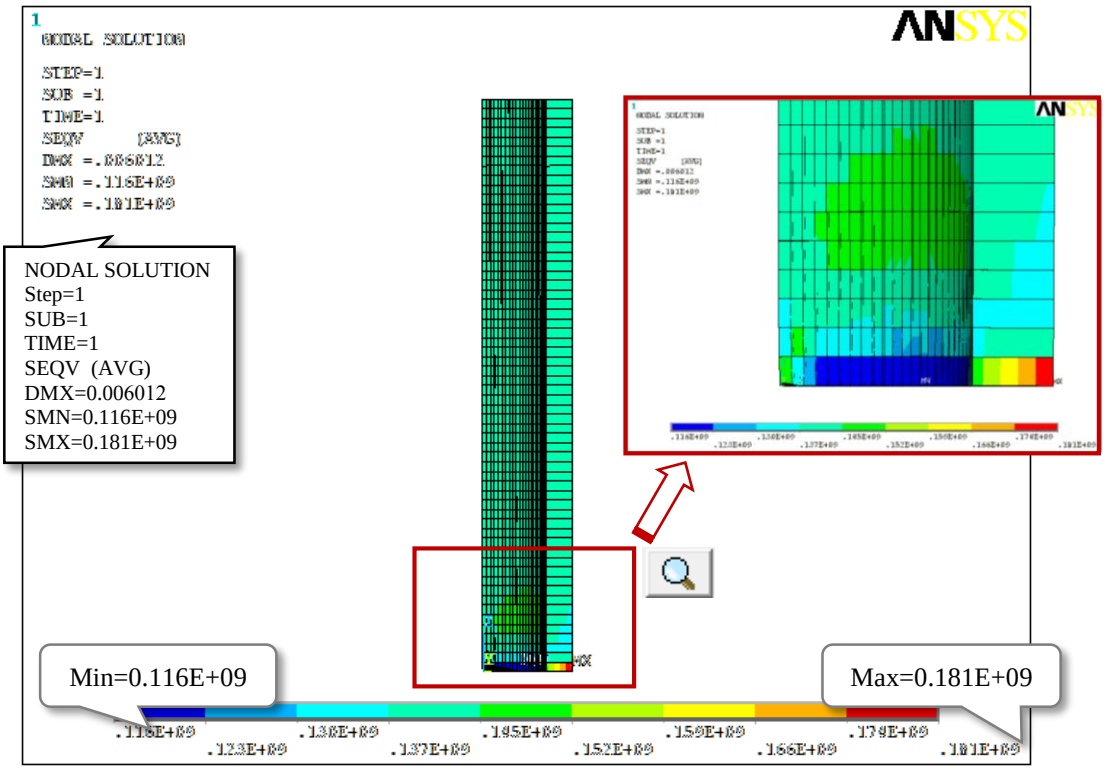
10-2 معاينة مخطط إجهادات (Von Mises):

تتم معاينة مخطط إجهادات (Von Mises) من خلال المسـار التالي و الموضـح في الشـكلين (3-49) و(3-50):

10-2- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
Stress> Von Mises Stress > OK



الشكل (3-49): تحديد إجهادات (Von Mises) لمعاينتها



الشكل (3-50): معاينة مخطط إجهادات (Von Mises)

- **ملاحظة (3):** الهدف من المثال توضـــيح كيفية إدخال مواد ذات مواصـــفات محددة وفق اتجاه الألياف.

نهاية المثال الثاني

3-3 المثال الثالث:

تطبيق حمل حراري على صفيحة مستوية

صفيحة مستوية شاقولية، مؤلفة من صفيحتي فولاذ (St) وألمنيوم (Al)، تم لحام الخط المشترك الواصل بينهما، أبعاد الصفيحة موضحة على الشكل (3-51)، حيث يبلغ طولها (20m) وارتفاعها الكلي (4m) وسماكتها مهملة، وهي مقيدة من طرف واحد وحرَّة من الأطراف الثلاثة الأخرى، وتتعرض لحمل حراري ($\Delta T = 120°C$)، المطلوب إجراء التحليل، ومعاينة الانتقالات الناتجة.

معامل المرونة : $E_{Al} = 69\ GPa$ ، $E_{St} = 200\ GPa$

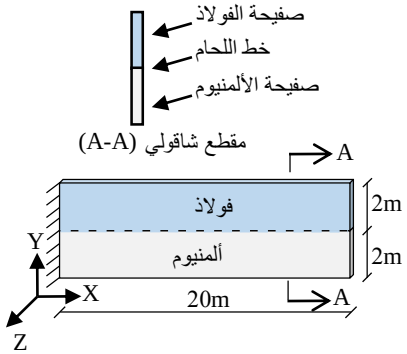
معامل بواسون : $\nu_{Al} = 0.334$ ، $\nu_{St} = 0.303$

معامل التمدد الحراري: $\alpha_{Al} = 22.2 \times 10^{-6}$ ، $\alpha_{St} = 13 \times 10^{-6}$

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

✓ تطبيق الحمل الحراري.

✓ الحصول على القراءات باستخدام طريقة المسارات (Path).



الشكل (3-51): شكل الصفيحة وأبعادها

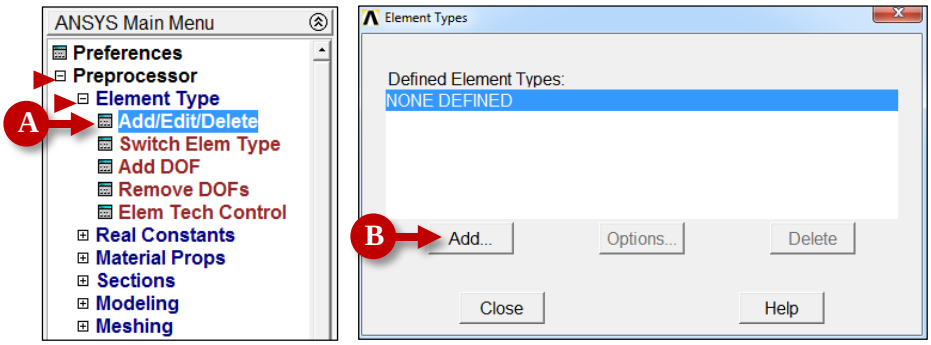
❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد العنصر المستخدم:

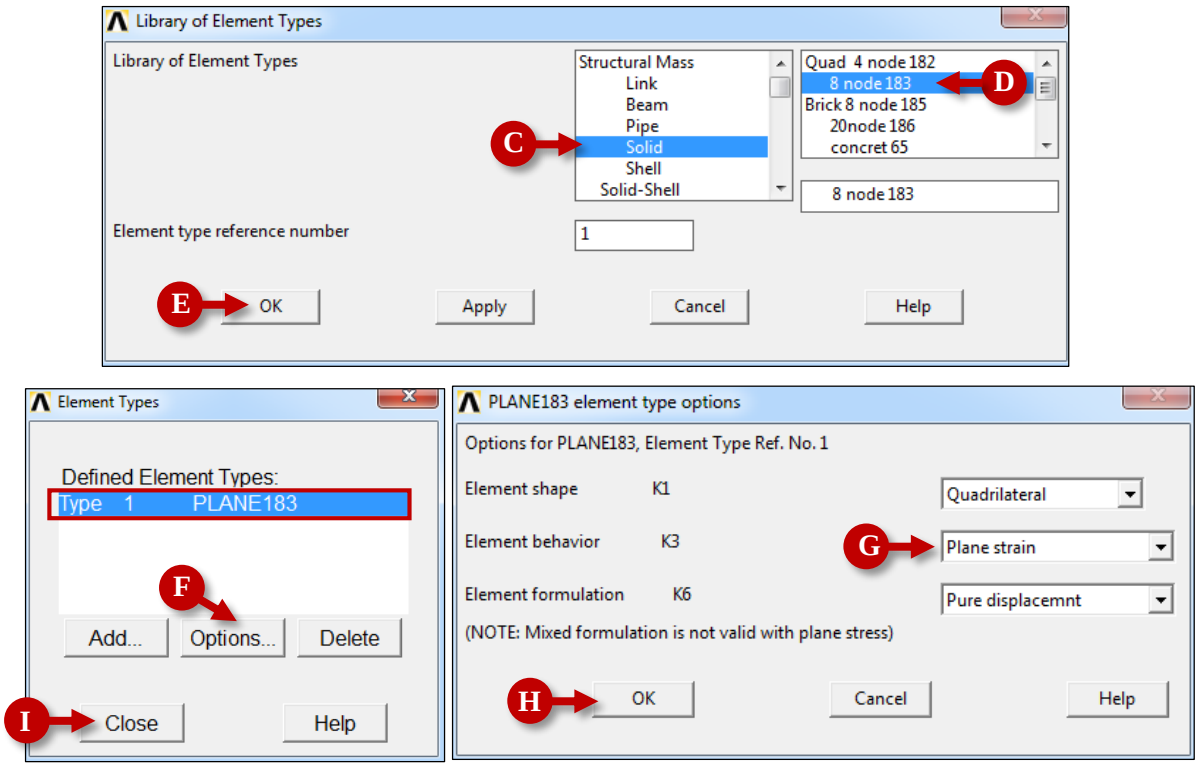
سيتم استخدام العنصر (Plane183)، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-52):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Solid> 8node 183> OK> Options…>

Element Shape	**K1 = Quadrilateral**	(شكل العنصر: رباعي الأضلاع)
Element Behavior	**K3 = Plane Strain**	(سلوك العنصر: تغيرات مستوية)
Element Formulation	**K6 = Pure Displacemnt**	(صيغة العنصر: انتقالات صافية)



الشكل (3-52-a): تحديد العنصر المستخدم



الشكل (3-52-b): تحديد العنصر المستخدم

2- تعريف خصائص المادة المستخدمة:

يتم تعريف خصائص المادة المستخدمة والتي هي (α ، ν، E) من خلال المسار التالي والموضح في الأشكال (3-53) و(3-54) و(3-55):

2- Preprocessor> Material props> Material models>

1. **Material model Number1> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

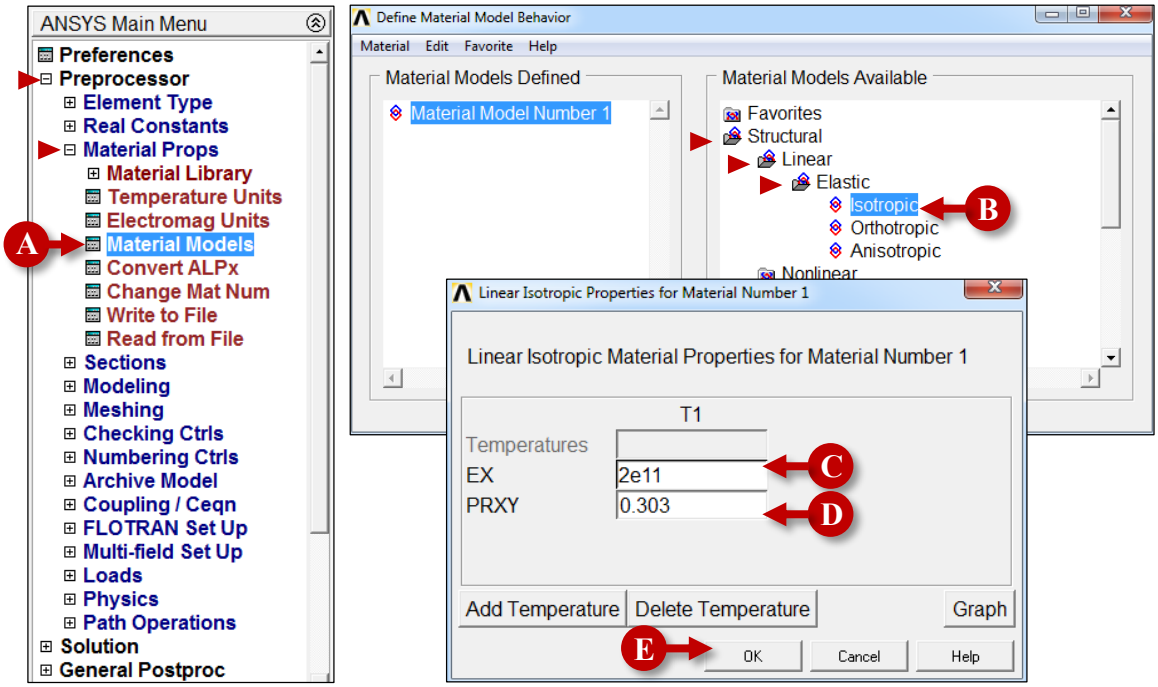
EX = **2e11** (N/m^2) (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.303** (معامل بواسون للفولاذ)

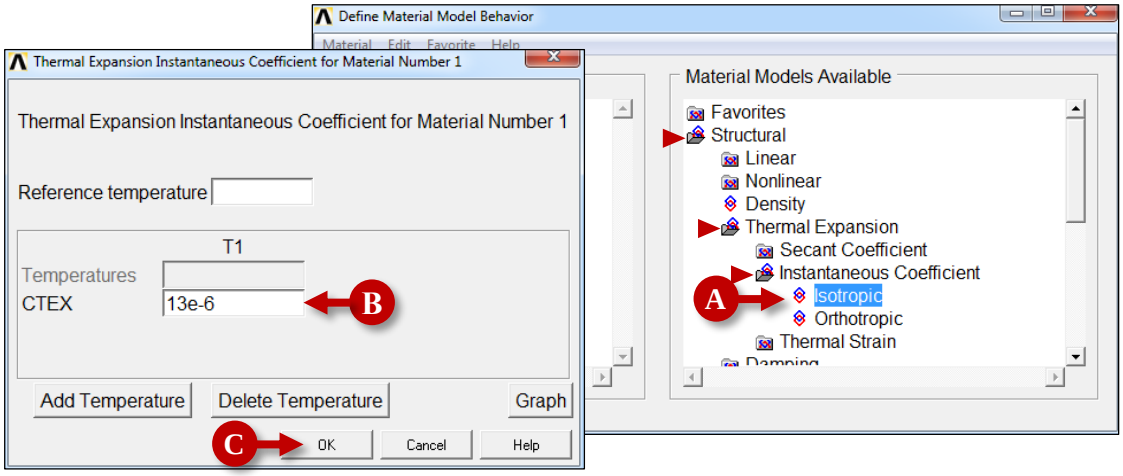
2. **Thermal Expansion> Instantaneous Coefficient> Isotropic**

CTEX = **13e-6** (معامل التمدد الحراري للفولاذ)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (3-53): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون لمادة الفولاذ المستخدمة



الشكل (3-54): تعريف معامل التمدد الحراري لمادة الفولاذ المستخدمة

3. **Material> New Material> OK**

4. **Material model Number2> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

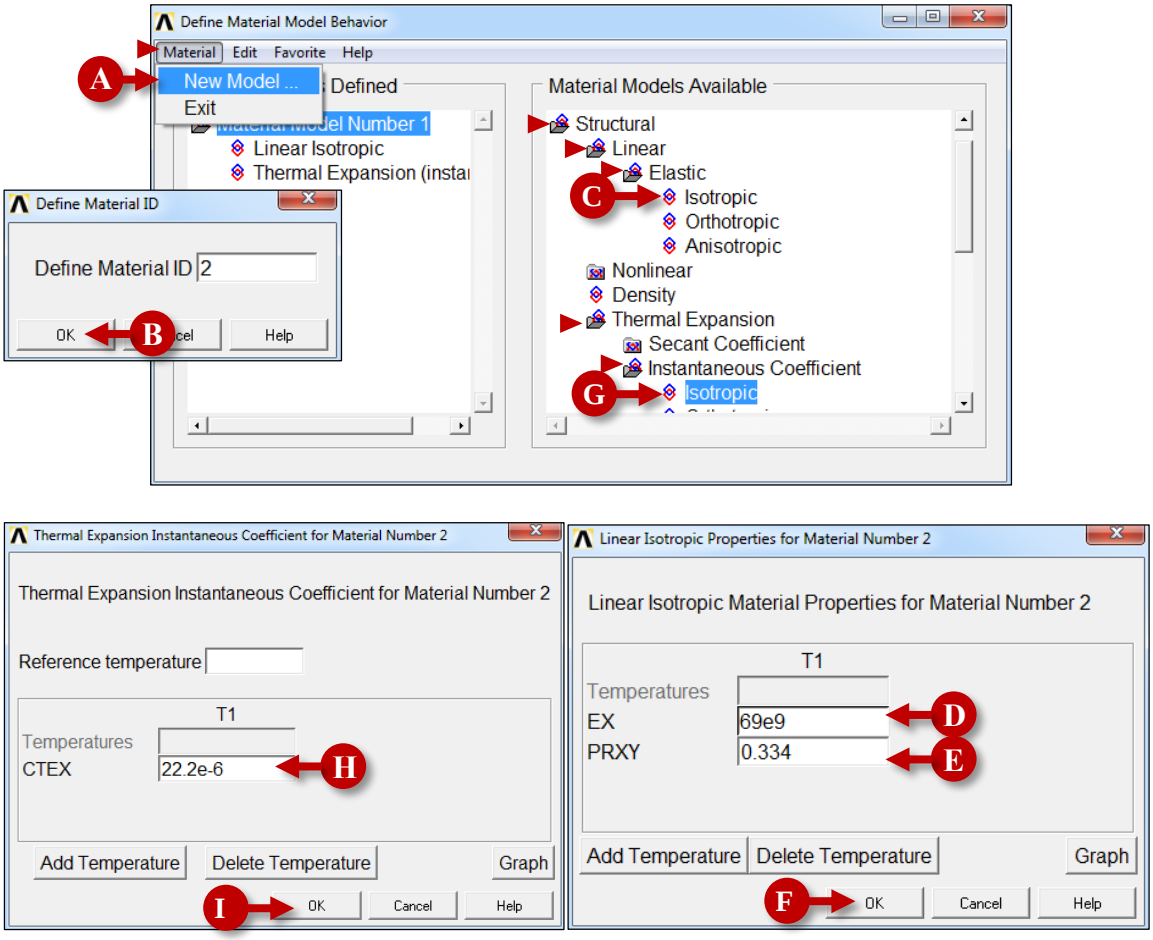
EX = **69e9** (N/m^2) (معامل مرونة الألمنيوم)

PRXY = **0.334** (معامل بواسون للألمنيوم)

5. **Material model Number2> Thermal Expansion> Instantaneous Coefficient > Isotropic**

CTEX = **22.2e-6** (معامل التمدد الحراري للألمنيوم)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (3-55): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون و معامل التمدد الحراري لمادة الألمنيوم المستخدمة

3- رسم صفيحتي الفولاذ والألمنيوم:

يتم رسم صفيحتي الفولاذ والألمنيوم من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-56):

3- Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Rectangle> By Dimensions>

X1, X2 X-Coordinates = **0 , 20** (طول الصفيحة الفولاذي)

Y1, Y2 Y-Coordinates = **0 , 2** (ارتفاع مقطع الصفيحة الفولاذي)

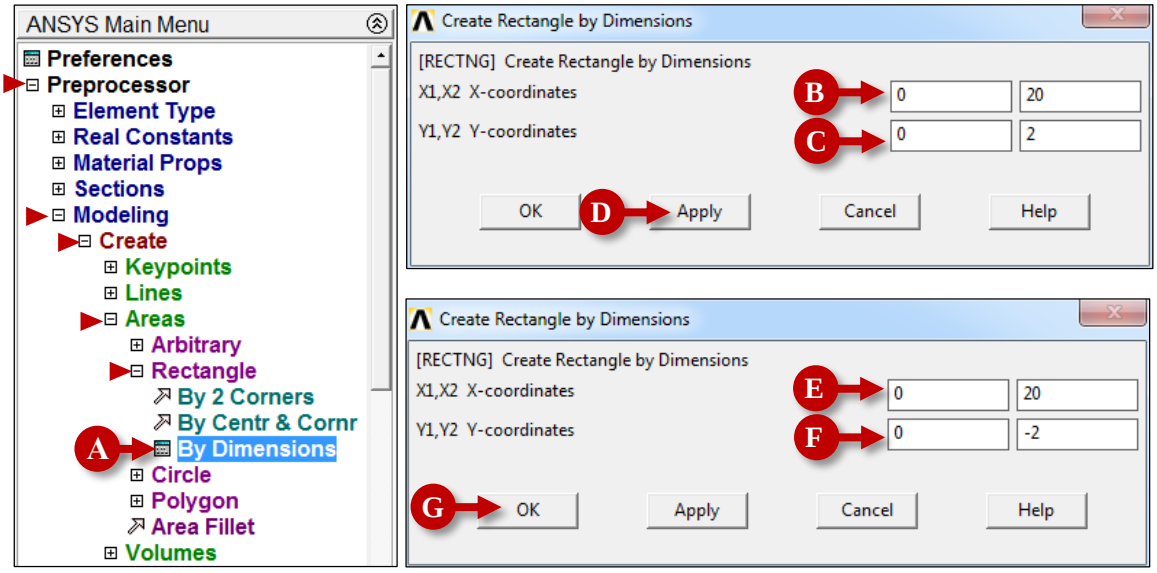
> Apply

X1, X2 X-Coordinates = **0 , 20** (طول صفيحة الألمنيوم)

Y1, Y2 Y-Coordinates = **0 , -2** (ارتفاع مقطع صفيحة الألمنيوم)

> OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

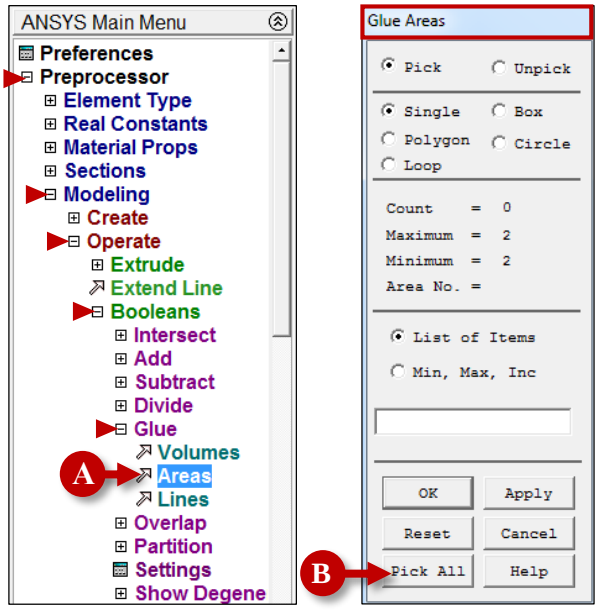


الشكل (3-56): رسم صفيحتي الفولاذ والألمنيوم

4- لصق صفيحتي الفولاذ والألمنيوم:

يتم لصق صفيحتي الفولاذ والألمنيوم من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-57):

4- Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Glue> Areas> Pick All



الشكل (3-57): لصق صفيحتي الفولاذ والألمنيوم

5- تقسيم الصفيحة:

قبل إعطاء أمر التقسيم يجب تحديد المواد الافتراضية للمساحة العلوية والتي تمثل الصفيحة الفولاذي، والمواد الافتراضية للمساحة السفلية والتي تمثل صفيحة الألمنيوم، وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-58) و(3-59):

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

5-1. Preprocessor> Modeling> Create> Elements> Elem Attributes>

[TYPE] = **Plane183** (تحديد نوع المادة في حال وجود أكثر من نوع)

[MAT] = **1** (تحديد الرقم 1 من خصائص المواد والتابع لمادة الفولاذ كافتراضي)

2. Preprocessor> Meshing> Mesh Tools> Smart Size> Fine = 3 > Mesh

> (يتم تحديد المساحة العلوية ذات الرقم 1) **> OK**

3. Plot> Areas

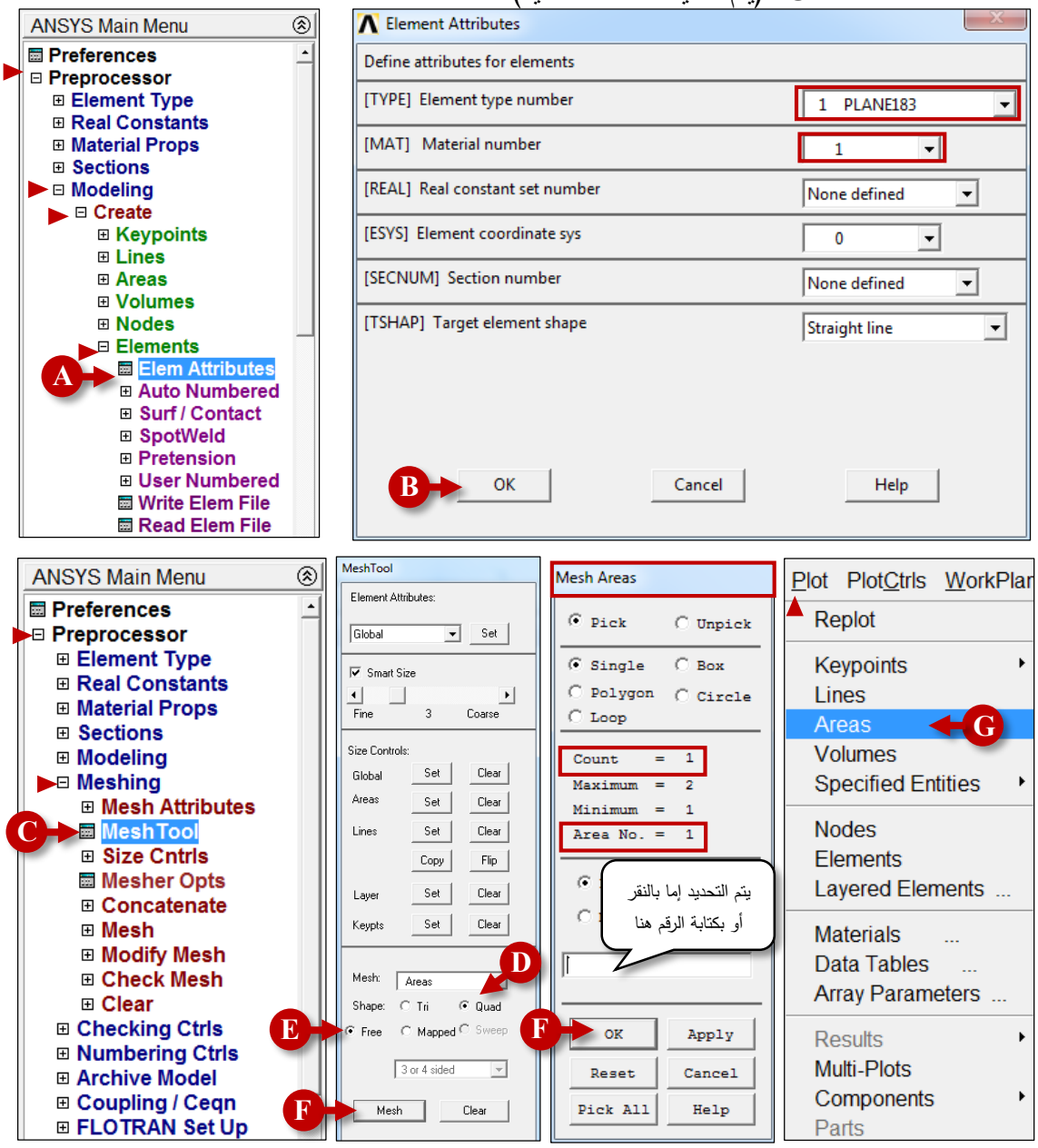
4. Preprocessor> Modeling>Create> Elements> Elem Attributes>

[TYPE] = **Plane183** (تحديد نوع المادة في حال وجود أكثر من نوع)

[MAT] = **2** (تحديد الرقم 2 من خصائص المواد والتابع لمادة الألمنيوم كافتراضي)

5. Preprocessor> Meshing> Mesh Tools> Smart Size> Fine =3 >Mesh

> (يتم تحديد المساحة السفلية) **> OK**

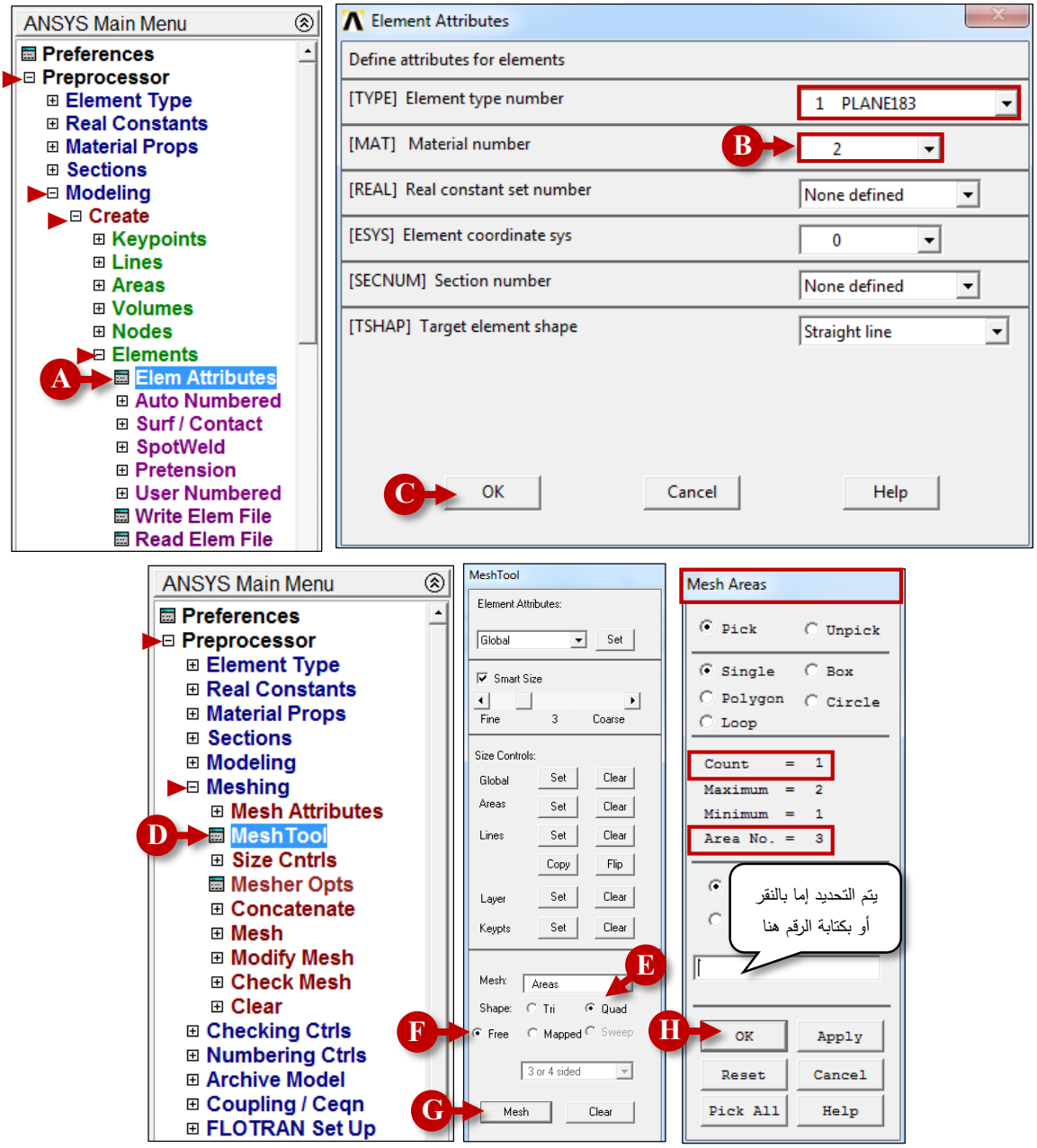


الشكل (3-58): تقسيم الصفيحة الفولاذية (العلوية)

ملاحظة:

كان من الممكن أيضاً أن يتم تحديد المواد الإفتراضية بطريقة أخرى من خلال المسار:

(Preprocessor>Meshing> Mesh Tools> Element Attributes: **Global: set)**

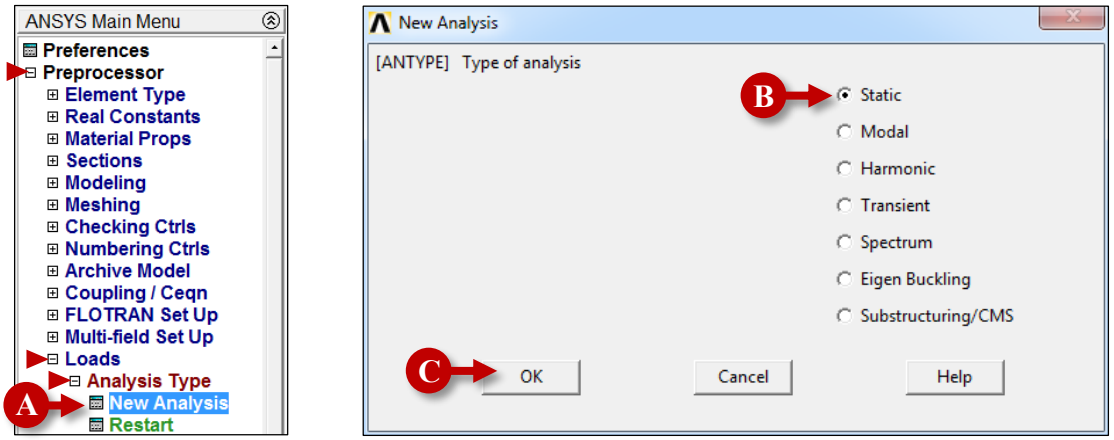


الشكل (3-59): تقسيم صفيحة الألمنيوم (السفلية)

6- تحديد نوع التحليل ستاتيكي (Static):

يتم تحديد نوع التحليل باعتباره ستاتيكي (Static) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-60):

6- Preprocessor> Load> Analysis Type> New Analysis Type> Static > OK



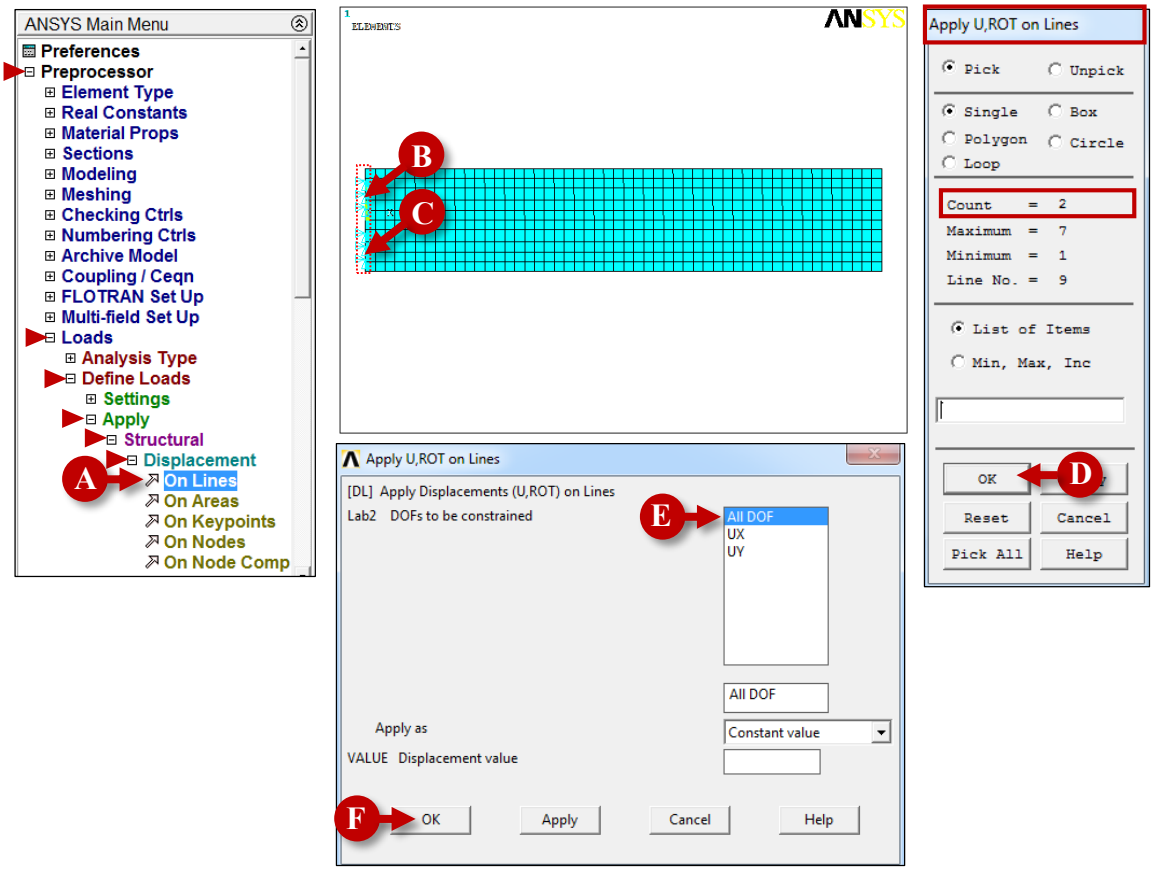
الشكل (3-60): تحديد نوع التحليل "ستاتيكي (Static)"

7- تخصيص الوثاقة:

يتم تخصيص الوثاقة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-61):

7- Preprocessor> Load> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> > On Lines >

> (يتم اختيار الخطين الشاقوليين في طرف الوثاقة)> **All DOF**> OK



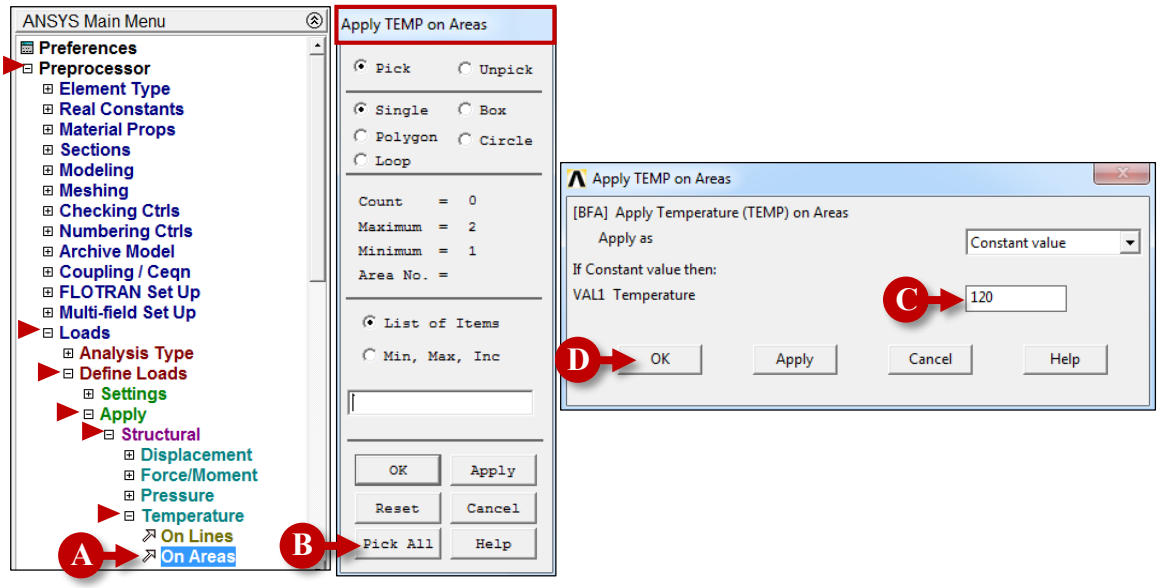
الشكل (3-61): تخصيص الوثاقة

8- تطبيق الحمل الحراري:

يتم تطبيق الحمل الحراري من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-62):

8- Preprocessor> Load> Define Loads> Apply> Structural> Temperature>
> On Areas> Pick All

VAL1 Temperature = **120** (الفرق الحراري)

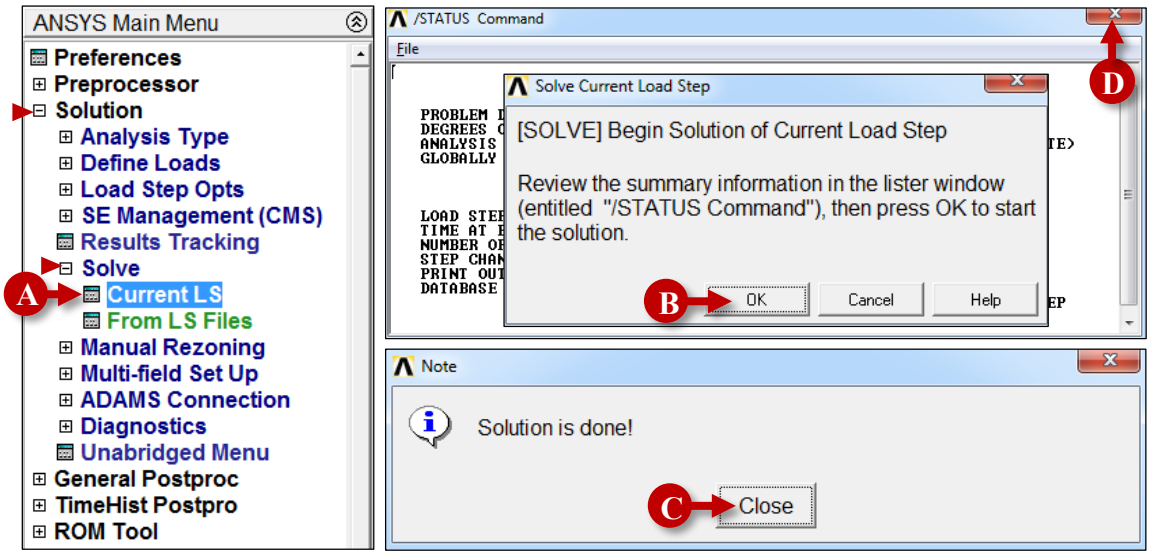


الشكل (3-62): تطبيق الحمل الحراري

9- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر (Solve) الموضح في الشكل (3-63)، وفق المسار التالي:

9- Solution> Solve> Current LS> OK> Close



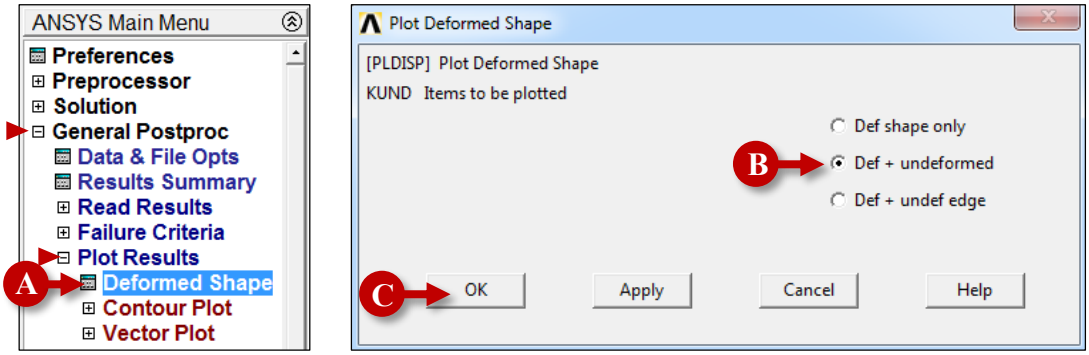
الشكل (3-63): بدء التحليل

10- معاينة النتائج:

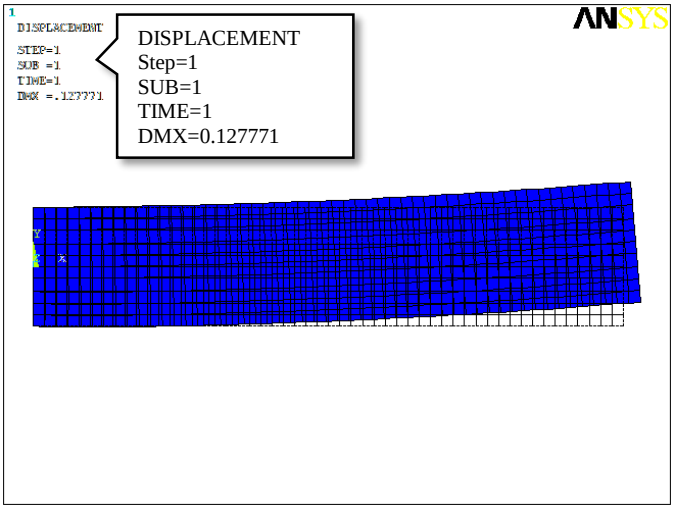
10-1 معاينة الشكل المتشوه:

تتم معاينة التشوه الناتج من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (3-64) و(3-65):

10- 1- General Postproc> Plot Results> Deformed Shape> Def + undeformed> OK



الشكل (3-64): تحديد الشكل المتشوه وخطوط الشبكة في الشكل الأصلي

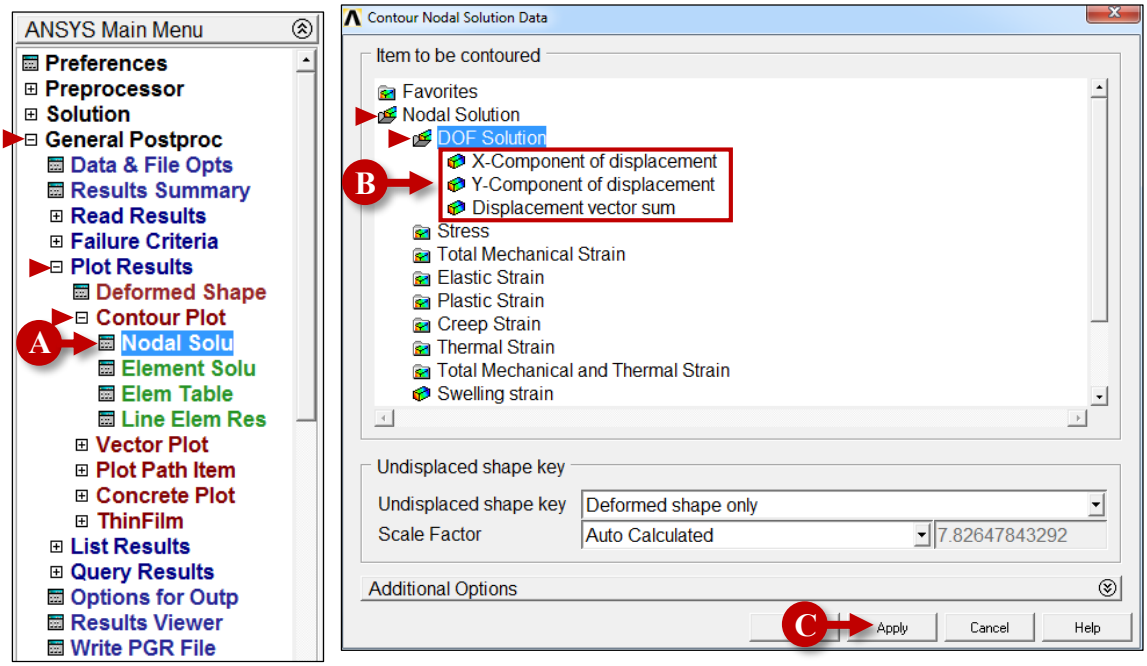


الشكل (3-65): معاينة الشكل المتشوه

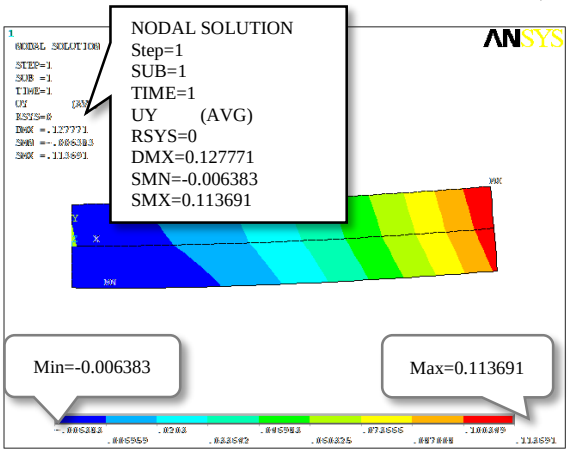
10-2 معاينة الإنتقالات:

تتم معاينة الإنتقالات من خلال المسار التالي والموضح في الأشكال (3-66) و(3-67) و(3-68) و(3-69):

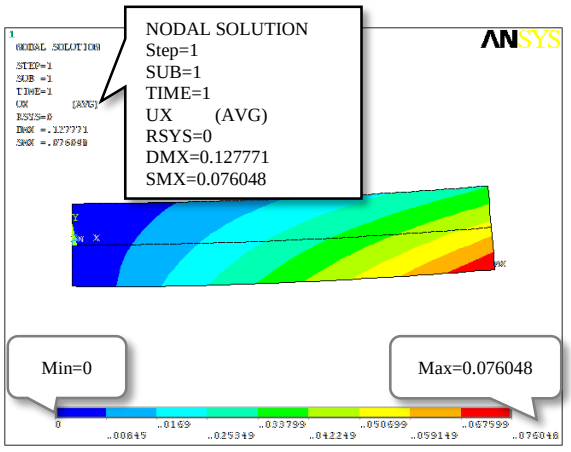
10-2- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu> DOF Solution
> X-Component of Displacement> Apply
> Y-Component of Displacement> Apply
> Displacement Vector Sum > OK



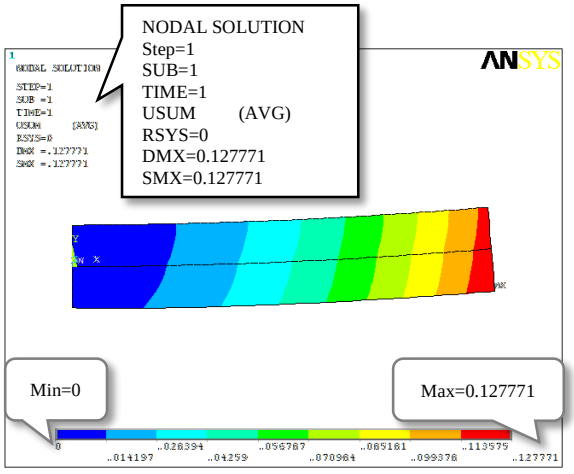
الشكل (3-66): تحديد الإنتقالات لمعاينتها



الشكل (3-68): مخطط الإنتقالات بالاتجاه (Y)



الشكل (3-67): مخطط الإنتقالات بالاتجاه (X)

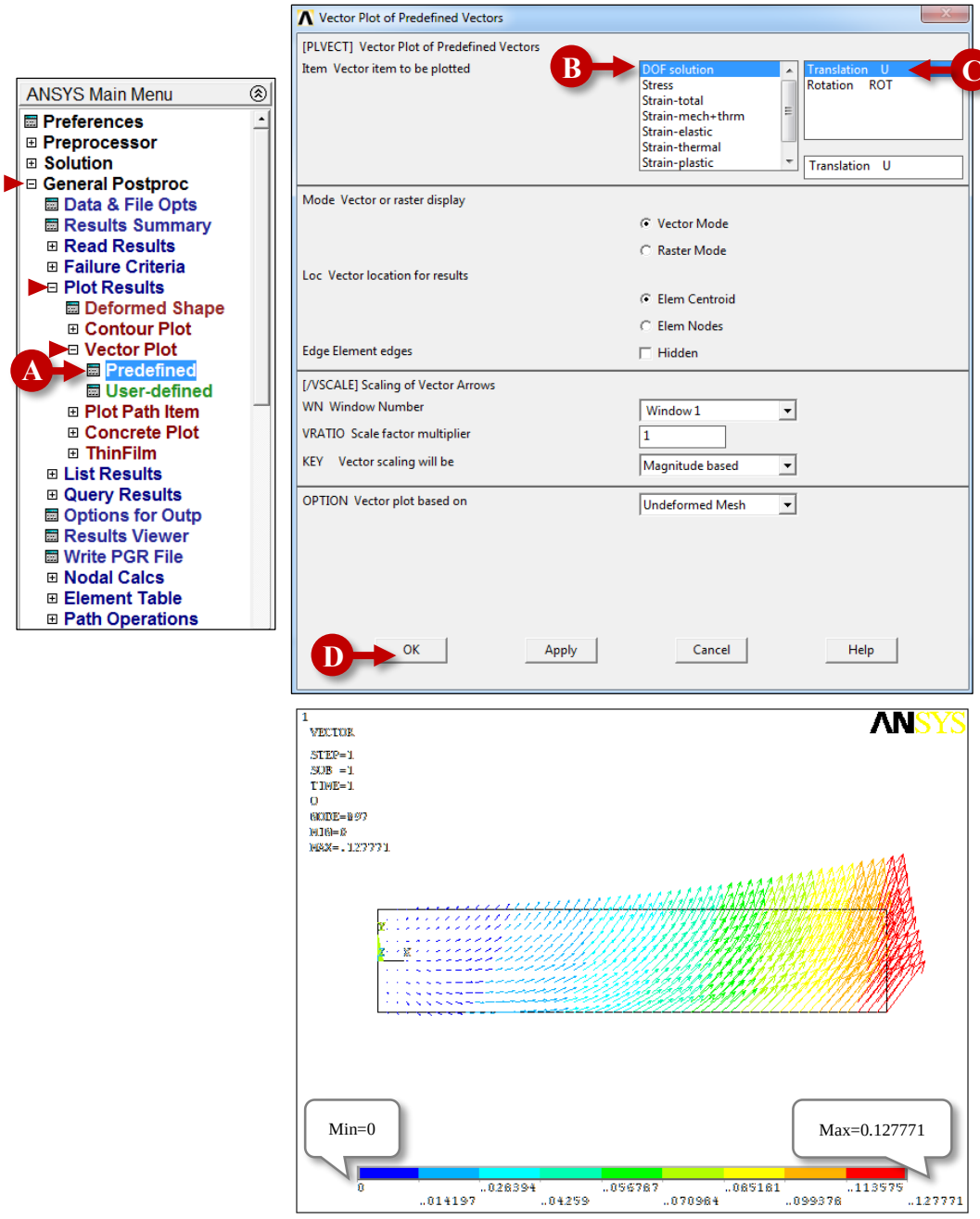


الشكل (3-69): مخطط محصلة الإنتقالات

3-10 معاينة المخرجات بشكل أشعة:

تتم معاينة المخرجات بشكل أشعة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-70):

10-3- General Postproc> Plot Results> Vector Plot> Predefined> OK



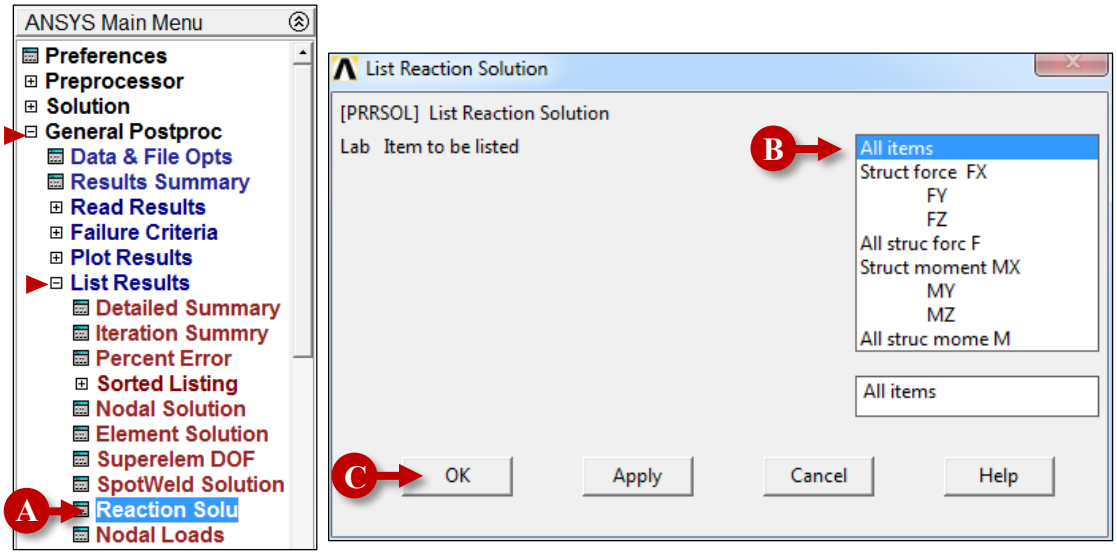
الشكل (3-70): عرض المخرجات بشكل أشعة

4-10 معاينة ردود الأفعال عند الوثاقة:

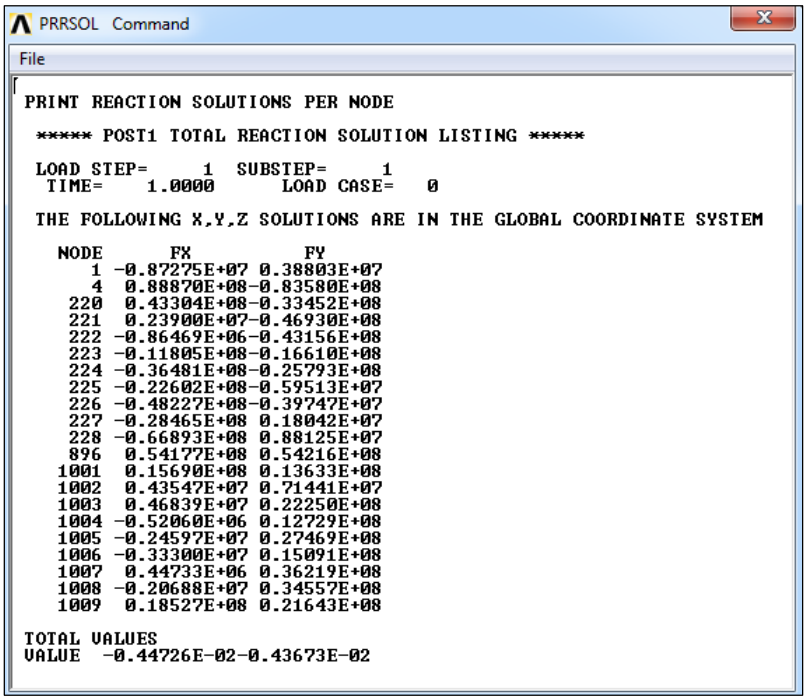
تتم معاينة ردود الأفعال عند الوثاقة من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (3-71) و(3-72):

10-4- General Postproc> List Results> Reaction Solu> All Items> OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (3-71): تحديد ردود الأفعال في المساند بهدف معاينتها



الشكل (3-72): معاينة ردود الأفعال

5-10 معاينة المخرجات باستخدام المسارات:

لمعاينة المخرجات باستخدام المسارات:

1) يتم أولاً تعريف المسار من خلال الخطوات التالية والموضحة في الشكل (3-73):

10-5-1. General Postproc> Path Operations> Define Path> By Location>

Define Path Name = **p1** (تعريف اسم المسار)

Number of Points = **2** (عدد النقاط)

Number of Data Sets = **40** (عدد البيانات)

Number of Divisions = **40** (عدد التقسيمات)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

>OK>

Path Point Number = **1** (رقم نقطة المسار)

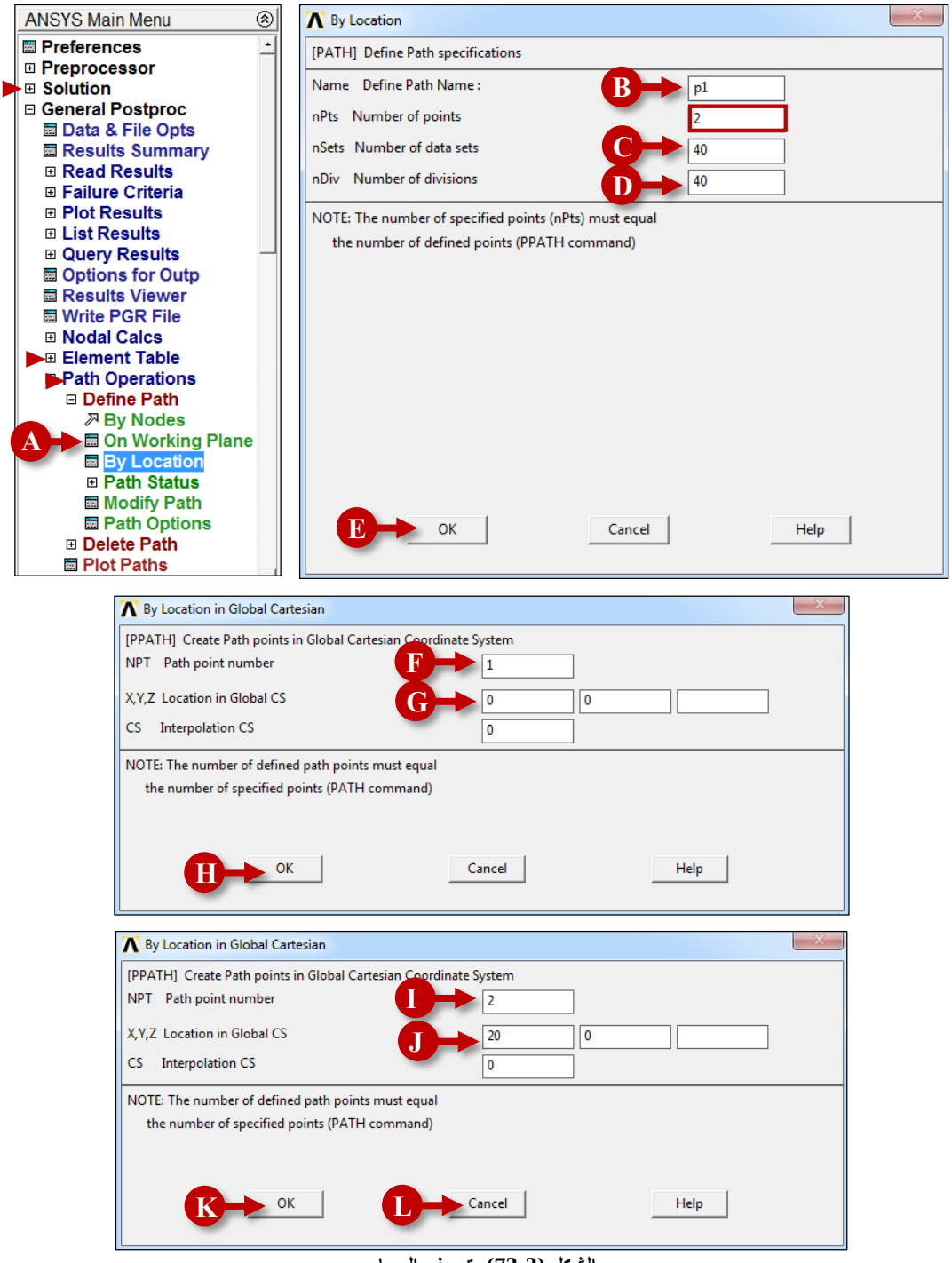
X,Y,Z Location in Global CS = **0, 0, 0** (إحداثيات نقطة المسار)

>OK>

Path Point Number =**2** (رقم نقطة المسار)

X,Y,Z Location in Global CS = **20, 0, 0** (إحداثيات نقطة المسار)

>OK> Cancel

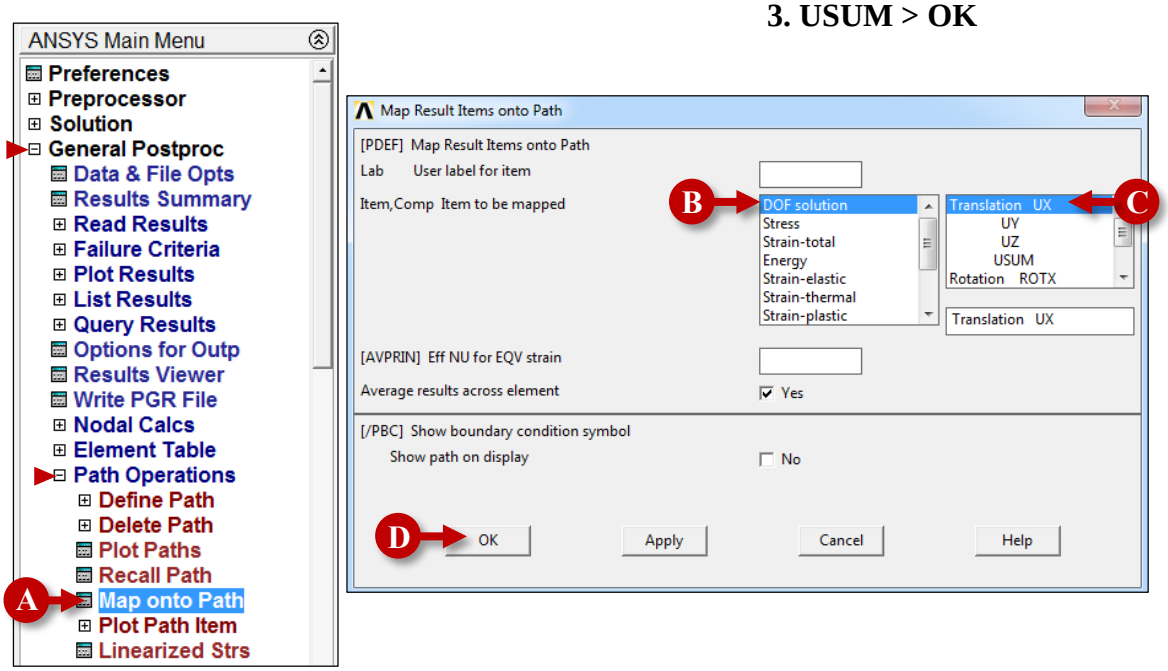


الشكل (3-73): تعريف المسار

2) ثم يتم تعريف المخرجات المطلوب معاينتها على المسار من خلال الخطوة التالية والموضحة في الشكل (3-74):

2. General Postproc> Path Operations> Map onto Path>

1. UX > Apply
2. UY > Apply
3. USUM > OK

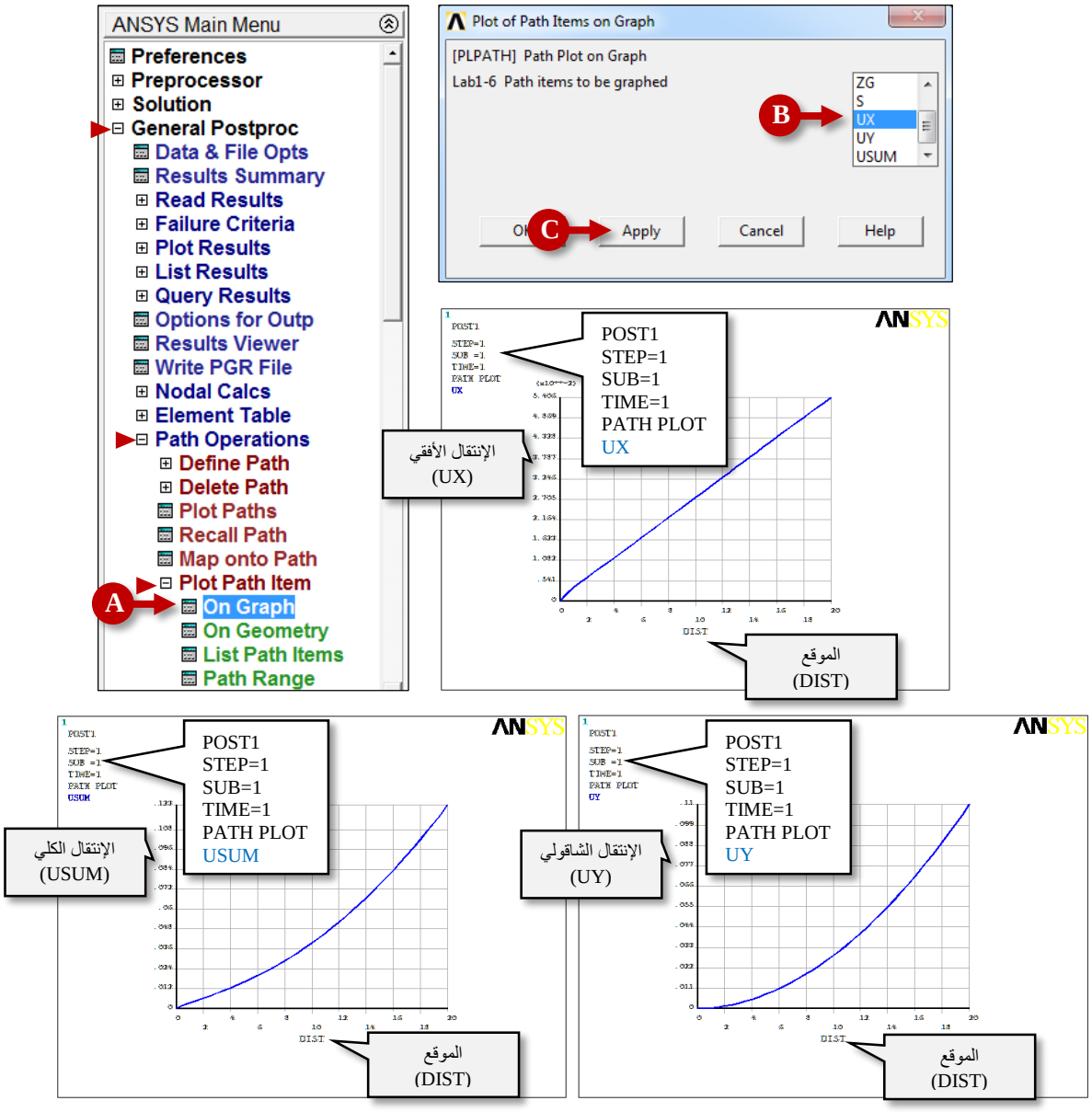


الشكل (3-74): تعريف المخرجات المطلوب معاينتها على المسار

3) وبعد ذلك يتم اختيار المخرجات المطلوب معاينتها على المسار من خلال الخطوة التالية والموضحة في الشكل (3-75):

3. General Postproc> Path Operations> Plot Path Item> On Graph>

1. UX > Apply
2. UY > Apply
3. USUM > OK



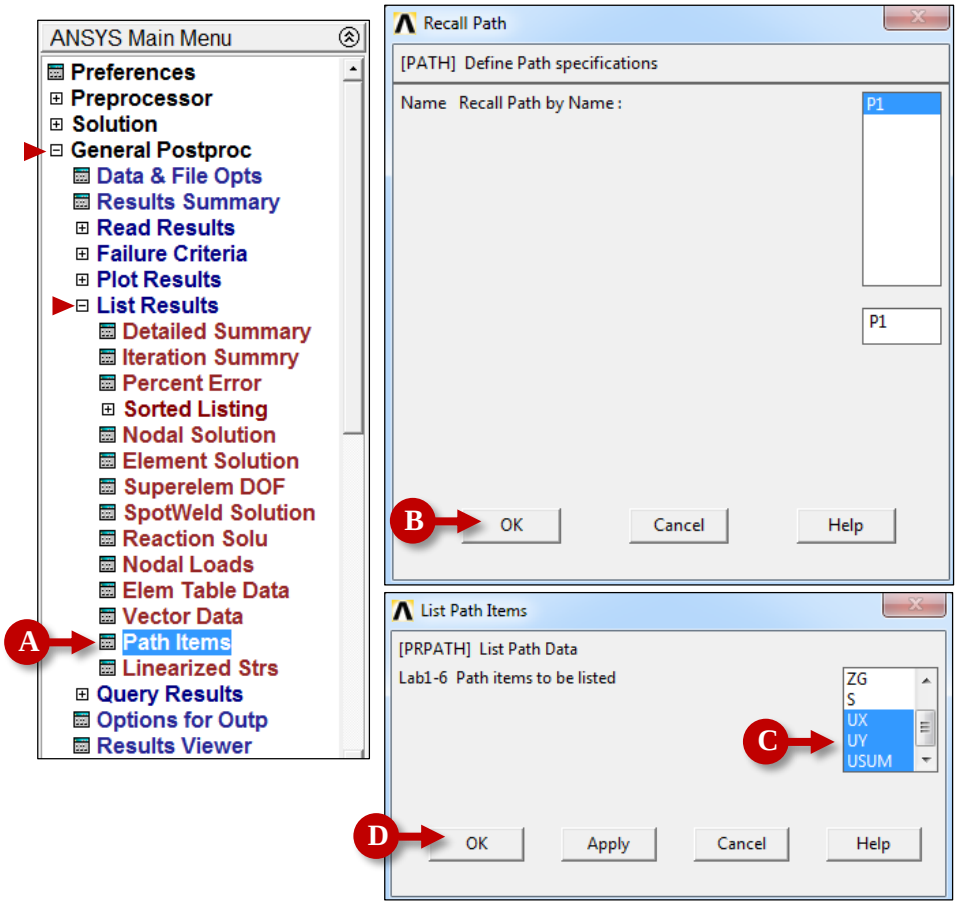
الشكل (3-75): معاينة مخططات الإنتقالات من خلال "المسارات"

من الملاحظ بأنه بسبب فرق بين عامل التمدد الحراري لكل من صفيحتي الفولاذ والألمنيوم فإن المسقط الشاقولي (UY) للإنتقال الكلي يتزايد بشكل منحني، بينما المسقط الأفقي (UX) للإنتقال الكلي يتزايد بشكل خطي، وبالتالي فإن المحصلة الكلية للإنتقالات تتزايد بشكل منحني كما هو موضح في الأشكال السابقة.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

4) لمعاينة مخرجات المسارات بشكل رقمي من خلال الخطوة التالية والموضحة في الشكلين (3-76) و(3-77):

4. General Postproc> List Results> Path Item> OK> UX, UY, USUM> OK



الشكل (3-76): تحديد المسار والمخرجات المطلوب معاينتها بشكل رقمياً

PRPATH Command

File

PRINT ALONG PATH DEFINED BY LPATH COMMAND. DSYS= 0

***** PATH VARIABLE SUMMARY *****

S	UX	UY	USUM
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.50000	0.18948E-02	-0.14411E-03	0.19002E-02
1.0000	0.35440E-02	0.71737E-04	0.35448E-02
1.5000	0.49807E-02	0.51052E-03	0.50068E-02
2.0000	0.63053E-02	0.11094E-02	0.64021E-02
2.5000	0.75907E-02	0.18445E-02	0.78116E-02
3.0000	0.88734E-02	0.27087E-02	0.92776E-02
3.5000	0.10167E-01	0.37001E-02	0.10820E-01
4.0000	0.11475E-01	0.48190E-02	0.12446E-01
4.5000	0.12794E-01	0.60662E-02	0.14159E-01
5.0000	0.14122E-01	0.74428E-02	0.15963E-01
5.5000	0.15456E-01	0.89497E-02	0.17860E-01
6.0000	0.16793E-01	0.10588E-01	0.19852E-01
6.5000	0.18132E-01	0.12357E-01	0.21943E-01
7.0000	0.19472E-01	0.14259E-01	0.24135E-01
7.5000	0.20814E-01	0.16293E-01	0.26433E-01
8.0000	0.22155E-01	0.18460E-01	0.28838E-01
8.5000	0.23497E-01	0.20760E-01	0.31354E-01
9.0000	0.24838E-01	0.23192E-01	0.33982E-01
9.5000	0.26180E-01	0.25756E-01	0.36726E-01
10.000	0.27522E-01	0.28454E-01	0.39586E-01
10.500	0.28863E-01	0.31284E-01	0.42565E-01
11.000	0.30205E-01	0.34247E-01	0.45664E-01
11.500	0.31547E-01	0.37343E-01	0.48884E-01
12.000	0.32888E-01	0.40571E-01	0.52227E-01
12.500	0.34230E-01	0.43933E-01	0.55693E-01
13.000	0.35571E-01	0.47426E-01	0.59284E-01
13.500	0.36913E-01	0.51053E-01	0.63000E-01
14.000	0.38254E-01	0.54812E-01	0.66841E-01
14.500	0.39594E-01	0.58703E-01	0.70808E-01
15.000	0.40934E-01	0.62727E-01	0.74902E-01
15.500	0.42272E-01	0.66883E-01	0.79122E-01
16.000	0.43608E-01	0.71170E-01	0.83467E-01
16.500	0.44940E-01	0.75587E-01	0.87937E-01
17.000	0.46266E-01	0.80133E-01	0.92530E-01
17.500	0.47584E-01	0.84804E-01	0.97242E-01
18.000	0.48891E-01	0.89594E-01	0.10207
18.500	0.50185E-01	0.94497E-01	0.10700
19.000	0.51466E-01	0.99506E-01	0.11203
19.500	0.52740E-01	0.10464	0.11718
20.000	0.54070E-01	0.11018	0.12273

الشكل (3-77): معاينة المخرجات بشكل رقمي

نهاية المثال الثالث

4-3 المثال الرابع:

التصميم الإحتمالي (Probabilistic Design)

صفيحة مربعة طول ضلعها (100mm) وسماكتها (1mm)، موثوقة من طرفيها كما هو مبين في الشكل (3-78)، وتخضع لحمولة مركزة (P) مطبقة في وسطها، يبلغ متوسط شدتها (Mean=100N)، والإنحراف المعياري لها (Standard deviation=10N). تخضع هذه المدخلات للشك، حيث يمكن أن تتغير أبعاد الصفيحة بمقدار (±0.1mm) بسبب الأخطاء الناتجة عن التصنيع، كما تخضع الحمولة المطبقة للشك أيضاً حيث يبلغ الإنحراف المعياري (10%) من متوسط شدة الحمولة. كما أن التجارب أظهرت بأنه خصائص مادة الصفيحة ليست ثابتة، وهي موضحة في الجدول التالي:

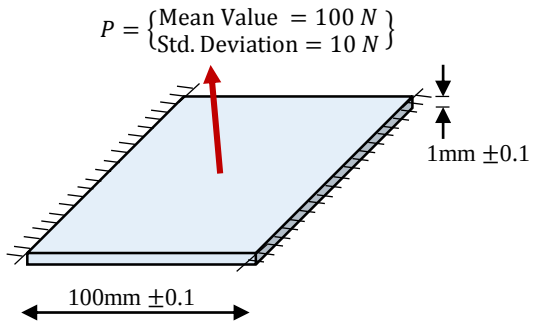
الجدول (3-2): خصائص المادة ونوع التوزيع

خصائص المادة	القيمة الإسمية	نوع التوزيع (Distribution)
معامل المرونة _يونغ	210.0 N/mm^2	Gaussian Standard deviation: 3 - 5 percent
كثافة المادة	8.0e-6 kg/mm^3	Uniform Standard deviation: 5 percent

والمطلوب:

إجراء التصميم الإحتمالي (Probabilistic Design)، لتحديد تأثُّر المخرجات (المتمثلة بالسهم الأعظمي والإجهاد المكافئ الأعظمي) بالشك المعطى: لأبعاد الصفيحة، وخصائص المادة، والحمولة المطبقة. بحيث يتم:

1. معاينة النتائج الإحصائية لتحديد فيما إذا كان التمثيل دقيق.
2. تحديد احتمال أن يبقى السهم الأعظمي أقل من (0.525mm).
3. تحديد السهم الأعظمي الذي يحقق احتمالية بمقدار (90%) أن يكون أقل من هذه القيمة.
4. معاينة حساسية النتائج لتحديد المدخلات ذات التأثير الأكبر على النتائج.
5. رسم مخطط التبعثر (Scatter Plot) للمخرجات كتابع للمدخلات الأكثر أهمية.
6. تحديد معامل الإرتباط (Correlation Coefficients) بين المدخلات والمخرجات.



الشكل (3-78): شكل الصفيحة

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ تنفيذ التصميم الإحتمالي (Probabilistic Design).
- ✓ تحديد احتمال أن يبقى السهم الأعظمي أقل من قيمة محددة.
- ✓ تحديد قيمة السهم الأعظمي الذي يحقق احتمال بمقدار محدد، بحيث يكون أقل من هذه القيمة.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

- ✓ تحديد المدخلات ذات التأثير الأكبر على النتائج من خلال معاينة حساسية النتائج.
- ✓ رسم مخطط التبعثر (Scatter Plot) للمخرجات كتابع للمدخلات الأكثر أهمية.

❖ **خطوات الحل:**

بهدف أن يتم التركيز من قبل المستخدم على التصميم الإحتمالي (Probabilistic Design) فقط. فإن ملف هذا المثال محفوظ ضمن البرنامج، حيث يتضمن الملف التحليل الكامل للصفيحة، وقد تم فيه إدخال نظام التصميم الإحتمالي (Probabilistic Design System "PDS") وتنفيذه على الصفيحة المعطاة، وتم إستخدام المتغيرات (Parameters) لتعريف المدخلات (Inputs) والمخرجات (Outputs).

1- فتح ملف النموذج (الموجود ضمن البرنامج):

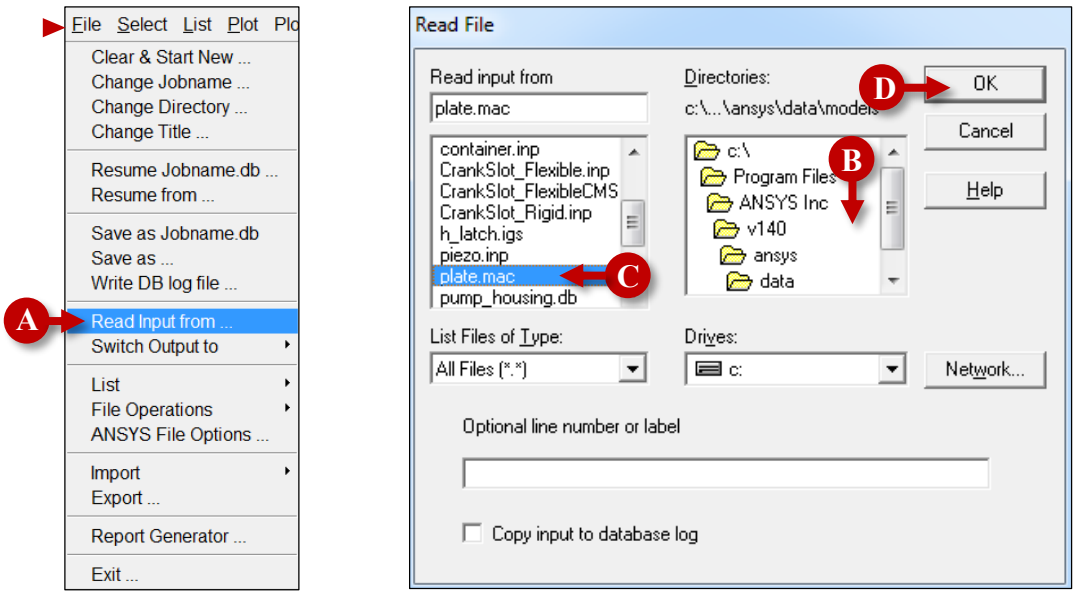
يتم فتح الملف الذي تم فيه نمذجة هذا المثال والموجود ضمن برنامج (ANSYS) من خلال اتباع المسار التالي والموضح في الشكل (3-79):

1- Utility Menu> File>Read Input from…>

C:/ > Program Files> Ansys Inc> V140> ANSYS> data> models> plate.mac

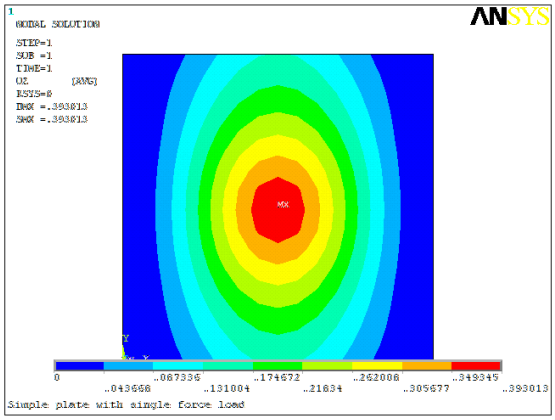
وقد تم استخدام العنصر (Shell181)، كما تم تقسيم خطوط أطراف الصفيحة إلى (16) جزء، بحيث نتج لدينا (256) عنصر، وكانت خصائص مادة الصفيحة:

EX	= **210**	(N/mm^2)	(معامل مرونة مادة الصفيحة)
PRXY	= **0.3**		(معامل بواسون)
DENS	= **8e-6**	(Kg/mm^3)	(كثافة مادة الصفيحة)

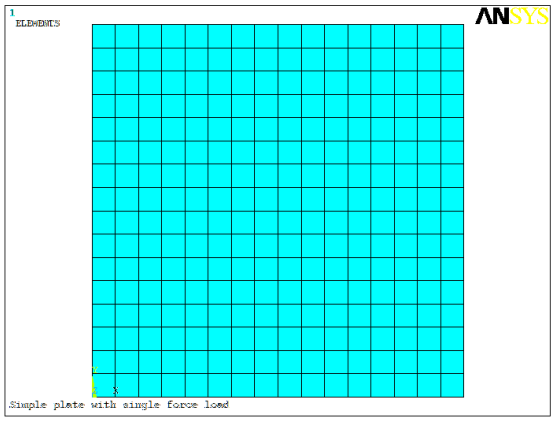


الشكل (3-79): فتح ملف النموذج (الموجود ضمن البرنامج)

تبين الأشكال (3-80) و(3-81) الإنتقالات في الصفيحة المنمذجة وتقسيمات هذه الصفيحة.



الشكل (3-80): الإنتقالات في الصفيحة المنمذجة



الشكل (3-81): تقسيمات الصفيحة

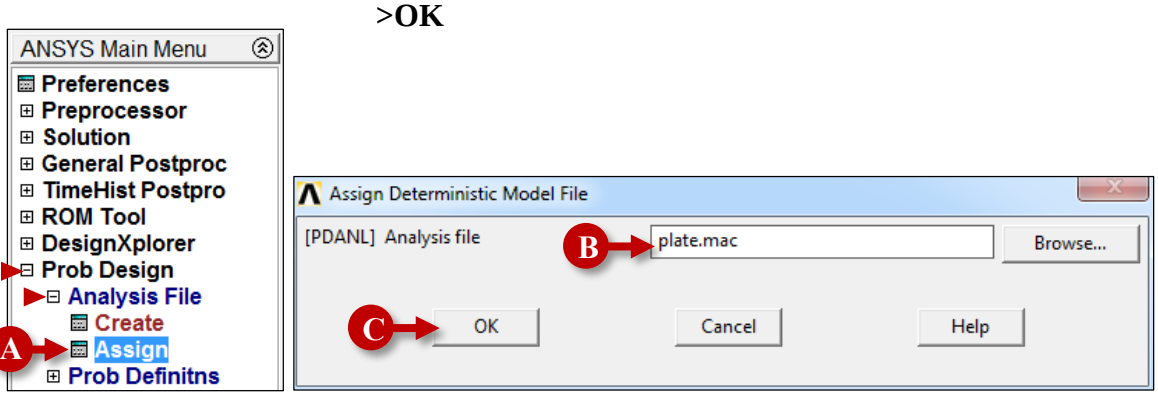
2- نسخ الملف وتحديد اسمه:

يتم نسخ الملف (plate.mac) الموجود ضمن جهاز الكمبيوتر في السواقة (C) باتباع المسار التالي والموضح في الشكل (3-82):

2-1. C:/ > Program Files> Ansys Inc> V140> ANSYS> data> models> plate.mac
> (ننقر عليه بزر الماوس الأيمن)Copy>

ثم يتم لصق هذا الملف (plate.mac) في الموقع الذي يتم تخزين الملف الحالي في البرنامج، (حيث يتم تحديد موقع حفظ الملف الحالي عند فتح برنامج "ANSYS").

2. Main Menu> Prob Design> Analysis File> Assign
File name= **plate.mac**
>OK



الشكل (3-82): تحديد اسم الملف

3- تعريف متحولات المدخلات (Input Variables):

سيتم في هذه المرحلة تعريف متحولات المدخلات، مع توابع التوزيع (distribution functions) الخاصة بها، وفق الخطوات التالية:

1. تعريف المتغير (LENGTH) المتعلق بطول الصفيحة: باعتباره "متحول مدخل" يتبع التوزيع (Uniform)، وتحديد حدوده الدنيا والعظمى، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-83):

3- Prob Design> Prob Definitns> Random Input >Add...

1. Select a Parameter = **LENGTH** (اسم المتغير)

   Distribution Type = **Uniform** (نوع التوزيع)

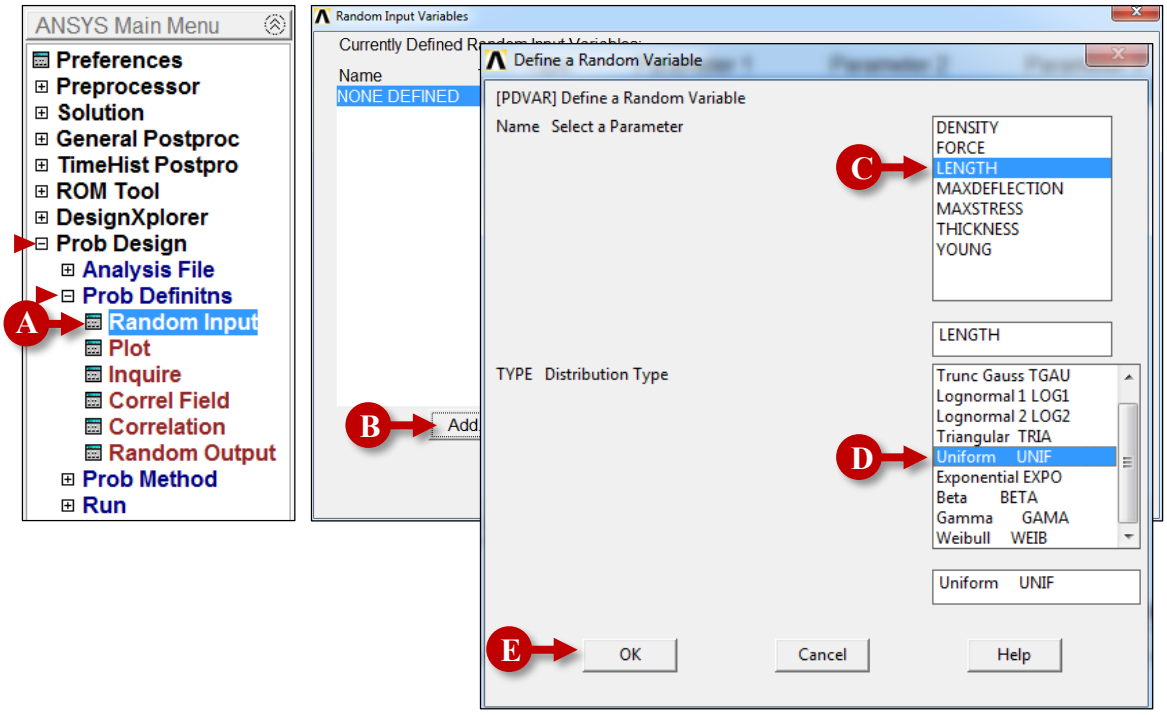
   >OK

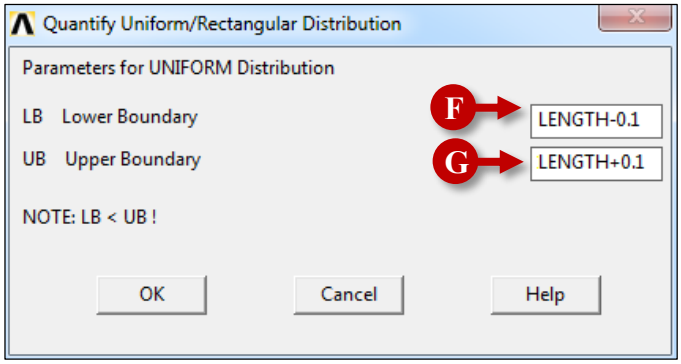
   Lower Boundary = **LENGTH-0.1** (الحد الأدنى)

   Upper Boundary = **LENGTH+0.1** (الحد الأعلى)

   >OK

   >Add...





الشكل (3-83): تعريف المتغير المتعلق بطول الصفيحة بإعتباره "متحول مدخل"

2. تعريف المتغير (THICKNESS) المتعلق بسماكة الصفيحة: باعتباره "متحول مدخل" يتبع التوزيع (Uniform)، وتحديد حدوده الدنيا والعظمى:

2. Select a Parameter = **THICKNESS** (اسم المتغير)

   Distribution Type = **Uniform** (نوع التوزيع)

   >OK

Lower Boundary = **THICKNESS -0.1** (الحد الأدنى)

Upper Boundary = **THICKNESS +0.1** (الحد الأعلى)

>OK

>Add...

3. تعريف المتغير (YOUNG) المتعلق بمعامل يونغ: باعتباره "متحول مدخل" يتبع التوزيع (Gauss)، وتحديد كل من المتوسط الحسابي والإنحراف المعياري له:

3. Select a Parameter = **YOUNG** (اسم المتغير)

Distribution Type = **Gauss** (نوع التوزيع)

>OK

Mean value = **YOUNG** (المتوسط الحسابي)

Standard deviation = **0.05*YOUNG** (الإنحراف المعياري)

>OK

>Add...

4. تعريف المتغير (DENSITY) المتعلق بكثافة المادة: باعتباره "متحول مدخل" يتبع التوزيع (Uniform)، وتحديد حدوده الدنيا والعظمى:

4. Select a Parameter = **DENSITY** (اسم المتغير)

Distribution Type = **Uniform** (نوع التوزيع)

>OK

Lower Boundary = **0.5*DENSITY** (الحد الأدنى)

Upper Boundary = **1.5*DENSITY** (الحد الأعلى)

>OK

>Add...

5. تعريف المتغير (FORCE) المتعلق بالحمولة المطبقة باعتباره "متحول مدخل" يتبع التوزيع (LOG1)، وتحديد كل من المتوسط الحسابي والإنحراف المعياري له:

5. Select a Parameter = **FORCE** (اسم المتغير)

Distribution Type = **LOG1** (نوع التوزيع)

>OK

Mean value = **FORCE** (المتوسط الحسابي)

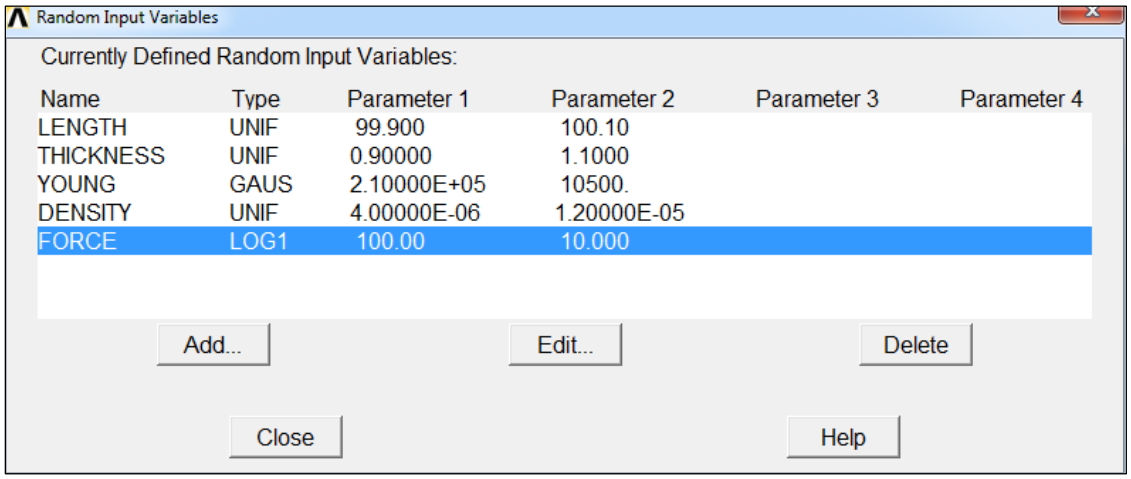
Standard deviation = **0.1*FORCE** (الإنحراف المعياري)

>OK

> Close

يبين الشكل (3-84) أسماء جميع المتغيرات التي تم تعريفها، وأنواع التوزيع لها، وحدودها الدنيا والعظمى.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



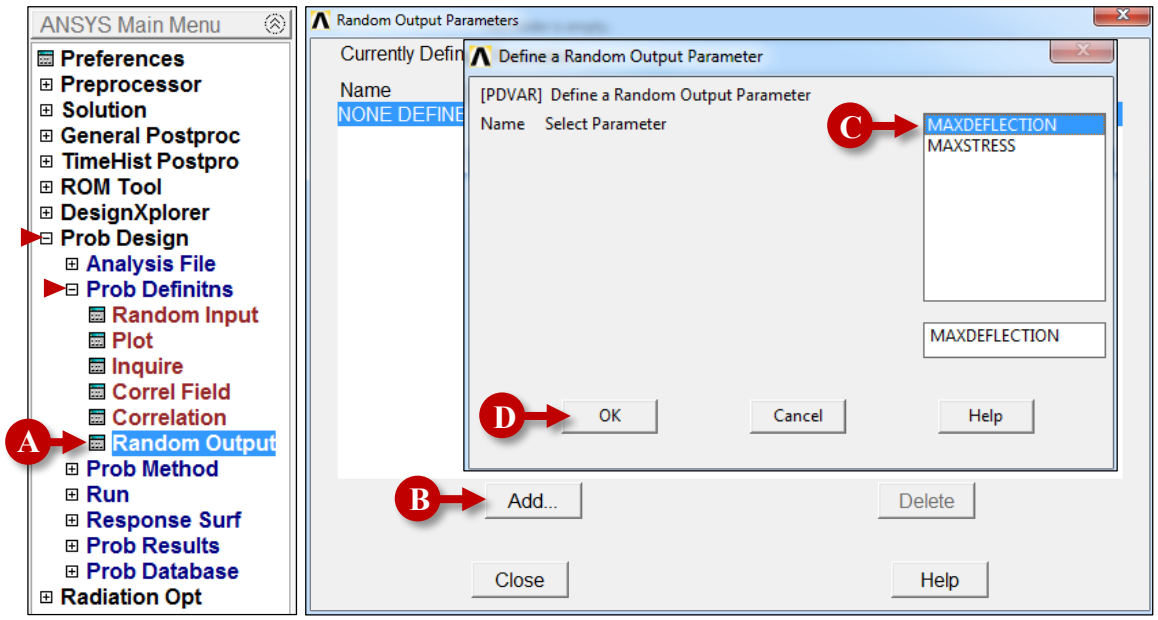
الشكل (3-84): بيانات جميع المتغيرات التي تم تعريفها باعتبارها "متحولات مدخلات"

4- تعريف متحولات المخرجات (Output Variables):

سـيتم في هذه المرحلة تعريف السـهم الأعظمي والإجهاد المكافئ الأعظمي باعتبارها متحولات المخرجات، وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكل (3-85):

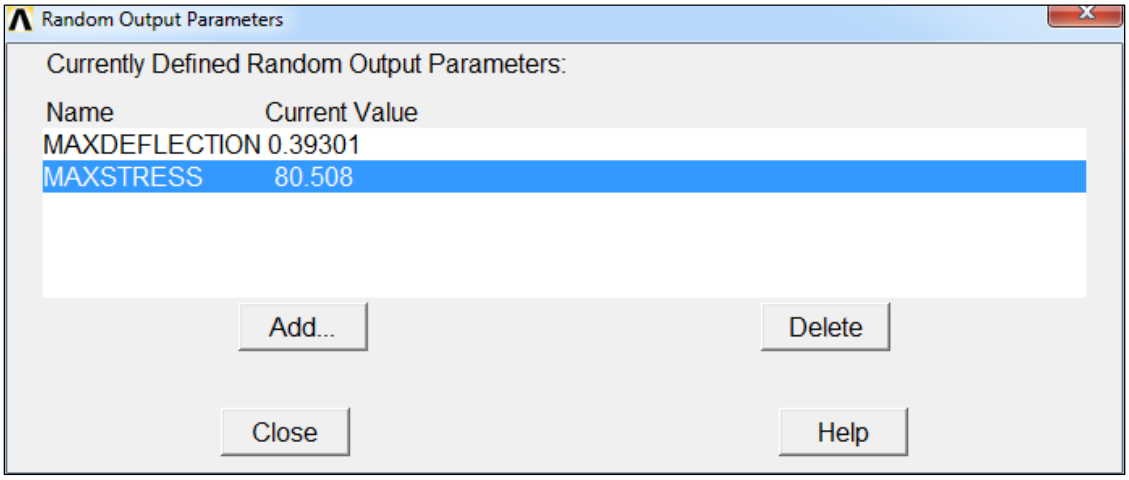
4- Prob Design> Prob Definitns> Random Output >Add...

1. Select a Parameter = **MAXDEFLECTION**
   >OK
   >Add...
2. Select a Parameter = **MAXSTRESS**
   >OK
   > Close



الشكل (3-85): تعريف المتغير المتعلق بالسهم الأعظمي بإعتباره "متحول مخرج"

يبين الشكل (3-86) التالي أسماء جميع المخرجات التي تم تعريفها.



الشكل (3-86): بيانات جميع المتغيرات التي تم تعريفها باعتبارها "متحولات مخرجات"

5- تنفيذ طريقة مونتي كارلو (Monte Carlo simulations) في المحاكاة:

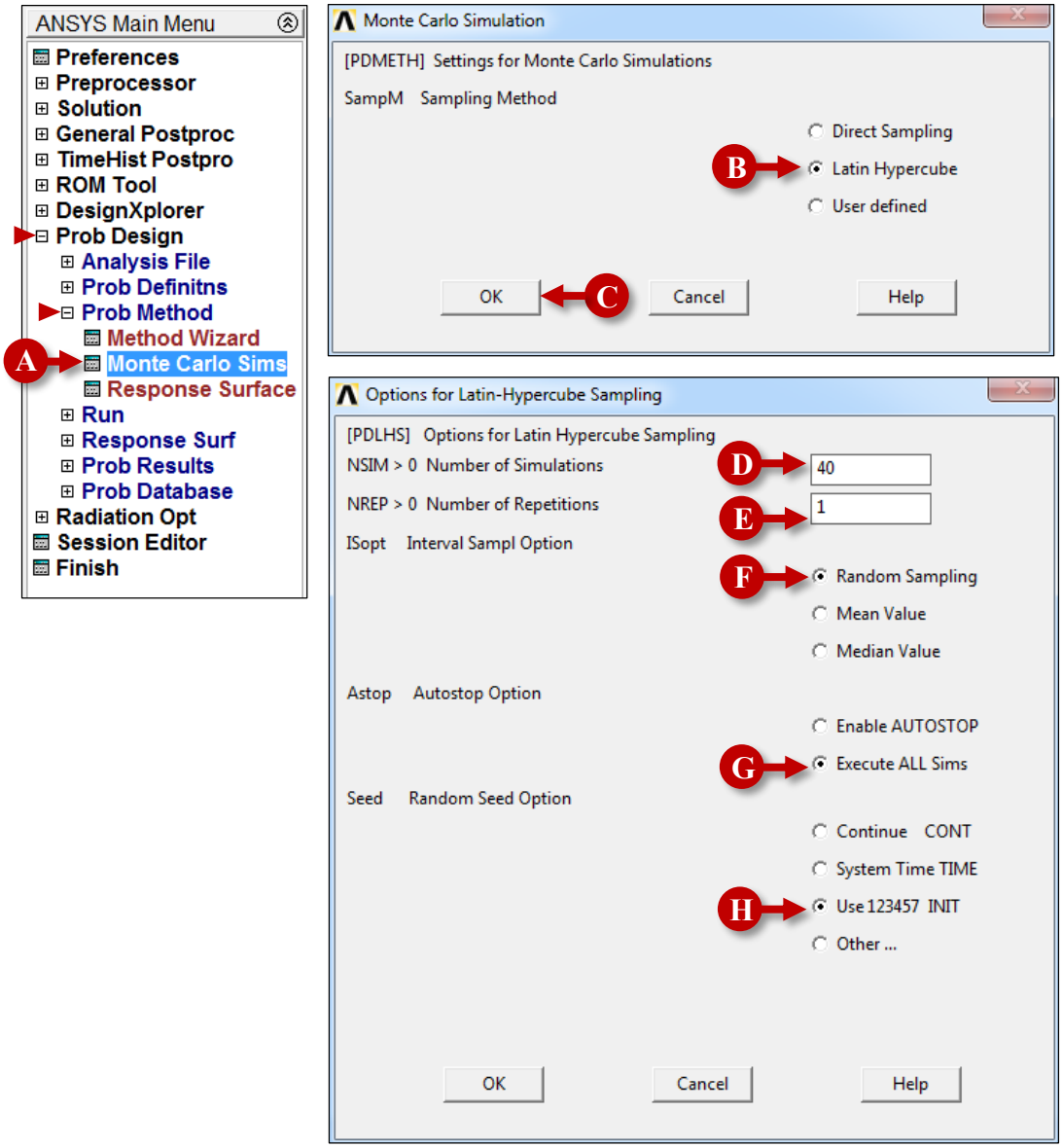
سيتم في هذه المرحلة تعريف طريقة مونتي كارلو في المحاكاة، مع تحديد الخيارات الخاصة بها، حيث سيتم استخدام تقنية (Latin Hypercube sampling)، فمن أجل الحصول على نفس الدقة فإن هذه الطريقة تتطلب بشكل عام عدد أقل من حلقات المحاكاة وذلك بالمقارنة مع تقنية (Direct Monte Carlo Sampling).

سيتم تحديد عدد مرات المحاكاة بـ (40) مرة، وعدد التكرارات في كل مرة بـ (1) مرة، وبالتالي سيتم إجراء (40) حلقة تحليل، وتعتبر هذه الـ (40) حلقة كافية لتوضيح الغايات المرجوة. كما سيتم أيضاً تحديد بعض الخيارات الخاصة بطريقة (Monte Carlo)، ثم سيتم إعطاء أمر تنفيذ التحليل. كما هو موضح في الخطوات التالية، والموضحة في الشكلين (3-87) و(3-88):

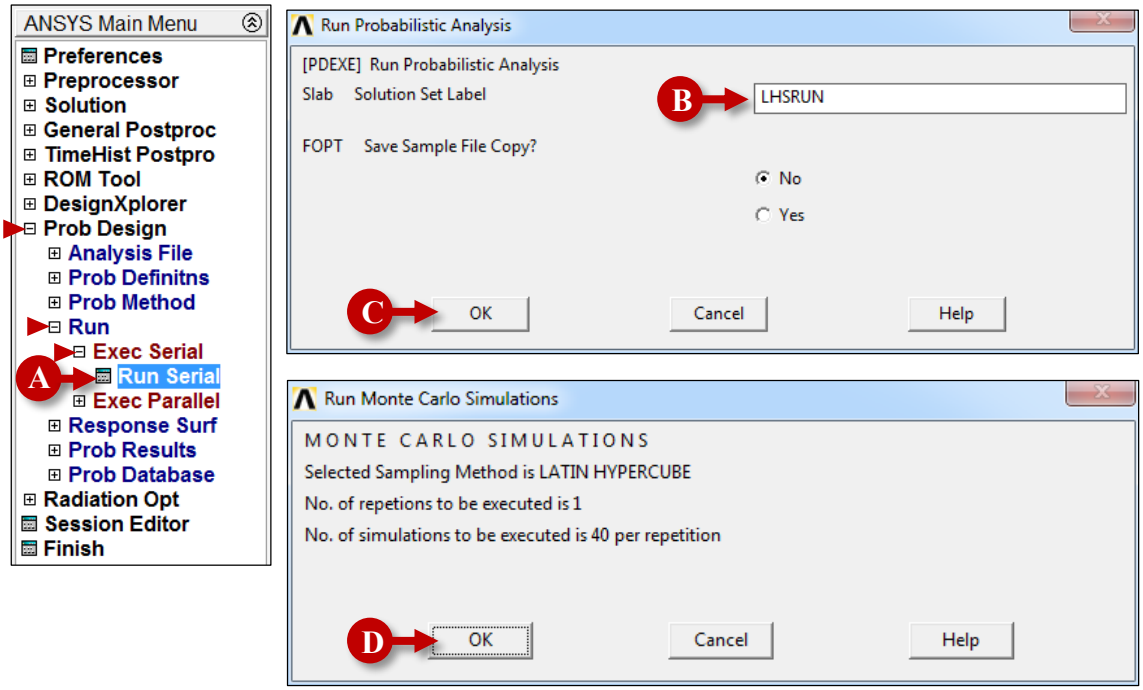
5-1. Prob Design> Prob Method> Monte Carlo Sims
>Latin Hypercube
>OK
Number of Simulations = **40**
Number of Repetitions = **1**
"**Random Sampling**"
"**Execute ALL Sims**"
"**Use 123457 INIT**"
>OK

2. Prob Design> Run> Exec Serial> Run Serial
Solution Set Label = **LHSRUN**
>OK
>OK

سيتكرر الحل (40) مرة على الواجهة الرسومية، وبعد أن ينتهي ويتوقف الحل نضغط (Close).



الشكل (3-87): ضبط إعدادت المحاكاة بطريقة مونتي كارلو (Monte Carlo)



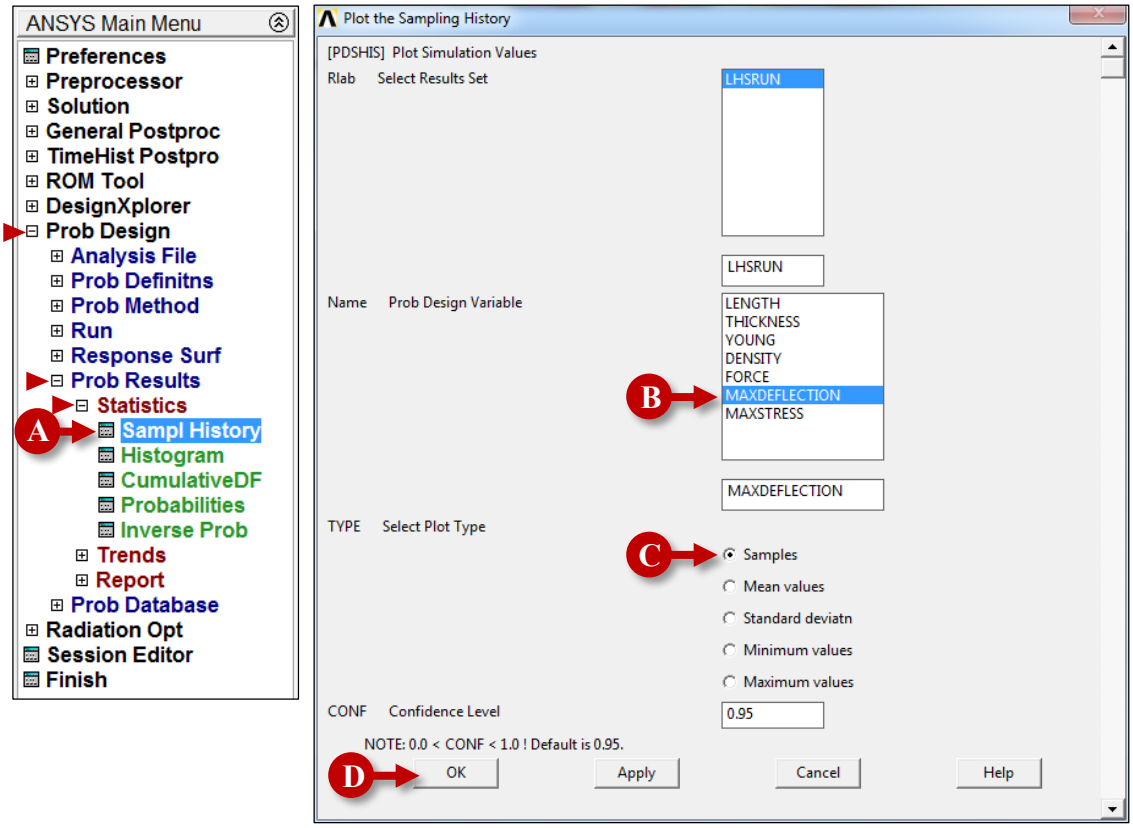
الشكل (3-88): تنفيذ المحاكاة بطريقة مونتي كارلو (Monte Carlo)

6- معاينة النتائج الإحصائية:

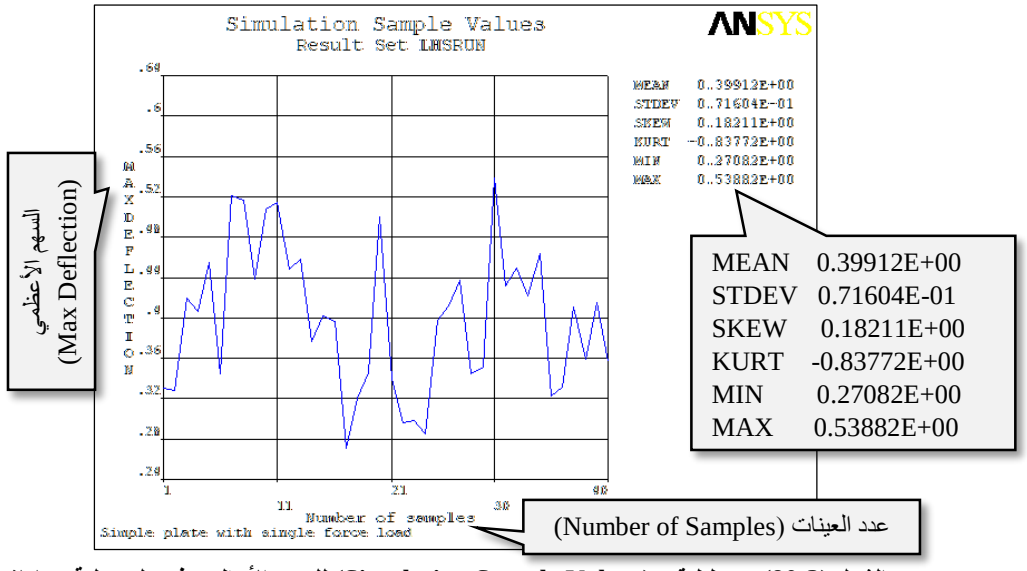
1. سيتم في هذه المرحلة معاينة نتائج المحاكاة ومخططات المتوسط الحسابي للسهم الأعظمي، فإذا كان عدد مرات المحاكاة كافياً فإن مخططات المتوسط الحسابي من أجل المخرجات تكون متقاربة، (المنحني يكون مسطح تقريباً). تتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-89) و(3-90):

6-1. Prob Design> Prob Results> Statistics> Sampl History

Prob Design Variable= **MAXDEFLECTION**
Select Plot Type = **Samples**
>OK



الشكل (3-89): عملية تحديد مخطط قيم (Simulation Sample Values) للسهم الأعظمي في كل عملية محاكاة



الشكل (3-90): مخطط قيم (Simulation Sample Values) للسهم الأعظمي في كل عملية محاكاة

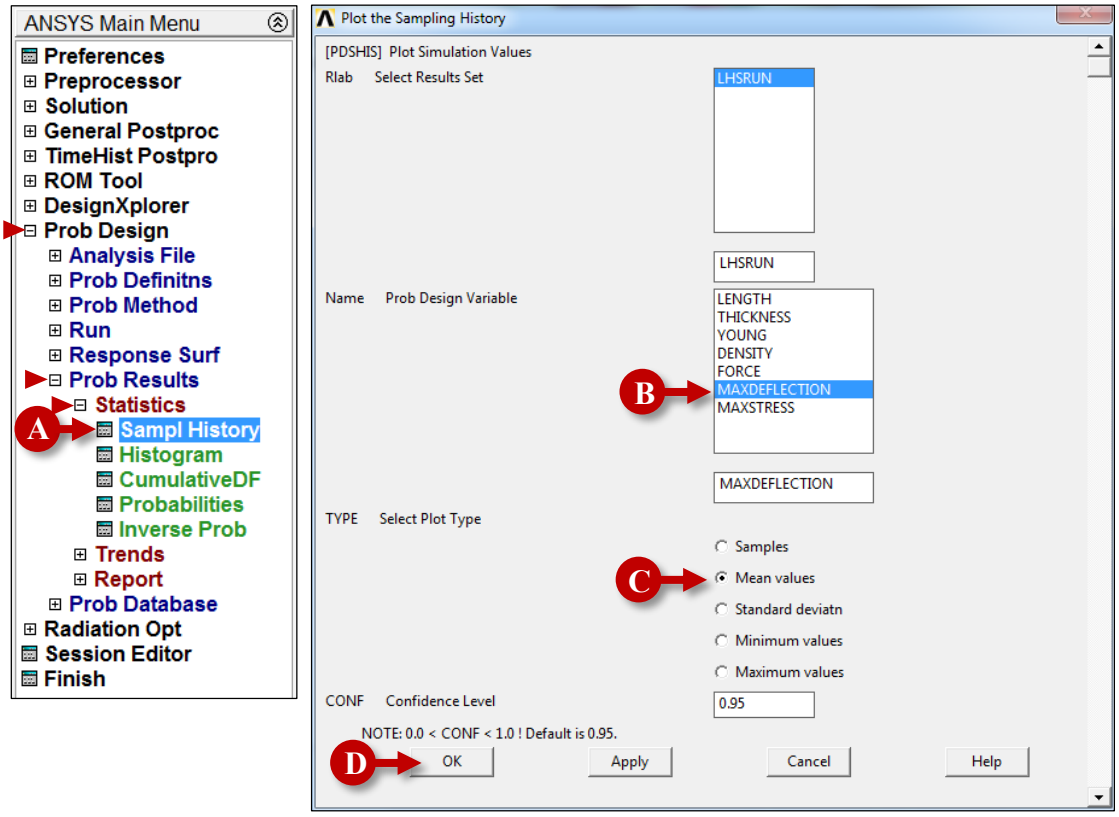
2. تتم معاينة مخطط قيم متوسط العينات (Mean values of Samples) في كل عملية محاكاة بالمقارنة مع مجال الثقة وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-91) و(3-92):

2. Prob Design> Prob Results> Statistics> Sampl History

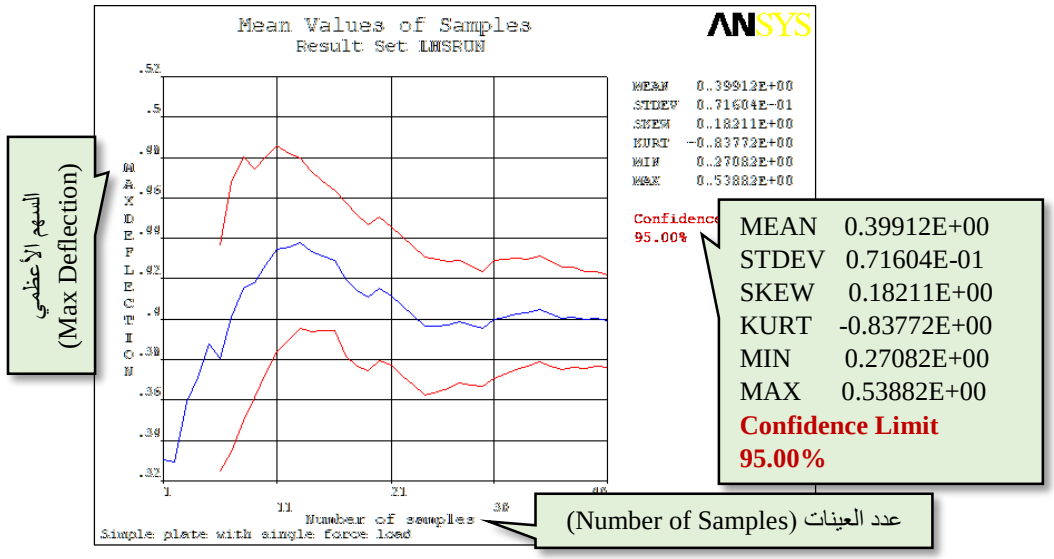
Prob Design Variable = **MAXDEFLECTION**

Select Plot Type = **Mean values**

>OK



الشكل (3-91): عملية تحديد مخطط قيم متوسط العينات (Mean values of Samples) في كل عملية محاكاة بالمقارنة مع مجال الثقة



الشكل (3-92): مخطط قيم متوسط العينات (Mean values of Samples) في كل عملية محاكاة بالمقارنة مع مجال الثقة

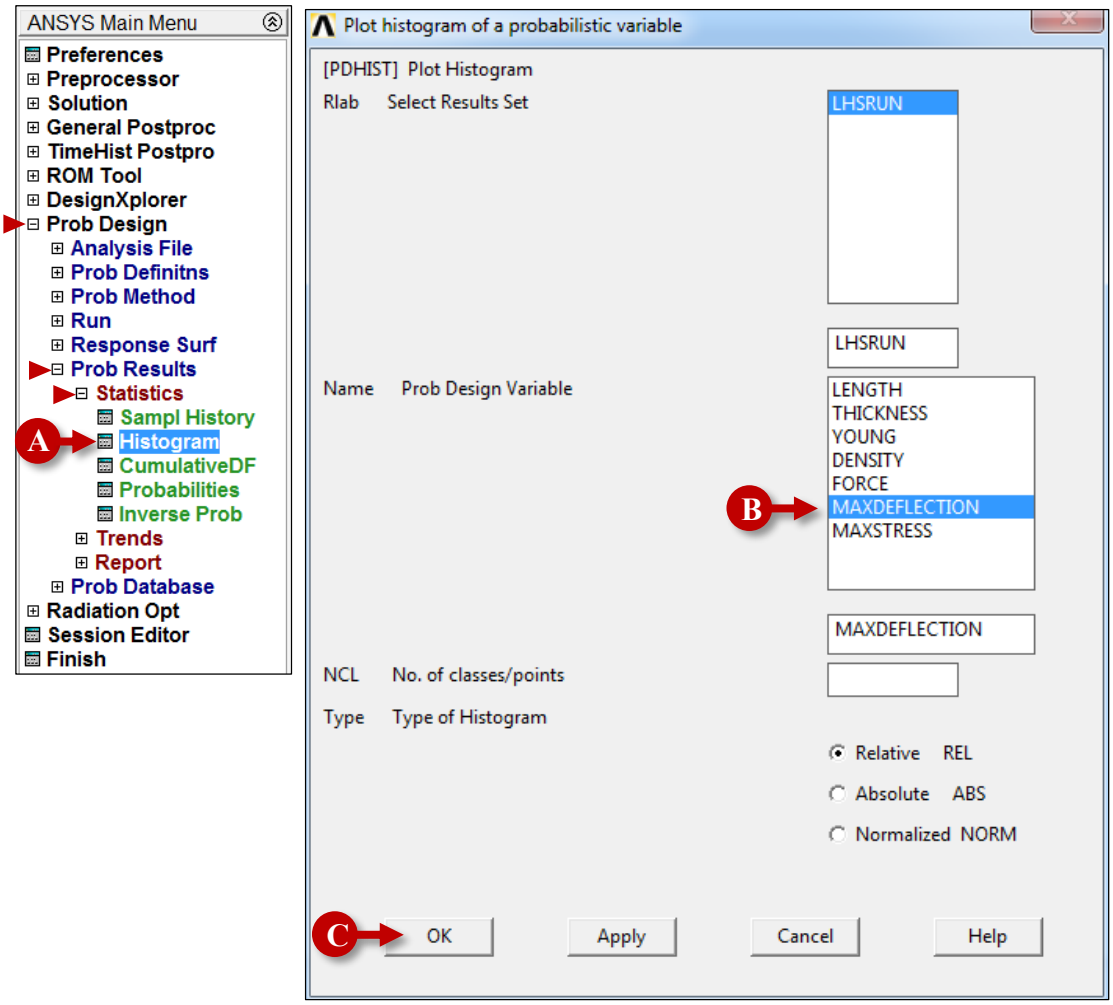
نلاحظ من الشكل (3-92) بأن المنحني هو انسيابي تقريباً مما يشير إلى أن عدد حلقات المحاكاة كان كافياً.

3. تتم معاينة مخطط (histogram) للسهم الأعظمي بالمقارنة مع التكرار النسبي، لتوضيح مقدار التبعثر في هذه المخرج العشوائي وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-93) و(3-94):

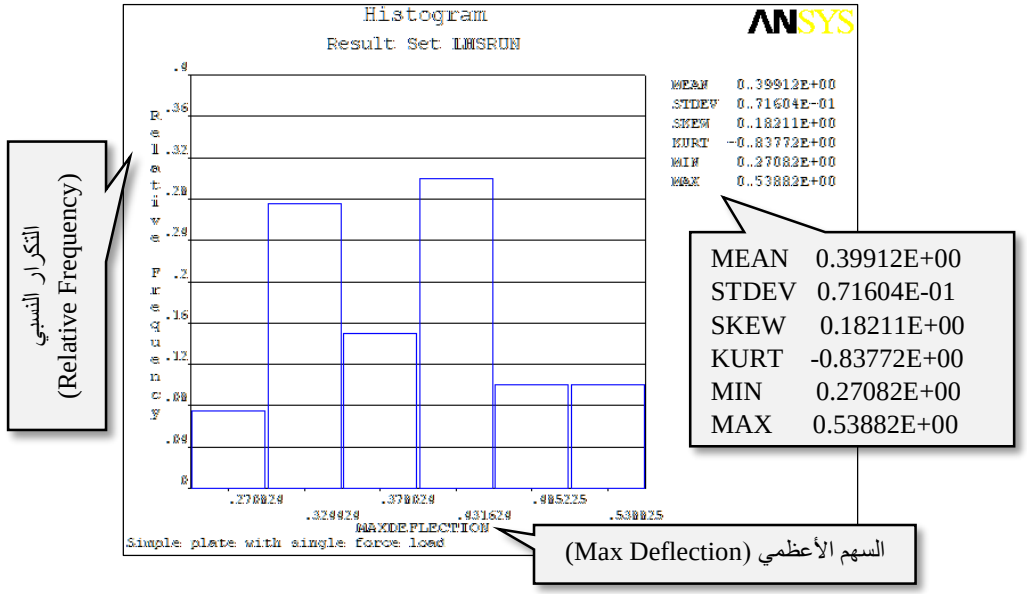
3. Prob Design> Prob Results> Statistics> Histogram

Prob Design Variable = **MAXDEFLECTION**

>OK



الشكل (3-93): عملية تحديد مخطط الـ (histogram) للسهم الأعظمي بالمقارنة مع التكرار النسبي



الشكل (3-94): مخطط الـ (histogram) للسهم الأعظمي بالمقارنة مع التكرار النسبي

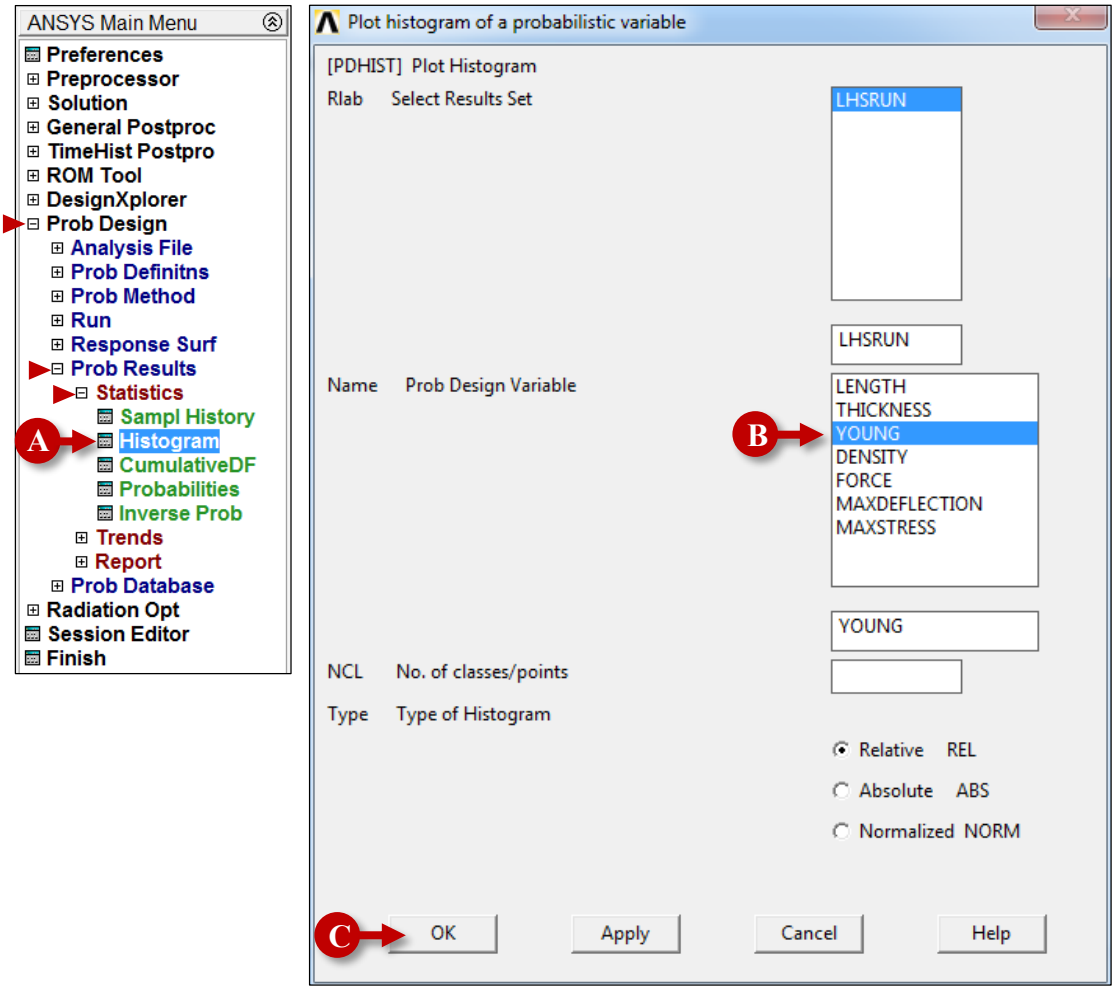
4. للتحقق مرة أخرى بأن عدد حلقات التحليل كان كافياً سيتم رسم مخطط (Histogram) لمعامل المرونة (YOUNG) والذي هو متحول عشوائي "مُدخل". يقوم برنامج (ANSYS) برسم أعمدة الـ (Histogram) وكذلك يقوم برسم المنحني القيم المشتقة من تابع التوزيع الذي تم القيام بتحديده.

إذا كان عدد حلقات المحاكاة كافياً فإنه ستكون أعمدة مخطط الـ (Histogram) لمعامل المرونة (YOUNG) متقاربة مع من المنحني المشتق من تابع التوزيع بدون وجود فراغات كبيرة. تتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-95) و(3-96):

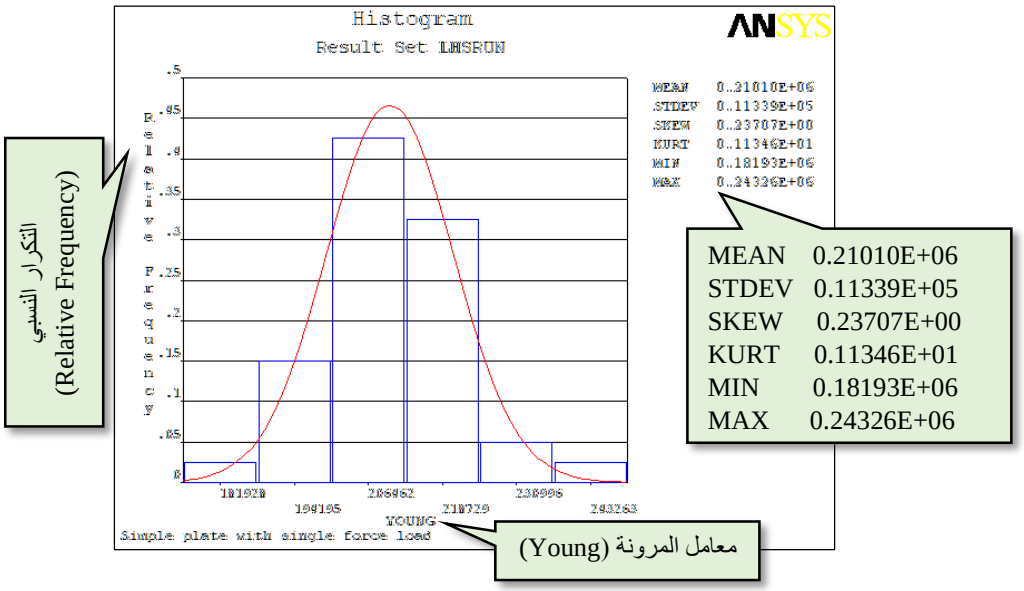
4. Prob Design> Prob Results> Statistics> Histogram

Prob Design Variable = **YOUNG**

>OK



الشكل (3-95): عملية تحديد مخطط الـ (Histogram) لمعامل المرونة بالمقارنة مع التكرار النسبي، ومنحني تابع الكثافة الإحتمالي



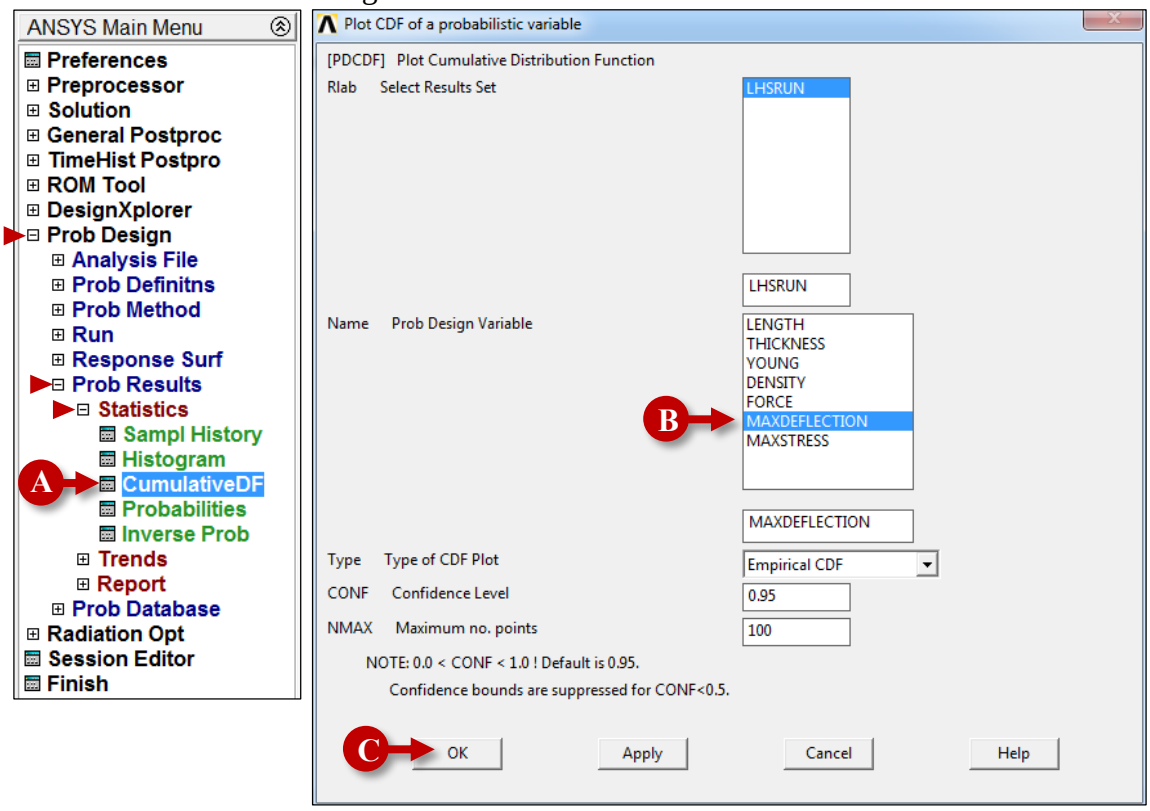
الشكل (3-96): مخطط الـ (Histogram) لمعامل المرونة بالمقارنة مع التكرار النسبي، ومنحني تابع الكثافة الإحتمالي

نلاحظ من الشكل (3-96) بأن أعمدة مخطط الـــ (Histogram) تتقارب مع تابع الكثافة الإحتمالي، مما يشير إلى أن عدد حلقات المحاكاة كان كافياً.

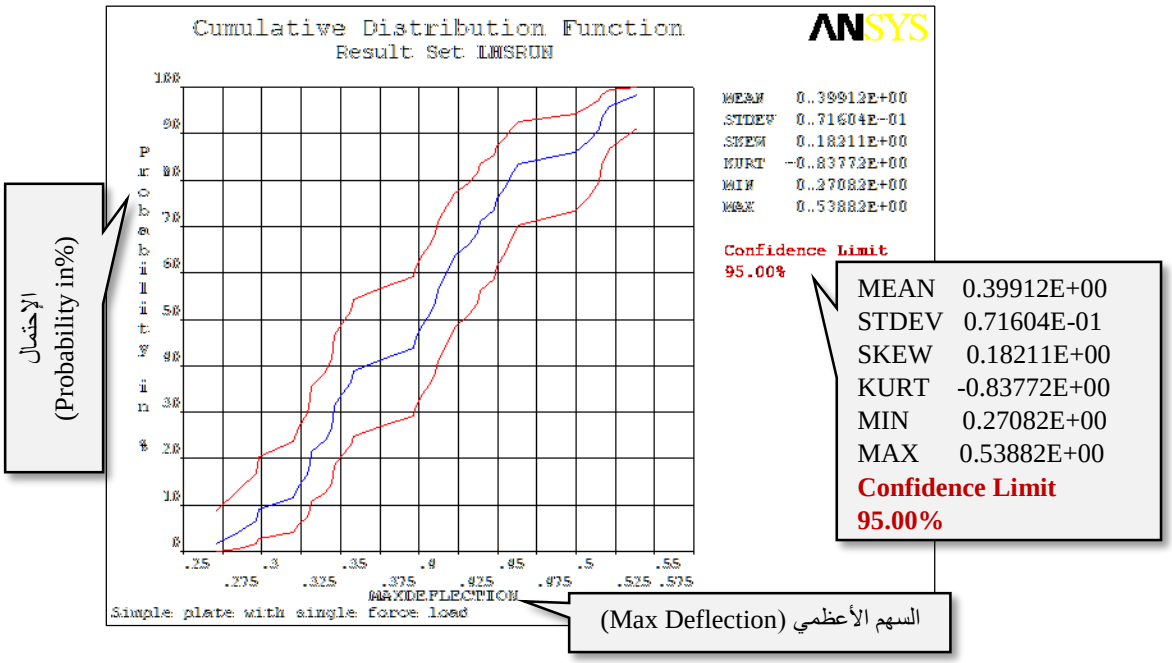
5. رسـم تابع التوزيع التراكمي للسـهم الأعظمي: تتم العملية وفق المسـار التالي والموضـح في الشـكلين (3-97) و(3-98):

5. Prob Design> Prob Results> Statistics> CumulativeDF

Prob Design Variable = **MAXDEFLECTION >OK**



الشكل (3-97): عملية تحديد تابع التوزيع التراكمي للسهم الأعظمي



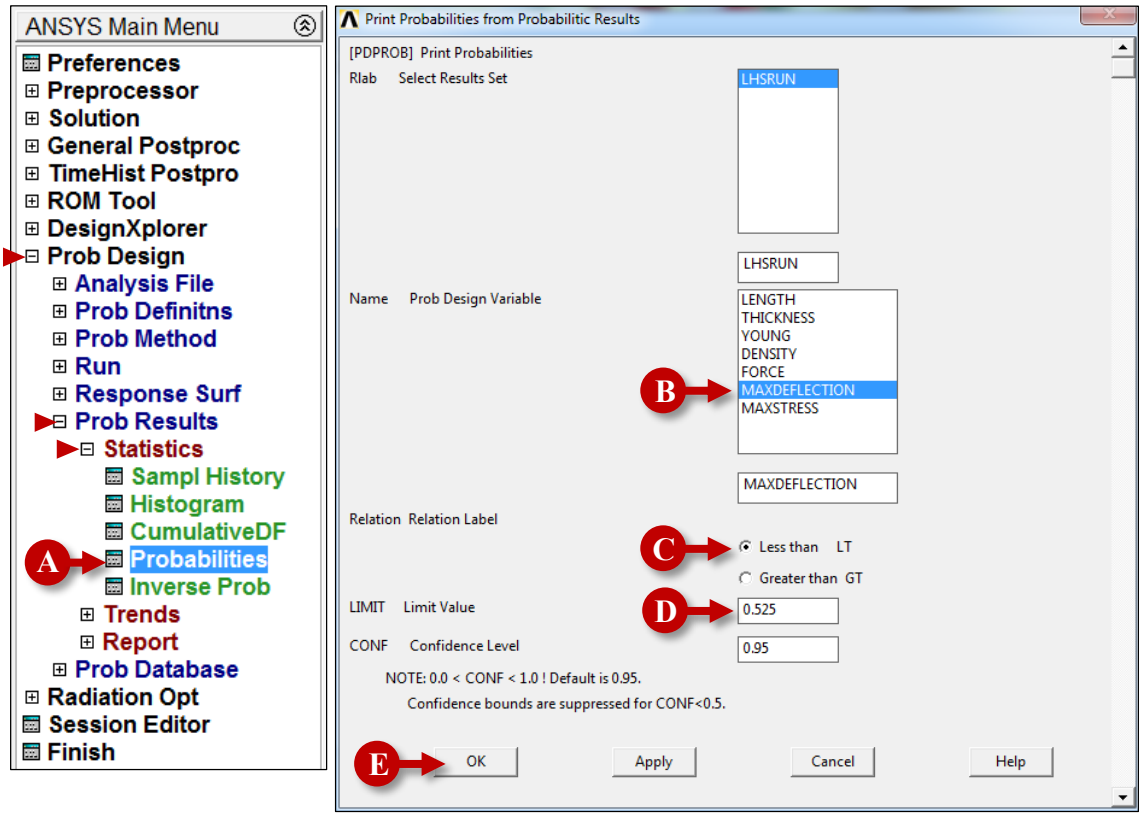
الشكل (3-98): تابع التوزيع التراكمي للسهم الأعظمي

نلاحظ من المنحني المبين في الشكل (3-98) بأنه يوجد إحتمال بمقدار (96%) بأن يبقى السهم أقل من (0.525mm).

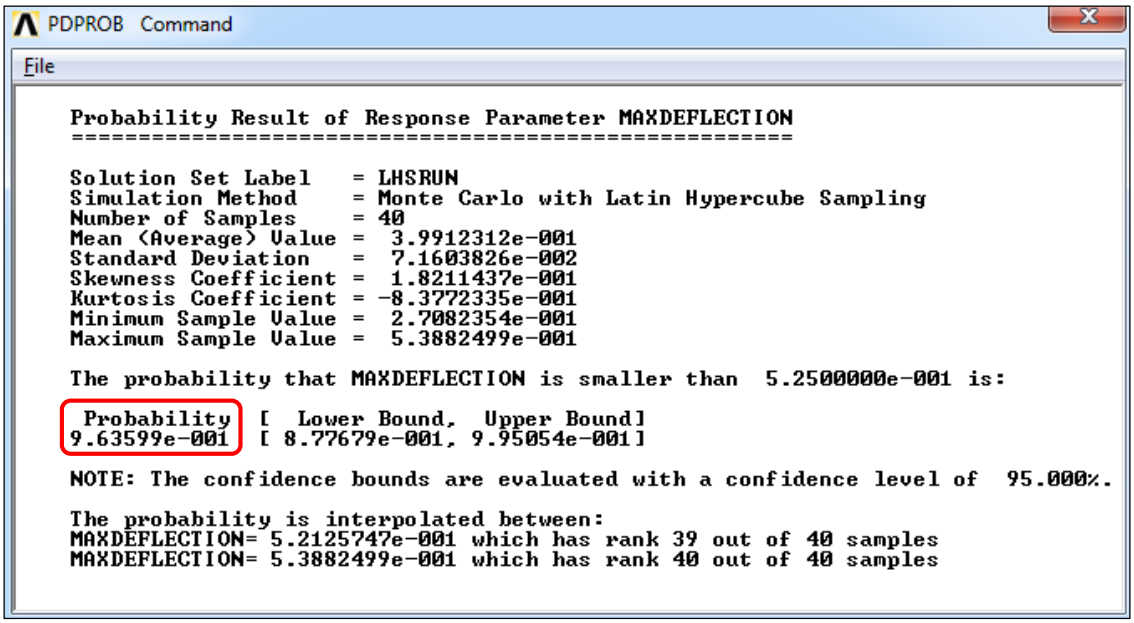
6. سيتم تحديد الإحتمال الدقيق بأن يكون السهم الأعظمي أقل من (0.525mm): تتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-99) و(3-100):

6. Prob Design> Prob Results> Statistics> Probabilities

Prob Design Variable = **MAXDEFLECTION**
Relation Label = **Less than**
Limit Value = **0.525**
>OK
معاينة النتائج...>
> Close (إغلاق نافذة المعاينة)



الشكل (3-99): عملية تحديد القيمة الدقيقة لإحتمال بأن يبقى السهم أقل من (0.525mm)



الشكل (3-100): القيمة الدقيقة لإحتمال بأن يبقى السهم أقل من (0.525mm)

نلاحظ من الشـــكل (3-100) بأنه القيمة الدقيقة لإحتمال بأن يبقى الســـهم أقل من (0.525mm) هي (96.36%).

7. سيتم تحديد قيمة السهم الأعظمي، والتي تحقق إحتمال بمقدار (90%) بأن يكون السهم الأعظمي أقل من هذه القيمة، تتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-101) و(3-102):

7. Prob Design> Prob Results> Statistics> Inverse Prob

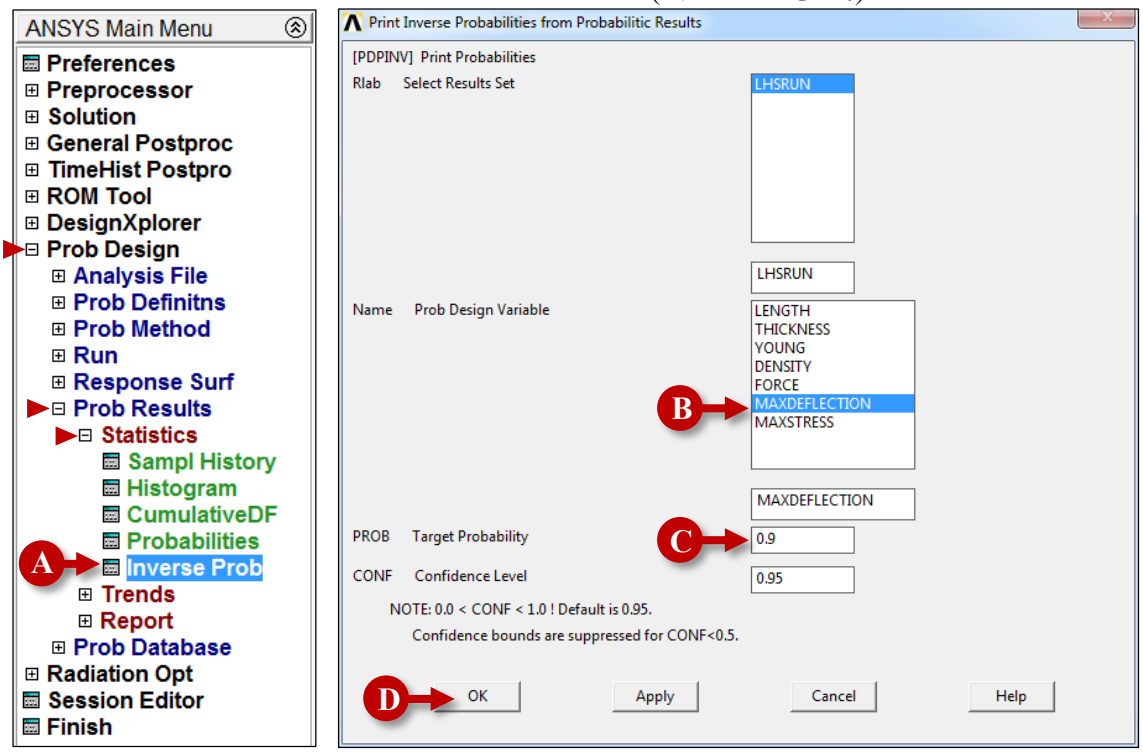
Prob Design Variable = **MAXDEFLECTION**

Target Probability = **0.90**

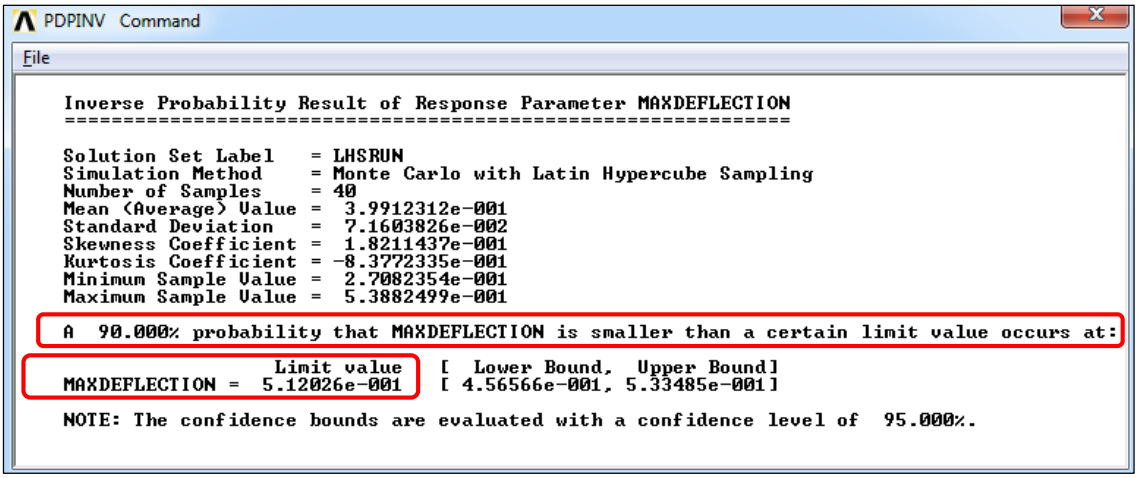
>OK

معاينة النتائج...>

> Close (إغلاق نافذة المعاينة)



الشكل (3-101): عملية تحديد قيمة السهم الأعظمي، والتي تحقق إحتمال بمقدار (90%) بأن يكون السهم الأعظمي أقل من هذه القيمة



الشكل (3-102): قيمة السهم الأعظمي، والتي تحقق إحتمال بمقدار (90%) بأن يكون السهم الأعظمي أقل من هذه القيمة

نلاحظ من الشـــكل (3-102) بأنه قيمة الســـهم الأعظمي (والتي تحقق إحتمال بمقدار (90%) بأن يكون الســـهم الأعظمي أقل من هذه القيمة) هي (0.512mm). وبذلك تم إلى الآن تحقيق الطلبات الثلاثة الأولى المعطاة بنص المثال.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

7- معاينة النزعة (Perform trend):

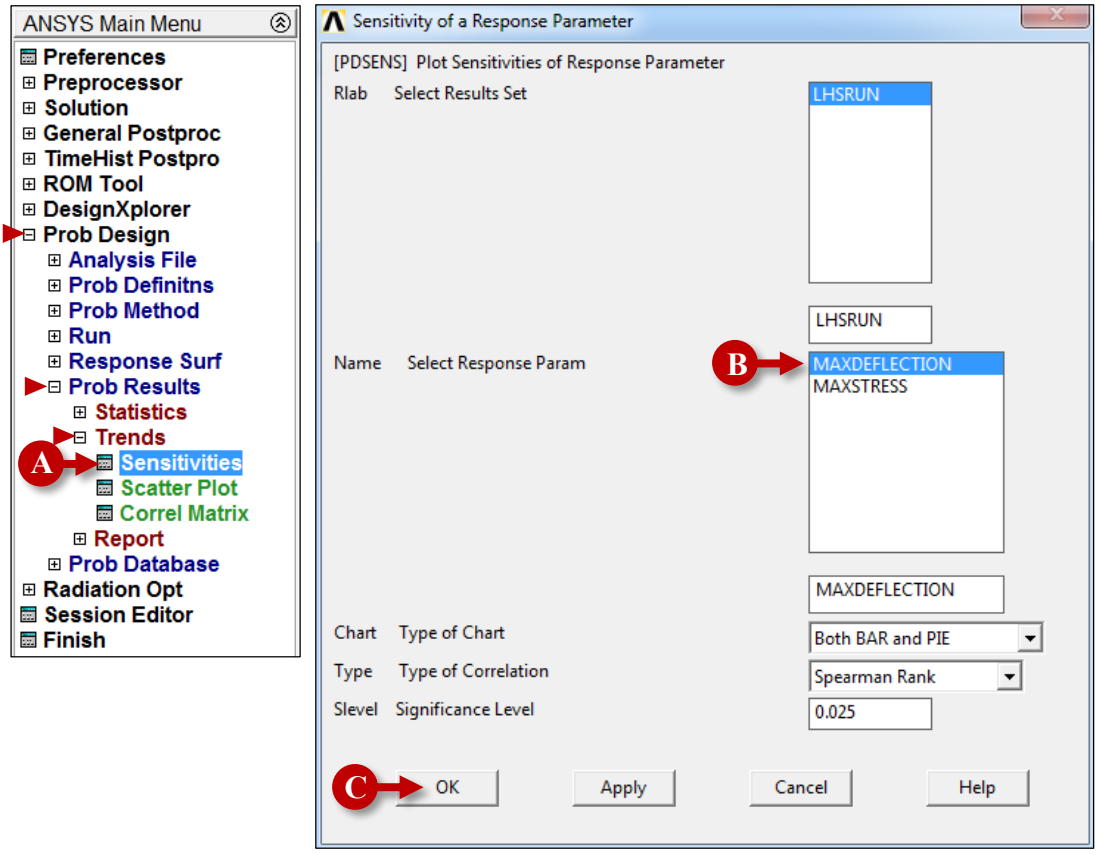
سيتم في هذه المرحلة الحصول على مخططات الحساسية (Sensitivity) لكل من السهم الأعظمي والإجهاد الأعظمي، وذلك لتحديد أي المتحولات العشوائية المدخلة (Random Input Variables) كان لها التأثير الأكبر.

1. تحديد المتحول المدخل ذو التأثير الأكبر على السهم الأعظمي، تتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-103) و(3-104):

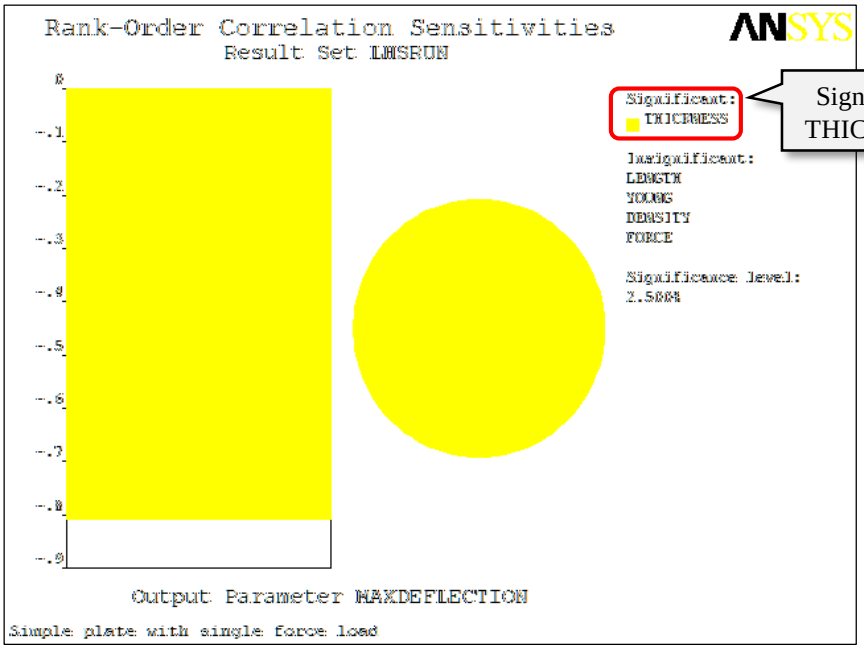
7-1. Prob Design> Prob Results> Trends> Sensitivities

Select Response Param = **MAXDEFLECTION**

>OK



الشكل (3-103): عملية تحديد المتحول المدخل ذو التأثير الأكبر على السهم الأعظمي



الشكل (3-104): المتحول المدخل ذو التأثير الأكبر على السهم الأعظمي

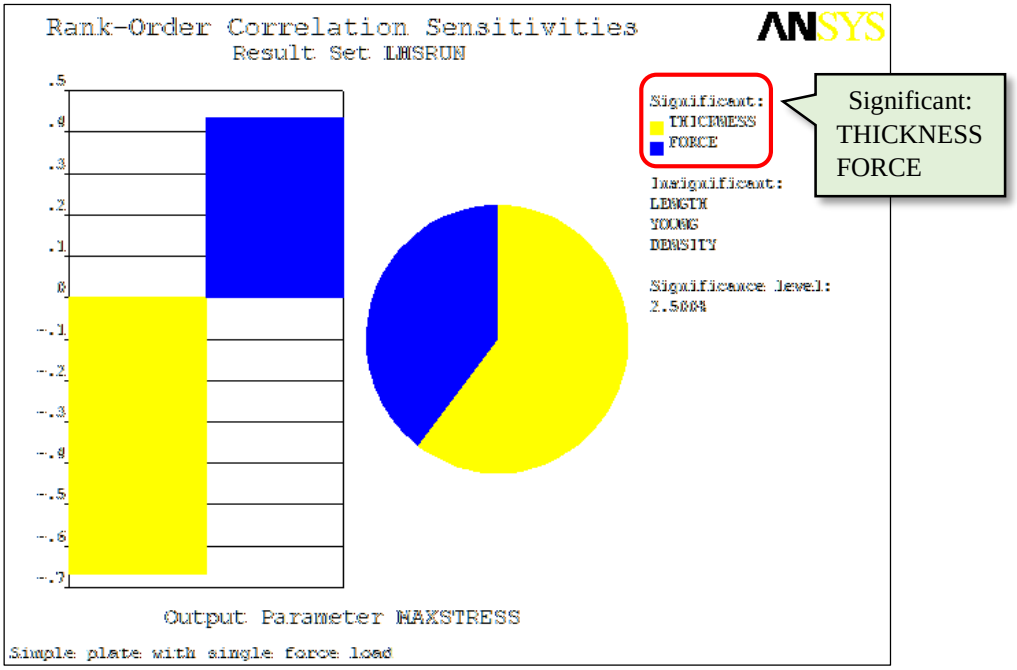
تشـــير البيانـات التوضـــيحية (Legend) الموجودة في الشـــكل (3-104) إلى أن متحول الســـماكة (THICKNESS) كان له التأثير الأكبر على السهم الأعظمي.

2. تحديد المتحولات المدخلة ذات التأثير الأكبر على الإجهاد الأعظمي، تتم العملية وفق المســـار التالي والموضح في الشكل (3-105):

2. Prob Design> Prob Results> Trends> Sensitivities

Select Response Param = **MAXSTRESS**

>OK



الشكل (3-105): المتحولات المدخلة ذات التأثير الأكبر على الإجهاد الأعظمي

تشير البيانات التوضيحية (Legend) الموجودة في الشكل (3-105) إلى أنه كل من متحول السماكة (THICKNESS) والقوة (FORCE) هما فقط اللذان كان لهما التأثير الأكبر على الإجهاد الأعظمي.

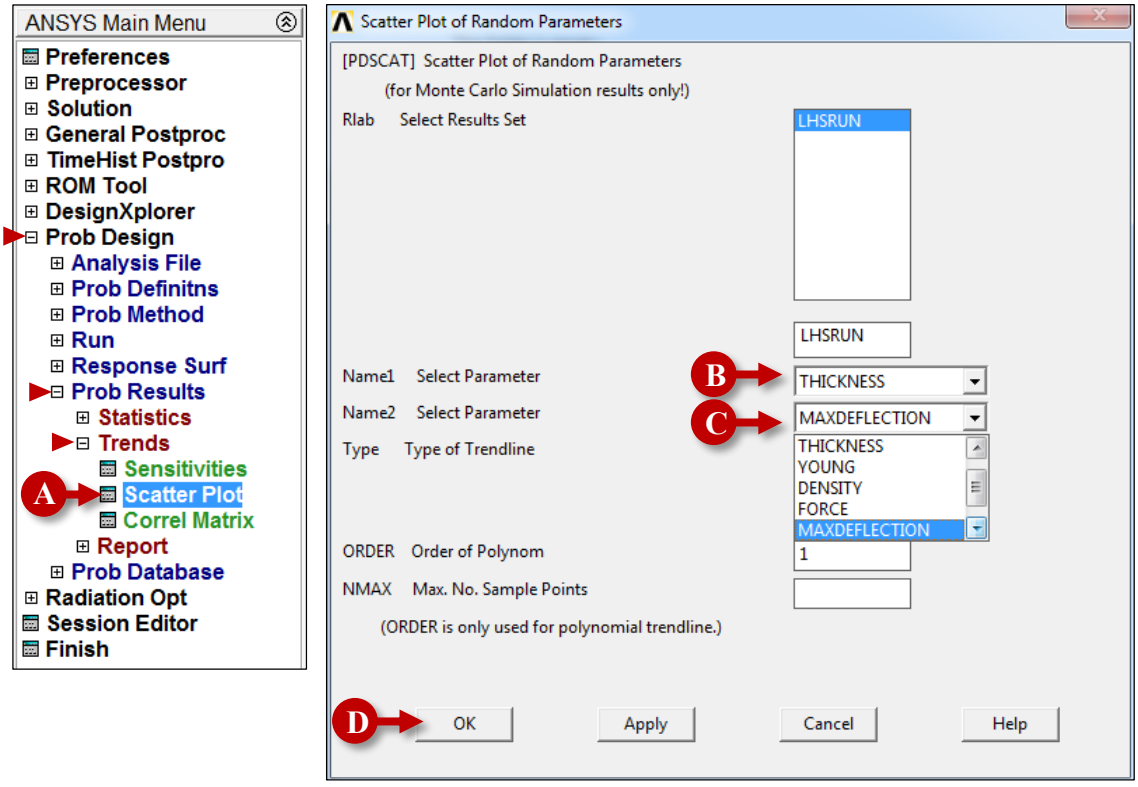
3. سيتم رسم مخطط التبعثر (Scatter Plot) والذي يتم فيه الربط بين السماكة والسهم الأعظمي في كل حلقة من حلقات المحاكاة، تتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-106) و(3-107):

3. Prob Design> Prob Results> Trends> Scatter Plot

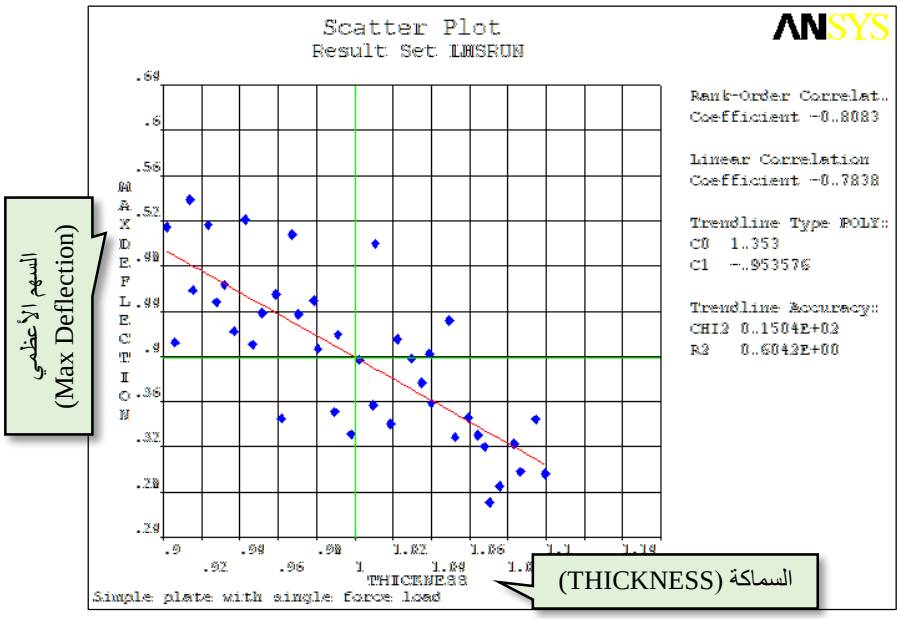
Name 1 Select Parameter = **THICKNESS**

Name 2 Select Parameter = **MAXDEFLECTION**

>OK



الشكل (3-106): عملية تحديد مخطط التبعثر (Scatter Plot) الذي يربط بين السماكة والسهم الأعظمي



الشكل (3-107): مخطط التبعثر (Scatter Plot) الذي يربط بين السماكة والسهم الأعظمي

من الشكل (3-107) نجد بأن المحور الأفقي يمثل السماكة، والمحور الشاقولي يمثل السهم الأعظمي الناتج، ونلاحظ بأن مجال النقاط المبعثرة يقع ضمن المجال (0.9→1.1) من المحور الأفقي، حيث يمثل هذا المجال الحد الأدنى والأعلى لتغير السماكة، ويكون عدد النقاط المبعثرة يساوي (40) أي بنفس عدد حلقات المحاكاة.

4. سيتم تحديد معاملات الإرتباط (Correlation Coefficients) بين المخرجات المتمثلة بـ (السهم الأعظمي، والإجهاد الأعظمي) والمدخلات والمتمثلة بـ (الطول، والسماكة،ومعامل المرونة، والكثافة، والقوة)، تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (3-108) و(3-109):

4. Prob Design> Prob Results> Trends> Correl Matrix

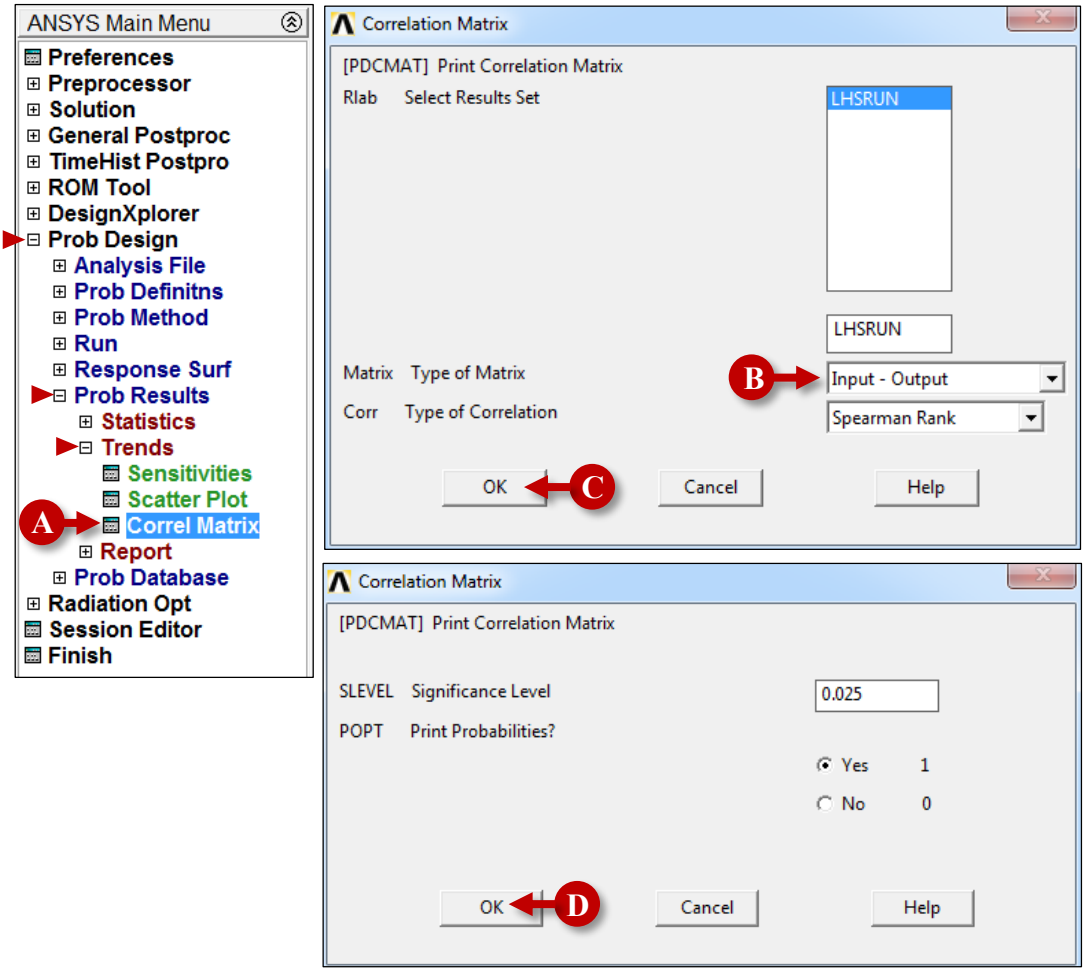
Type of Matrix = **Input-Output**

>OK

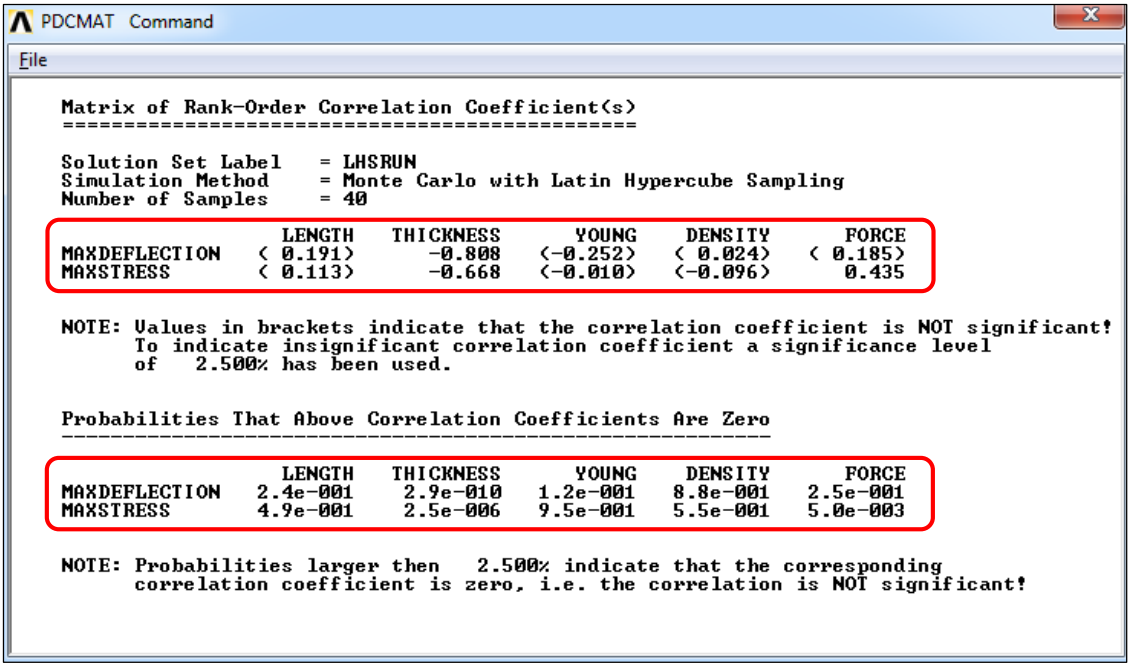
>OK

معاينة النتائج...>

> **Close** (إغلاق نافذة المعاينة)



الشكل (3-108): عملية تحديد معاملات الإرتباط (Correlation Coefficients) بين المخرجات والمدخلات



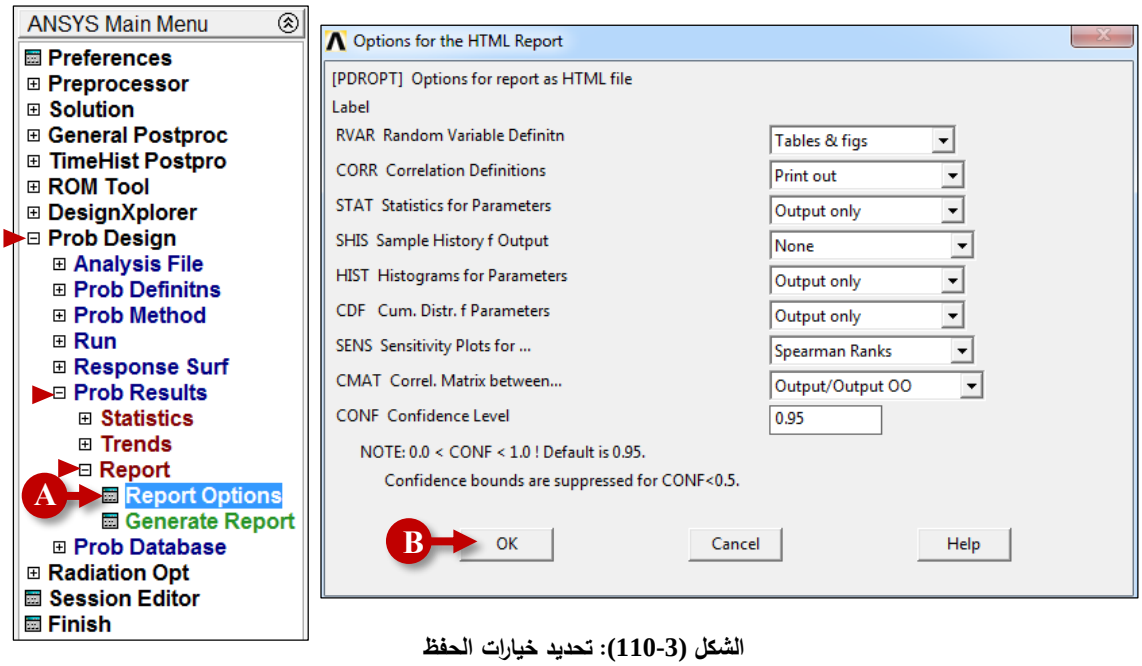
الشكل (3-109): معاملات الإرتباط (Correlation Coefficients) بين المخرجات والمدخلات

8- حفظ تقرير ملخص عن التحليل الإحتمالي:

يتم حفظ تقرير موجز عن النموذج، بملف بصـــيغة (HTML)، بحيث يتضـــمن هذا التقرير أبرز المعلومات عن النموذج الذي تم بناؤه، بالإضافة إلى البيانات الإحصائية، من خلال الخطوات التالية:

1. يتم تحديد خيارات الحفظ المراد إدراجها ضـمن التقرير، وفق المسـار التالي والموضـح في الشـكل (110-3):

8-1. Prob Design> Prob Results> Report> Report Options >OK



الشكل (3-110): تحديد خيارات الحفظ

2. يتم تحديد اسم التقرير، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (3-111):

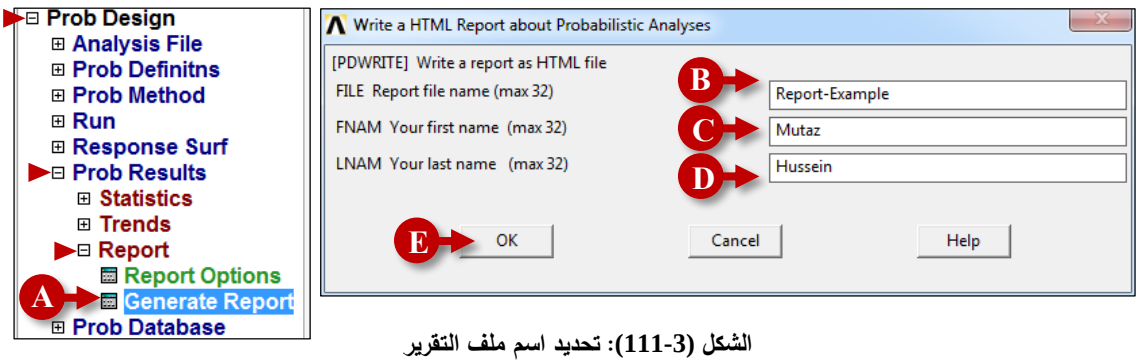
2. Prob Design> Prob Results> Report> Generated Report>

FILE Report File Name (max32) = **Example** (اسم الملف)

FNAM Your First Name (max32) = **Mutaz** (اسم المستخدم)

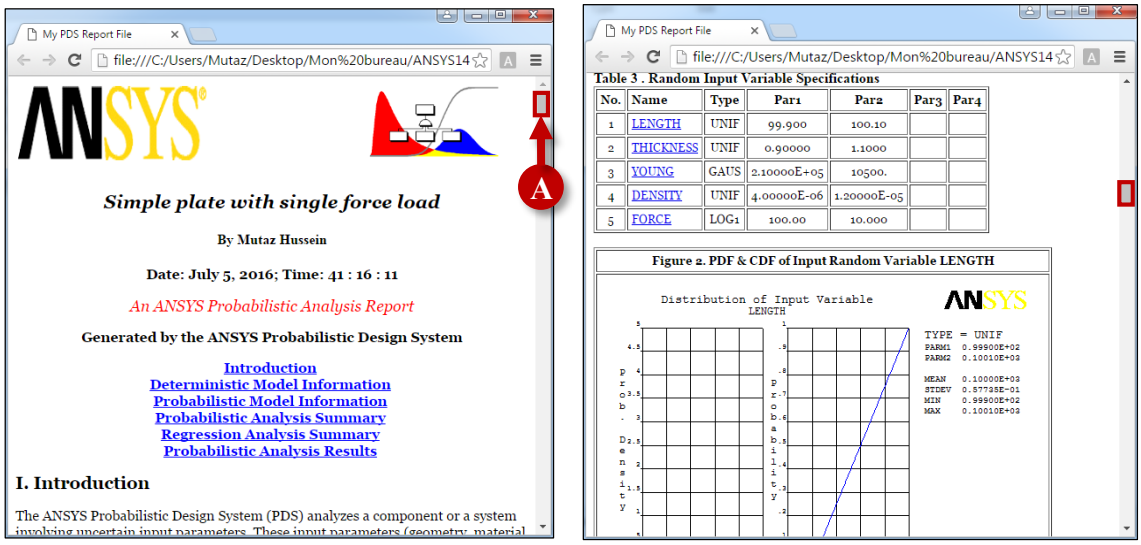
LNAM Your Last Name (max32) = **Hussein** (كنية المستخدم)

ملاحظة: عند كتابة هذه الأسماء يجب أن لا يتجاوز عدد المحارف (32) محرف.



الشكل (3-111): تحديد اسم ملف التقرير

يتم بعد ذلك ظهور مجلد (Folder) في موضـــع حفظ ملف البرنامج على الحاســب، ويحمل نفس الاســم الذي تمت كتابته ضــمن العنوان: (Report-Example)، يحوي هذا المجلد على ملف يحمل نفس اسم المجلد ويكون بلاحقة (*.html) : (Report-Example.html)، كما هو مبين في الشكل (3-112).



الشكل (3-112): تقرير موجز عن التحليل الإحتمالي

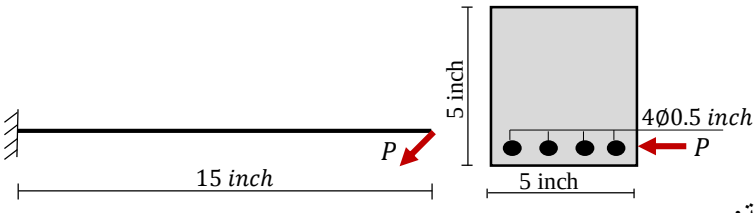
نهاية المثال الرابع

2-4 المثال الثاني:

نمذجة جائز بيتوني بطريقة الإنبثاق مع استخدام عنصر التسليح (Beam)

جائز بيتوني مسلح، موثوق من طرف وحر من الطرف الأخر، طوله (15inch) وارتفاع مقطعه (5inch) وعرض مقطعه (5inch)، يحوي أربع قضبان سفلية نصف قطر الواحد منها (0.25inch)، ويتعرض لحمولة أفقية مركزة، ومطبقة نهاية الجائز، كما هو مبين في الشكل (4-46)، والمطلوب نمذجة الجائز ومعاينة نتائج التحليل.

$$\acute{f}_c = 5200 \quad psi$$
$$E_c = 3 \times 10^{10} \quad psi$$
$$E_s = 2 \times 10^{11} \quad psi$$



الشكل (4-46): شكل الجائز وأبعاده

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ نمذجة الجائز بطريقة الإنبثاق.
- ✓ استخدام التسليح الجائزي (Beam).
- ✓ تحديد حمولة الانهيار، ومعاينة الانتقالات، والتشققات في البيتون.
- ✓ معاينة الاجهادات في قضبان التسليح الجائزي (Beam).
- ✓ معاينة الإنتقالات ضمن القضبان بشكل تخطيطي باستخدام طريقة المسارات (Path).

▪ **ملاحظة (1):**

طريقة الإنبثاق (Extrude): هي الطريقة التي يتم فيها رسم المقطع العرضي للجائز ثم عمل إنبثاق لهذا المقطع باتجاه المحور الطولي، وبذلك يتم الحصول على الحجم الكلي للجائز.

▪ **ملاحظة (2):**

الهدف من تطبيق القوة بهذا الشكل هو هدف تعليمي فقط لتوضيح كيفية تطبيق حمولة أفقية في نقطة من المقطع، وفي هذه الحالة فإن قضبان التسليح سوف تعمل على مقاومة الشد والضغط.

❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد العناصر المستخدمة:

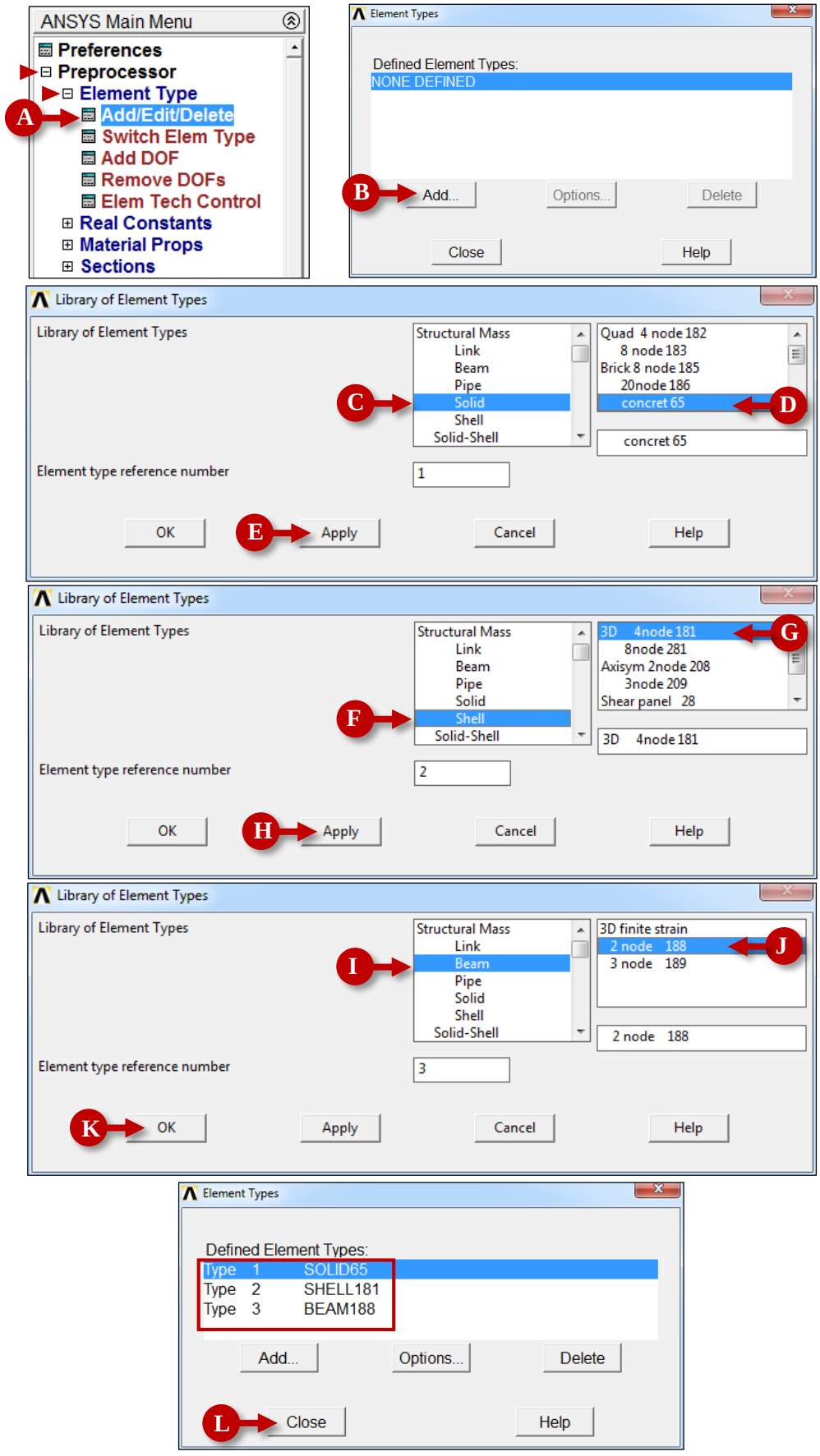
سيتم تحديد عدة عناصر هي (Solid65) و(Shell181) و(Beam188)، وتتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-47):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete>

Add: 1. Solid > concrete 65 > Apply
2. Shell > 3D 4node 181 > Apply
3. Beam > 2node 188 > OK

▪ **ملاحظة (3):** سيتم الاستفادة من المادة (Shell 181) بشكل مؤقت فقط خلال النمذجة.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

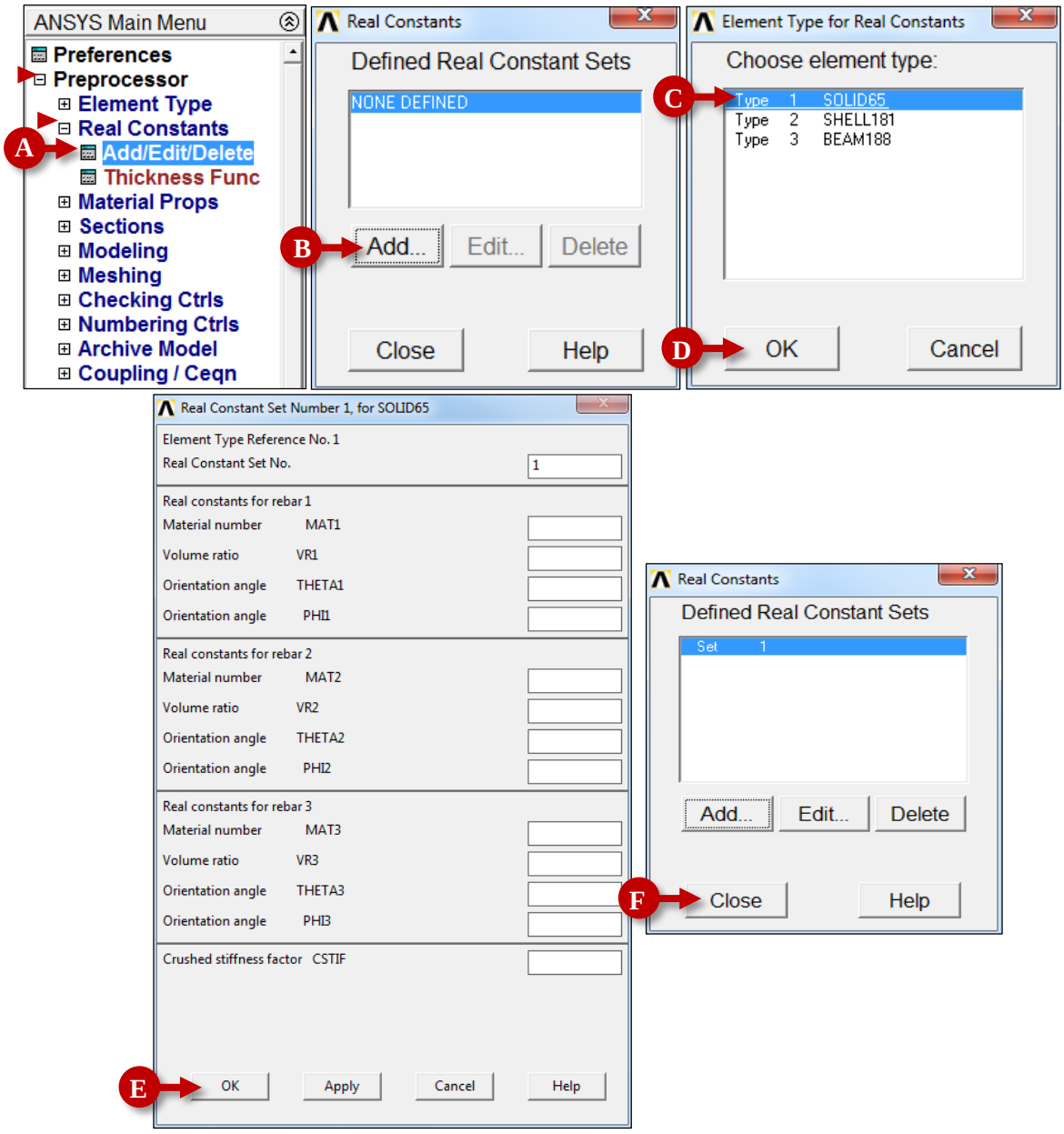


الشكل (4-47): تحديد العناصر

2- تعريف ثوابت المواد المستخدمة:

سيتم تعريف ثوابت المواد (Real Constant) لعنصر البيتون بحيث لا يحوي هذا العنصر على تسليح ضمني، تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-48):

2- Preprocessor> Real Constant> Add/Edit/Delete>Add:
> Solid65> OK



الشكل (4-48): تحديد ثوابت العناصر

3- تعريف خصائص المواد المستخدمة:

يتم تعريف خصائص المواد المستخدمة والتي هي معامل المرونة ومعامل بواسون، وإجهاد الشد ومخطط الإجهاد الإنفعال للبيتون، من خلال المسارات التالية والموضحة في الأشكال (4-49)، (4-50) و(4-51):

3- Preprocessor> Material props> Material models>

1. **Material model Number1> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **3e10** (psi) (معامل مرونة البيتون)

PRXY = **0.2** (معامل بواسون للبيتون)

2. **Structural>Nonlinear> Inelastic> Non-metal Plasticity> Concrete**

Open Shear Transfer Coef = **0.3** (معامل نقل القص عبر الشقوق المفتوحة)

Closed Shear Transfer Coef = **1** (معامل نقل القص عبر الشقوق المغلقة)

Uniaxial Cracking Stress = **520** (psi) (إجهاد الشد في البيتون)

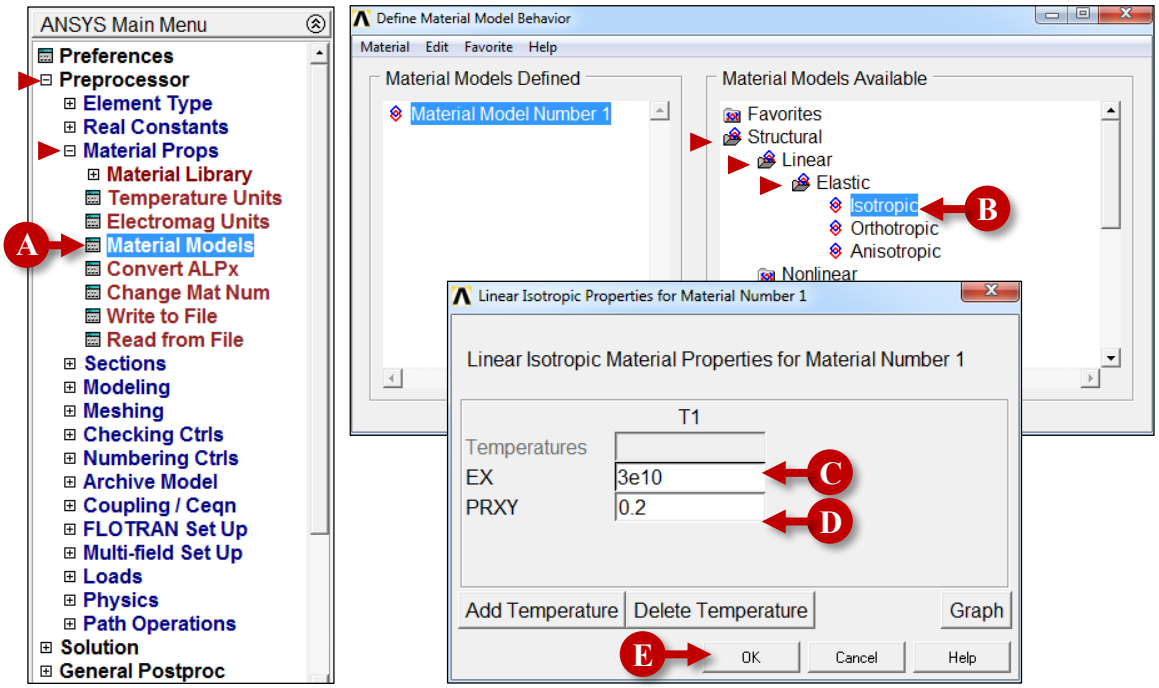
Uniaxial Crushing Stress = **-1** (إجهاد الضغط في البيتون)

- **ملاحظة:** يشير الرقم (-1) إلى أن مقاومة البيتون عالية، والإنهيار يكون على فولاذ التسليح.

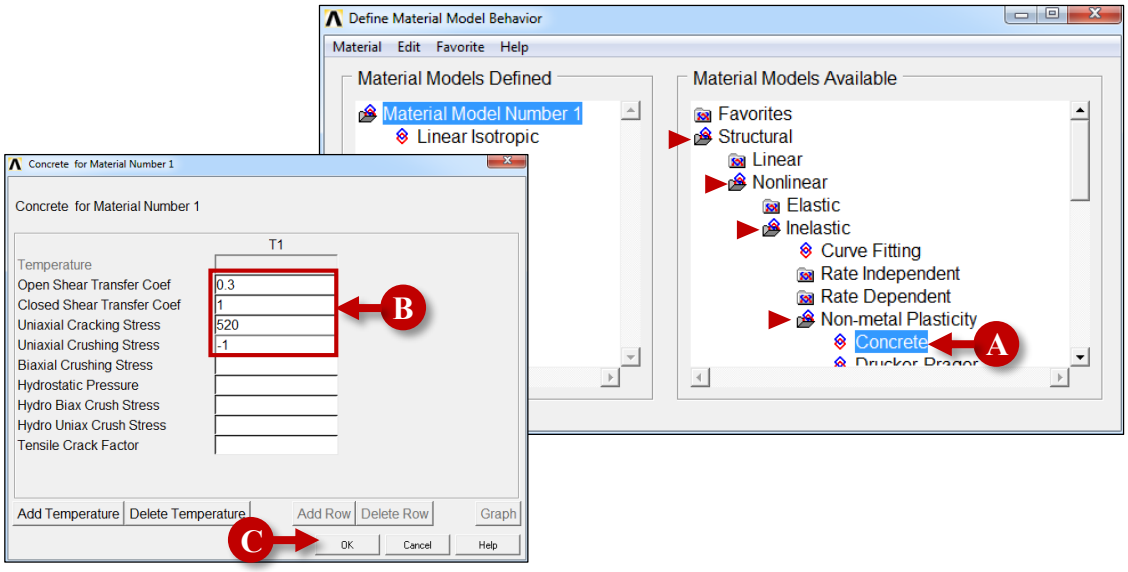
3. **Material> New Material**
4. **Material model Number2> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e11** (psi) (معامل مرونة فولاذ التسليح)

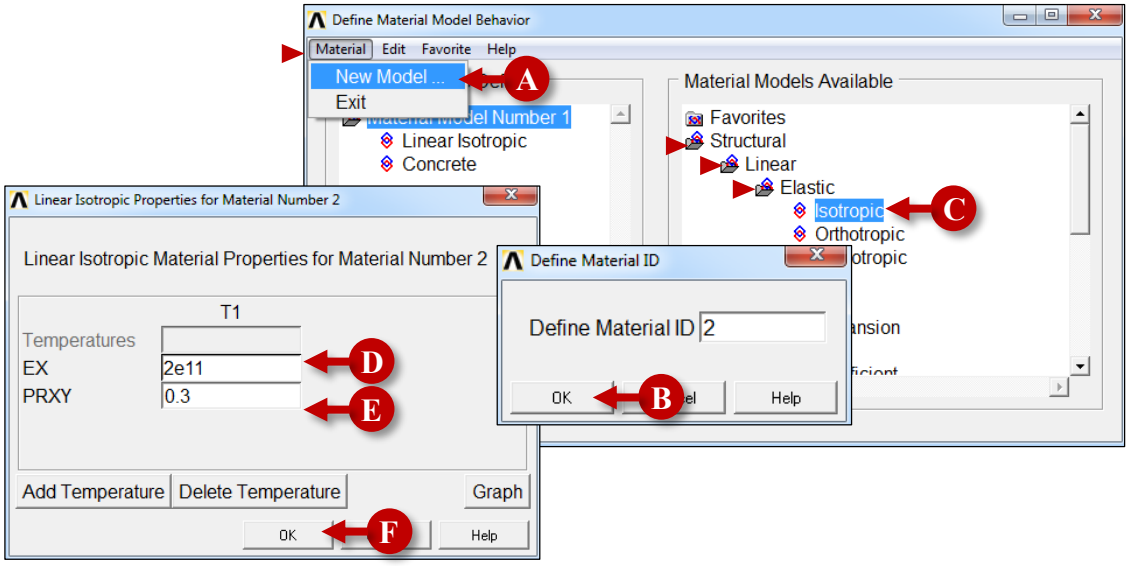
PRXY = **0.3** (معامل بواسون لفولاذ التسليح)



الشكل (4-49): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للبيتون



الشكل (4-50): تحديد اجهاد الشد والضغط في البيتون



الشكل (4-51): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للفولاذ

4- تعريف مقطع قضبان فولاذ التسليح:

يتم تعريف مقطع قضبان فولاذ التسليح وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-52):

4-1. Preprocessor> Sections> Beam> Common Sections>

Name = **d 0.5** (اقتراح اسم ما للمقطع الفولاذي)

Sub-Type = (دائري) (يتم اختيار الشكل الدائري للمقطع الفولاذي)

R = **0.25** (نصف قطر المقطع الفولاذي)

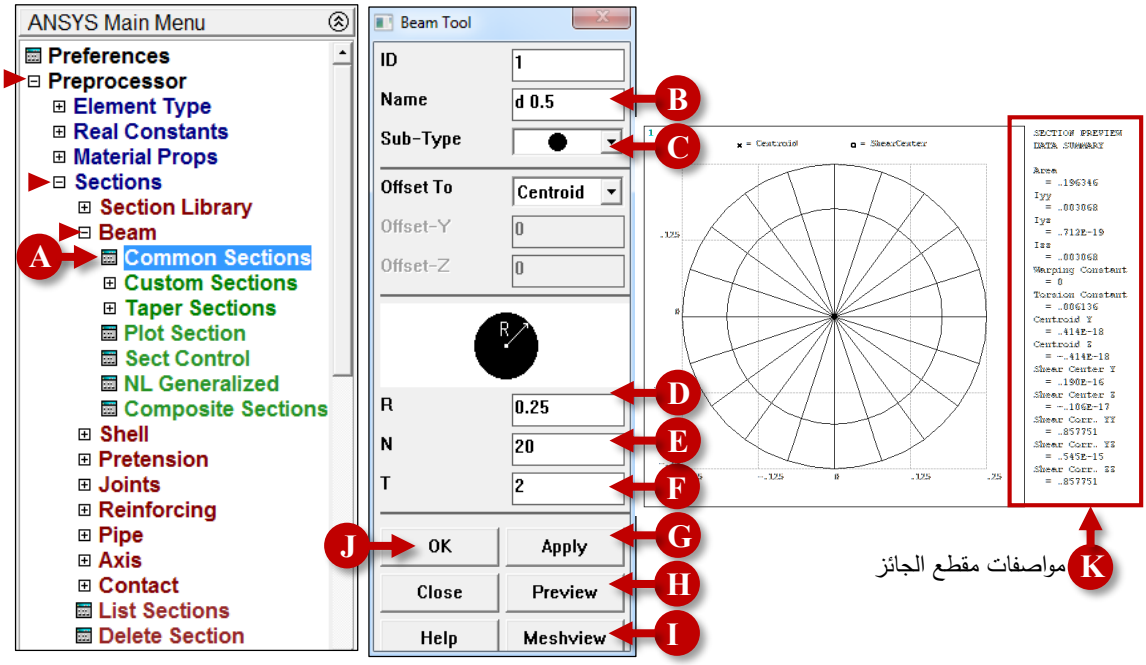
N = **20** (عدد التقسيات الشعاعية ضمن المقطع)

T = **2** (عدد التقسيمات الحلقية ضمن المقطع)

Apply> Preview> Mesh View> Ok

2. Plot> Replot

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-52): تحديد أبعاد مقطع قضيب التسليح

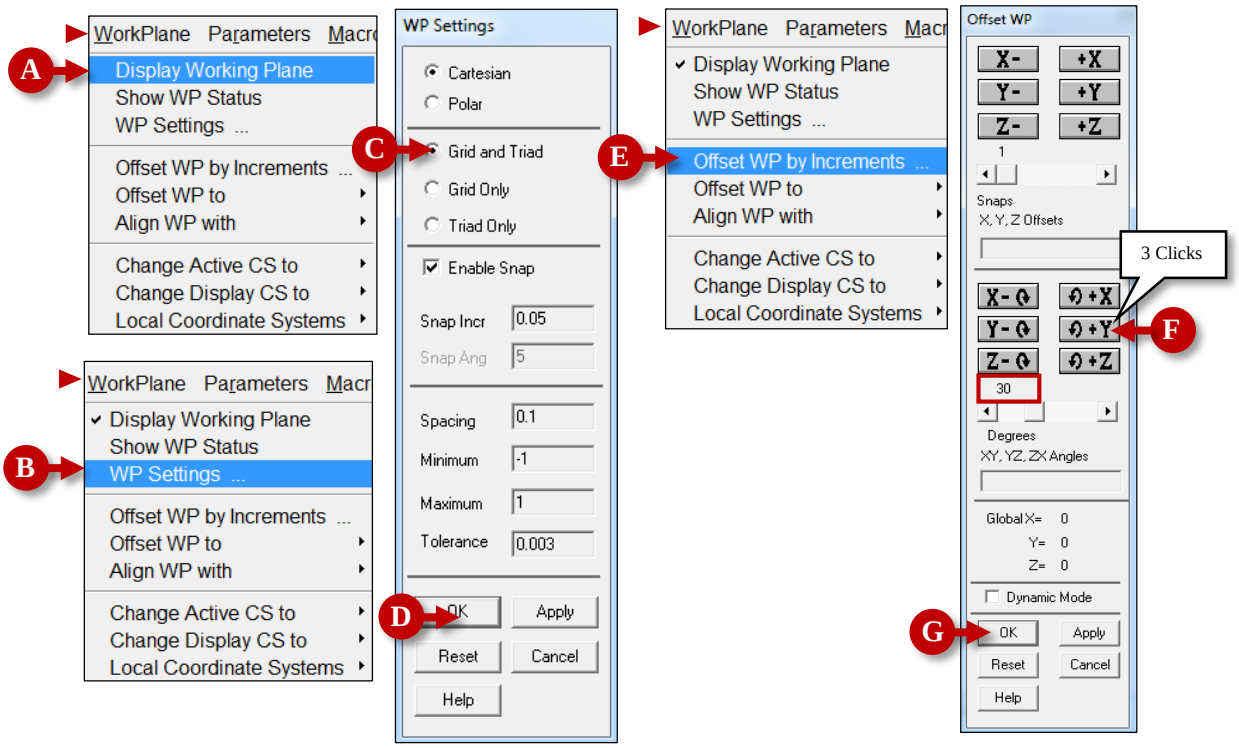
5- إعداد المحاور المؤقتة (WP):

يتم تفعيل ظهور جملة المحاور المؤقتة (Work Plane) مع الشـــبكة التابعة لها، ثم تدوير هذه الجملة حول المحور (Y) بزاوية (90°)، وذلك من خلال النقر ثلاث مرات على زر التدوير، نظراً لأن زاوية التدوير الإفتراضـــية كانت تســـاوي (30°). وبالتالي يصـــبح المســـتوي (YZ) في الجملة المحاور القديمة يمثل المستوي (WX,WY) في الجملة الجديدة (بعد التدوير). تتم هذه العمليات وفق المسارات التالية والموضحة في الشكل (4-53):

5-1. Work Plane> Display WorkPlane (On)

2. Work Plane> WP Setting…> Grid and Triad> OK (رؤية محاور والشبكة التابعة لها)

3. Work Plane> Offset WP by Increments…> +Y= (3 Click)> OK (تدوير المحاور)



الشكل (4-53): ضبط إعدادات المحاور المؤقتة

6- رسم مقطع الجائز:

بما أن المحاور المؤقتة فعَّالة فستتم عملية الرسم وفقاً لها، حيث سيتم رسم مقطع الجائز وفقاً للأبعاد المعطية بنص المثال، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-54)، ثم يتم إلغاء تفعيل المحاور المؤقتة والعودة للعمل وفقاً للمحاور الأصلية العامة:

6-1. Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Rectangle> By Dimension>

X1 , X2 X-Coordinates = **0** , **5** (inch) (عرض المقطع)

Y1 , Y2 Y-Coordinates = **0** , **5** (inch) (ارتفاع المقطع)

> OK

2. Work Plane> Display WorkPlane = (**Off**)

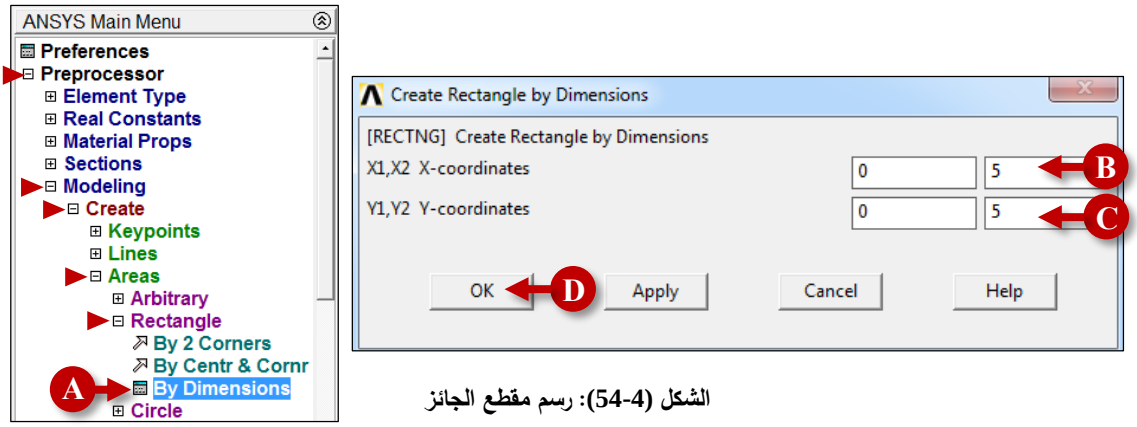
3. Isometric View

4. Right View

- **ملاحظة (4):**

نُذكِّر بأن المساحة (والتي تمثل مقطع الجائز) تم رسمها بالنسبة لجملة المحاور المؤقتة (WX,WY)، وهي تمثل المستوي (YZ) في جملة المحاور العامة، وقد تم الإستعانة بالمحاور المؤقتة نظراً لأن رسم المساحات بالنسبة لجملة المحاور العامة (أي بدون تفعيل المحاور المؤقتة) سيتم حصراً في المستوي (XY).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-54): رسم مقطع الجائز

7- تحديد خطة تقسيم المقطع:

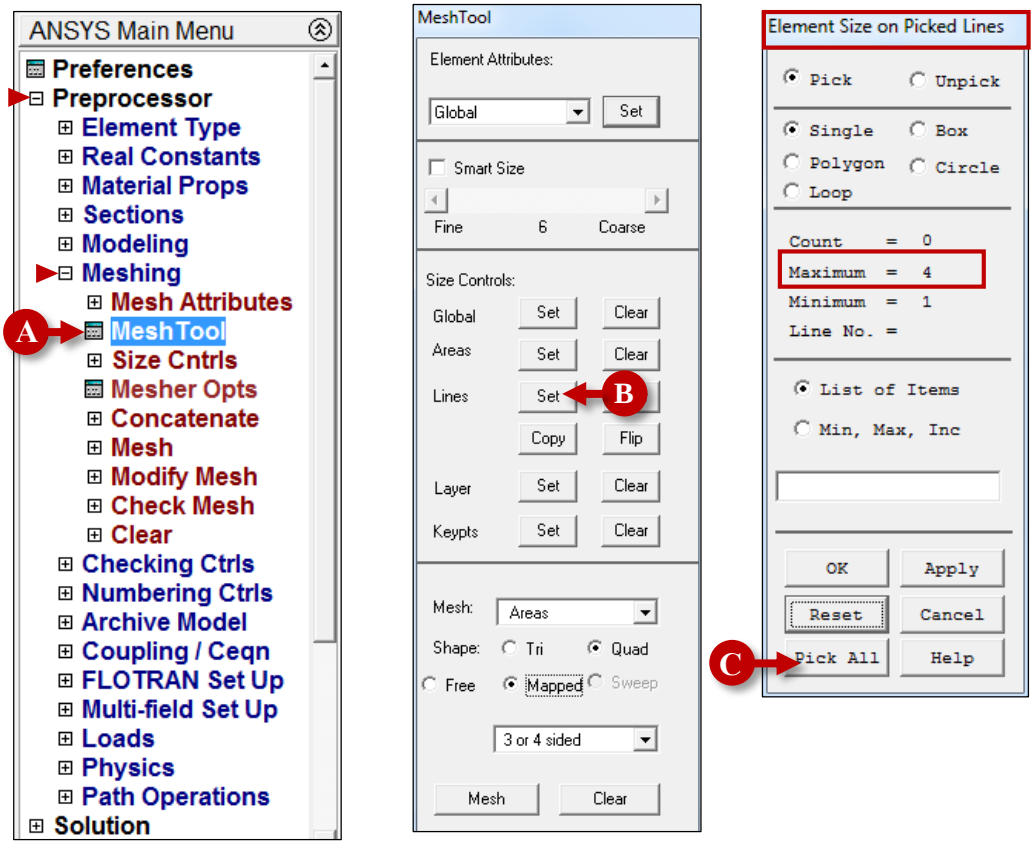
إن أبعاد مقطع الجائز (5×5 inch) وسيتم تقسيمه كل (1 inch)، أي إلى (5) قطع بالاتجاه العرضي (Z)، و (5) قطع بالاتجاه الشاقولي (Y)، تتم العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (4-55) و(4-56):

7- Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

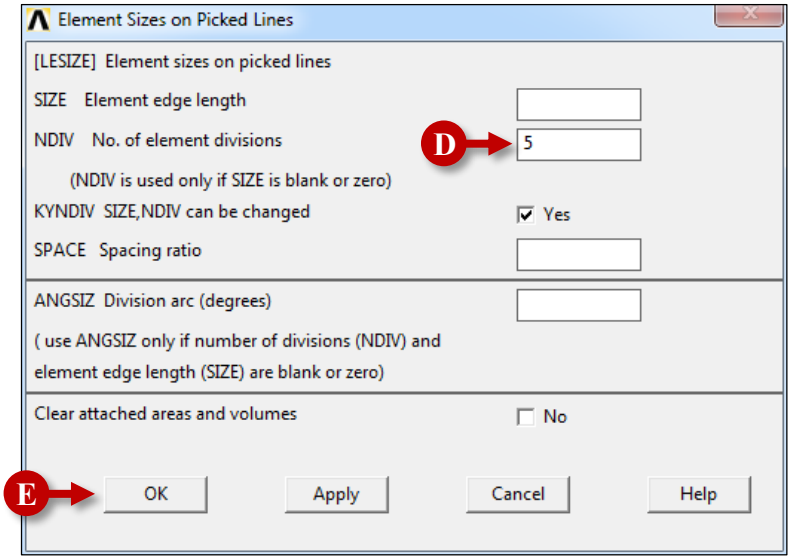
1. Lines> **Set** > Pick All

   No. of Element Divisions = **5** (عدد القطع في كل ضلع من المقطع)

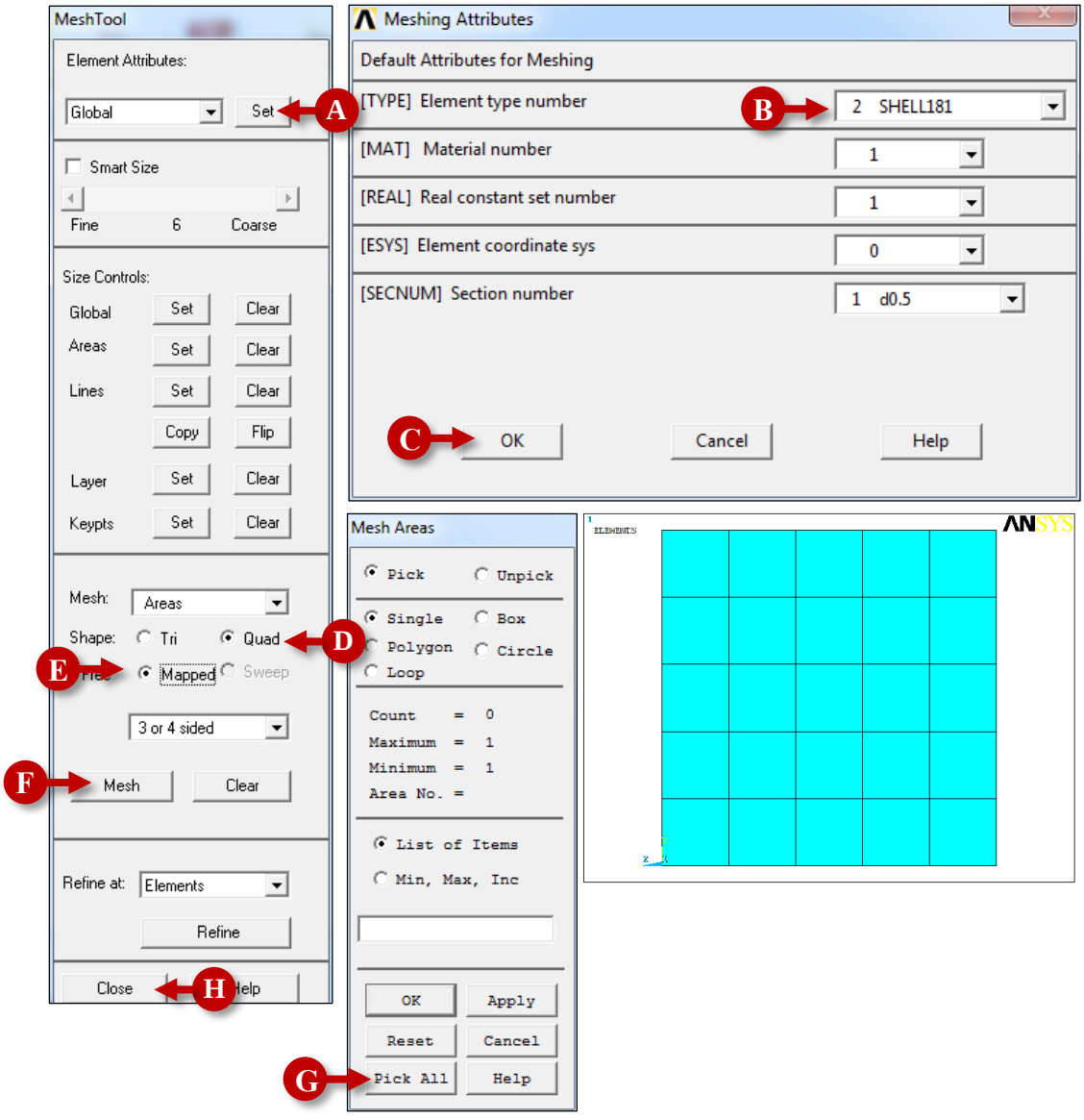
2. Element Attributes: Global> Set> **Shell 181**
3. Mesh: Areas: **Quad - Mapped** > Mesh> Pick All> Close



الشكل (4-55-a): ضبط أبعاد العناصر الناتجة عن التقسيم



الشكل (4-55-b): ضبط أبعاد العناصر الناتجة عن التقسيم



الشكل (4-56): ضبط خصائص العناصر الناتجة عن التقسيم

8- تحديد خصائص المواد الافتراضية للبيتون قبل إجراء عملية الإنبثاق:

قبل إجراء عملية الإنبثاق للسطح (ليتحول إلى حجم) يتم تحديد الخصائص الإفتراضية لمادة العناصر (والتي تمثل البيتون في هذا المثال) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-57):

8- Preprocessor> Modeling> Operate> Extrude> Elem Ext Opts>

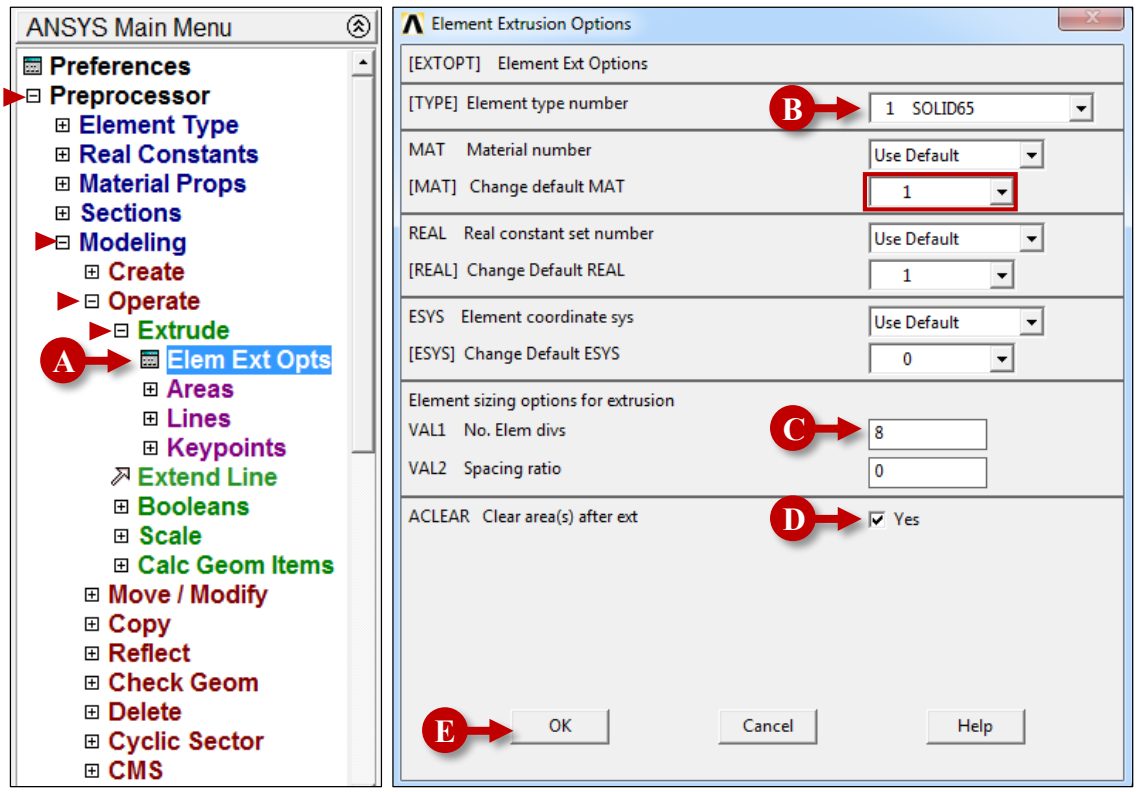
[TYPE] = **Solid65** (تحديد مادة البيتون كافتراضية عند رسم العناصر)

[MAT] = **1** (تحديد الرقم 1 من خصائص المواد والتابع لمادة البيتون كافتراضي)

[Real] = **1** (تحديد الرقم 1 من (Real Constant) التابع لمادة البيتون كافتراضي)

VAL1 No. Elem divs = **8** (عدد التقسمات بالاتجاه الطولي X)

ACLEAR Clear area(s) after ext = **Yes** (حذف المساحة بعد الإنبثاق)



الشكل (4-57): تحديد خصائص المواد الافتراضية قبل رسم العناصر البيتونية

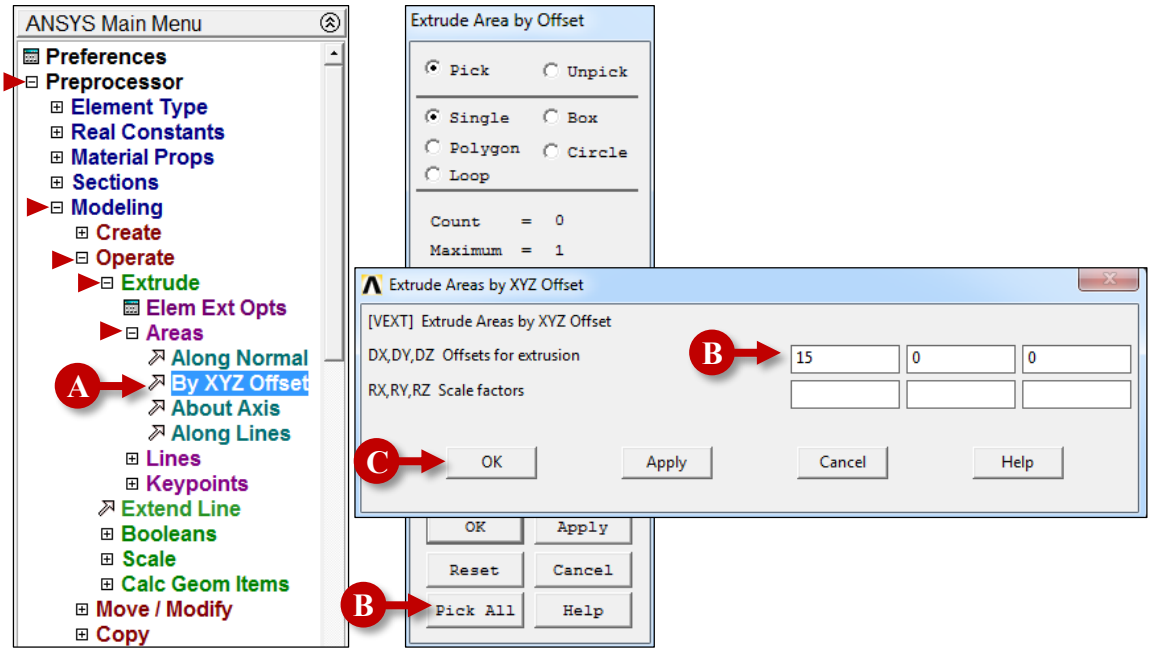
9- إنبثاق السطح ليتحول إلى حجم:

يتم إجراء عملية الإنبثاق للسطح ليتحول إلى حجم وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-58):

9- Preprocessor> Modeling> Operate> Extrude> Areas> By XYZ Offset> Pick All

DX, DY ,DZ Offsets for Extrusion = **15 , 0 , 0** (Inch) (طول الإنبثاق الكلي باتجاه المحور X)

>OK



الشكل (4-58): تحديد طول الإنبثاق الكلي

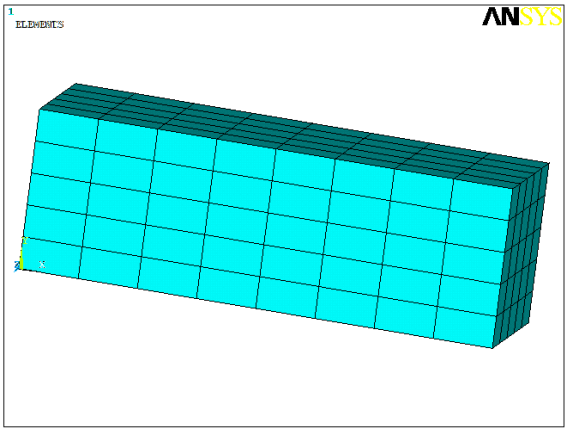
10- رؤية العناصر الجديدة والعقد:

يتم تحضير منظور مناسب للنموذج على الواجهة الرسومية تمهيداً لرسم القضبان بين العقد، مع الإستفادة من إمكانية التحكم بزاوية الميل من خلال الضغط والسحب على (Ctrl+ Right Click) . تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (4-59) و(4-60):

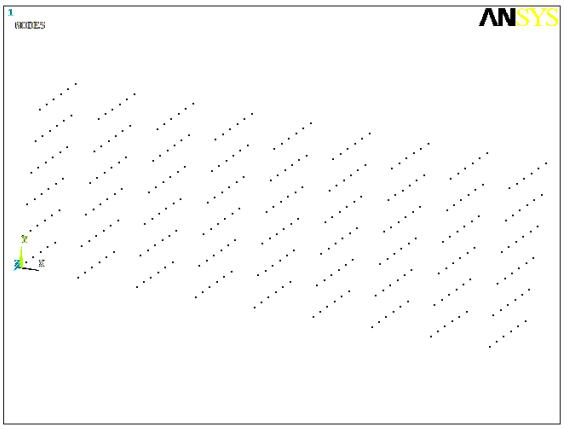
10-1. Plot> Elements

2. Plot> Nodes

3. Oblique View (رؤية منظر مائل للحجم)



الشكل (4-59): عناصر الجائز



الشكل (4-60): عقد الجائز

11- تحديد المواد الافتراضية للفولاذ قبل الرسم:

قبل إجراء رسم قضبان التسليح الفولاذية يتم تحديد الخصائص الإفتراضية لهذه العناصر وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-61):

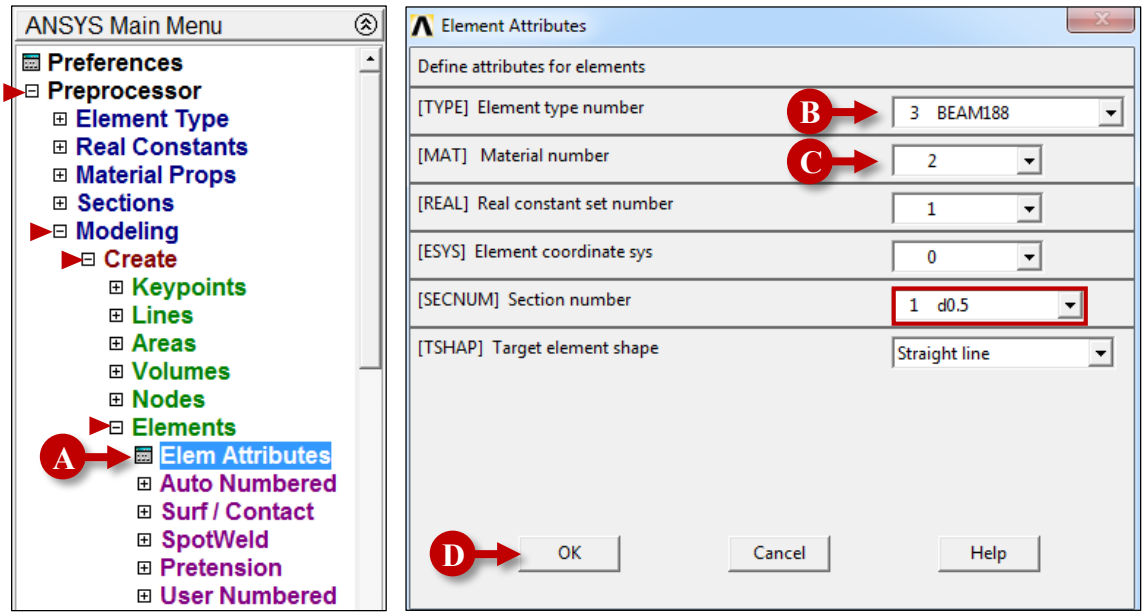
11- Preprocessor> Modeling> Create> Elements> Elem Attributes>

[TYPE] = **Beam 188** (تحديد مادة الفولاذ كافتراضية عند رسم العناصر)

[MAT] = **2** (تحديد الرقم 2 من خصائص المواد والتابع لمادة الفولاذ كافتراضي)

[SECNUM] =**d0.5** (اسم مقطع االفولاذ)

>OK



الشكل (4-61): تحديد خصائص المواد الإفتراضية قبل رسم قضبان التسليح الفولاذية

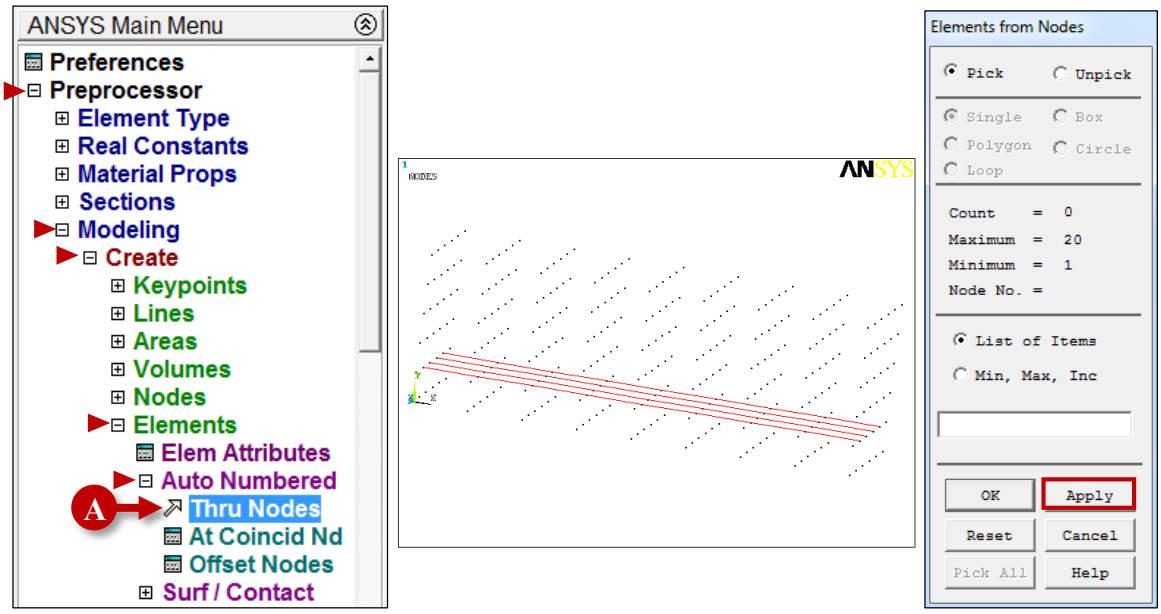
12- رسم قضبان التسليح الفولاذية:

يتم رسم قضبان التسليح الفولاذية على الواجهة الرسومية مباشرة بعد طلب الأمر من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-62):

12- Preprocessor> Modeling> Create> Elements> Auto Numbered> Thru Nodes>

(نصل بين كل عقدتين متتاليتين) >Apply

وهكذا يتم تكرار العملية حتى رسم كامل قضبان التسليح، مع الإنتباه إلى أنه بعد أن يتم تحديد النقطتين الخاصتين بأخر عنصر يجب أن نضغط (OK) عوضاً عن (Apply) كي يتم تنفيذ العملية وإغلاق النافذة.

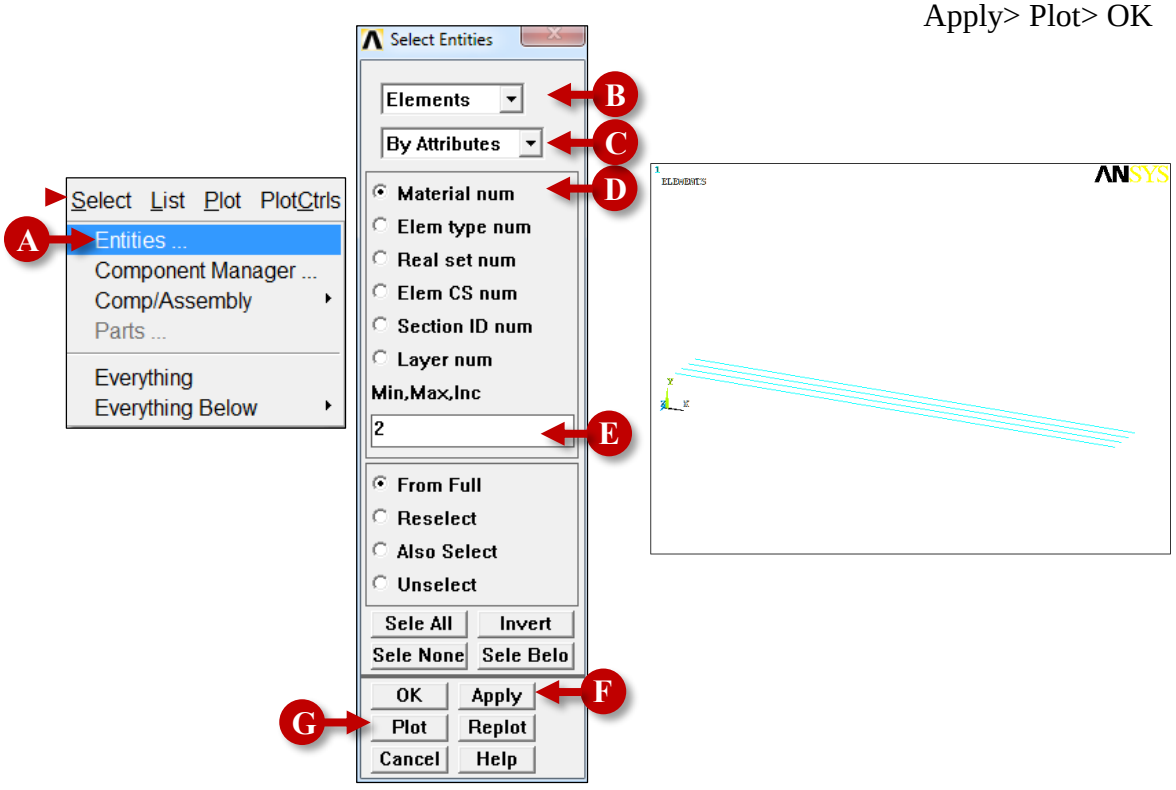


الشكل (4-62): رسم قضبان التسليح

13- معاينة قضبان التسليح فقط:

تتم معاينة قضبان التسليح فقط (دون بقية العناصر البيتونية) للتأكد من دقة الرسم وعدم حدوث أخطاء في اتجاه القضيب، من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-63):

13- Select> Entities…> Elements> By Attributes> Material num: Min, Max, Inc= **2**
Apply> Plot> OK

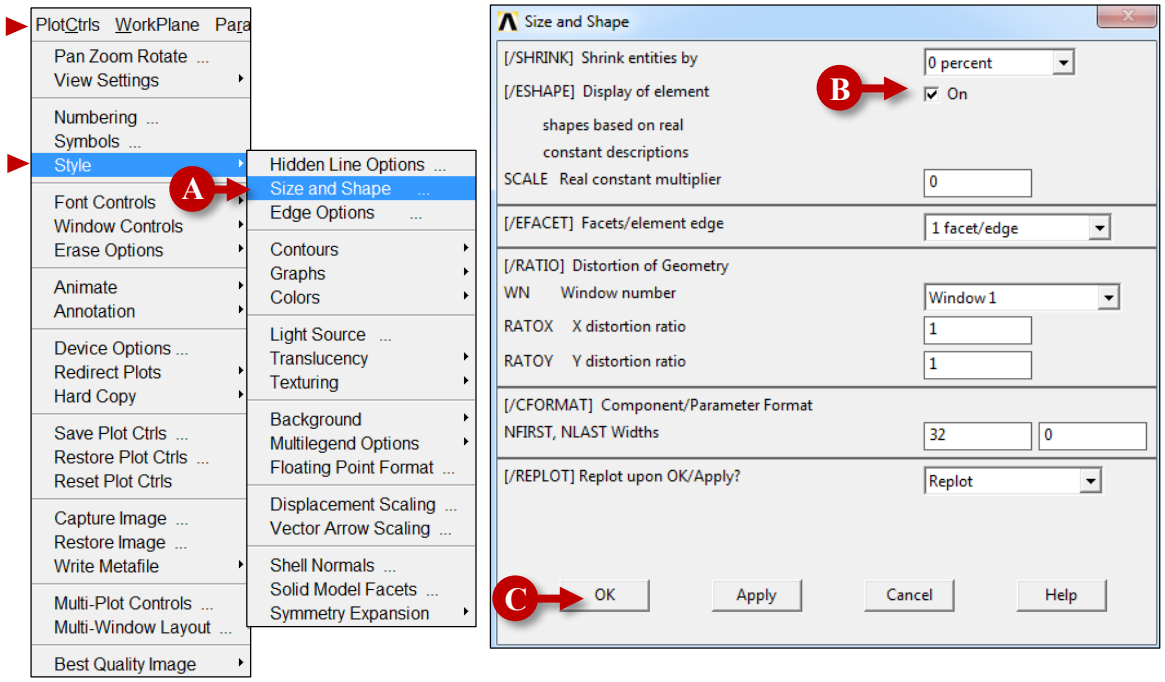


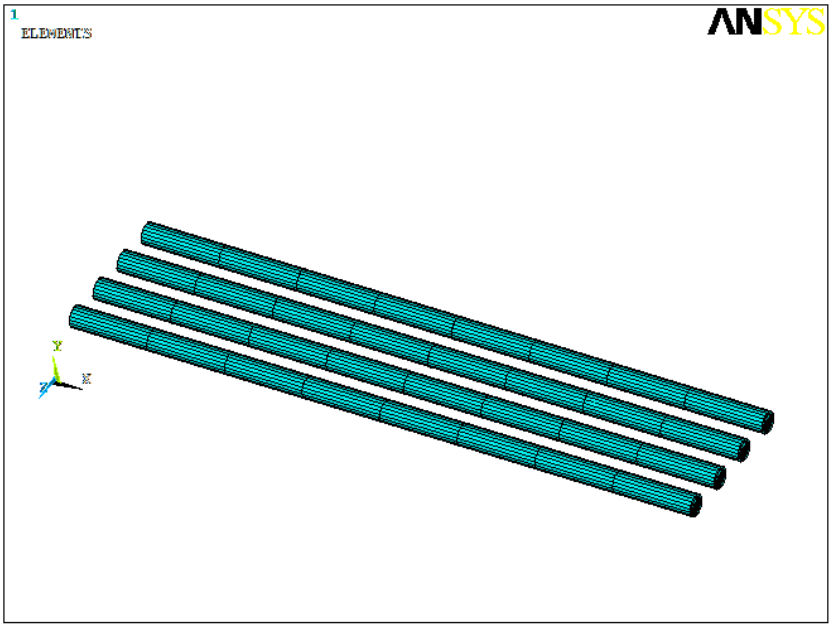
الشكل (4-63): اختيار قضبان التسليح

14- معاينة قضبان التسليح بشكل حجمي:

تتم معاينة قضبان التسليح بشكل حجمي (وليس خطي) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-64):

14- PlotCtrls> Style> Size and Shape…> Display of Element= **on**





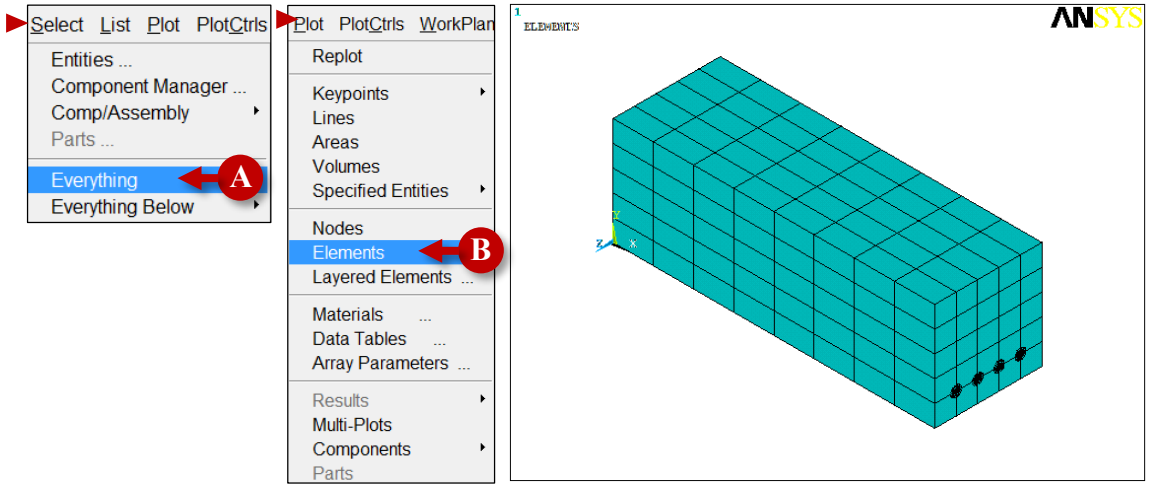
الشكل (4-64): معاينة التسليح ضمن عناصر البيتون المسلح

15- معاينة كامل النموذج:

تتم معاينة كامل النموذج بعد أن يتم إعادة إختيار جميع العناصـــر من خلال المســـار التالي والموضح في الشكل (4-65):

15-1. Select> Every Things

2. Plot > Elements



الشكل (4-65): معاينة كامل النموذج

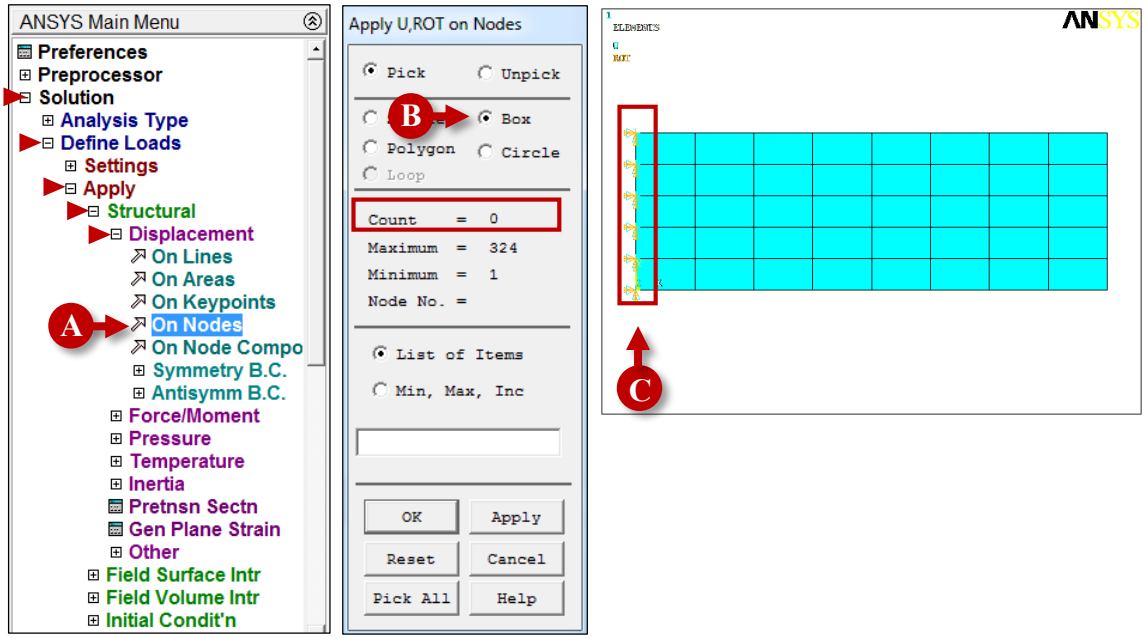
16- تخصيص الوثاقة الطرفية:

يتم تخصيص الوثاقة الطرفية للجائز من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكل (4-66):

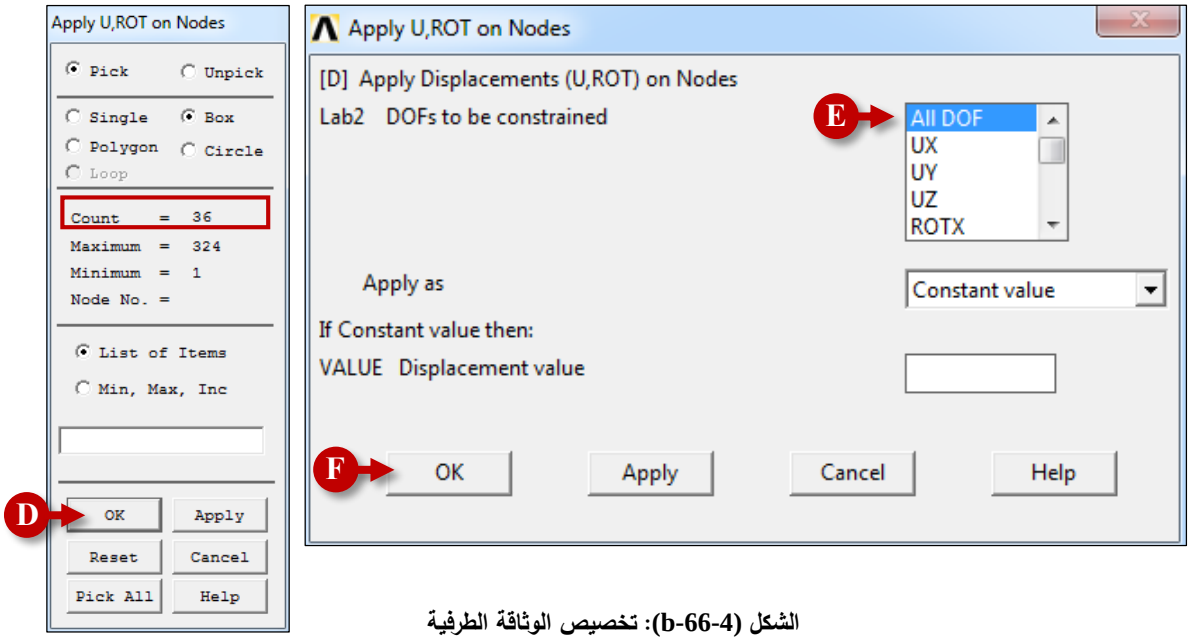
16-1. Front View

2. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Nodes>

Box> (يتم اختيار جميع العقد الواقعة على الجانب الأيسر من الجائز)>OK> **All DOF**>OK



الشكل (4-66-a): تخصيص الوثاقة الطرفية



الشكل (4-66-b): تخصيص الوثاقة الطرفية

17- تطبيق الحمولة المركزة:

سيتم تطبيق حمولة مركزة أفقية، تقع على الجانب الأيسر من مقطع الجائز، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-67):

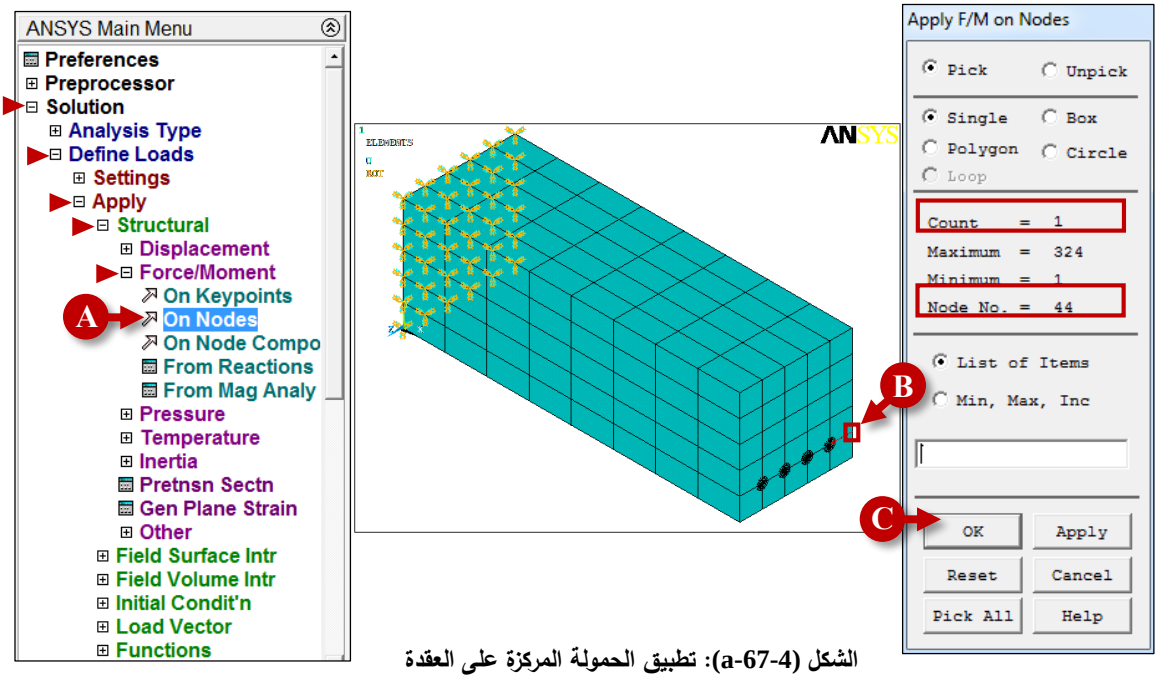
17-1. Isometric View

2. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Force/Moment> On Nodes >

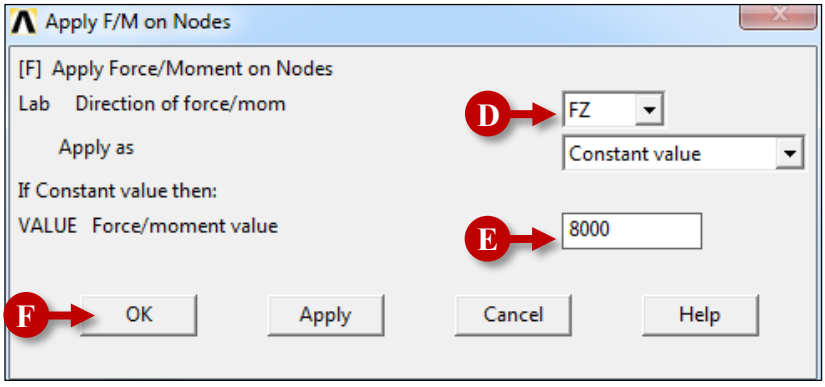
>(يتم اختيار موقع العقدة المطلوبة، كما هو مبين في الشكل(4-68-a)) >

Direction of Force/Mom = **FZ** (اتجاه محور القوة)

Value = **8000** (قيمة القوة مع الانتباه للإشارة)



الشكل (4-67-a): تطبيق الحمولة المركزة على العقدة

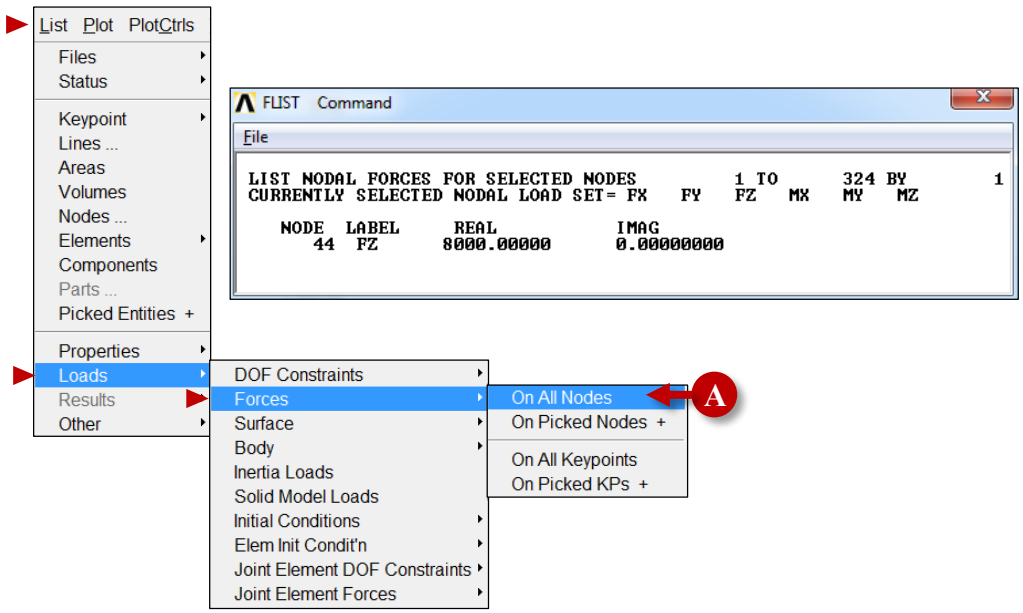


الشكل (4-67-b): تطبيق الحمولة المركزة على العقدة

18- التأكد بأن الحمولة مطبقة على العقد:

يمكن التأكد بأن الحمولة مطبقة على رقم العقدة الصحيحة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-68):

18- List> Load> Force> On All Nodes



الشكل (4-68): التأكد بأن الحمولة مطبقة على العقدة

19- إعداد خيارات التحليل:

نجعل الزمن النهائي عند تطبيق كامل الحمولة يساوي (5)، ونقسم هذا الزمن إلى (5) خطوات جزئية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-69):

19- Solution> Analysis Type> Sol'n Controls>

- Basic:

Small displacement static

Time at end of load step = **5** (الزمن النهائي عند تطبيق كامل الحمولة)

Automatic Time Stepping = **Prog Chosen**

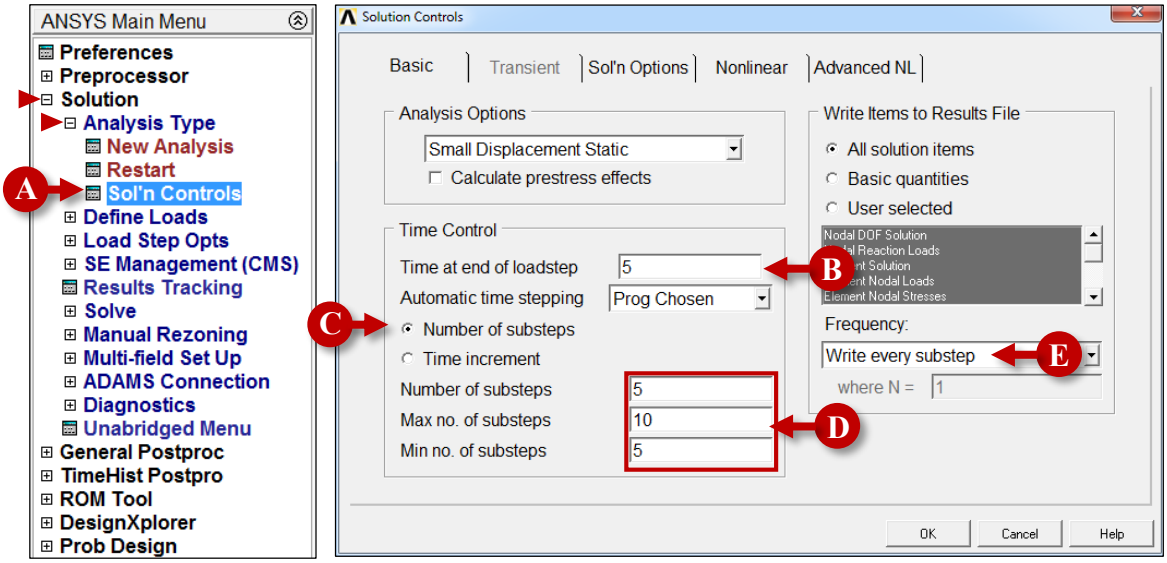
Number of substeps:

Number of substeps = **5** (عدد خطوات التحميل الجزئية)

Max no. of substeps = **10** (العدد الأعظمي لخطوات التحميل الجزئية)

Min no. of substeps = **5** (العدد الأصغري لخطوات التحميل الجزئية)

Frequency = **Write every substep** (عرض النتائج في كل مرحلة تحميل)



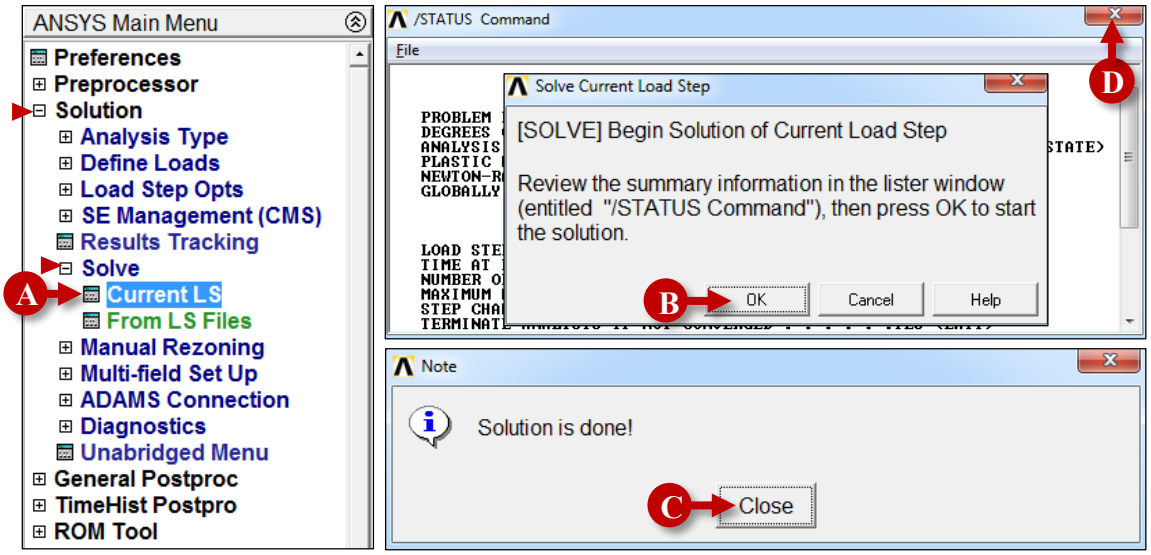
الشكل (4-69): إعداد خيارات التحليل

20- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر (Solve) الموضح في الشكل (4-70)، وفق المسار التالي:

20- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

عند انتهاء الحل يعطي البرنامج رسالة (Solution is Done) .

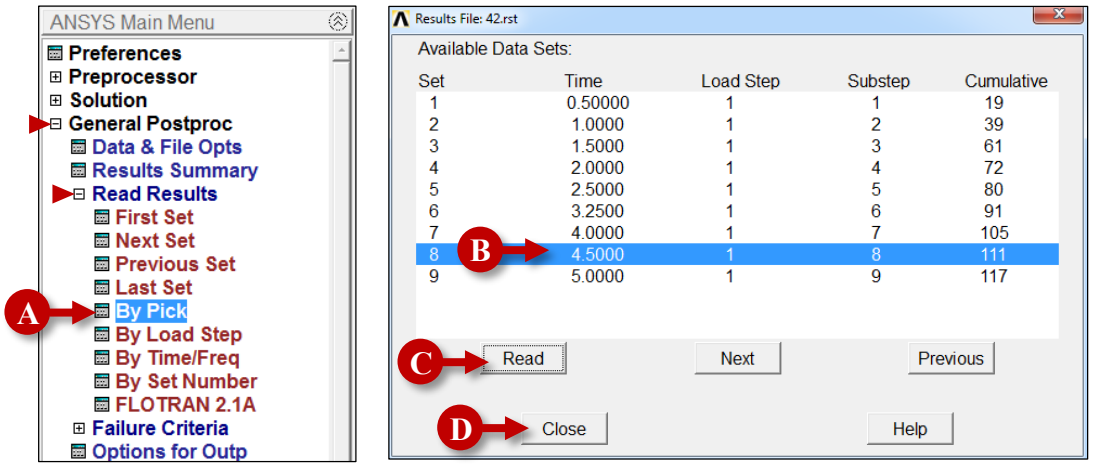


الشكل (4-70): بدء التحليل

21- معاينة النتائج من أجل حمولة معينة:

يعطي البرنامج قائمة لجميع الحمولات بدلالة الزمن، نختار حمولة معينة ثم ننقر (Read) لقراءة النتائج، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-71):

21- General Postproc> Read Results> By Pick> Time=45> Read> Close

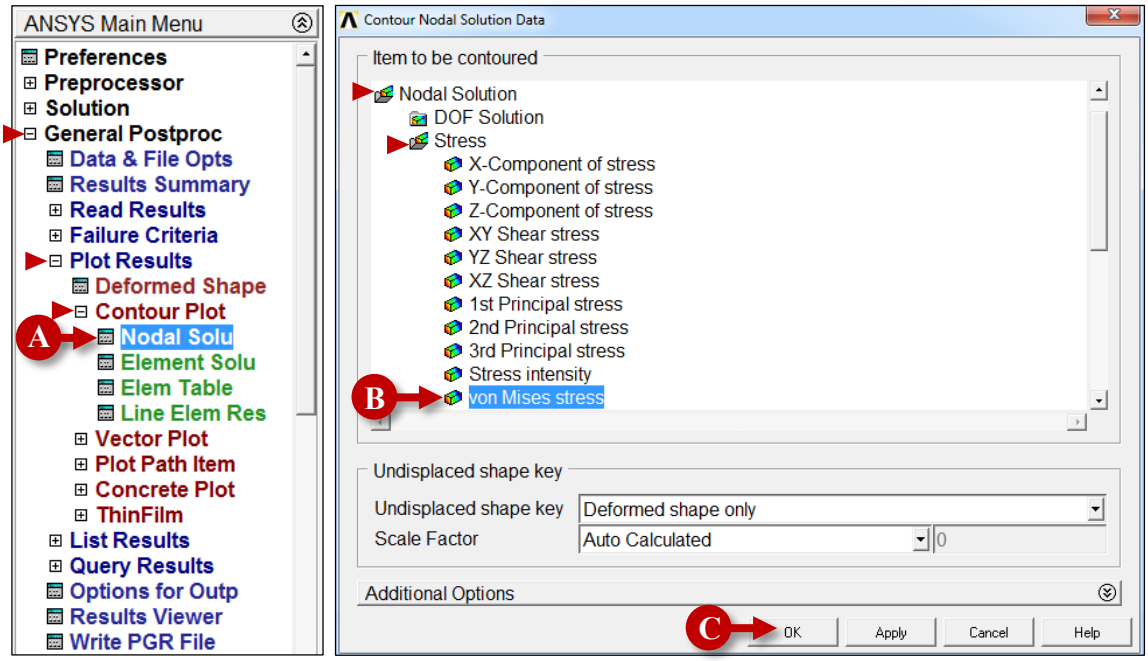


الشكل (4-71): قائمة الحمولات بدلالة الزمن

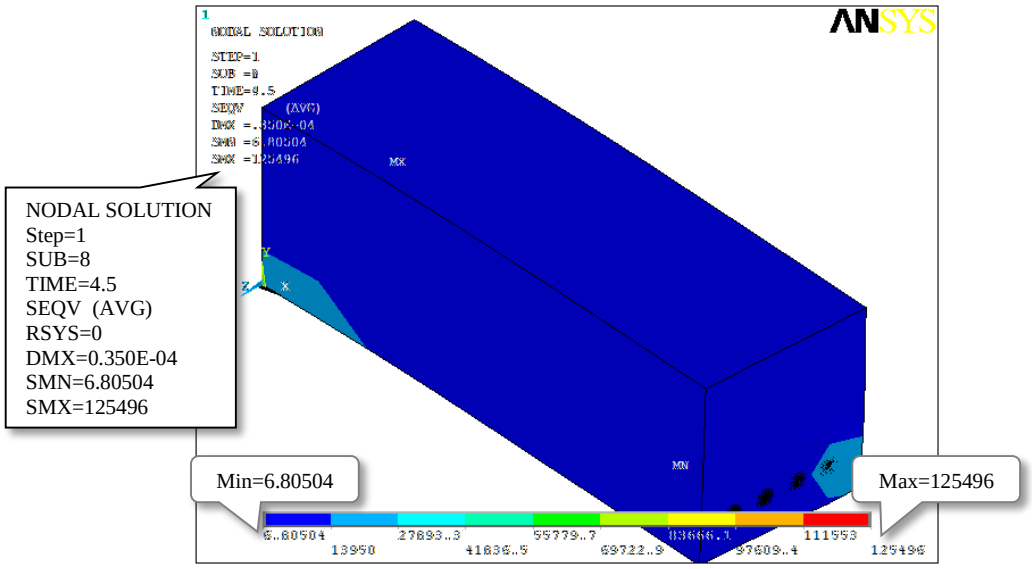
22- معاينة الإجهادات:

تتم معاينة مخطط إجهادات (Von Mises) من خلال المسار التالي و الموضح في الشكلين (4-72) و(4-73):

22- General Postproc> Plot Results> Contour Plot>Nodal Solu>
Stress> Von Mises Stress> OK



الشكل (4-72): تحديد إجهادات (Von Mises) لمعاينتها

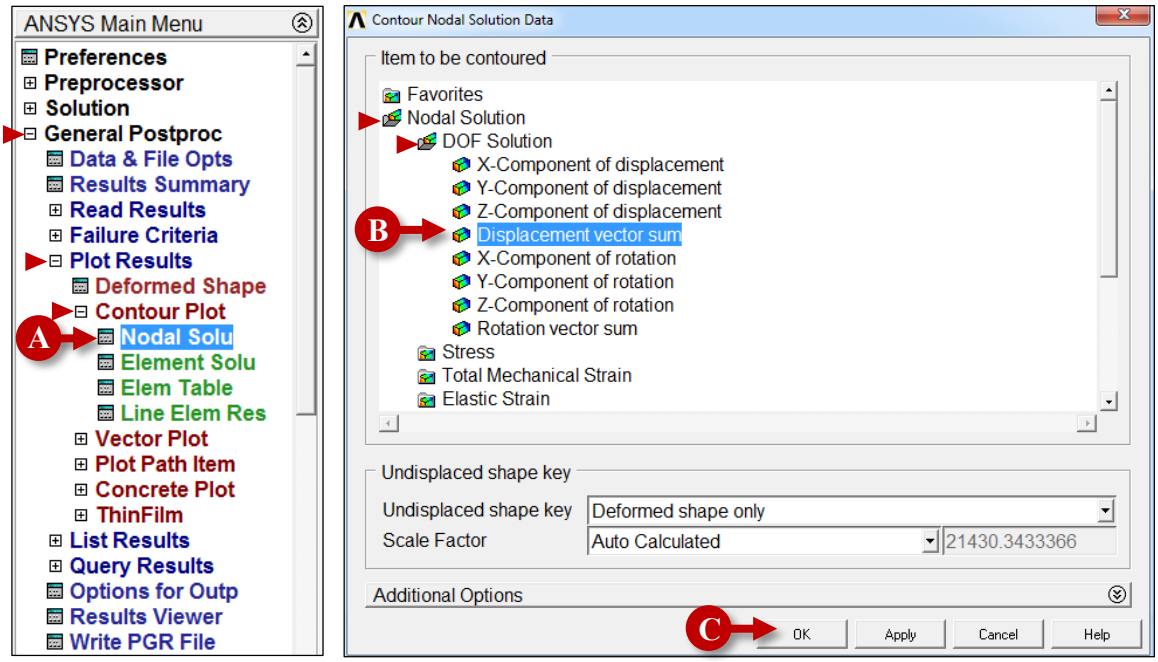


الشكل (4-73): إجهادات (Von Mises)

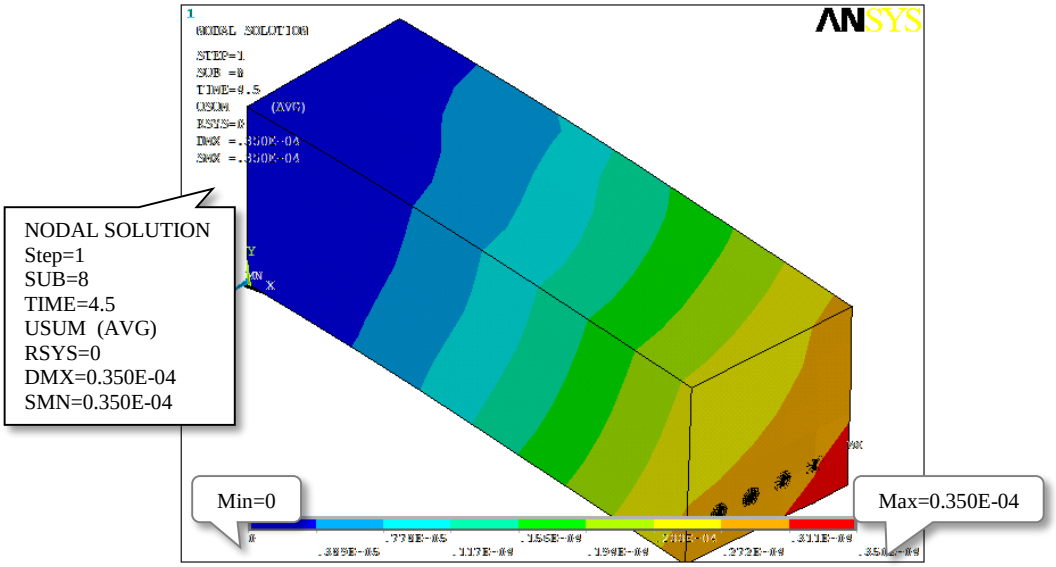
23- معاينة الإنتقالات:

تتم معاينة مخطط الإنتقالات الكلية (Displacement Vector Sum) من خلال المســـار التالي والموضح في الشكلين (4-74) و(4-75):

23- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
DOF Solution> Displacement Vector Sum> OK



الشكل (4-74): تحديد الإنتقالات الكلية (Displacement Vector Sum) لمعاينتها



الشكل (4-75): مخطط الإنتقالات

24- معاينة التشققات:

1. لإظهار التشققات على جسم الجائز يتم تعطيل مقياس التشوه، من خلال إتباع المسار التالي:

24-1. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>

Scale factor= **Off** **>OK**

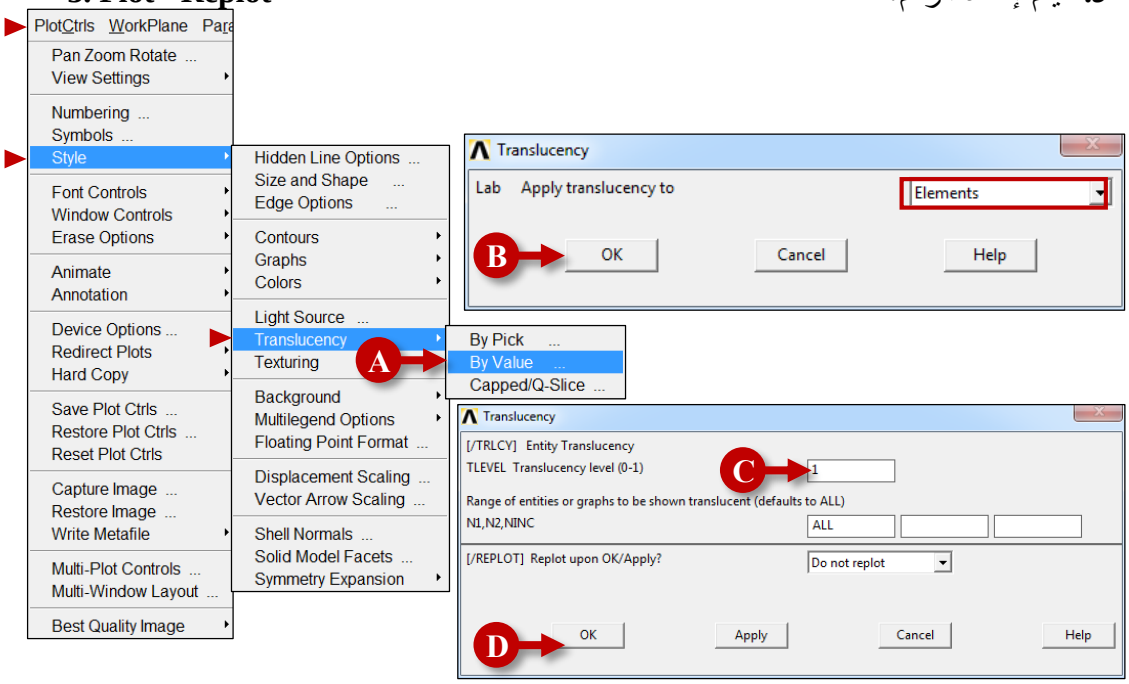
2. يتم زيادة مستوى شفافية العناصر من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-76):

2. Plot Ctrls> Style> Translucency> By Value…>

Lab Apply Translucency to: **Elements> OK** (تطبيق الشفافية على العناصر)

TLEVEL Translucency Level (0-1) = **1** (مستوى الشفافية)

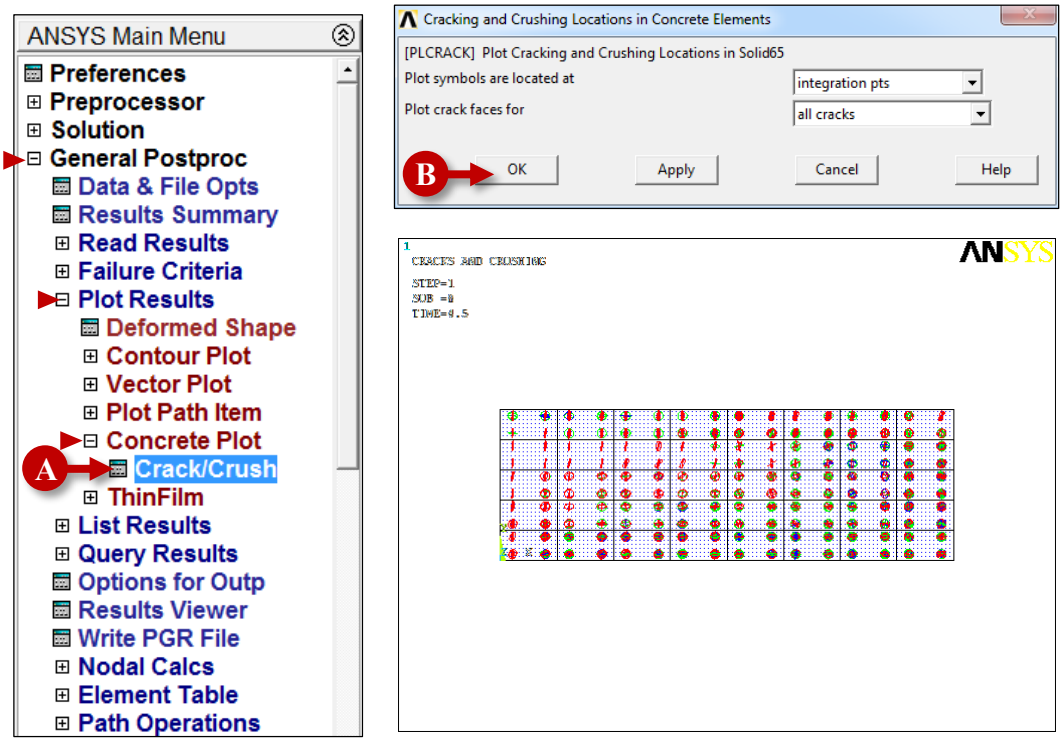
3. يتم إعادة الرسم: **3. Plot> Replot**



الشكل (4-76): زيادة مستوى شفافية العناصر

4. تتم معاينة التشققات من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-77):

4. General Postproc> Plot Results> Concrete Plot> Crack/Crash> OK



الشكل (4-77): تفعيل إظهار التشققات

5. ثم يتم إلغاء الشفافية والعودة إلى الوضع الإفتراضي وفق المسار التالي:

5. Plot Ctrls> Style> Translucency> By Value…>

Lab Apply Translucency to = **Elements** (تطبيق الشفافية على العناصر)

> OK

TLEVEL Translucency Level (0-1) = **0** (مستوى الشفافية)

> OK

25- معاينة الإجهادات في قضبان التسليح:

تتم معاينة الإجهادات ضمن قضبان التسليح الفولاذية من خلال القيام بالخطوات التالية:

1. إظهار قضبان التسليح فقط، من خلال المسار التالي والمبين سابقاً في الشكل (4-63):

25-1. Select> Entities…> Elements> By Attributes> Material num:

Min, Max, Inc= **2**

Apply> Plot> OK

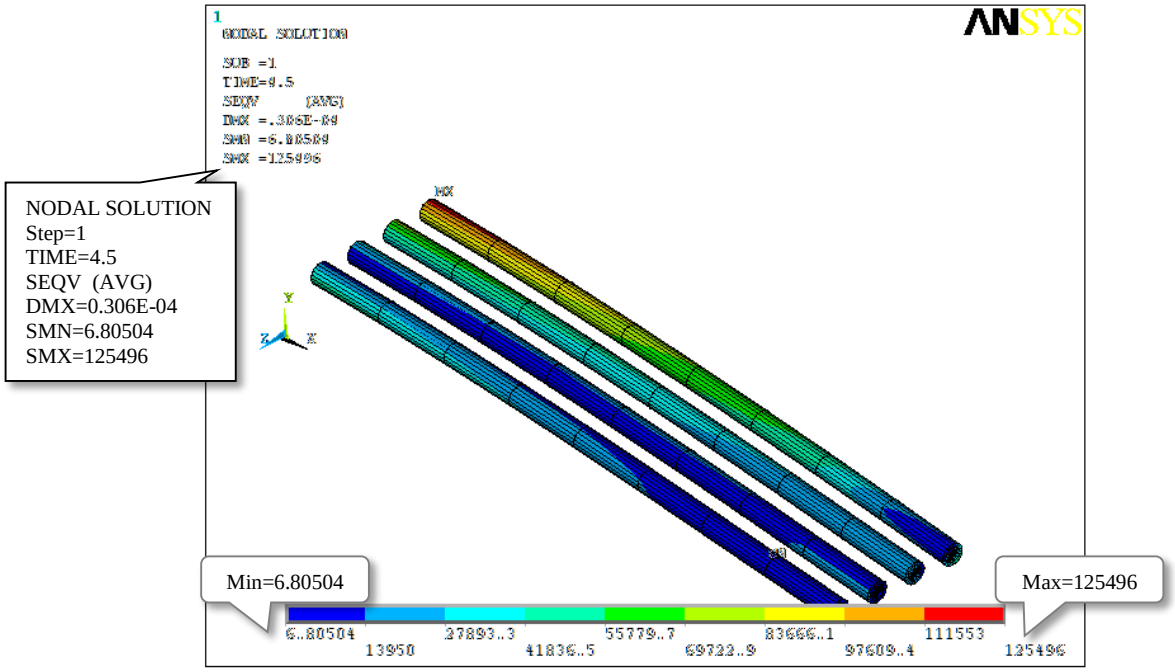
2. تفعيل معاينة الإجهادات، من خلال المسار التالي والمبين سابقاً في الشكل (4-72):

2. General Postproc> Plot Results> Contour Plot>Nodal Solu>

Stress> Von Mises Stress

وبالتالي يتم الحصول على مخطط إجهادات في القضبان كما هو مبين في الشكل (4-78).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-78): إجهادات (Von Mises) في قضبان التسليح الفولاذية

3. لإعادة عرض كامل النموذج:

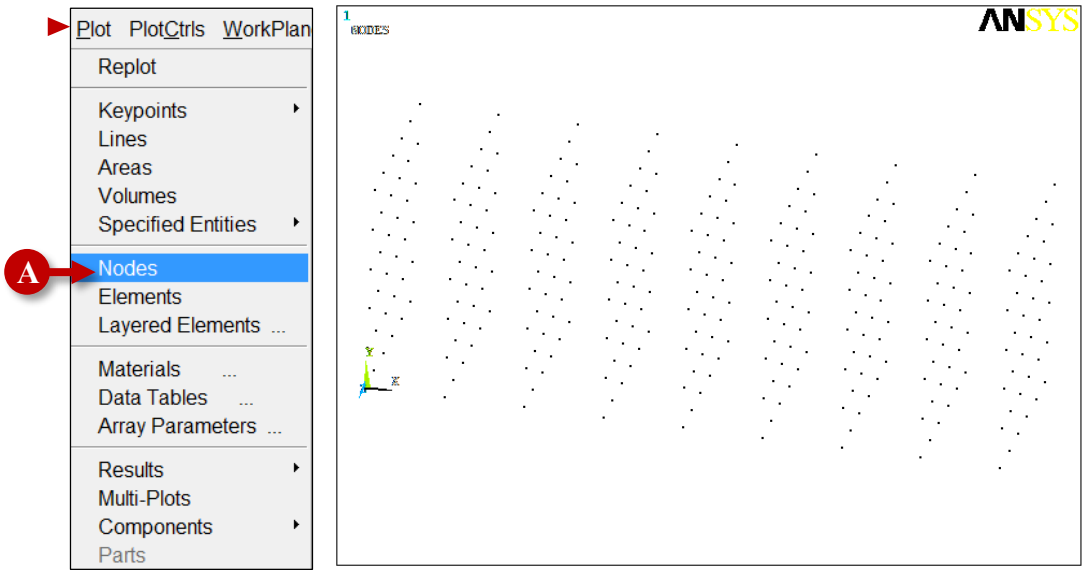
3. Select> EveryThing
4. Plot > Replot

26- معاينة الإنتقالات ضمن القضبان بشكل تخطيطي:

تتم معاينة الإنتقالات ضمن القضبان بشكل تخطيطي من خلال الخطوات التالية:

1. يتم تحديد منظور مناسب للنموذج، من خلال الخطوة التالية والمبينة في الشكل (4-79):

26-1. Plot> Nodes
> (Ctrl+ Right Click)



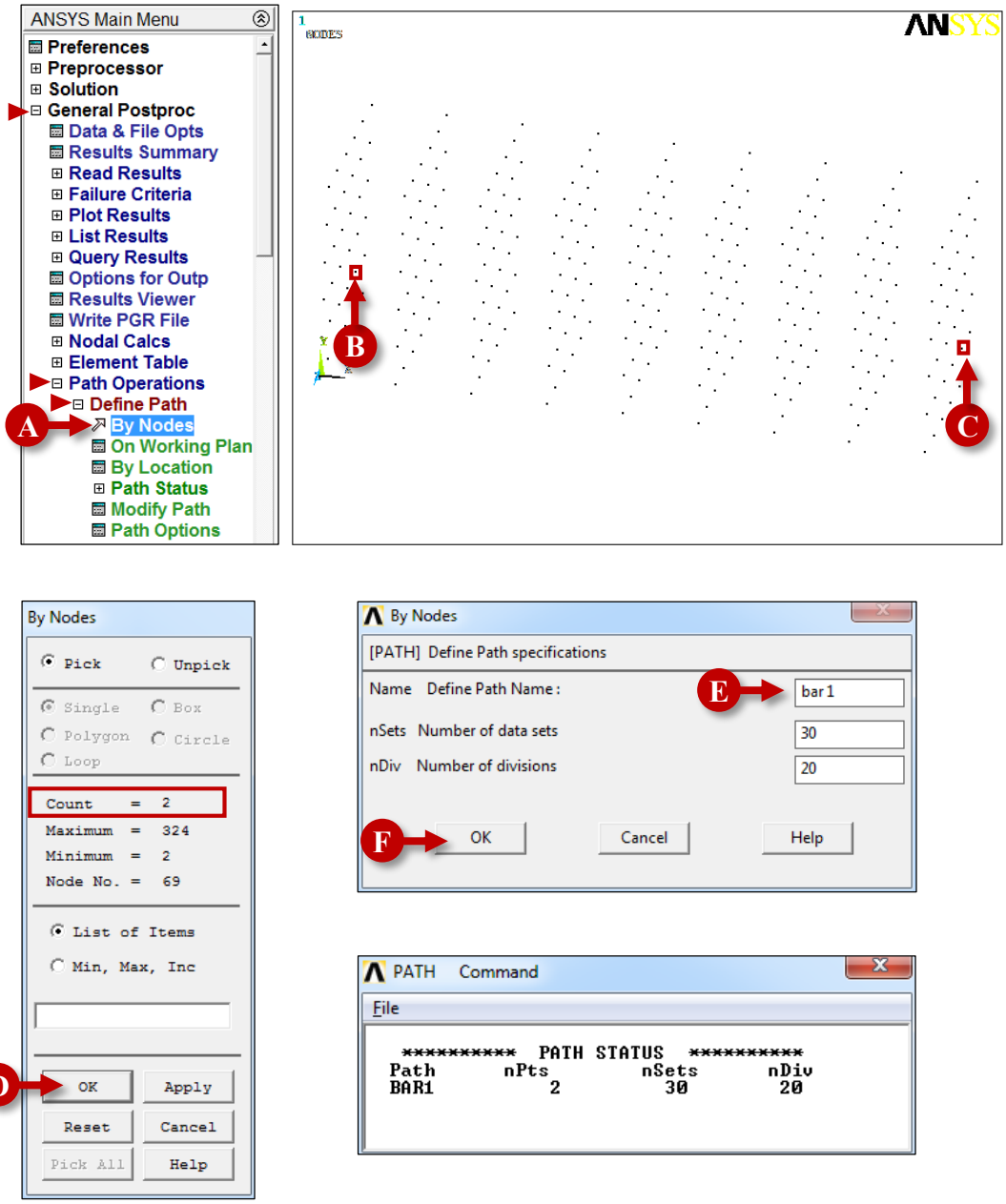
الشكل (4-79): تحديد منظور مناسب للنموذج

2. يتم تحديد مسار القضيب من خلال الخطوة التالية والمبينة في الشكل (4-80):

2. General Postproc> Path Operations> Define Path> By Nodes

(يتم تحديد عقدة بداية وعقدة نهاية قضيب التسليح) >

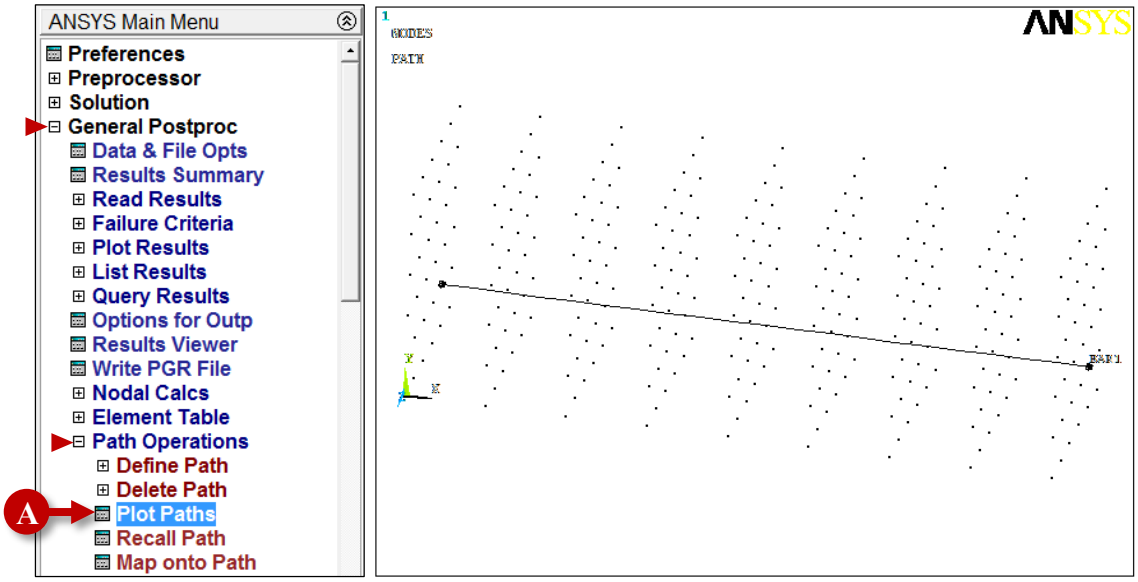
Name Define Path Name : **bar 1** (يتم اقتراح اسم للمسار)



الشكل (4-80): تحديد مسار القضيب

3. يتم التأكد من المسار، من خلال الخطوة التالية والمبينة في الشكل (4-81):

3. General Postproc> Path Operations> Plot Path>

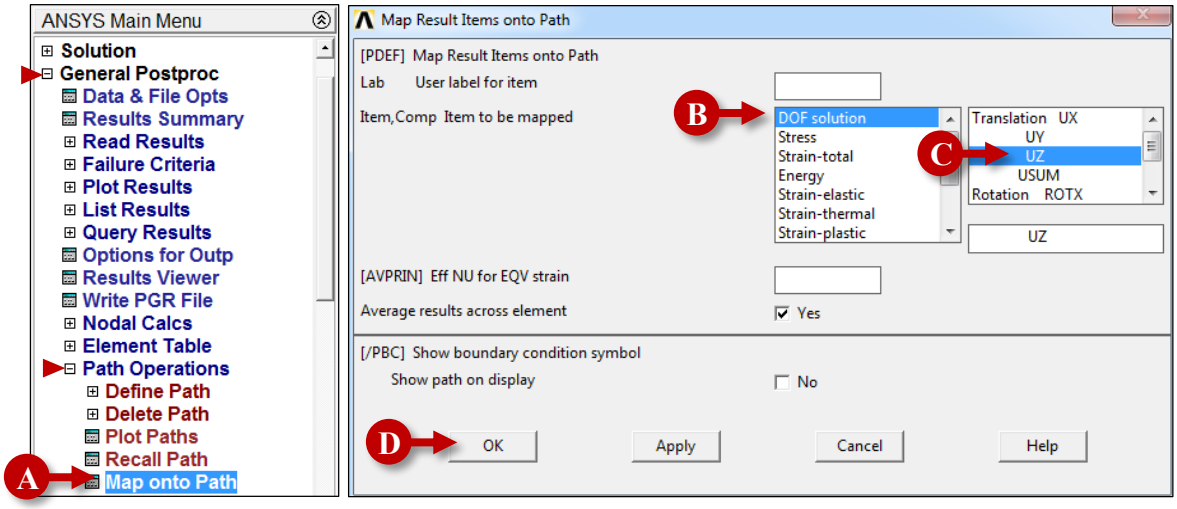


الشكل (4-81): التأكد من المسار

4. يتم تحديد نوع المعاينة في المسار من خلال الخطوة التالية والمبينة في الشكل (4-82):

4. General Postproc> Path Operations> Map onto Path>

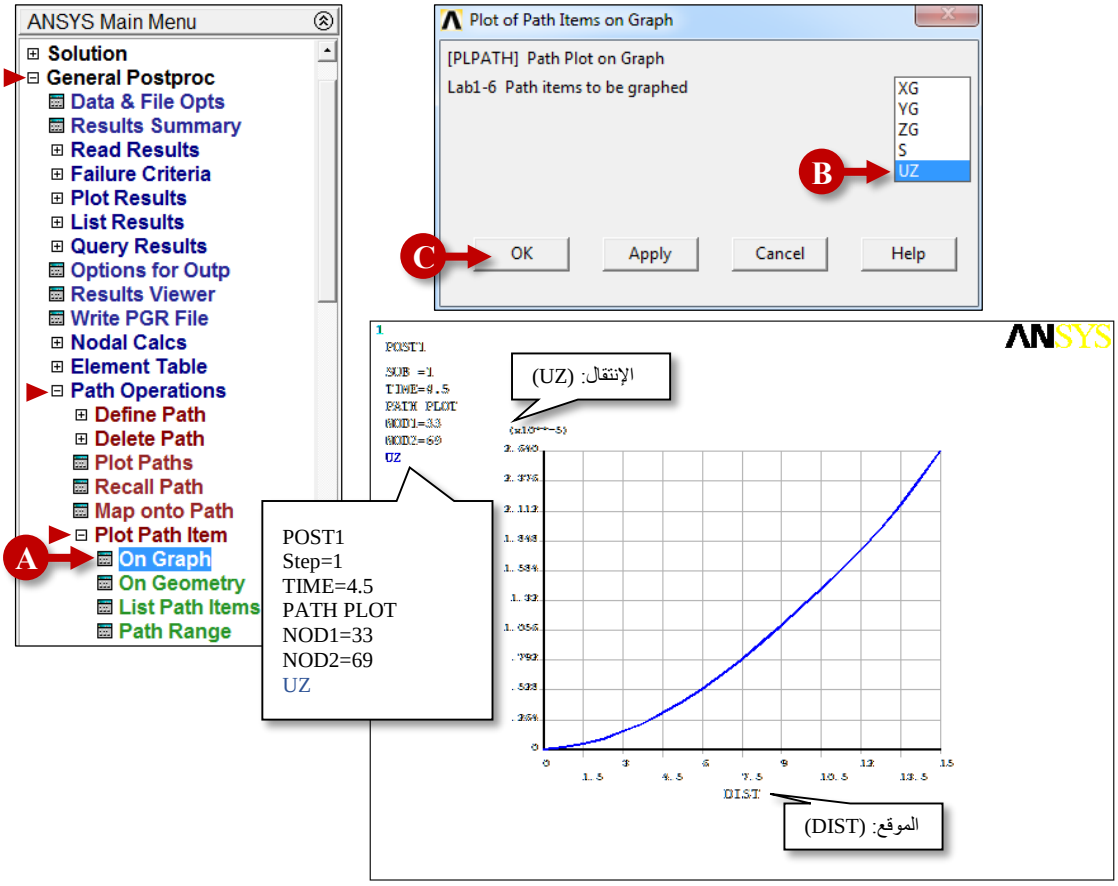
Item to be Mapped: DOF – UZ (يتم تحديد نوع المعاينة)



الشكل (4-82): تحديد نوع المعاينة في المسار

5. رسم مخطط الانتقالات على طول محور قضيب التسليح، من خلال المسار التالي والمبين في الشكل (4-83):

5. General Postproc> Path Operations> Plot Path Item> On Graph >UZ>OK



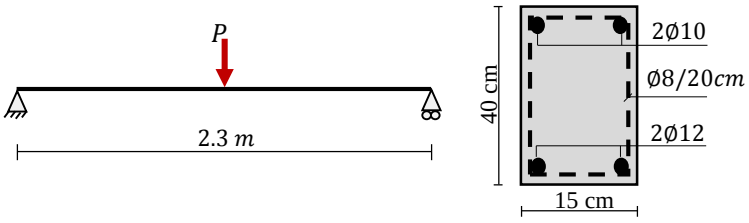
الشكل (4-83): مخطط الانتقالات على طول محور قضيب التسليح

نهاية المثال الثاني

3-4 المثال الثالث:

نمذجة جائز بيتوني بطريقة التقطيع الحجمي مع استخدام عنصر التسليح (Link180)

جائز بيتوني مسلح، أبعاده موضحة على الشكل (4-84)، حيث يبلغ طوله (2.3m) وارتفاع مقطعه (40cm) وعرض مقطعه (15cm)، ذو تسليح سفلي ($2\emptyset12mm$)، وتسليح علوي ($2\emptyset10mm$)، وأساور ($\emptyset8/20cm$)، تبلغ مسافة التغطية عن الوجه العلوي والسفلي للجائز (3.5cm) وعن الجوانب (3cm)، الجائز ذو استناد بسيط، ويتعرض لحمولة مركزة مطبقة في منتصف المجاز، والمطلوب نمذجة الجائز ومعاينة نتائج التحليل.



الشكل (4-84): شكل الجائز وأبعاده

$$\acute{f}_c = 25 \quad MPa$$
$$E_c = 2 \times 10^4 \quad MPa$$
$$f_y = 360 \quad MPa$$
$$f_{y.strip} = 240 \quad MPa$$
$$E_s = 2 \times 10^5 \quad MPa$$

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ نمذجة الجائز بطريقة التقطيع الحجمي.
- ✓ استخدام التسليح الخطي (Link).
- ✓ تحديد حمولة الانهيار، ومعاينة الانتقالات، والتشققات في البيتون.
- ✓ معاينة الاجهادات في قضبان التسليح الخطي (Link).
- ✓ الحصول على مخطط الحمولة السهم.

❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد العناصر المستخدمة:

سيتم تحديد عدة عناصر هي (Solid65) و(Link180) و(Solid185)، وتتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-85):

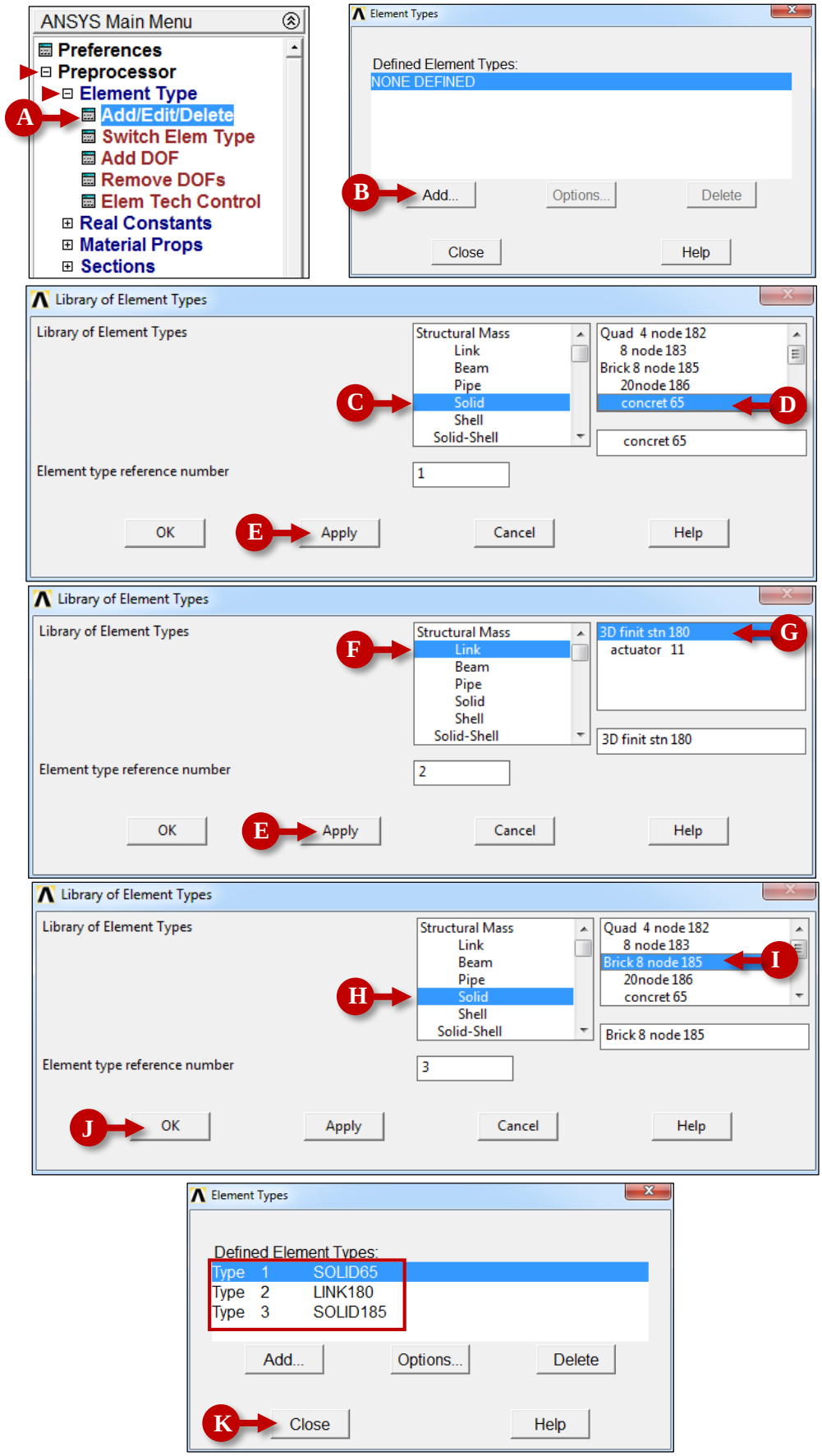
1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete>

Add: 1. Solid > concrete 65 > Apply
2. Link > 3D finit stn 180 > Apply
3. Solid > Brick 8node 185 > OK

- **ملاحظة (1):**

- تستخدم المادة (Link180) في حالة الشد والضغط، لتمثيل فولاذ التسليح الطولي وكذلك لتمثيل فولاذ الأساور.
- تستخدم المادة (Solid185) لتمثيل المساند.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-85): تحديد العناصر

2- تعريف ثوابت المواد المستخدمة:

سيتم تعريف ثوابت المواد (Real Constant) لعنصر البيتون بحيث لا يحوي هذا العنصر على تسليح ضمني، كما سيتم تعريف مساحة مقطع العنصر (Link180) الذي يمثل قضبان التسليح، تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-86):

2- Preprocessor> Real constant> Add/Edit/Delete>Add:

1. **Type 1 Solid65> OK**

   Real Constant Set No. = **25** (اقتراح رقم تعريفي لمادة البيتون وليكن اجهاد الضغط له)

   >OK>Add

2. **Type 2 Link180> OK**

   Real Constant Set No. = **12** (اقتراح رقم تعريفي للتسليح السفلي، وليكن القطر)

   AREA = **113** (mm2) (مساحة قضيب التسليح السفلي)

   >OK (or: >**Apply**)

3. **Type 2 Link180> OK**

   Real Constant Set No. = **10** (اقتراح رقم تعريفي للتسليح العلوي، وليكن القطر)

   AREA = **78.5** (mm2) (مساحة قضيب التسليح العلوي)

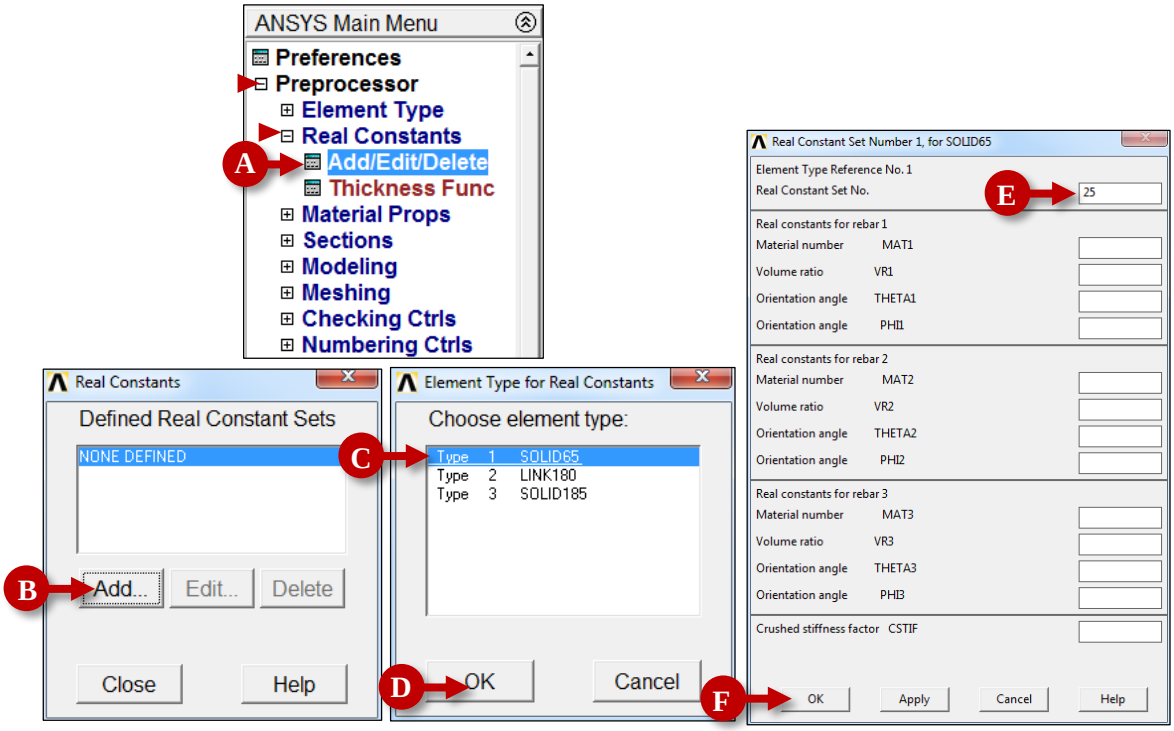
   >OK (or: >**Apply**)

4. **Type 2 link180> OK**

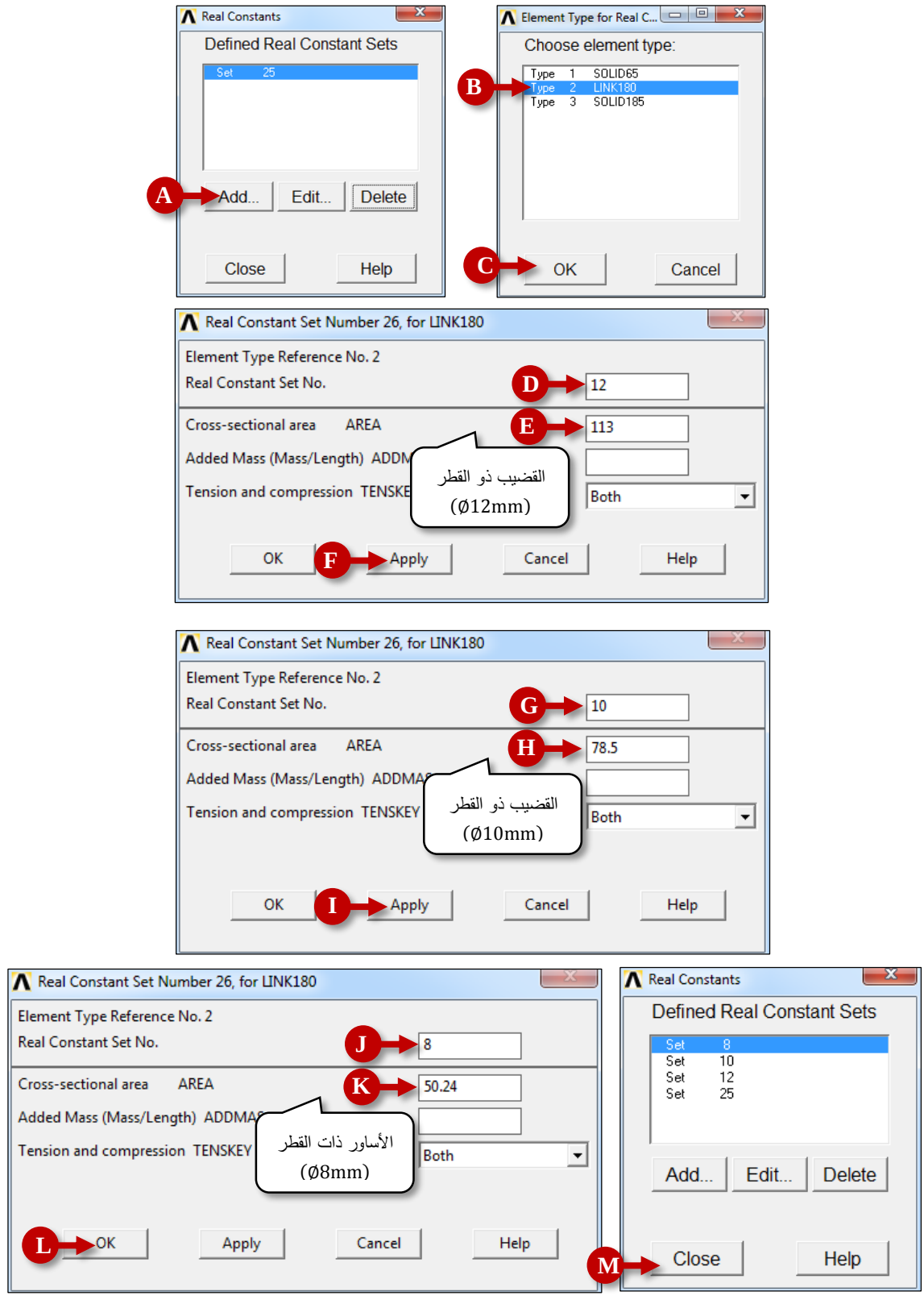
   Real Constant Set No. = **8** (اقتراح رقم تعريفي لفولاذ الأساور، وليكن القطر)

   AREA = **50.24** (mm2) (مساحة قضيب الإسوارة)

   >OK >Close



الشكل (4-86-a): تحديد ثوابت العناصر



الشكل (4-86-b): تحديد ثوابت العناصر

- **ملاحظة (2):**

المادة (solid185) ليس لها (Real Constant).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

3- تعريف خصائص المواد المستخدمة:

يتم تعريف خصـــائص المواد المســـتخدمة من خلال المســـارات التالية والموضـــحة في الأشـــكال (87-4)، (88-4)، (89-4)، (90-4)، (91-4):

3- Preprocessor> Material props> Material models>

1. **Material> New Material> Define Material ID=25** (اقتراح اسم لمادة البيتون)
2. **Material Model Number 1 > Edit> Delete**
3. **Material Model Number 25>Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e4** (N/mm^2) (معامل مرونة البيتون)

PRXY = **0.2** (معامل بواسون للبيتون)

4. **Structural>Nonlinear> Inelastic> Non-metal Plasticity> Concrete**

Open Shear Transfer Coef = **0.5** (معامل نقل القص عبر الشقوق المفتوحة)

Closed Shear Transfer Coef = **1** (معامل نقل القص عبر الشقوق المغلقة)

Uniaxial Cracking Stress = **2.5** (N/mm^2) (إجهاد الشد في البيتون)

Uniaxial Crushing Stress = **25** (N/mm^2) (إجهاد الضغط في البيتون)

5. **Structural>Nonlinear> Inelastic> Rate-Independent>**
Isotropic Hardening Plasticity> Mises Plasticity> Multilinear> Add Point

مخطط الإجهاد–الانفعال للبيتون	
STRAN	STRESS
0.001	**20**
0.002	**25**
0.003	**25**

(يجب أن تتوافق أول قيمة للإجهاد والانفعال مع E للبيتون)

6. **Material> New Material> Define Material ID=360** (اقتراح اسم لفولاذ التسليح الطولي)
7. **Material Model Number 360> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e5** (N/mm^2) (معامل مرونة فولاذ التسليح الطولي)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون لفولاذ التسليح الطولي)

8. **Model Number2> Structural>Nonlinear> Inelastic> Rate-Independent>**
Isotropic Hardening Plasticity> Mises Plasticity> Bilinear

Yield stss = **360** (N/mm^2) (إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح الطولي)

Tang Mod = **360** (معامل الميل في المخطط النموذجي، ويؤخذ عادةً بنفس قيمة اجهاد الخضوع)

9. **Material> New Material> Define Material ID=240** (اقتراح اسم لفولاذ الأساور)
10. **Material Model Number 240> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e5** (N/mm^2) (معامل مرونة فولاذ الأساور)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون لفولاذ الأساور)

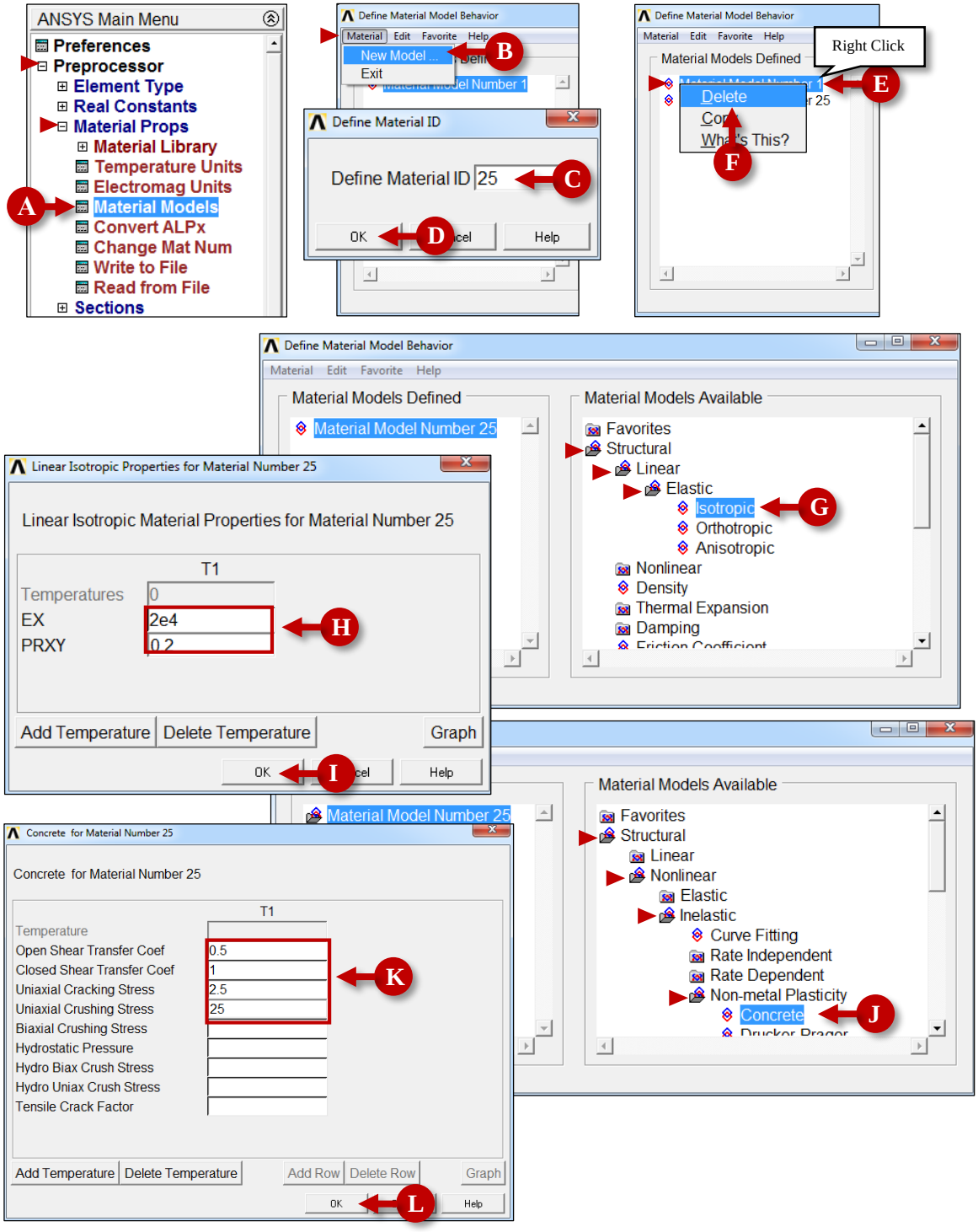
11. **Model Number2> Structural>Nonlinear> Inelastic> Rate-Independent>**
Isotropic Hardening Plasticity> Mises Plasticity> Bilinear

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

(إجهاد الخضوع لفولاذ الأساور) Yield stss = **240** (N/mm^2)

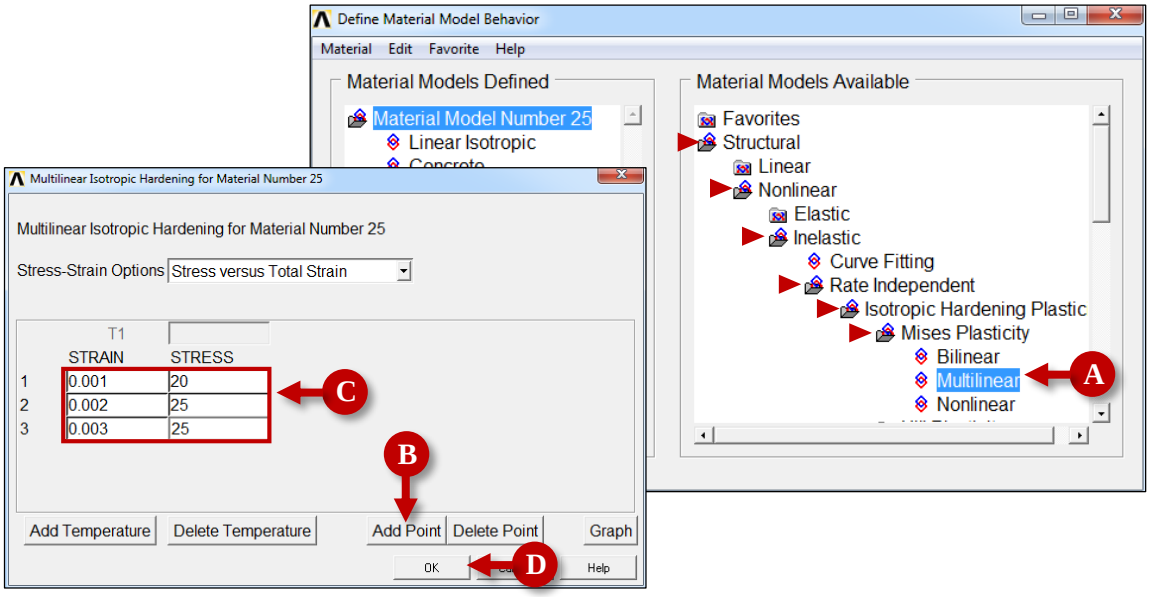
(معامل الميل في المخطط النموذجي) Tang Mod = **240**

- **ملاحظة (3):** بالنقر على (SAVE-DB) يتم حفظ العمل لغاية المرحلة التي سبقت النقر، ويتم استعادة العمل (لغاية آخر عملية حفظ تم اجراؤها) من خلال النقر على (RESUM-DB).

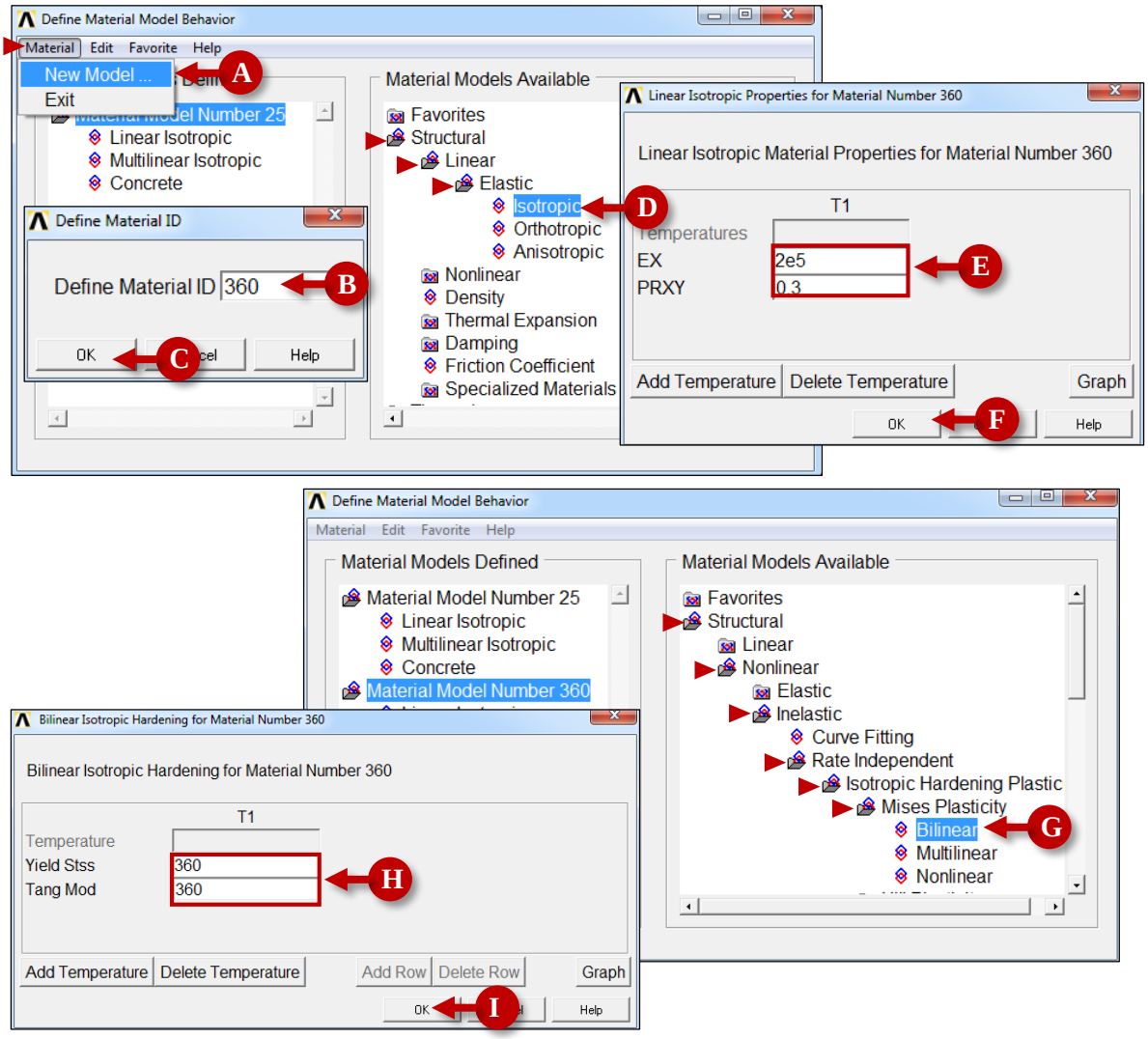


الشكل (4-87): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون، واجهاد الشد والضغط ومخطط الإجهاد الانفعال للبيتون

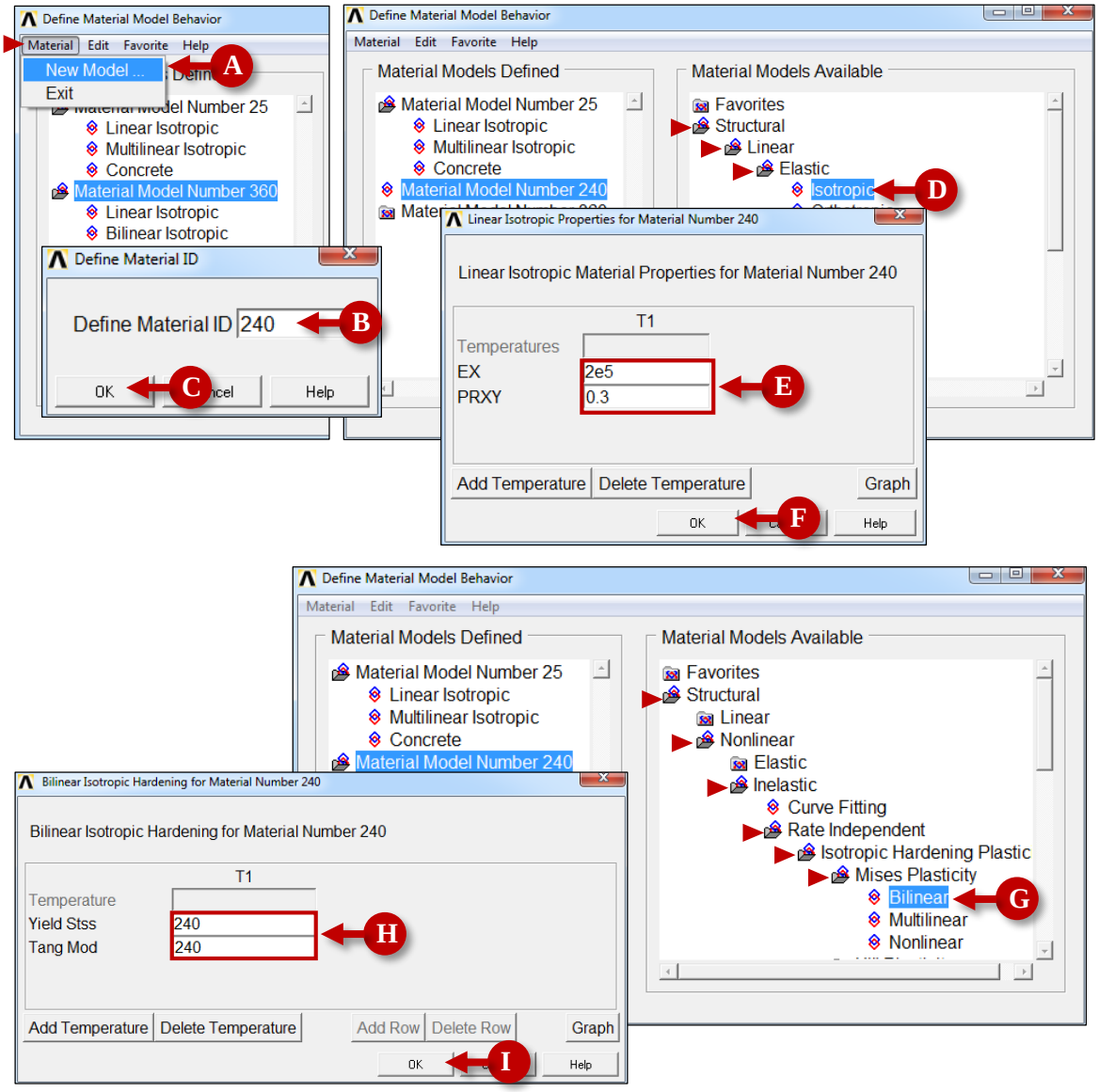
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



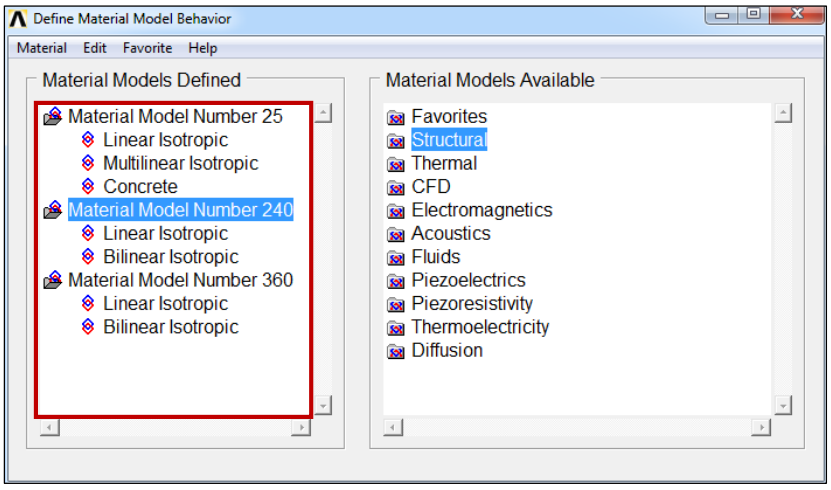
الشكل (4-88): تعريف مخطط الإجهاد الانفعال لفولاذ القضبان



الشكل (4-89): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون واجهاد الخضوع لفولاذ القضبان



الشكل (4-90): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون واجهاد الخضوع لفولاذ الأساور



الشكل (4-91): خصائص المواد التي تم تعريفها

4- رسم الجائز والمساند بشكل حجمي:

يتم رسم الجائز والمساند بشكل حجمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-92):

4-1. Preprocessor> Modeling> Create> Volume> Block> By Dimension>

X1 , X2 = **0** , **2300** (mm) (طول الجائز)

Y1 , Y2 = **0** , **400** (mm) (ارتفاع المقطع)

Z1 , Z2 = **-75** , **75** (mm) (عرض المقطع)

> Apply

2. Preprocessor> Modeling> Create> Volume> Block> By Dimension>

X1 , X2 = **50** , **150** (mm) (طول المسند الأول)

Y1 , Y2 = **0** , **-25** (mm) (سماكة المسند الأول)

Z1 , Z2 = **-75** , **75** (mm) (عرض المسند الأول)

> Apply

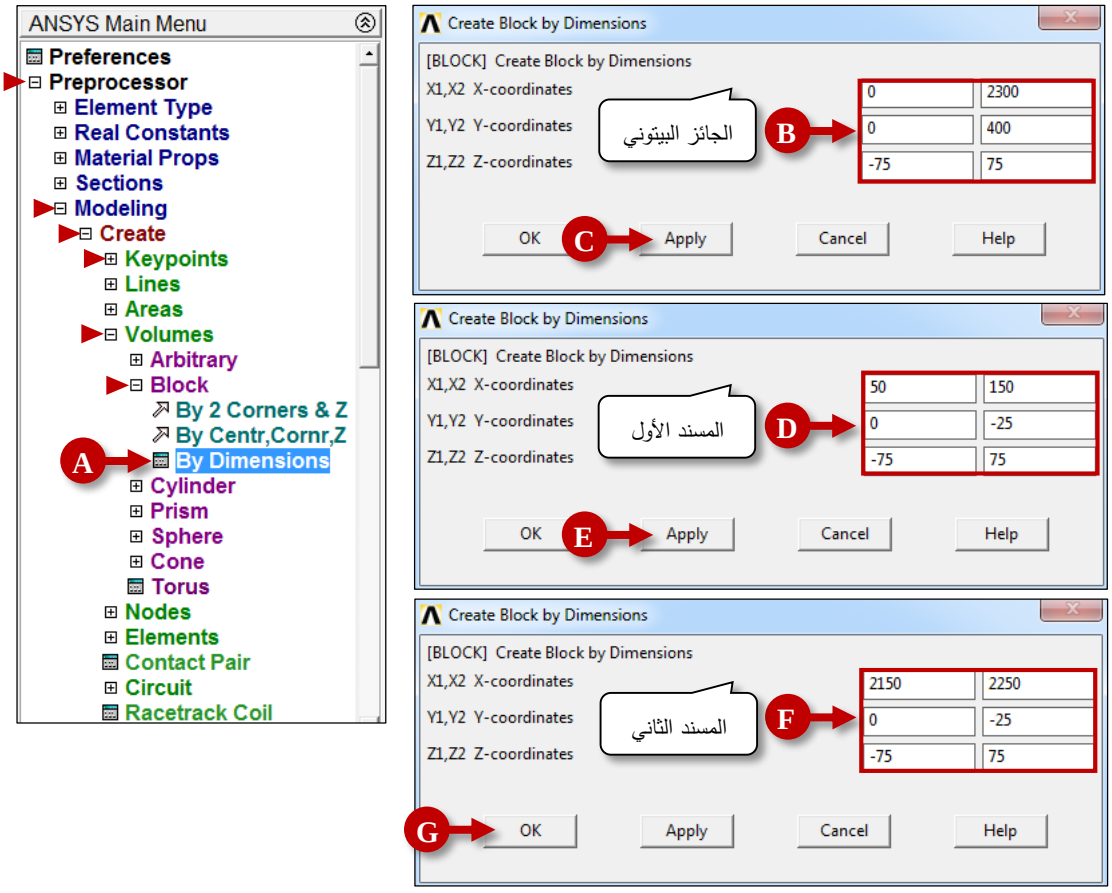
3. Preprocessor> Modeling> Create> Volume> Block> By Dimension>

X1 , X2 = **2150** , **2250** (mm) (طول المسند الثاني)

Y1 , Y2 = **0** , **-25** (mm) (سماكة المسند الثاني)

Z1 , Z2 = **-75** , **75** (mm) (عرض المسند الثاني)

> OK



الشكل (4-92): رسم الجائز والمساند بشكل حجمي

5- إنشاء مساحات جديدة في أماكن التسليح:

سيتم إنشاء مساحات (Areas) جديدة تقع في أماكن تواجد التسليح، أي أنه سيكون لدينا مساحات أفقية جديدة في موضع التسليح الطولي، ومساحات جانبية جديدة تحدد ببعد الأساور عن جانبي المقطع، ومساحات شاقولية جديدة تحدد موضع الأساور على امتداد الجائز.

أ- المساحات الأفقية:

يتم إنشاء هذه المساحات بهدف المساعدة في تحديد موضع التسليح الطولي، حيث سيتم إنشاء مساحتين أفقيتين (سفلية وعلوية) تبعد كل منهما مسافة التغطية (35mm) عن طرف مقطع الجائز. تتم العملية وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (4-93) و(4-94):

5-A-1. Select> Entities…> Areas> By Location> Y coordinates= 0 >
From Full >Apply> Plot>OK

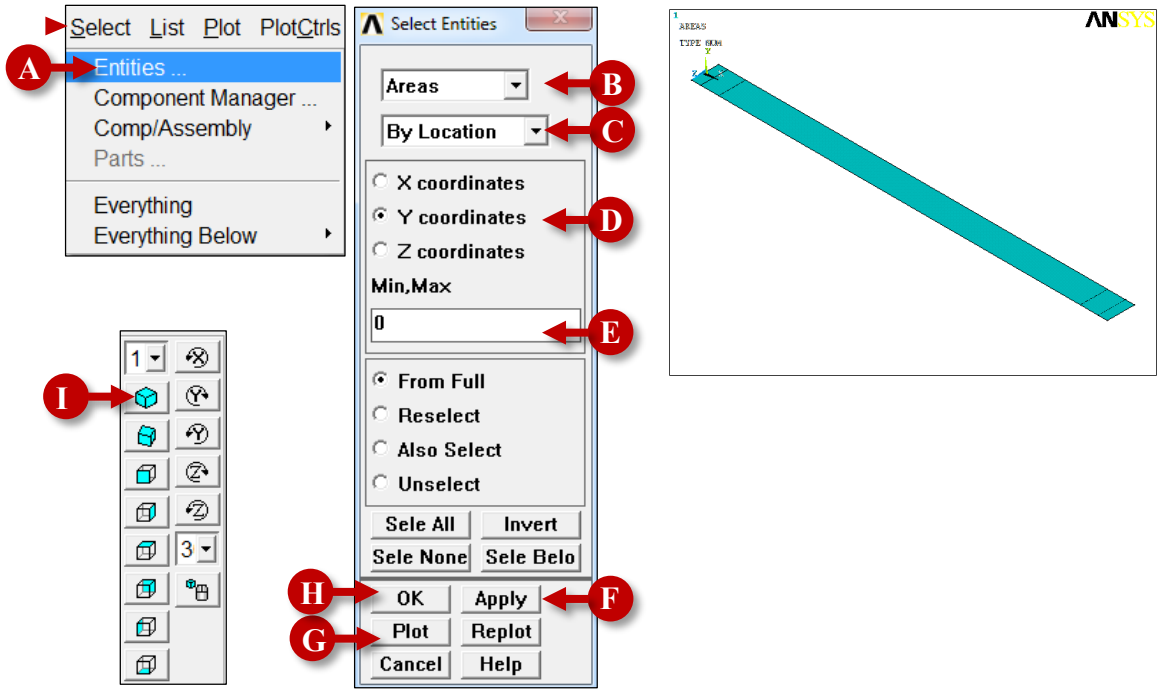
2. Isometric View

3. Preprocessor> Modeling> Copy> Areas> Pick All
Number of Copies-Including Original- = **2** (عدد النسخ)
DY = **35** (mm) (التباعد باتجاه المحور Y)
> Apply

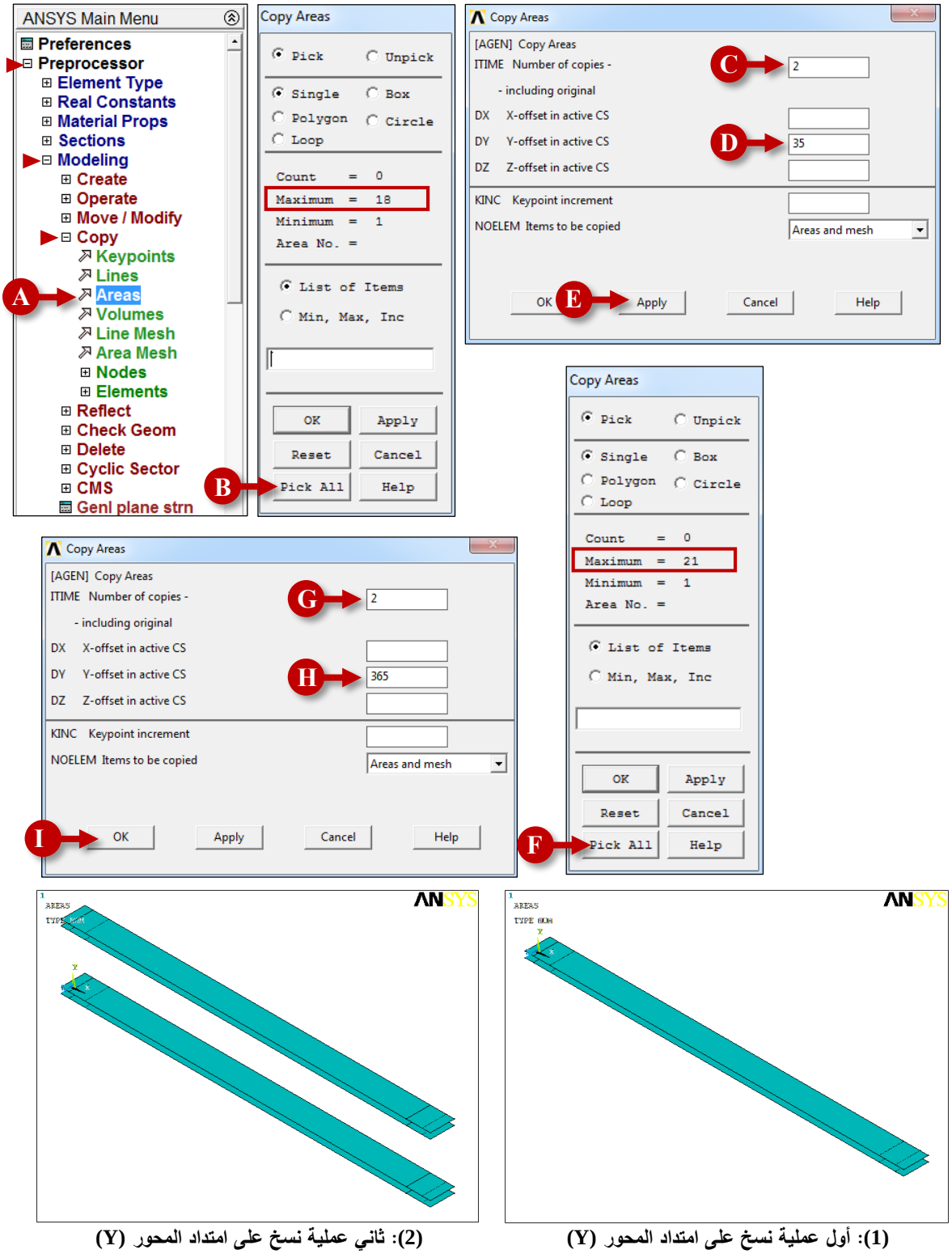
4. Preprocessor> Modeling> Copy> Areas> Pick All
Number of Copies-Including Original- = **2** (عدد النسخ)
DY = **365** (mm) (التباعد باتجاه المحور Y)
> Ok

5. Select> Every thing

6. Plot> Areas



الشكل (4-93): تحديد المساحات على المحور (Y)



(1): أول عملية نسخ على امتداد المحور (Y)

(2): ثاني عملية نسخ على امتداد المحور (Y)

الشكل (4-94): نسخ المساحات المختارة، وبتباعد (DY)

ب- المساحات الجانبية:

يتم إنشاء هذه المساحات بهدف المساعدة في تحديد بعد الأساور عن جانبي المقطع، حيث سيتم إنشاء مساحتين جانبيتين (على الجانب الأيمن والأيسر) تبعد كل منهما مسافة (30mm) عن جانب المقطع. تتم العملية وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (4-95) و(4-96):

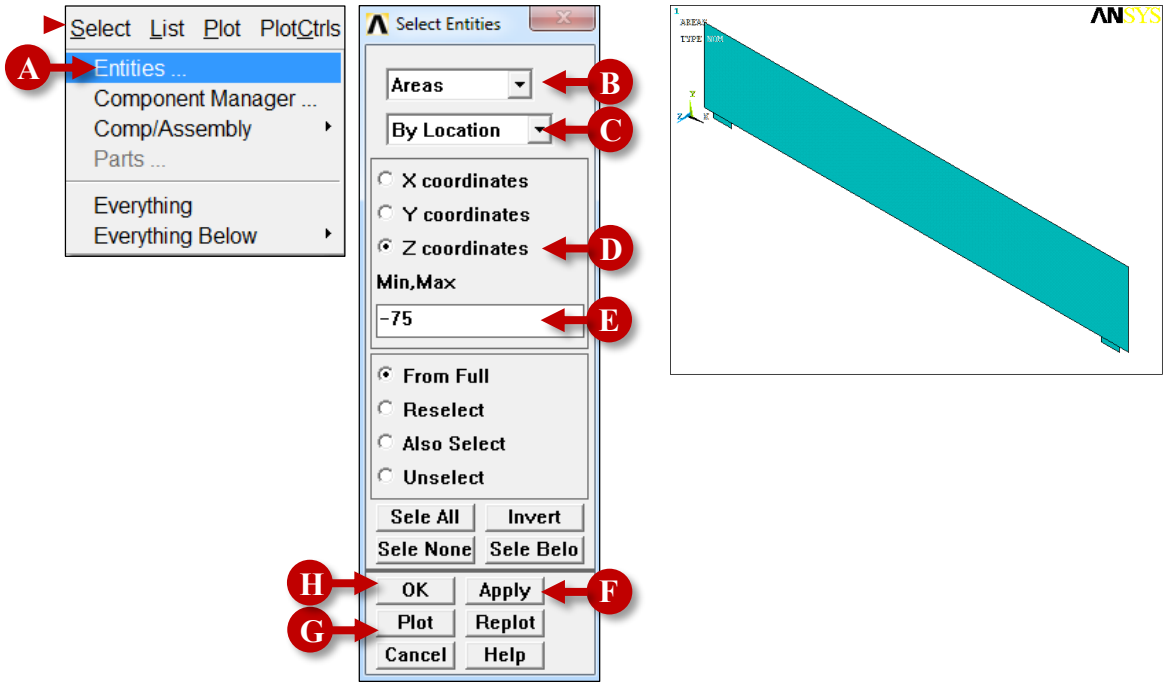
5-B-1. Select> Entities…> Areas> By Location> Z coordinates= -75 >
From Full >Apply> Plot>OK

2. Preprocessor> Modeling> Copy> Areas> Pick All
Number of Copies-Including Original- = **2** (عدد النسخ)
DZ = **30** (mm) (التباعد باتجاه المحور Z)
> Apply

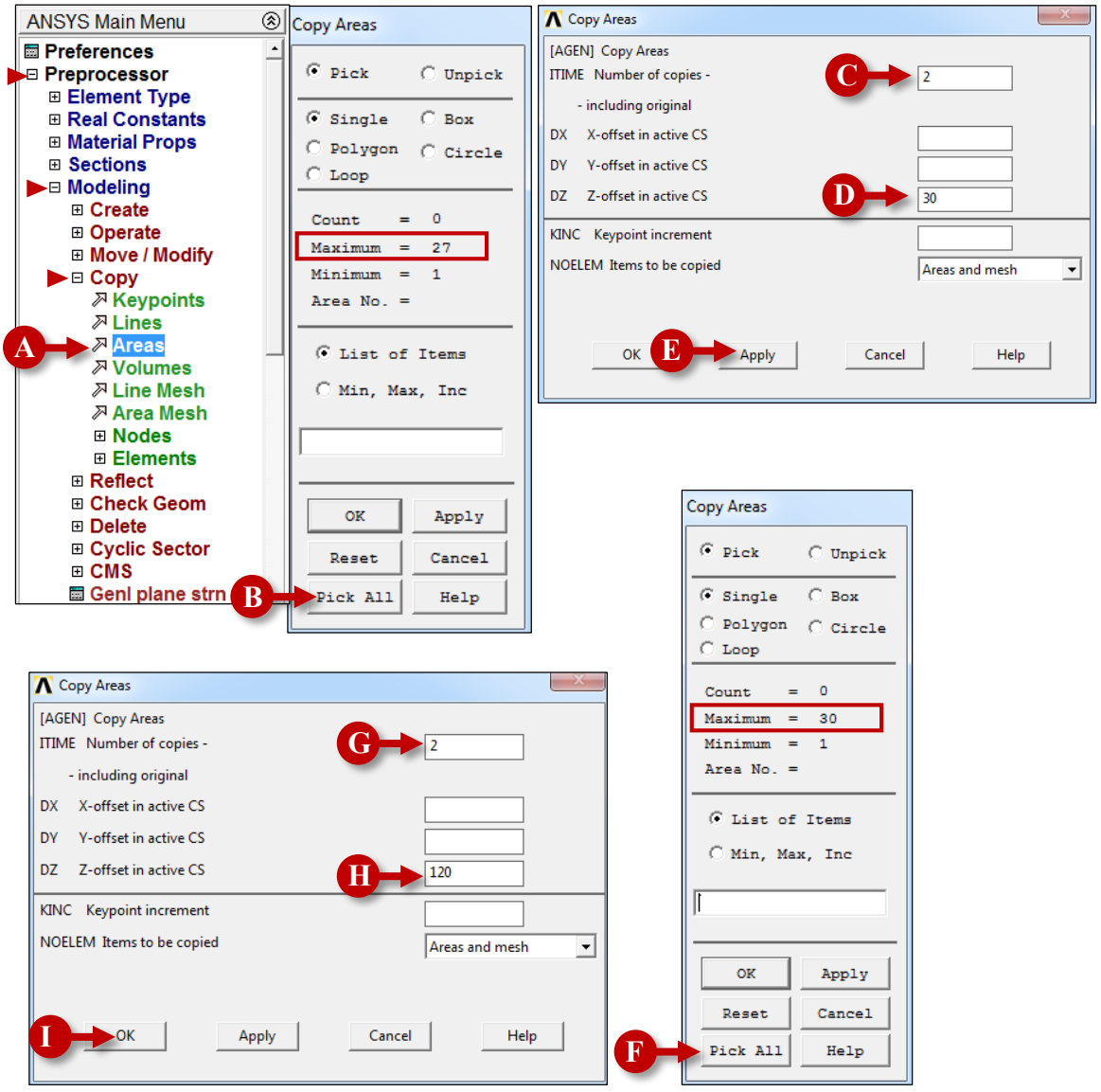
3. Preprocessor> Modeling> Copy> Areas> Pick All
Number of Copies-Including Original- = **2** (عدد النسخ)
DZ = **120** (mm) (التباعد باتجاه المحور Z)
> Ok

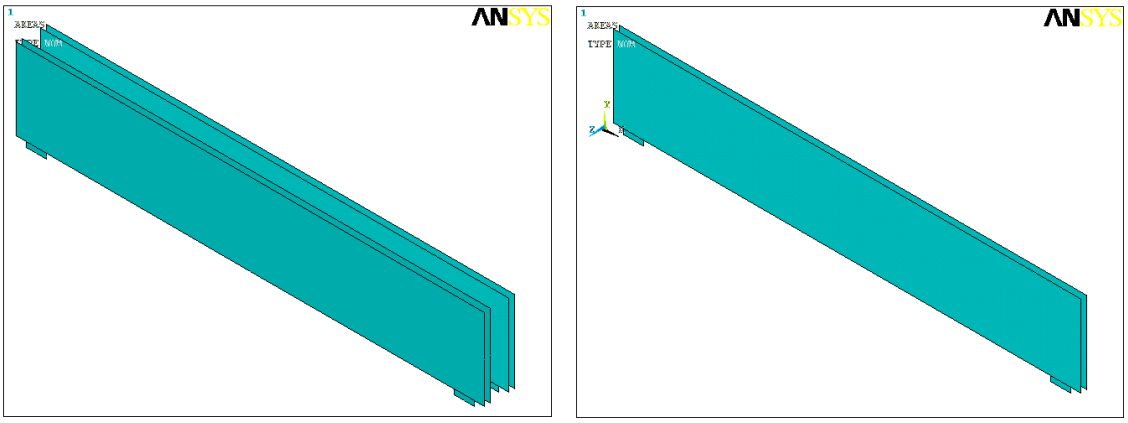
4. Select> Every thing

5. Plot> Areas



الشكل (4-95): تحديد المساحات على المحور (Z)





(1): أول عملية نسخ على امتداد المحور (Z) (2): ثاني عملية نسخ على امتداد المحور (Z)

الشكل (4-96): نسخ المساحات المختارة، وبتباعد (DZ)

جـ. المساحات الشاقولية (وفق المقطع العرضي للجائز):

يتم إنشاء هذه المساحات بهدف المساعدة في تحديد موقع الأساور على امتداد الجائز، حيث سيتم إنشاء عدة مساحات شاقولية (على الجانب الأيمن والأيسر) بحيث تكون المسافة فيما بينها (200mm). تتم العملية وفق الخطوات التالية والموضحة في الأشكال (4-97)، (4-98)، (4-99)، (4-100):

5-C-1. Select> Entities…> Areas> By Location> X coordinates= 0 >
From Full >Apply> Plot>OK

2. Preprocessor> Modeling> Copy> Areas> Pick All
Number of Copies-Including Original- = **2** (عدد النسخ)
DX = **150** (mm) (التباعد باتجاه المحور X)
> OK

3. Select> Entities…> Areas> By Location> X coordinates= 150 >
> **Reselect** >Apply> Plot >OK

4. Preprocessor> Modeling> Copy> Areas> Pick All
Number of Copies-Including Original- = **11** (عدد النسخ)
DX = **200** (mm) (التباعد باتجاه المحور X)
> OK

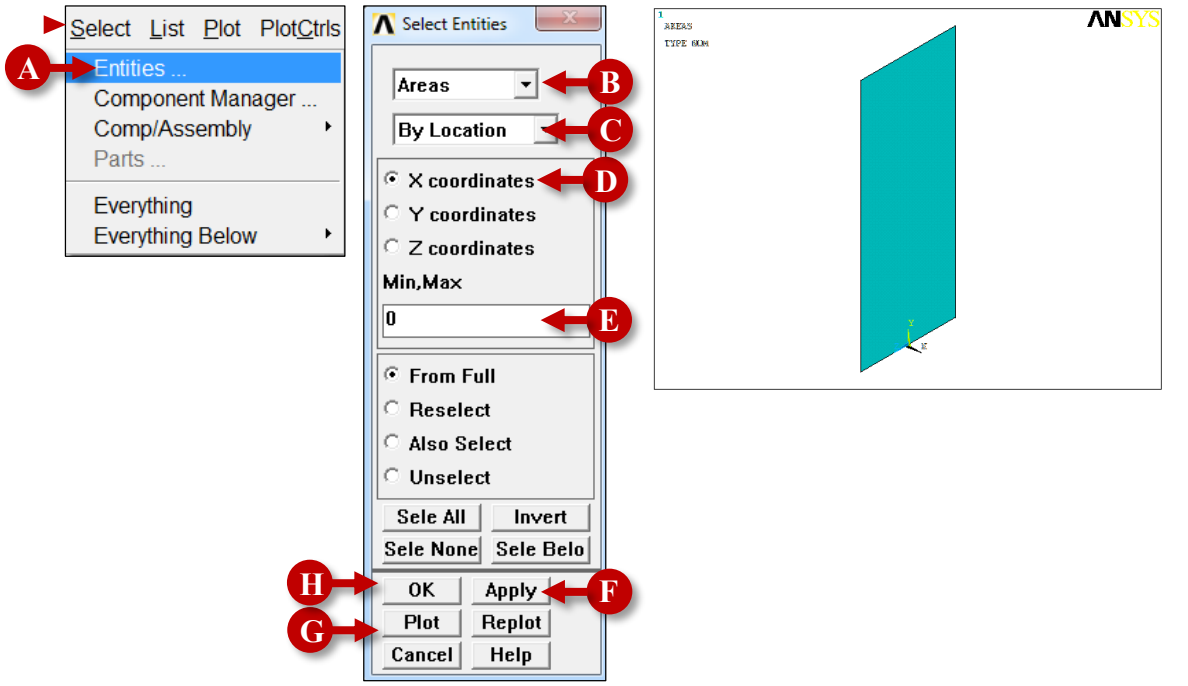
5. Select> Entities…> Areas> By Location> X coordinates= 0 >
From Full >Apply> Plot >OK

6. Preprocessor> Modeling> Copy> Areas> Pick All
Number of Copies-Including Original- = **2** (عدد النسخ)
DX = **50** (mm) (التباعد باتجاه المحور X)
> OK

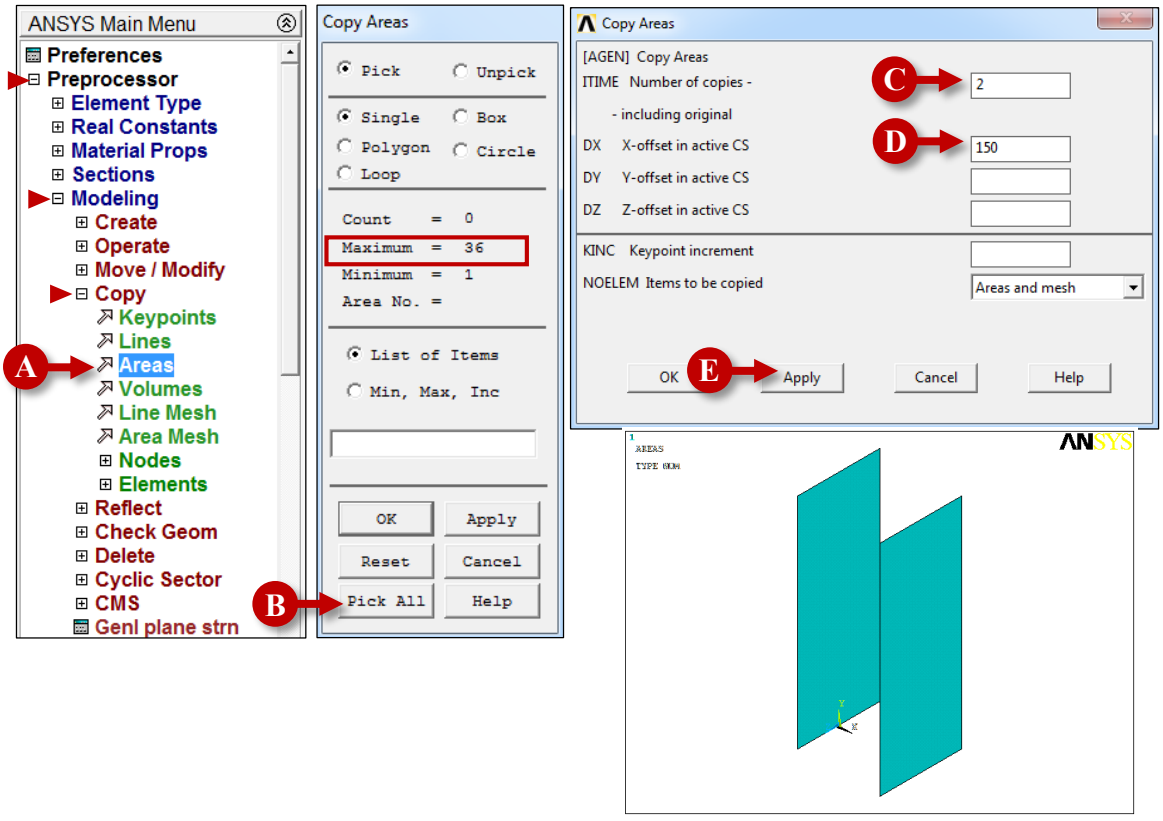
7. Select> Entities…> Areas> By Location> X coordinates= 0 >
From Full >Apply> Plot >OK

8. Preprocessor> Modeling> Copy> Areas> Pick All
Number of Copies-Including Original- = **2** (عدد النسخ)
DX = **2250** (mm) (التباعد باتجاه المحور X)
> OK

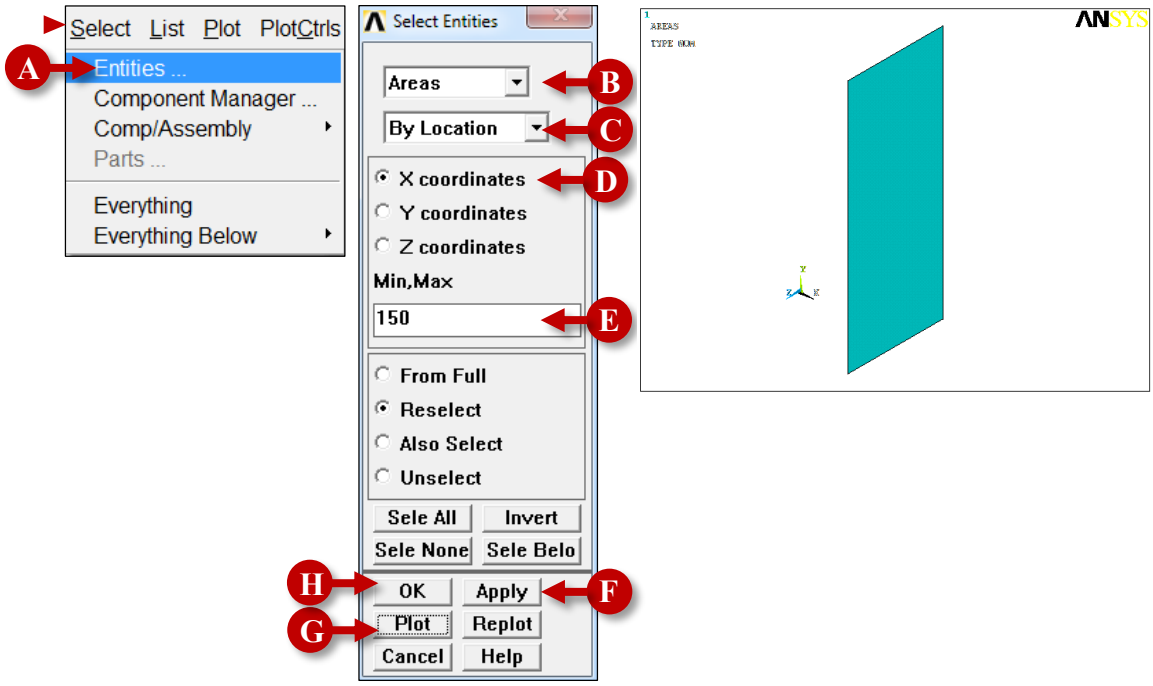
9. Select> Every thing
10. Plot> Volumes



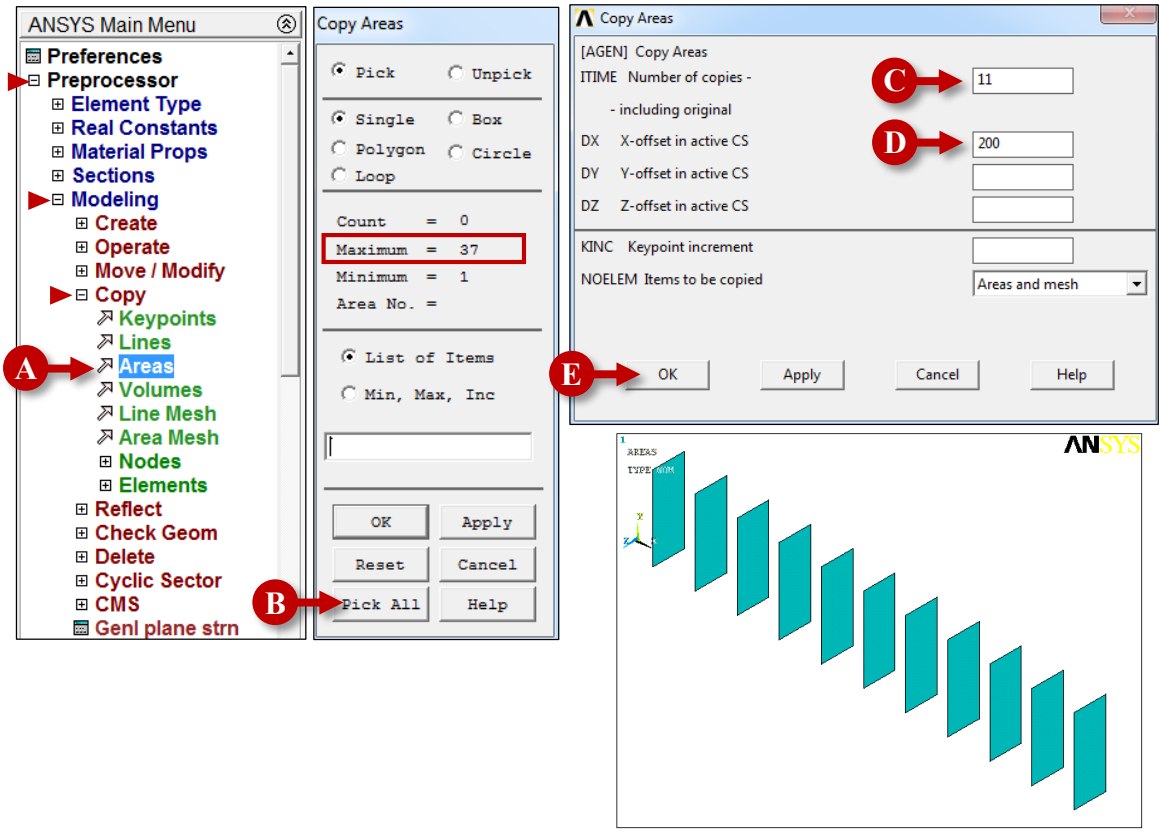
الشكل (4-97): تحديد المساحة الشاقولية عند مبدأ الإحداثيات



الشكل (4-98): أول عملية نسخ للمساحات الشاقولية باتجاه المحور (X) وبتباعد (DX=150mm)



الشكل (4-99): تحديد المساحة الشاقولية الجديدة والتي تقع على بعد (X=150mm) عن مبدأ الإحداثيات

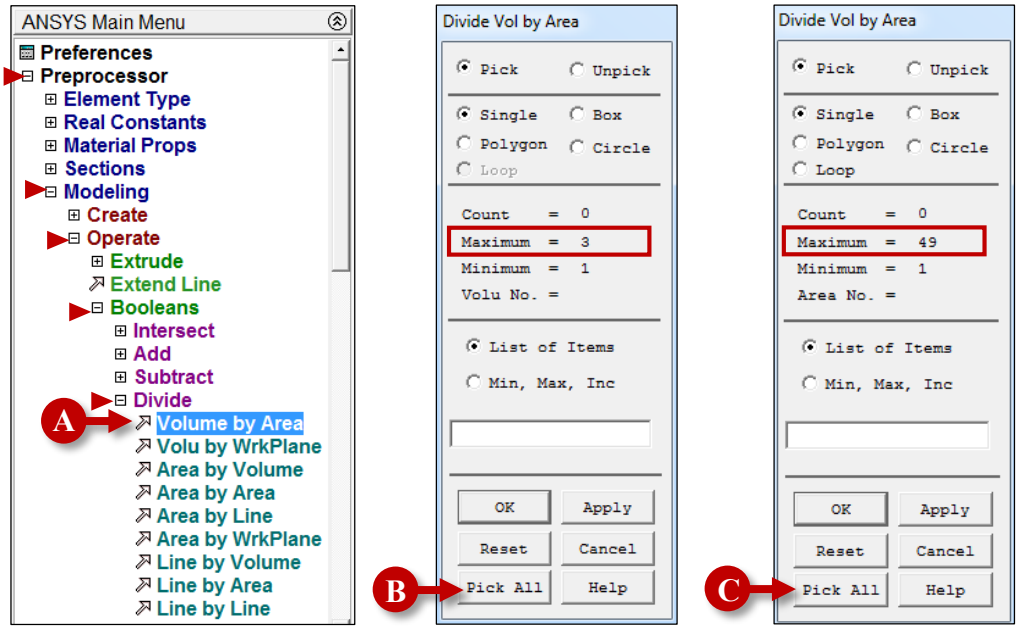


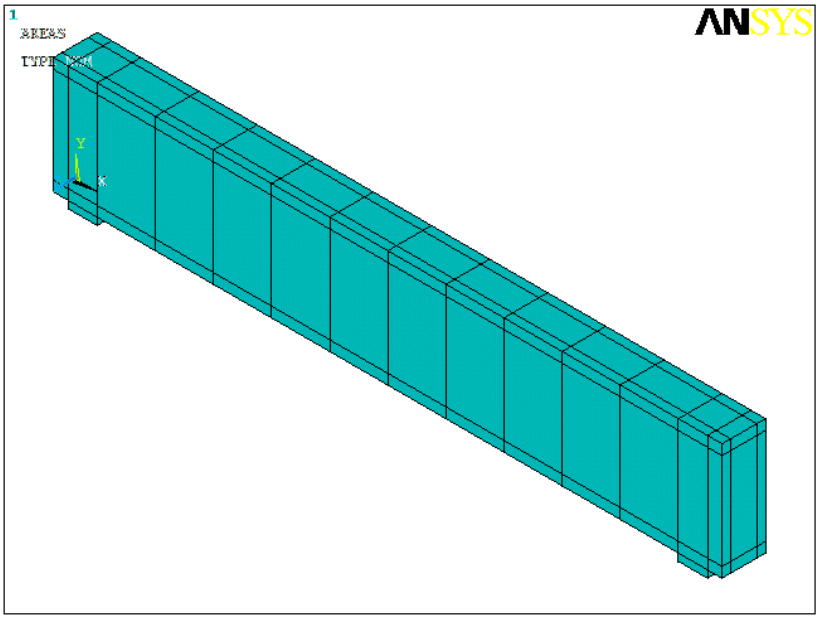
الشكل (4-100): ثاني عملية نسخ للمساحات الشاقولية باتجاه المحور (X) وبتباعد (DX=200mm)

6- التقطيع الحجمي للجائز وفقاً للمساحات:

يتم تقسيم حجم الجائز وفقاً للمساحات التي تم رسمها من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-101):

6- Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Volume by Area>
> Pick All> Pick All





الشكل (4-101): شكل الجائز بعد تقسيم حجمه وفقاً للمساحات

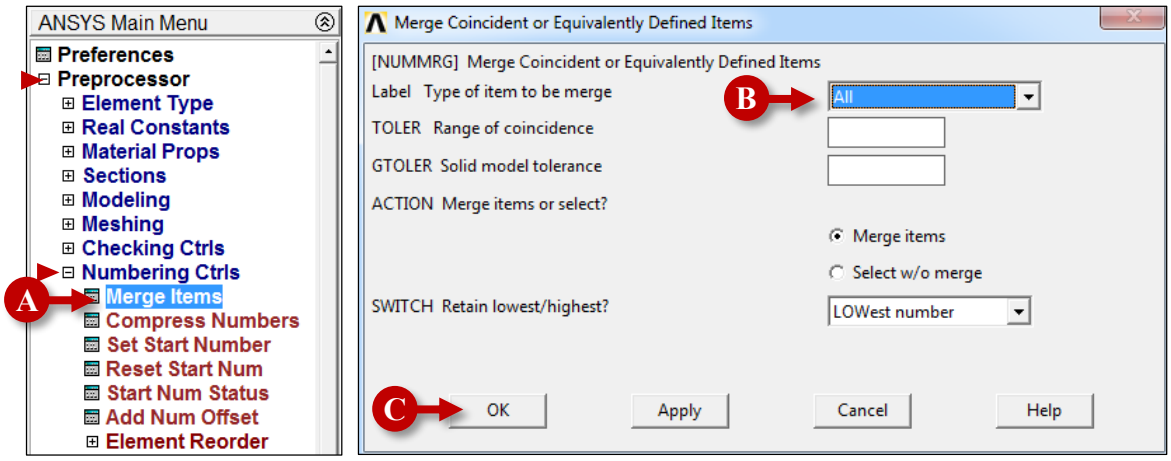
7- دمج المكونات:

يتم دمج كافة المكونات التابعة لكل حجم أو مساحة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (102-4):

7- Preprocessor> Numbering Ctrls> Merge Items :

LABEL Type of Item to be Merge = **All**

>OK



الشكل (4-102): إجراء عملية الدمج

8- تخصيص خطوط التسليح ضمن مجموعات:

يتم تخصيص كل من خطوط التسليح السفلي والعلوي والأساور في ثلاث مجموعات منفصلة بهدف استدعاء الخطوط المطلوبة بسهولة عند الحاجة. تتم العملية وفق المراحل المبينة:

أ. تخصيص خطوط التسليح السفلي:

تتم العملية وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (4-103) و(4-104):

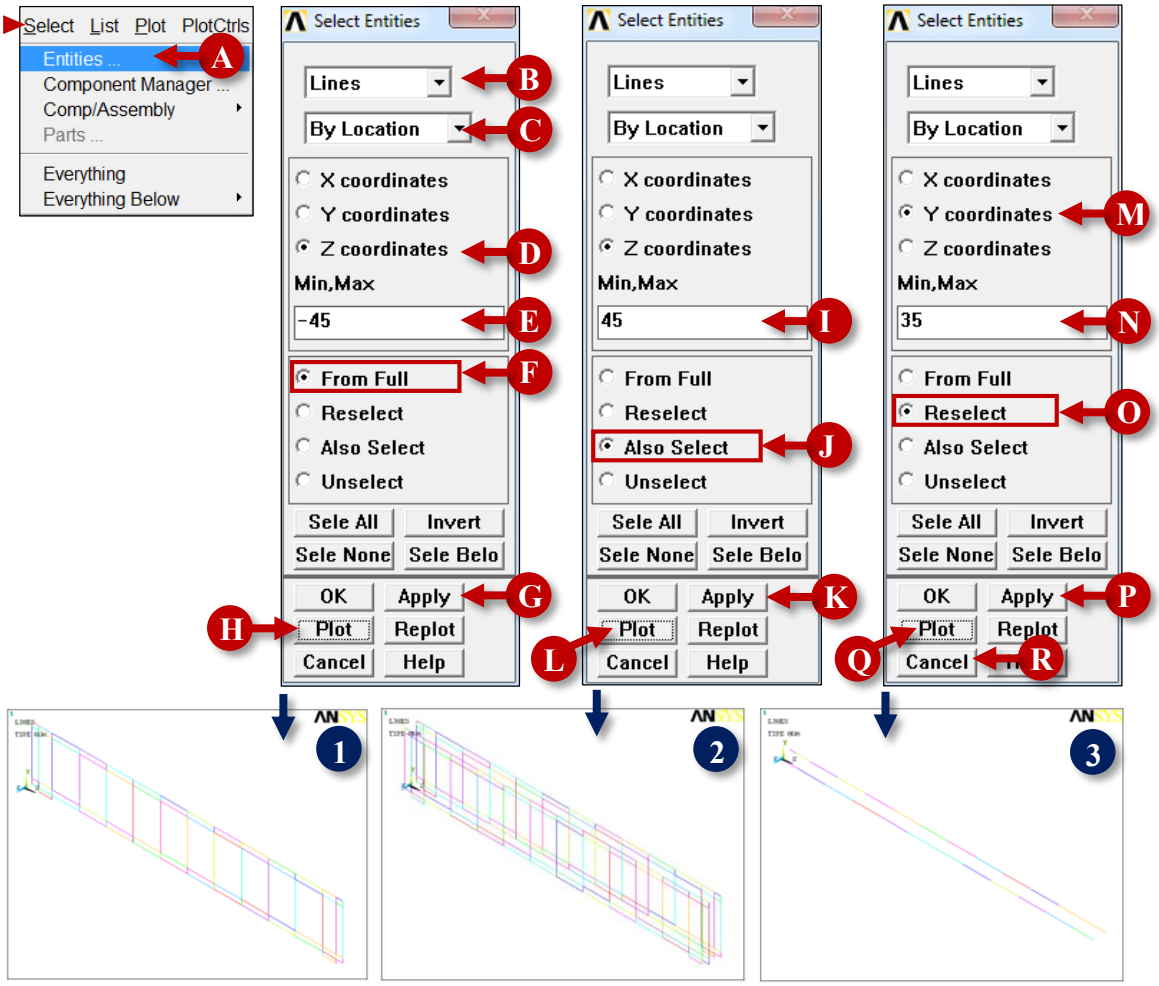
8-A-1. Select> Entities…>

1) Lines> By Location> Z coordinates= -45 > From Full > Apply> Plot

2) Lines> By Location> Z coordinates= 45 > Also Select> Apply> Plot

3) Lines> By Location> Y coordinates= 35 > Reselect > Apply> Plot

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



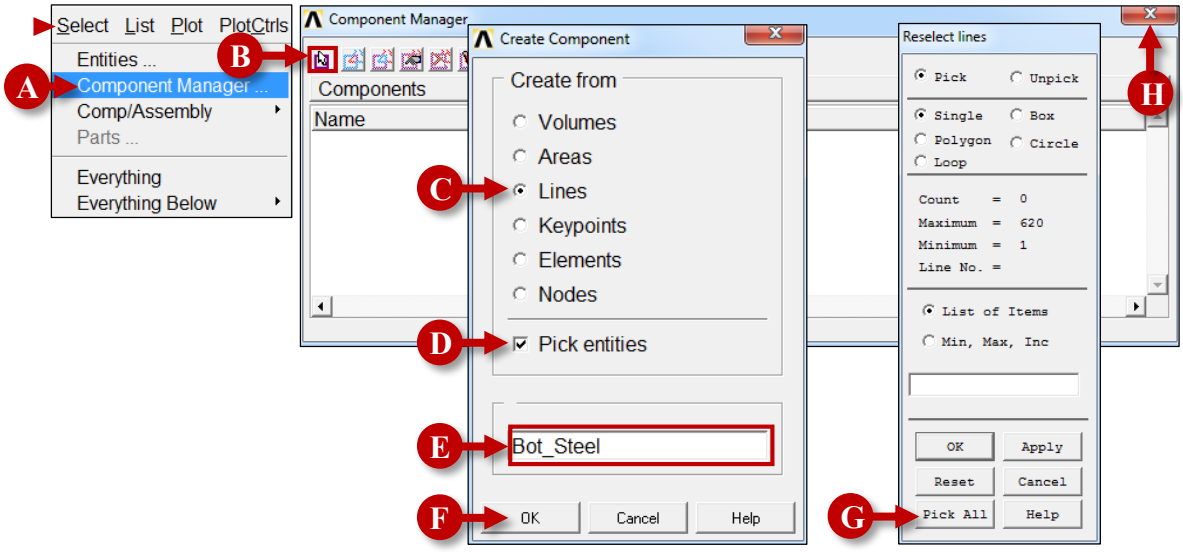
الشكل (4-103): مراحل تحديد خطوط التسليح السفلي

2. Select> Component Manager>

Create a New Component> Lines> Pick Entities> (**Bot_Steel)**> OK>Pick All

3. Select> Every thing

4. Plot> Lines



الشكل (4-104): تخصيص خطوط التسليح السفلي ضمن مجموعة تحمل اسم (Bot_Steel)

ب. تخصيص خطوط التسليح العلوي:

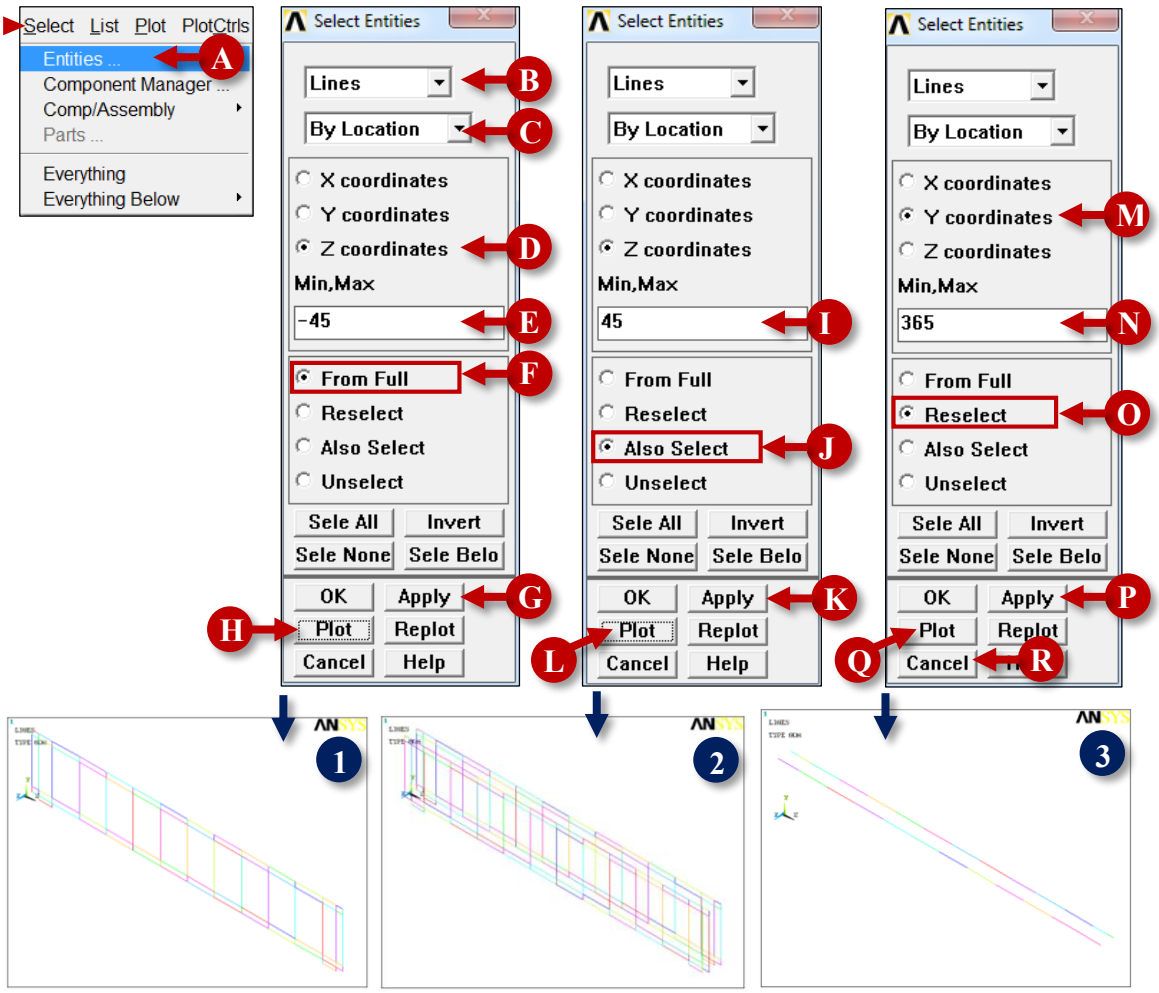
تتم العملية وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (4-105) و(4-106):

8-B-1. Select> Entities…>

1) Lines> By Location> Z coordinates= -45 > From Full > Apply> Plot

2) Lines> By Location> Z coordinates= 45 > Also Select> Apply> Plot

3) Lines> By Location> Y coordinates= 365 > Reselect > Apply> Plot



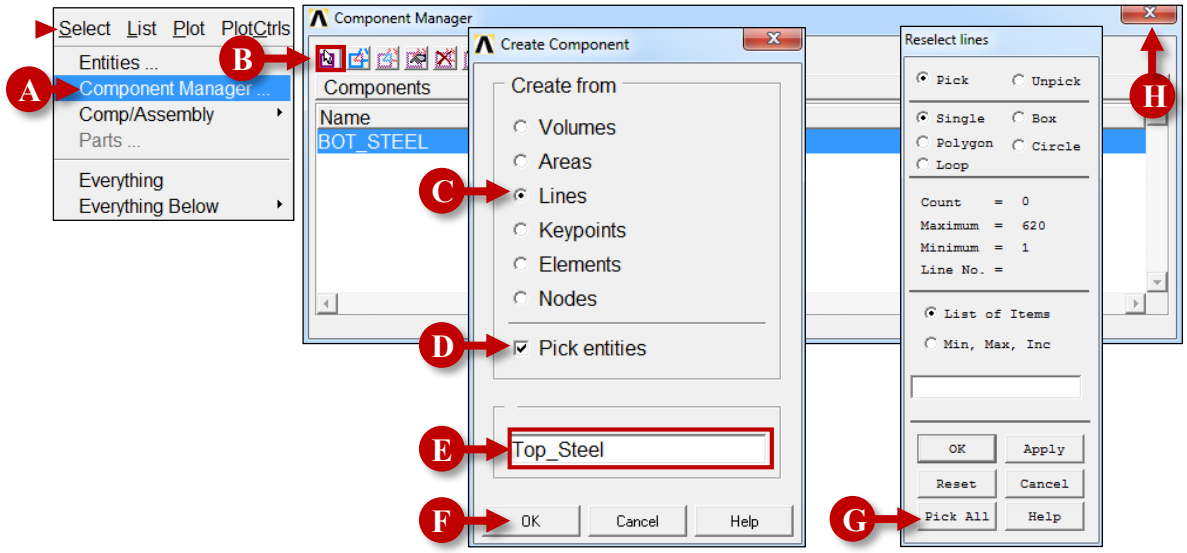
الشكل (4-105): مراحل تحديد خطوط التسليح العلوي

2. Select> Component Manager>

Create a New Component> Lines> Pick Entities> (**Top_Steel**)> OK>Pick All

3. Select> Every thing

4. Plot> Lines



الشكل (4-106): تخصيص خطوط التسليح السفلي ضمن مجموعة تحمل اسم (Top_Steel)

جـ. تخصيص خطوط الأساور:

تتم العملية وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (4-107) و(4-108):

8-C-1. Select> Entities…>

1) Lines> By Location > Z coordinates= -45, 45 > From Full > Apply> Plot

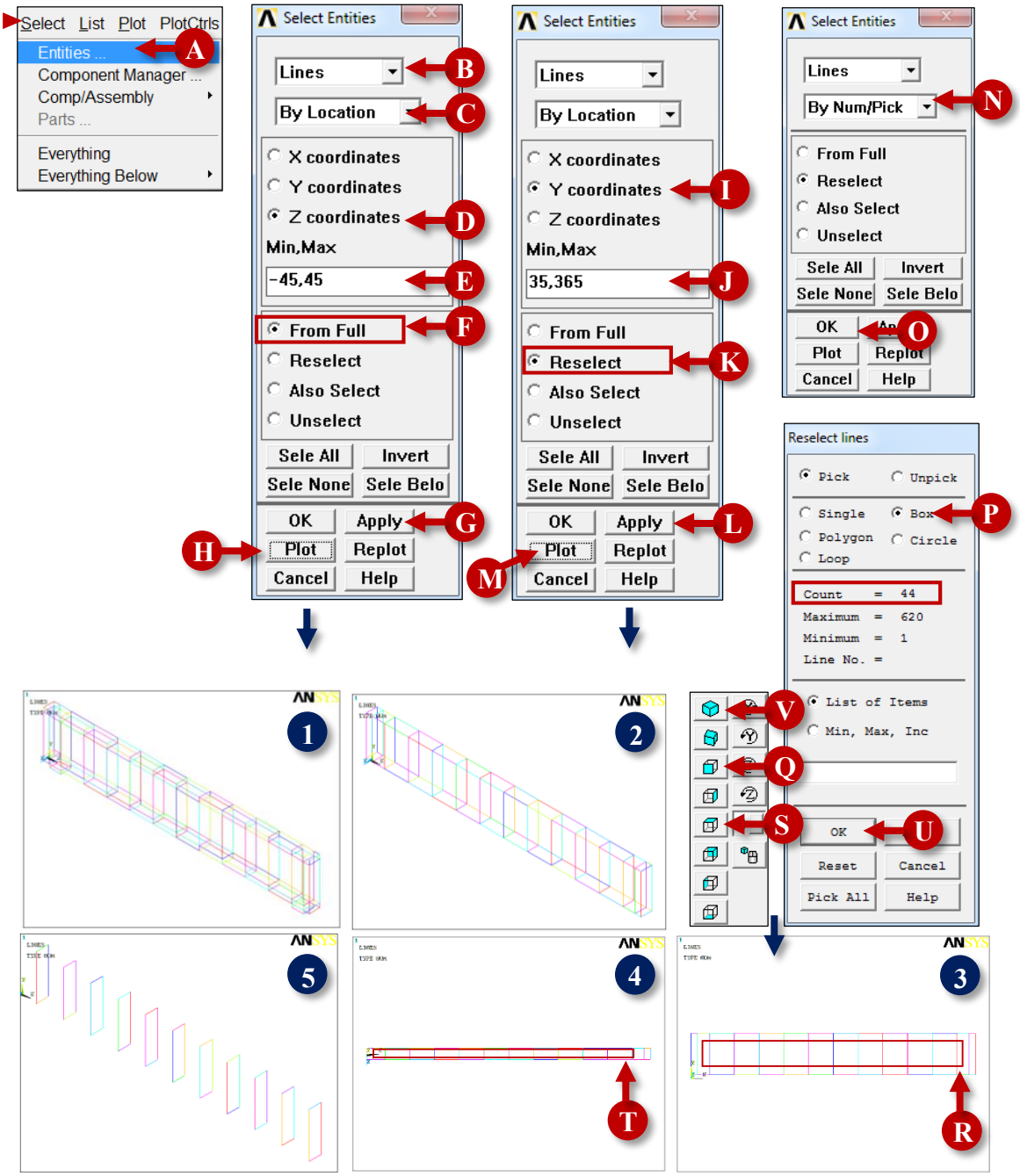
2) Lines> By Location > Y coordinates= 35, 365 > Reselect > Apply> Plot

3) Lines> By Num/Pick> Reselect > OK>

2. Front View > **Fit View** >Box> (يتم اختيار خطوط الأساور الشاقولية)>

3. Top View > Box> (يتم اختيار خطوط الأساور الأفقية)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-107): مراحل تحديد خطوط الأساور

4. Isometric View

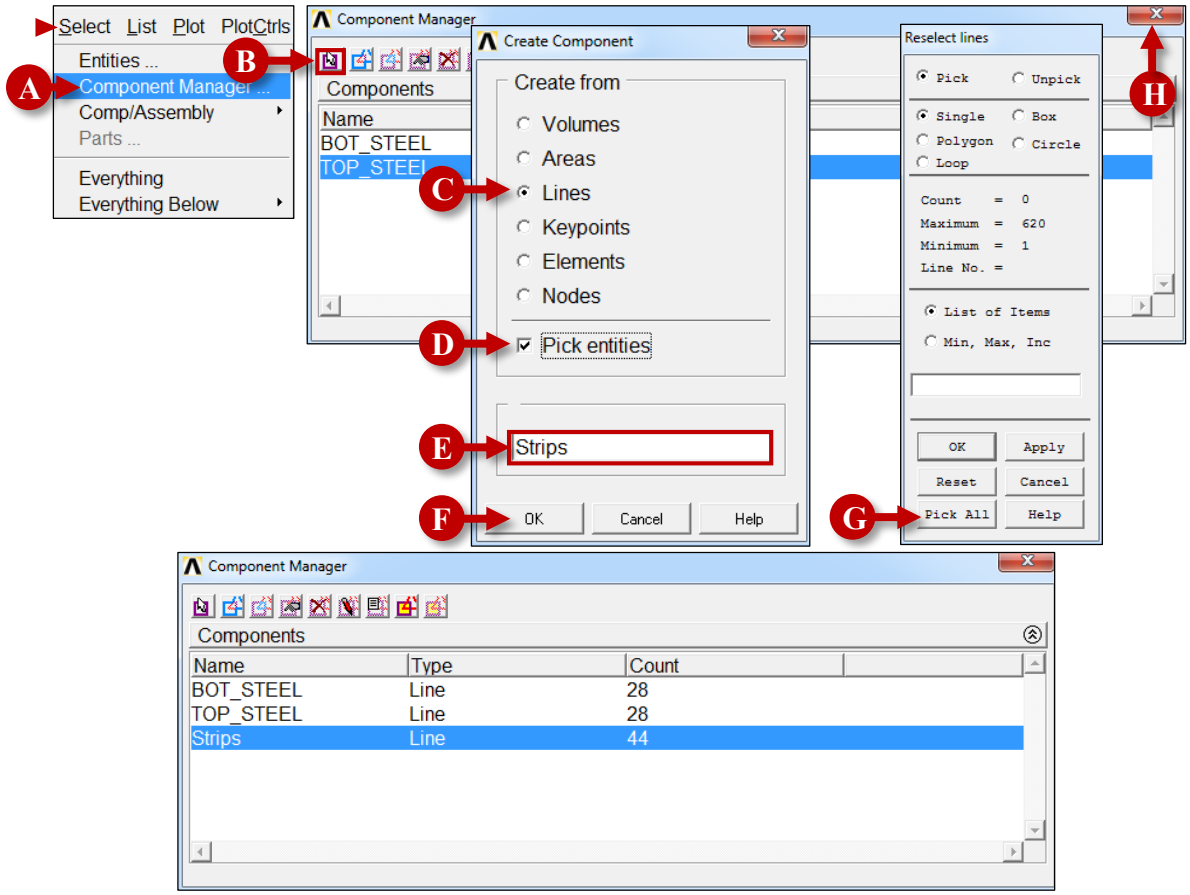
5. Select> Component Manager>

Create a New Component> Lines> Pick Entities> (**Strips)** > OK>Pick All

6. Select> Every thing

7. Plot> Lines

8. Plot> Volumes



الشكل (4-108): تخصيص خطوط الأساور ضمن مجموعة تحمل اسم (Strips)

9- عمليات التقسيم:

تتضـمن عمليات التقسـيم خمس مراحل هي: تقسـيم الجائز البيتوني فقط، تقسـيم المسـاند، تقسـيم التسليح السفلي، تقسيم التسليح العلوي، تقسيم الأساور.

9-1- تقسيم الجائز البيتوني:

يتم أولاً تحديد الحجم الخاص بالجائز البيتوني فقط (دون المسـاند)، ثم يتم تحديد الخصـائص الإفتراضية للعناصر البيتونية التي سوف تنتج عن التقسيم وضبط إعدادات التقسيم بحيث لا يتجاوز طول العنصر الناتج (50mm)، ثم يتم إعطاء أمر التقسيم. تتم هذه العملية وفق الخطوات التالية والموضحة في الأشكال (4-109) و(4-110) و(4-111):

1. تحديد الحجم الخاص بالجائز البيتوني فقط:

9-1-1. Select> Entities…>

Volumes> By Location> Y coordinates= 0, 400 > From Full> Apply> Plot >Cancel

2. تحديد الخصائص الإفتراضية للعناصر البيتونية وضبط الإعدادات:

2. Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

a. Element Attributes: Global> Set>

[TYPE] = **Solid65** (تحديد مادة البيتون كمادة افتراضية)

[MAT] = **25** (تحديد الرقم 25 من خصائص المواد والتابع لمادة البيتون كافتراضي)

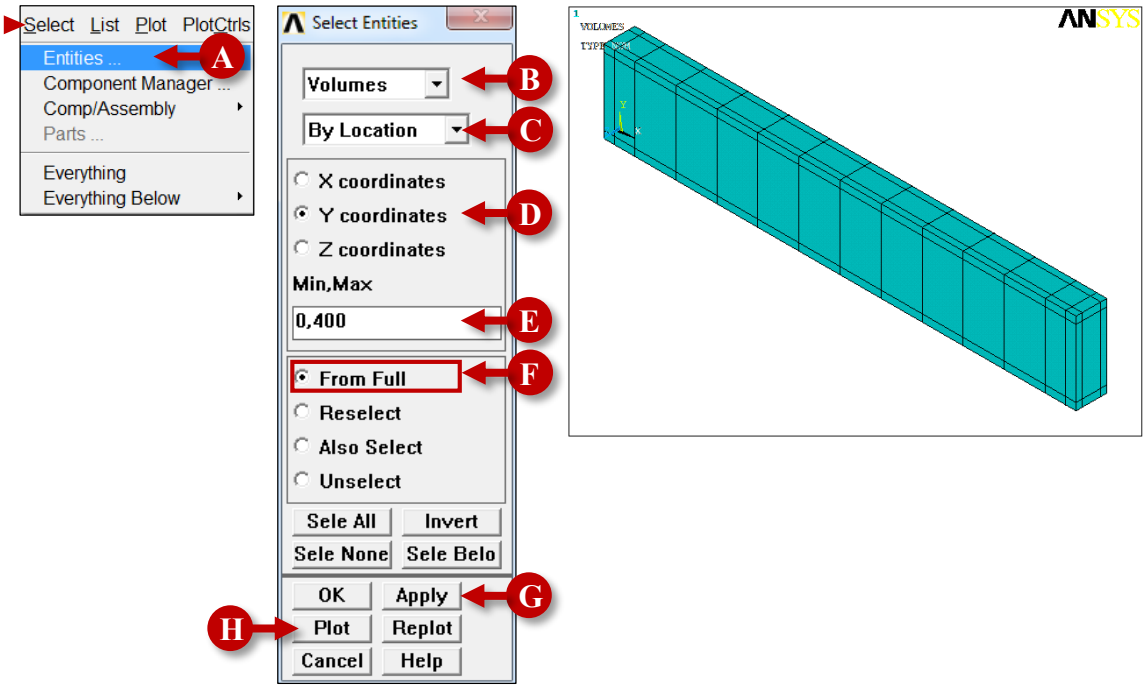
[Real] = **25** (تحديد الرقم 25 من (Real Constant) التابع لمادة البيتون كافتراضي)

b. Lines> Set > (Pick All): **SIZE Element Edge Length = 50** > OK

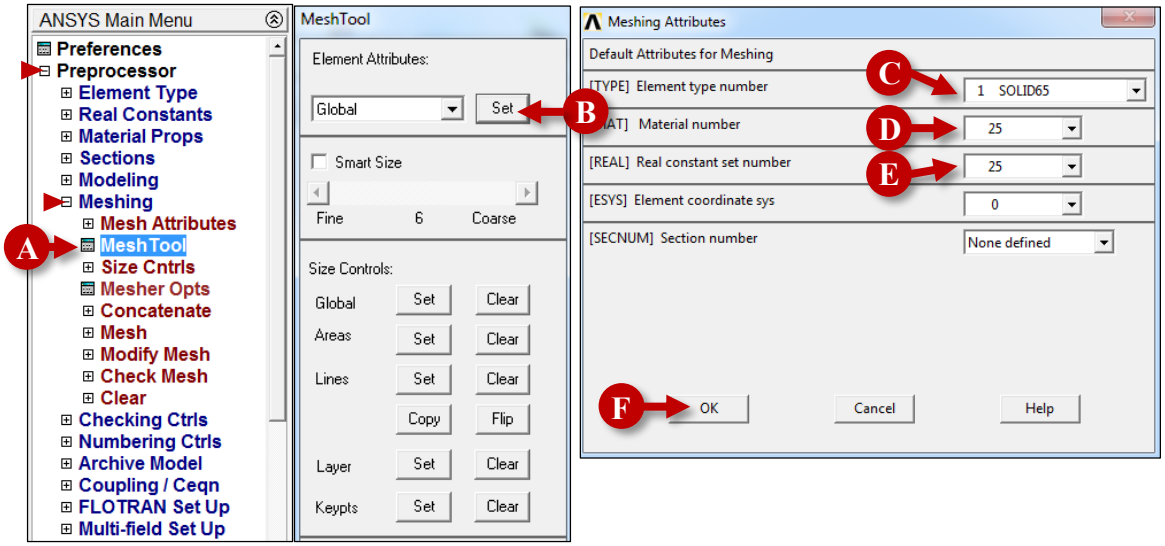
(طول الخط المقسم بعد إجراء التقسيم يساوي 50mm).

c. Global> Set> **50**> OK (أبعاد العنصر الحجمي بعد التقسيم يساوي 50)

d. Mesh: Volumes: **Hex/Wedge - Sweep** > Sweep > Pick All

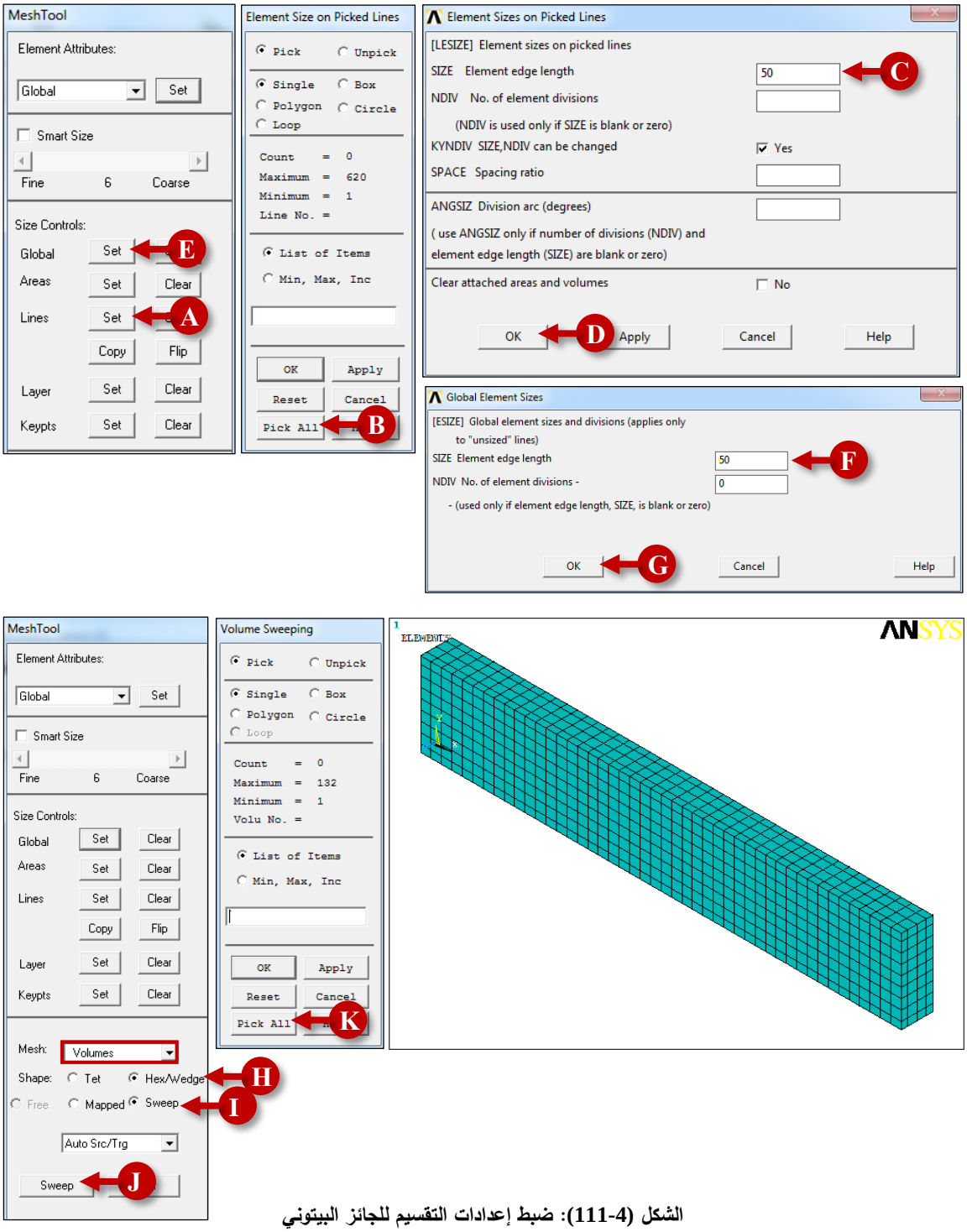


الشكل (4-109): تحديد الحجم الخاص بالجائز البيتوني فقط



الشكل (4-110): تحديد الخصائص الإفتراضية للعناصر الناتجة عن التقسيم

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-111): ضبط إعدادات التقسيم للجائز البيتوني

9-2- تقسيم المساند:

يتم أولاً تحديد الحجوم الخاصة بالمساند، ثم يتم تحديد الخصائص الإفتراضية للعناصر التابعة للمساند والتي سوف تنتج عن التقسيم ثم يتم التأكد من ضبط إعدادات التقسيم بحيث لا يتجاوز طول العنصر الناتج (50mm)، وأخيراً يتم إعطاء أمر التقسيم فنحصل على الشكل (4-112).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

تتم هذه العملية وفق الخطوات التالية:

9-2-1. Select> Every thing

2. Plot> Volumes

3. Select> Entities…>

Volumes> By Location> Y coordinates= -25,0 > From Full> Apply> Plot >Cancel

4. Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

a. Element Attributes: Global> Set>

[TYPE] = **Solid185** (تحديد مادة المساند كمادة افتراضية)

[MAT] = **360** (تحديد الرقم 360 من خصائص المواد والتابع لمادة الفولاذ كافتراضي)

[Real] = **25** (لا يوجد له (Real Constant) خاص، افتراضي)

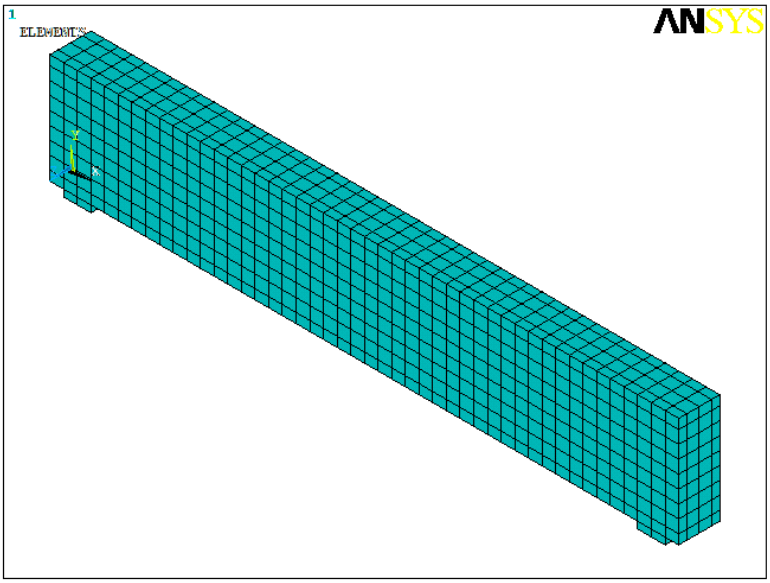
b. Global> Set>

SIZE Element Edge Length= **50**> OK (أبعاد العنصر الحجمي بعد التقسيم يساوي 50)

c. Mesh: Volumes: **Hex/Wedge - Sweep** > Sweep > Pick All

- **ملاحظة (4):**

مقاس تقسيم المساند ينطبق على مقاس تقسيم الجائز، بحيث تنطبق العقدة من المسند على العقدة من الجائز.



الشكل (4-112): شكل الجائز بعد إجراء التقسيم للمساند

9-3- تقسيم التسليح السفلي:

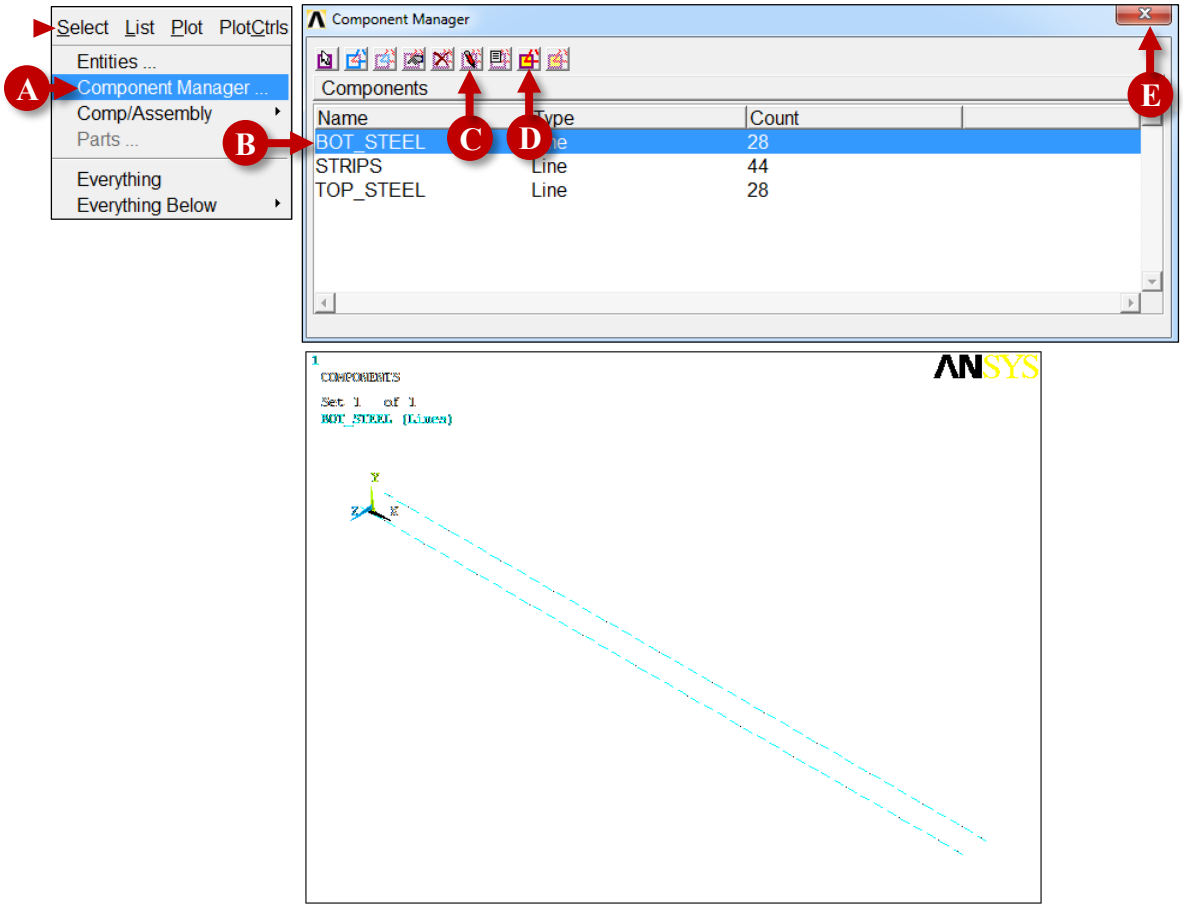
يتم أولاً تحديد خطوط التسليح السفلي من خلال الإستفادة من المجموعات التي تم تخصيصها سابقاً، ثم يتم تحديد الخصائص الإفتراضية للعناصر التي سوف تنتج عن التقسيم والتي تمثل قضبان التسليح السفلية، وسيتم اعتبار أن طول العناصر الناتجة مماثل لطول خطوط التسليح السفلي المقسَّمة (خلال النمذجة سابقاً) كل (200mm)، وأخيراً يتم إعطاء أمر التقسيم.

تتم هذه العملية وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (4-113) و(4-114):

9-3-1. Select> Component Manager>

Name: (**Bot_Steel)**> Display Component/ Assembly

> Select Component/ Assembly



الشكل (4-113): اختيار التسليح من خلال المجموعات المخصصة

- **ملاحظة (5):**

قد يؤدي تحريك الواجهة الرسومية (تكبير أو تصغيرها) إلى إعادة رسم العناصر، مما قد يسبب مشكلة عند طلب أمر التقسيم، لذلك يجب أن يكون الشكل السابق (4-113) هو الظاهر على الواجهة الرسومية عند طلب أمر التقسيم.

2. Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

a. Element Attributes: Global> Set>

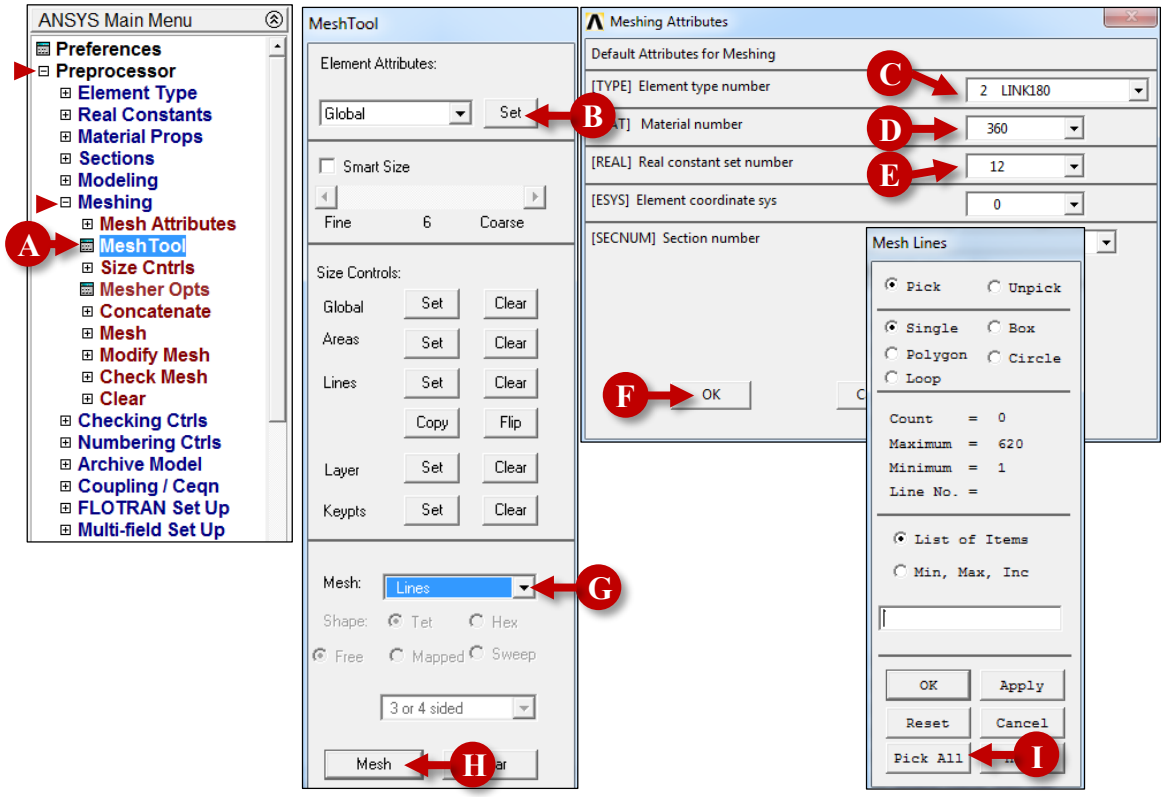
[TYPE] = **Link180** (تحديد مادة القضبان كمادة افتراضية)

[MAT] = **360** (تحديد الرقم 360 من خصائص المواد والتابع لمادة فولاذ التسليح الطولي)

[Real] = **12** (تحديد الرقم 12 من (Real Constant) التابع لمادة فولاذ التسليح السفلي)

b. Mesh: **Lines**> Mesh > Pick All.>Close

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-114): تحديد الخصائص الإفتراضية للعناصر الناتجة عن التقسيم

9-4- تقسيم التسليح العلوي:

يتم أولاً تحديد خطوط التسليح العلوي من خلال الإستفادة من المجموعة التي تمثل هذه الخطوط، ثم يتم تحديد الخصائص الإفتراضية للعناصر التي سوف تنتج عن التقسيم والتي تمثل قضبان التسليح العلوية، وسيتم اعتبار أن طول العناصر الناتجة مماثل لطول خطوط التسليح العلوي المقسَّمة (خلال النمذجة سابقاً) كل (200mm)، وأخيراً يتم إعطاء أمر التقسيم. تتم هذه العملية وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (4-107) و(4-108):

9-4-1. Select> Component Manager>

Name: (**Top_Steel**) > Display Component/ Assembly
> Select Component/ Assembly

2. Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

a. Element Attributes: Global> Set>

[TYPE] = **Link180** (تحديد مادة القضبان كمادة افتراضية)

[MAT] = **360** (تحديد الرقم 360 من خصائص المواد والتابع لمادة فولاذ التسليح الطولي)

[Real] = **10** (تحديد الرقم 10 من (Real Constant) التابع لمادة فولاذ التسليح العلوي)

b. Mesh: **Lines**> Mesh > Pick All.>Close

9-5- تقسيم الأساور:

يتم تحديد خطوط الأساور من خلال الإستفادة من المجموعة التي تمثل هذه الخطوط، ثم يتم تحديد الخصائص الإفتراضية للعناصر الناتجة ، مع المحافظة على طول خطوط الأساور المقسَّمة (خلال النمذجة سابقاً) حيث يبلغ عرض الأسوراة (90 mm) وإرتفاعها (330 mm)، وأخيراً يتم إعطاء أمر التقسيم. تتم هذه العملية وفق الخطوات التالية:

9-5-1. Select> Component Manager>

Name: (**Strips**) > Display Component/ Assembly
> Select Component/ Assembly

2. Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

a. Element Attributes: Global> Set>

[TYPE] = **Link180** (تحديد مادة القضبان كمادة افتراضية)

[MAT] = **240** (تحديد الرقم 240 من خصائص المواد والتابع لمادة فولاذ الأساور)

[Real] = **8** (تحديد الرقم 8 من (Real Constant) التابع لمادة فولاذ الأساور)

b. Mesh: **Lines**> Mesh > Pick All.>Close

3. Select> Every thing

4. Plot > Elements

10- تخصيص المساند الطرفية:

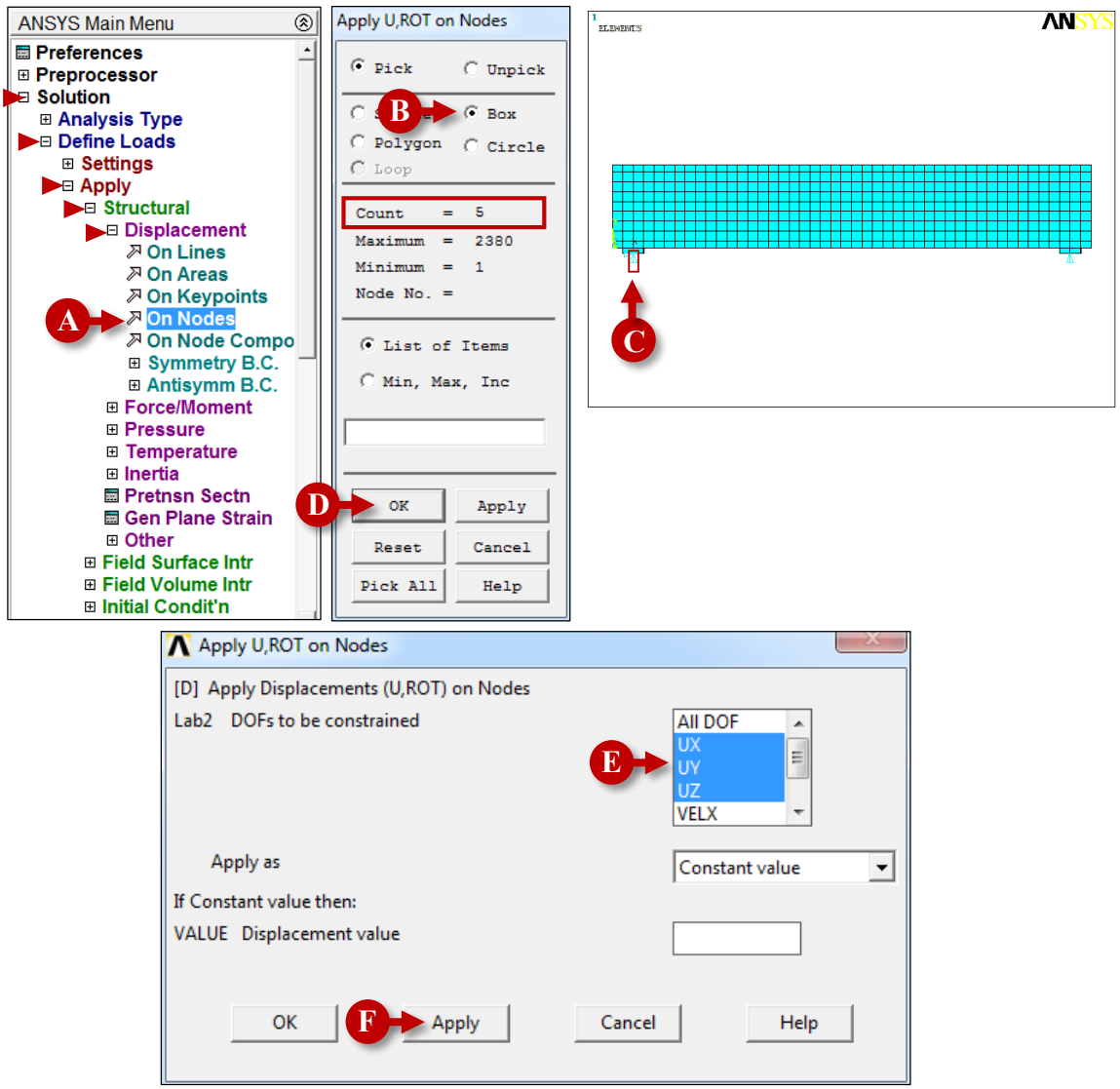
يتم تخصيص كل من المسند الثابت والمسند المنزلق على صف العقد الوسطي الذي يقع في أسفل ومنتصف كل مسند وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (4-115) و(4-116):

10-1. Front View > **Fit View** >

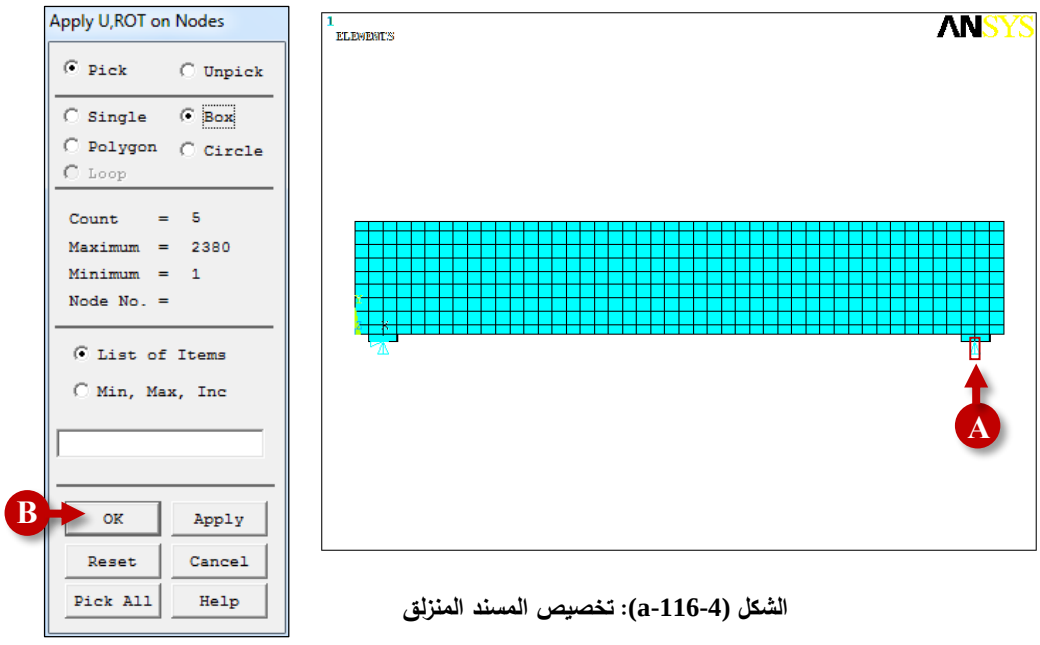
2. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Nodes>

- Box> (يتم اختيار صف العقد الواقعة في وسط وأسفل المسند الأيسر)> OK
  UX-UY-UZ>Apply
- Box> (يتم اختيار صف العقد الواقعة في وسط وأسفل المسند الأيمن)> OK
  UY-UZ >OK

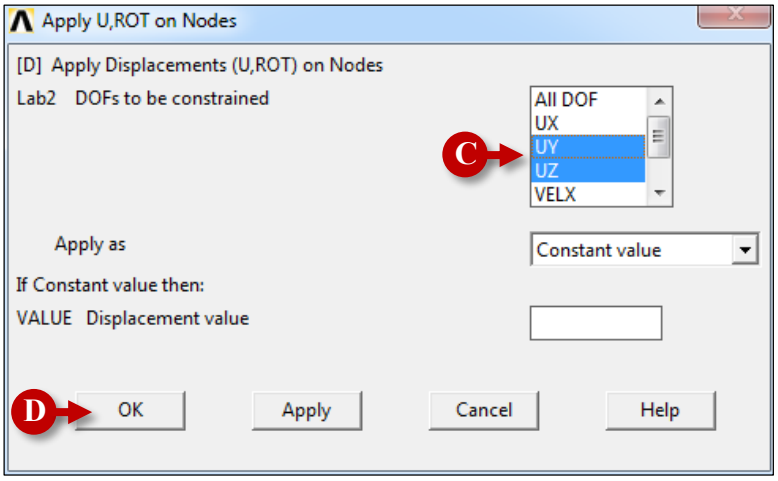
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-115): تخصيص المسند الثابت



الشكل (4-116-a): تخصيص المسند المنزلق



الشكل (4-116-b): تخصيص المسند المنزلق

11- تخصيص الحمولة المركزة:

سيتم تطبيق حمولة كبيرة ولتكن قيمتها الإجمالية (150 000 N) على جميع العقد الواقعة في منتصف مجاز الجائز، ولتحقيق ذلك يتم أولاً تحديد المساحة الواقعة في منتصف المجاز (x=1150mm) ثم يتم ربط جميع العقد الواقعة على هذه المساحة بحيث تتحرك معاً في الإتجاه (UY)، ثم يتم تطبيق الحمولة على عقدة التجميع. تتم هذه العملية وفق الخطوات التالية والموضحة في الأشكال (4-117)، (4-118)، (4-119):

1. تحديد المساحة الواقعة في منتصف المجاز:

11-1. Select> Entities…>

Areas> By Location> X coordinates= 1150 > From Full> Apply> Plot >OK

2. ربط جميع العقد الواقعة على هذه المساحة بحيث تتحرك معاً في الإتجاه (UY):

2. Preprocessor> Coupling/Ceqn> Couple DOFs>

Front View > Box> (يتم اختيار جميع العقد)> Oblique View >OK

Set Reference Number = **1**

Degree-of-Freedom Label = **UY** (يتم ربط جميع العقد بالاتجاه UY بحيث تتحرك معاً عند التحميل)

3. تطبيق الحمولة على عقدة التجميع:

3. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Force/Moment> On Nodes >

Single> Oblique View > (يتم اختيار موقع العقد المركز)

Direction of Force/Mom = **FY** (اتجاه محور القوة)

Value = **-150 000** (N) (قيمة القوة مع الانتباه للإشارة)

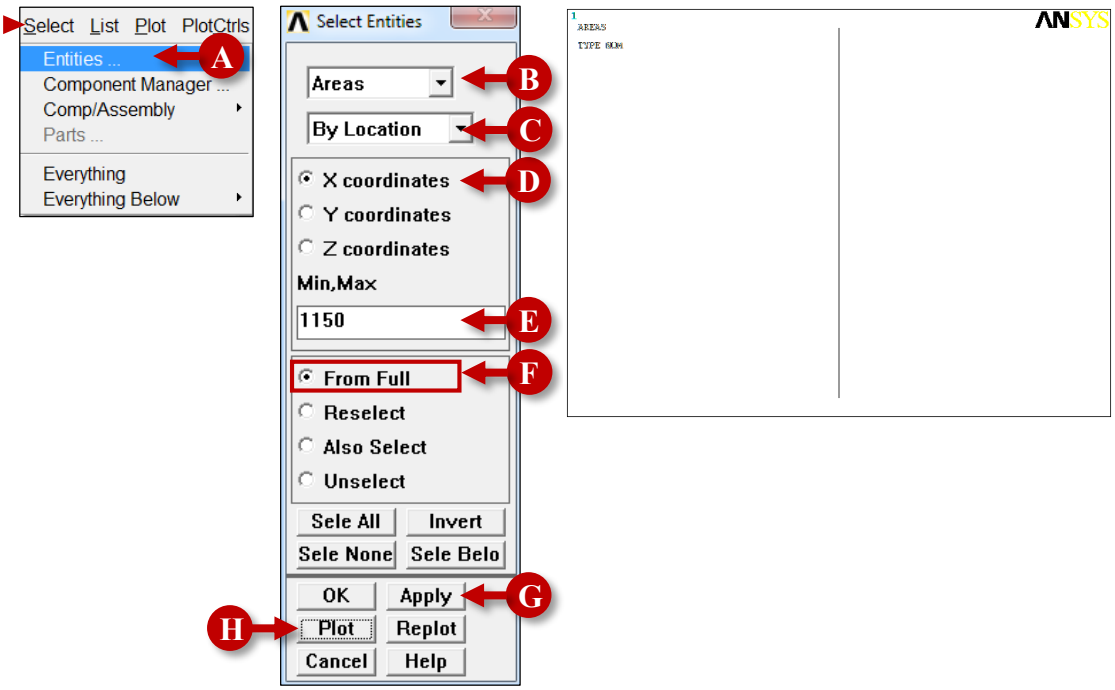
4. Select> Every thing

5. Plot > Elements

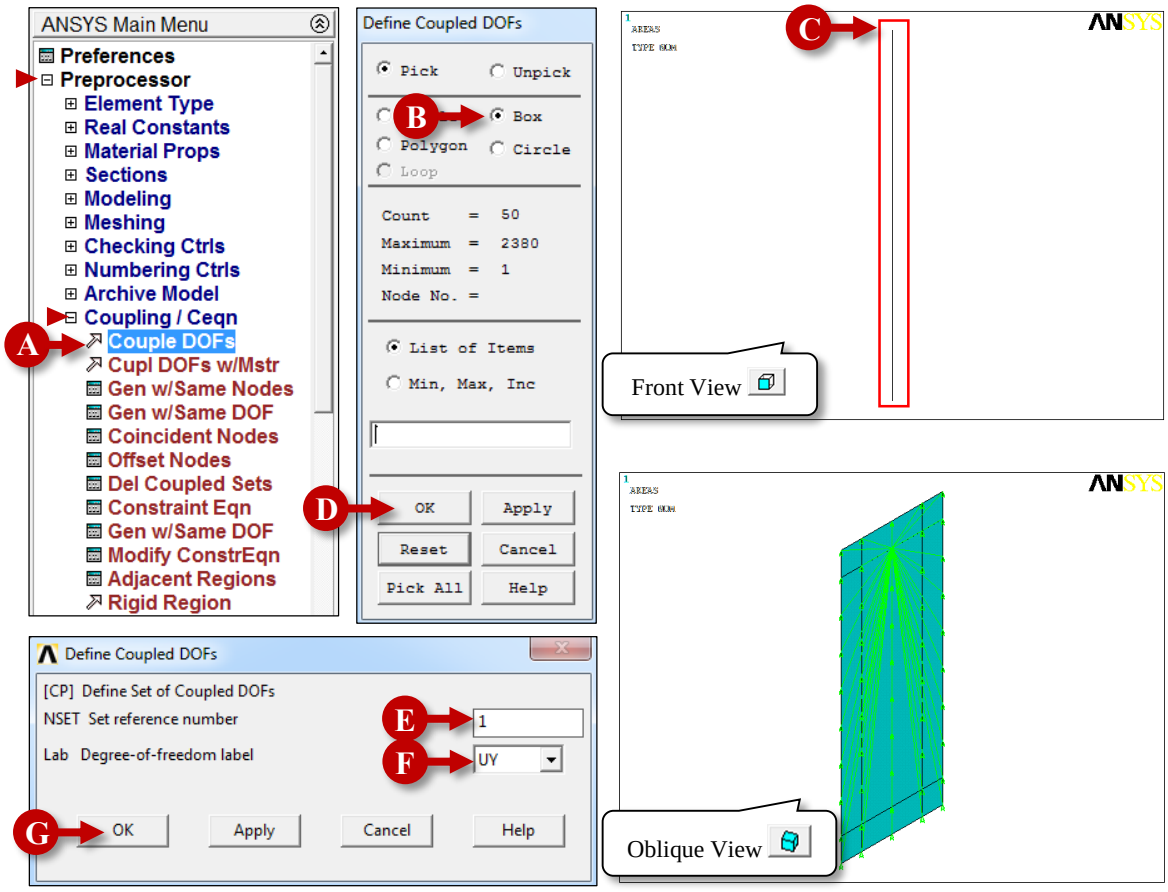
- **ملاحظة (6):**

تمت الاستعانة بمنظور (Oblique View) عند تحديد عقدة الحمولة، من أجل ألا يتم تحديد عقدة خارج المنطقة المطلوبة.

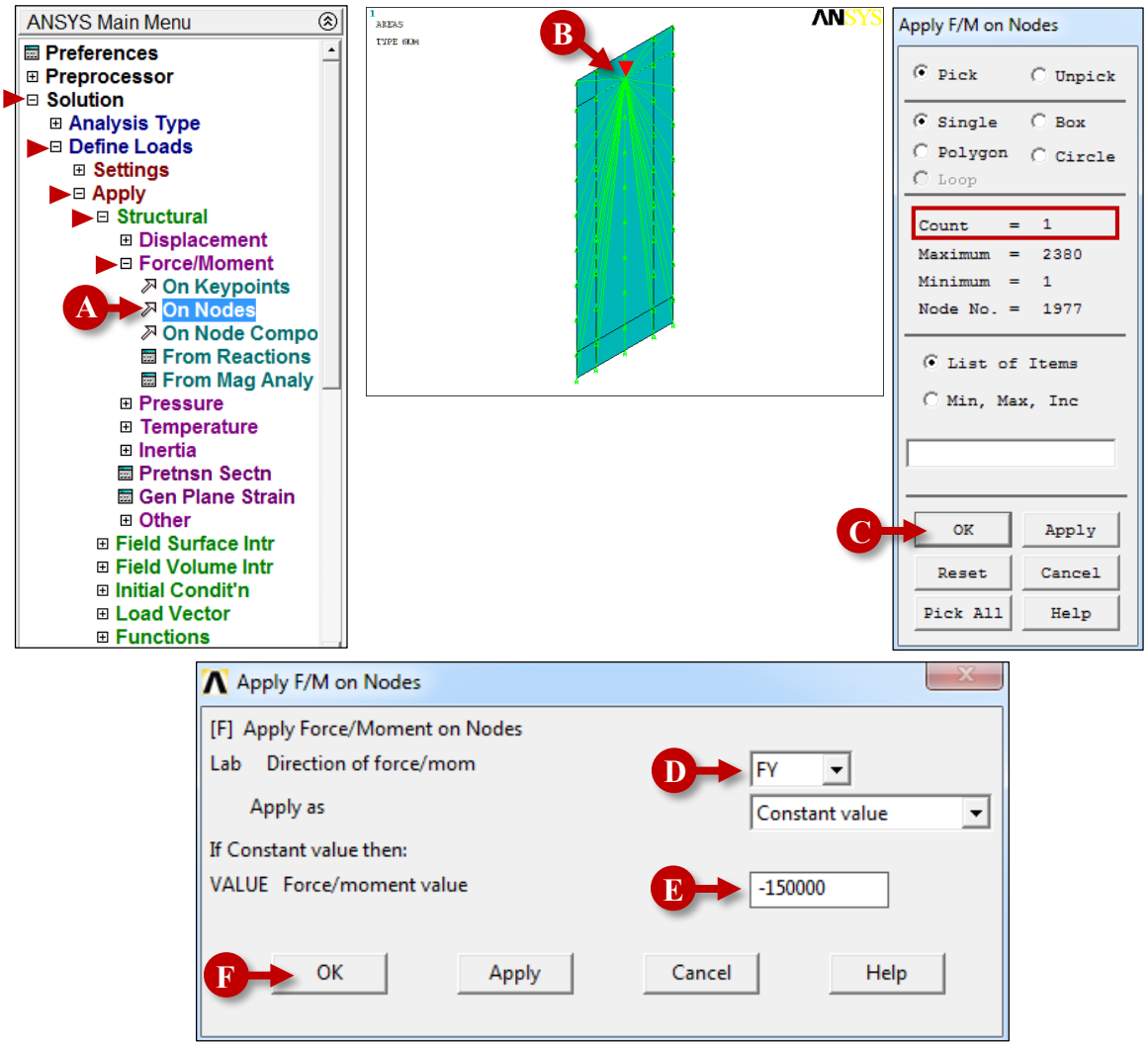
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-117): تحديد المساحة الواقعة على بعد (X=1150mm) تمهيداً لربط جميع عقدها بالاتجاه (UY)



الشكل (4-118): ربط جميع العقد التي تم اختيارها بالاتجاه (UY)



الشكل (4-119): تطبيق الحمولة المركزة على العقد

12- التأكد بأن الحمولة مطبقة على العقد:

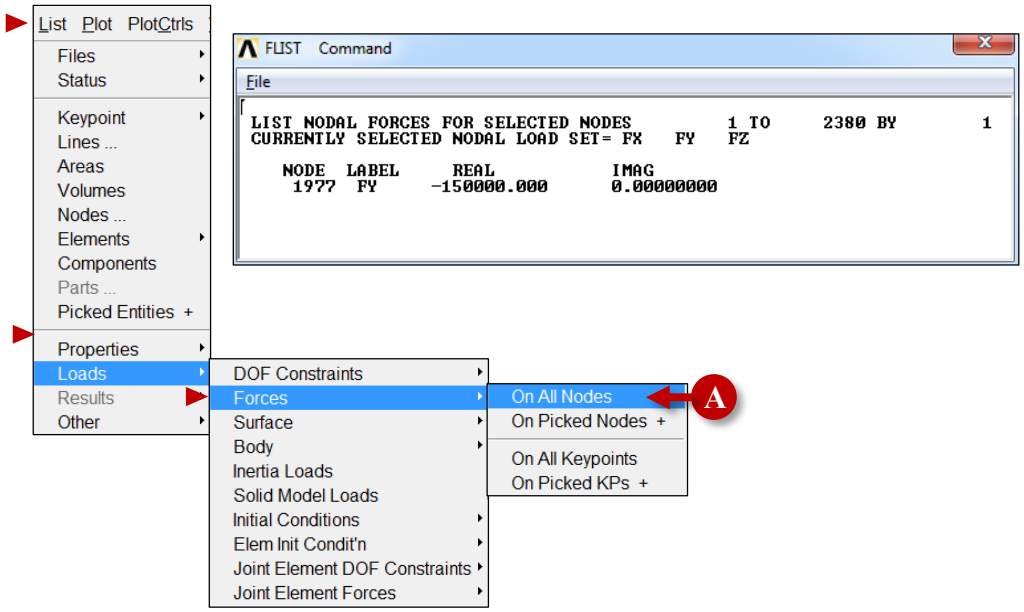
يمكن التأكد بأن الحمولة مطبقة على رقم العقدة الصحيحة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-120):

12-1. List> Load> Force> On All Nodes

2. Plot> Elements

لإظهار شروط الانتقال (Boundary Conditions) على المستوي الواقع في منتصف المجاز (في حال كانت غير ظاهرة) نتبع المسار التالي:

3. PlotCtrls> Symbols> All Applied BCs



الشكل (4-120): التأكد بأن الحمولة مطبقة على العقد

13- إعداد خيارات التحليل:

نجعل عدد الثواني يساوي الحمل المطبق أي (150000)، وبالتالي فإن كل ثانية تقابل واحدة الحمولة، تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-121):

13- Solution> Analysis Type> Sol'n Controls>

- Basic:

  Small displacement static

  Time at end of load step = **150 000** (الزمن النهائي عند تطبيق كامل الحمولة)

  Automatic Time Stepping = **On**

  Time increment:

  Time Step Size = **1000** (المقدار العام لخطوة تزايد الحمولة)

  Minimum Time Step = **500** (المقدار الأصغري لخطوة تزايد الحمولة)

  Maximum Time Step = **10 000** (المقدار الأعظمي لخطوة تزايد الحمولة)

  Frequency = **Write every substep** (عرض النتائج في كل مرحلة تحميل)

- Sol'n options:

  Frequency = **Write every substep**

- Nonlinear:

  Line search = **On**

  DOF solution predictor = **On for all substep**

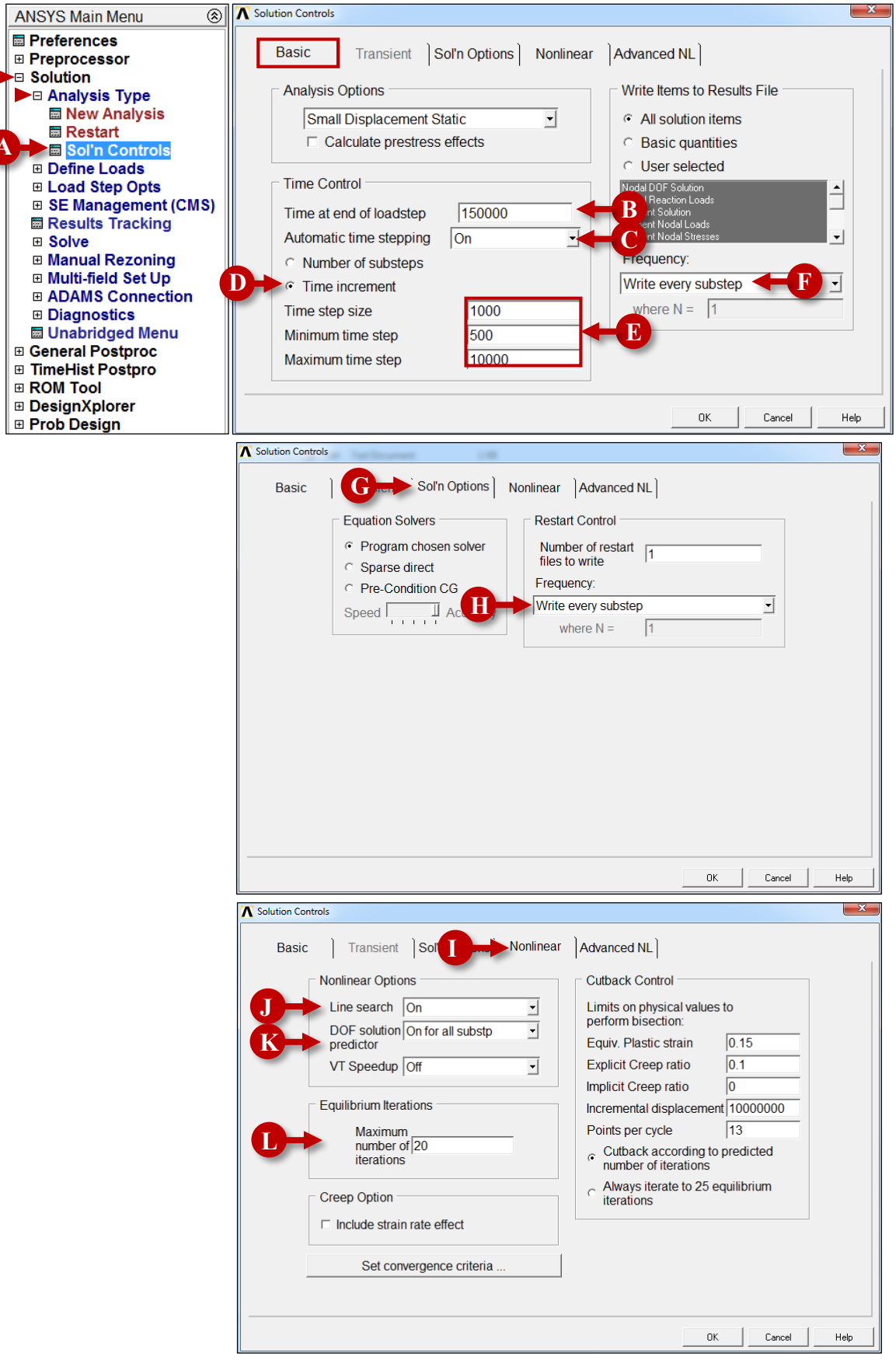
  Maximum number of iterations= **20**

- Advanced NL:

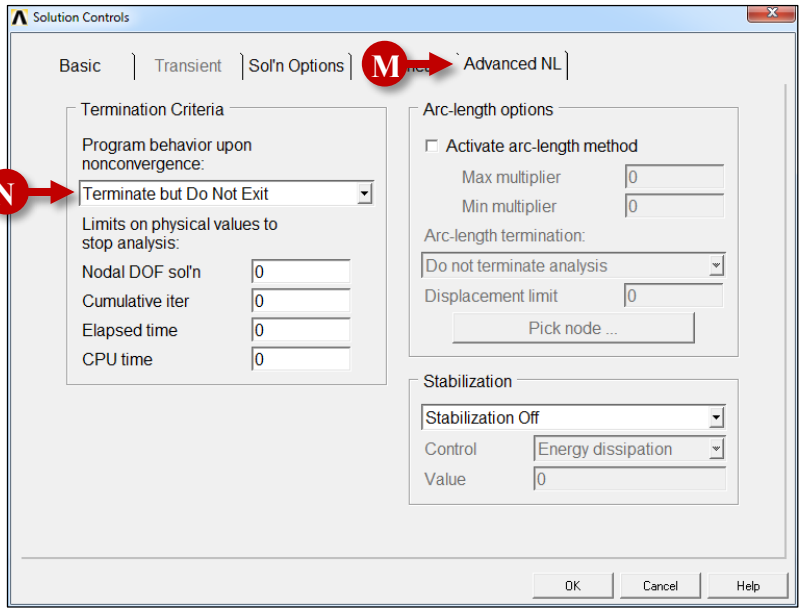
  Program Behavior upon Nonconvergence = **Terminate but Do Not Exit**

  (يستخدم هذا الخيار لعدم إغلاق شاشة التحليل بعد انتهاء عملية الحل).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-121-a): ضبط إعدادات التحليل



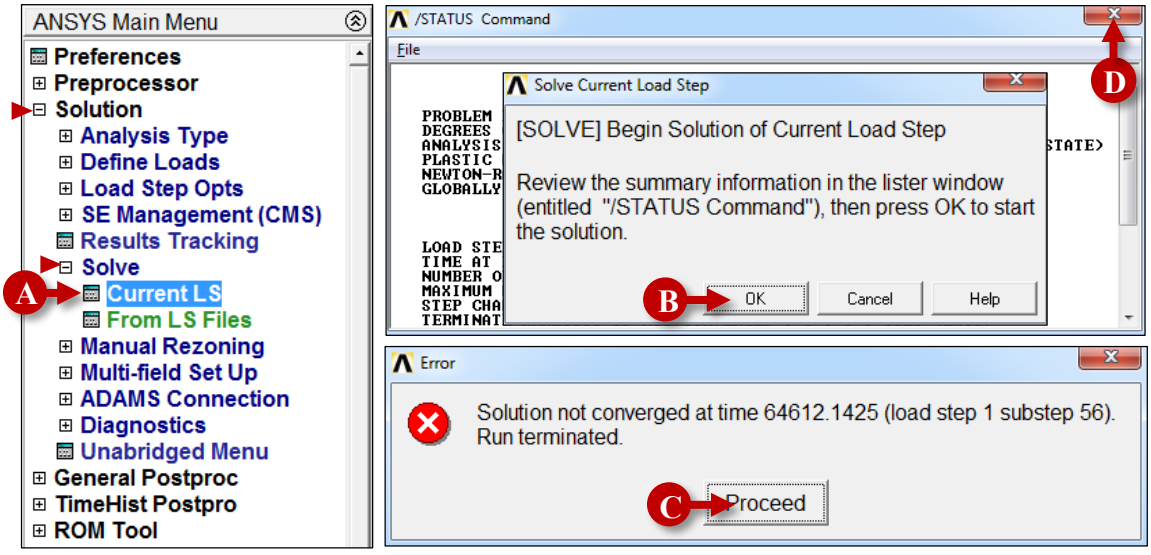
الشكل (4-121-b): ضبط إعدادات التحليل

14- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر(Solve) الموضح في الشكل (4-122)، وفق المسار التالي:

14- Solution> Solve> Current LS> OK

عند انتهاء الحل يعطي البرنامج رسالة (error) عند الزمن (64612)، وبالتالي فإن حمولة الإنهيار هي (64612 N= 6.4 ton).

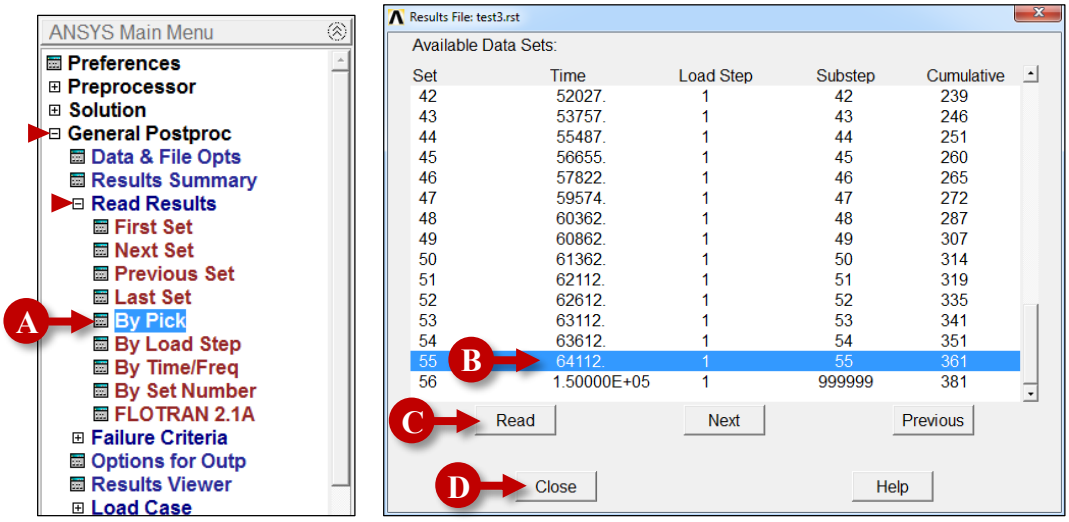


الشكل (4-122): بدء التحليل مع ظهور رسالة (Error) عند انتهاء عملية الحل

15- معاينة النتائج من أجل حمولة معينة:

يعطي البرنامج قائمة لجميع الحمولات بدلالة الزمن، نلاحظ بأن أخر قيمة من قائمة الحمولات (Set=56, Time=1.5E5, Substep=999999) غير حقيقية لأنه لم يتم الوصول لها خلال الحل، نختار حمولة معينة ثم ننقر (Read) لقراءة النتائج. تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (123-4):

15- General Postproc> Read Results> By Pick> Time=64112> Read> Close

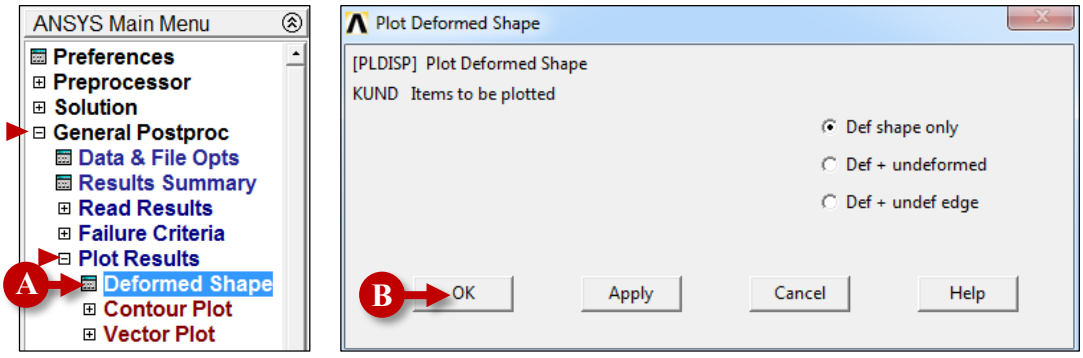


الشكل (4-123): قائمة الحمولات بدلالة الزمن

16- معاينة الشكل المشوَّه:

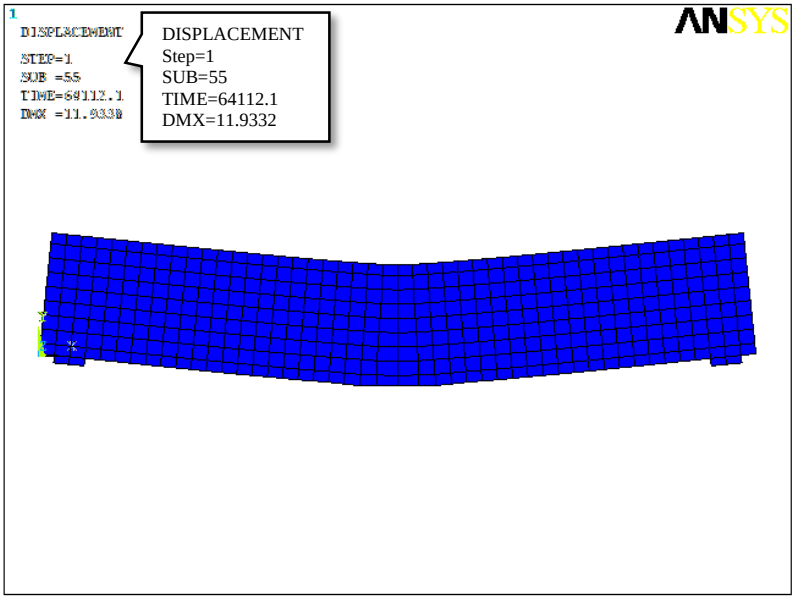
تتم معاينة الشكل المشوه من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-124) و(4-125):

16- General Postproc> Plot Results> Deformed Shape> OK



الشكل (4-124): تحديد الشكل المتشوه لمعاينته

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

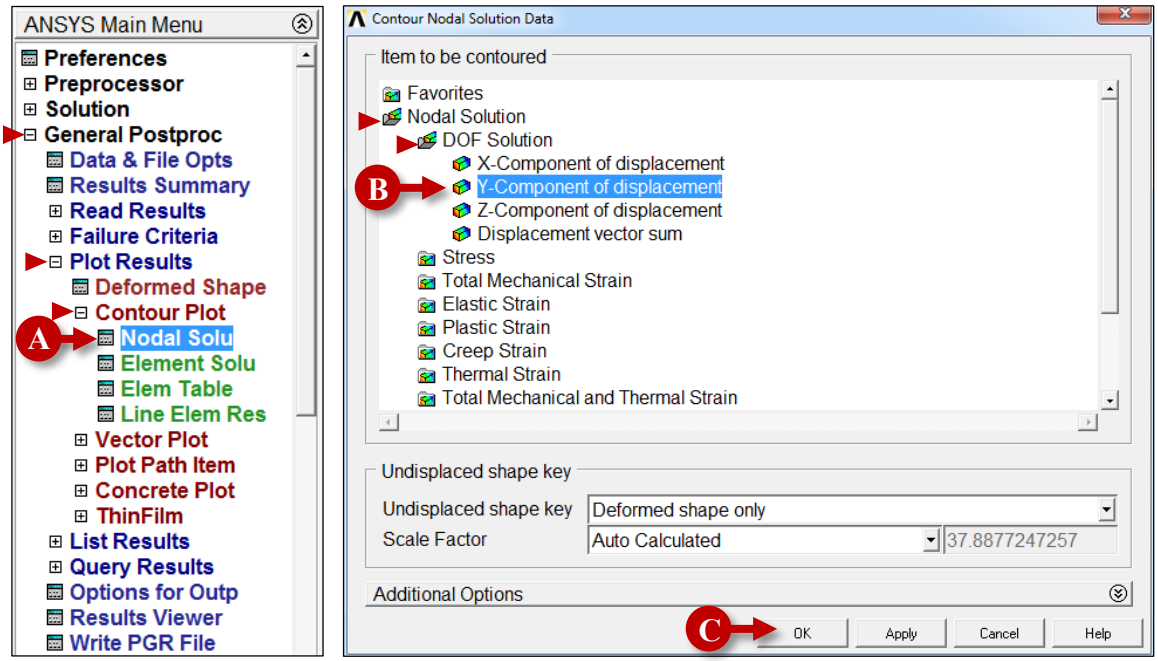


الشكل (4-125): الشكل المتشوه

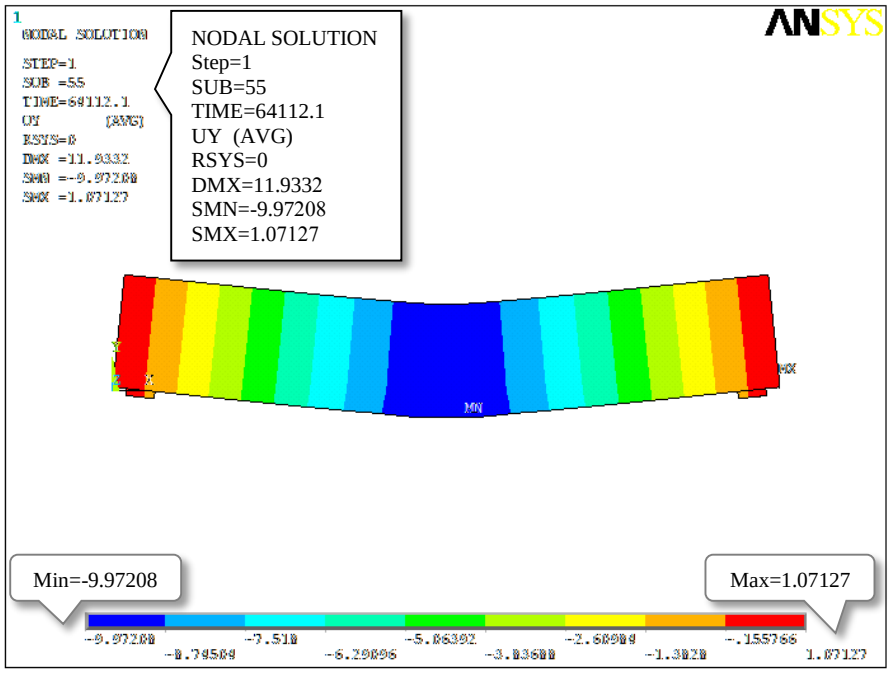
17 - معاينة الإنتقالات:

تتم معاينة مخطط الإنتقالات (Y-Component of Displacement) من خلال المســـار التالي والموضح في الشكلين (4-126) و(4-127):

17- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
DOF Solution> Y-Component of Displacement> OK



الشكل (4-126): تحديد الإنتقالات (Y-Component of Displacement) لمعاينتها

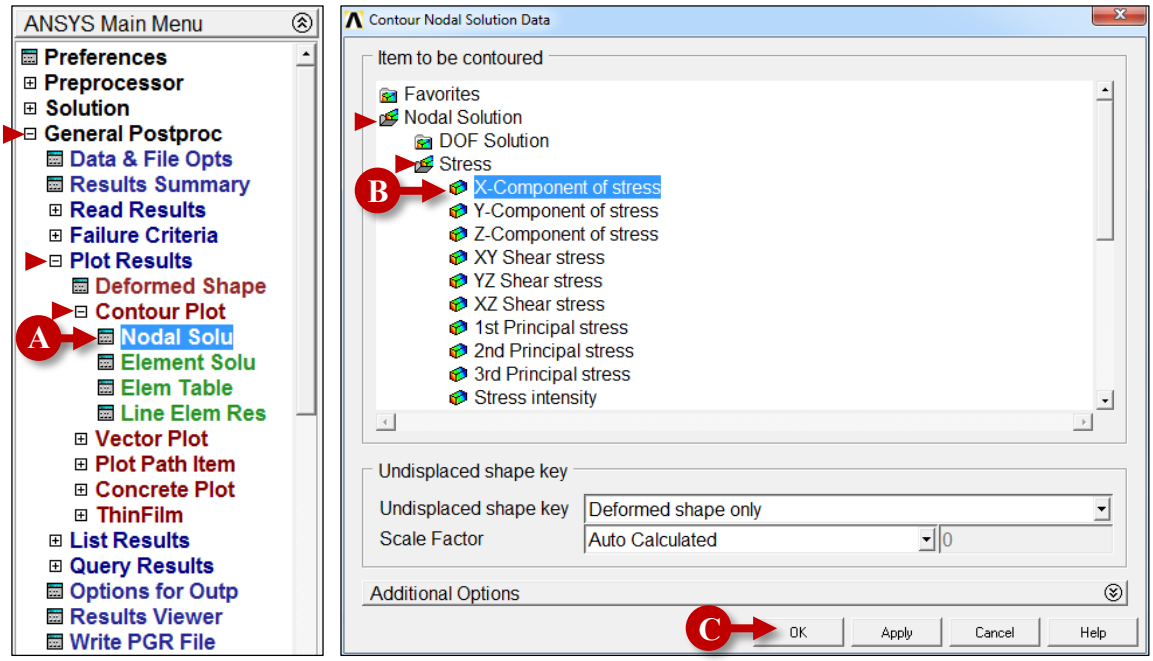


الشكل (4-127): مخطط الإنتقالات الشاقولية (UY)

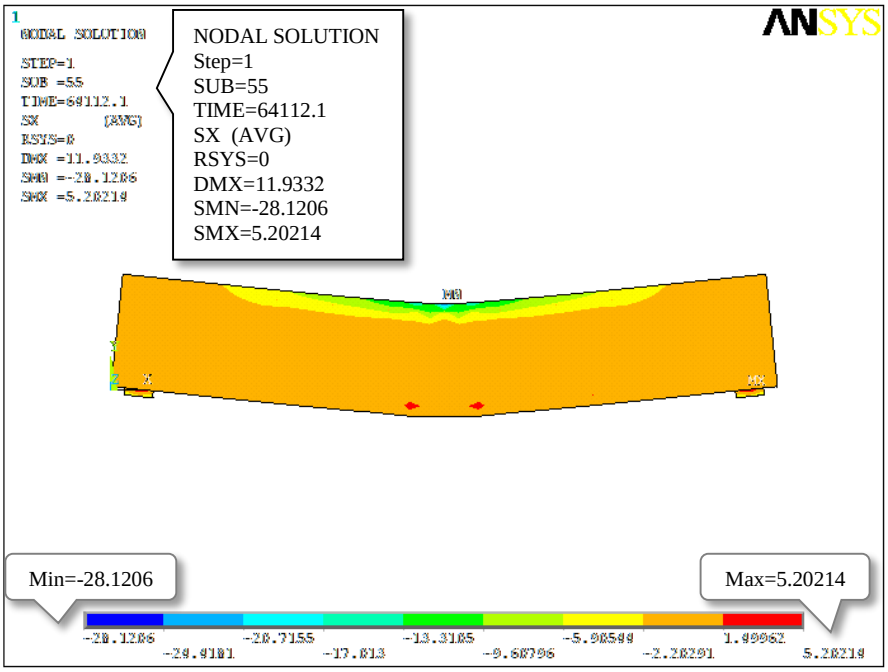
18- معاينة الإجهادات:

تتم معاينة مخطط إجهادات (X-Component of Stress) من خلال المسـار التالي و الموضـح في الشكلين (4-128) و(4-129):

18- General Postproc> Plot Results> Contour Plot>Nodal Solu>
Sterss> X-Component of Stress> OK



الشكل (4-128): تحديد إجهادات (X-Component of Stress) لمعاينتها



الشكل (4-129): مخطط الإجهادات بالاتجاه (X)

19- معاينة التشققات:

قد تظهرت التشققات خارج مجال الجائز المشوه، ويعود السبب إلى الشكل المشوه للجائز في حين تظهر التشققات بالنسبة للشكل الأصلي له.

1. يتم تعطيل مقياس التشوه من خلال إتباع المسار التالي:

19-1. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>

Scale factor= **Off**

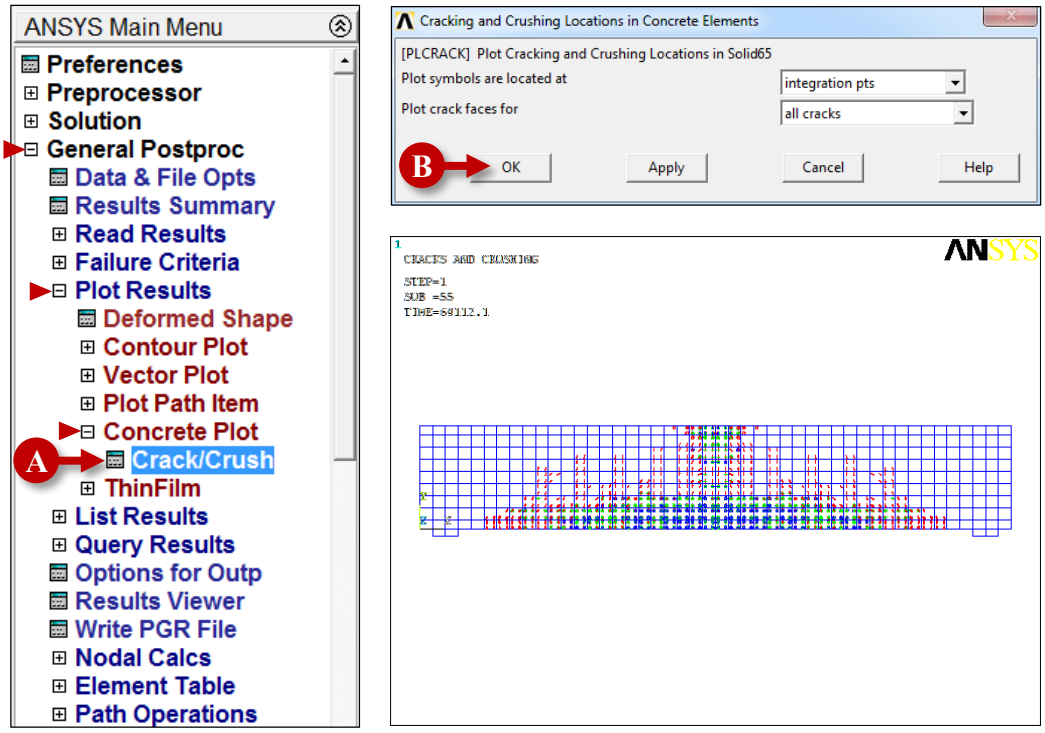
2. تتم إلغاء تعبئة المساحة المحيطة بالعنصر من اللون كما يلي:

2. PlotCtrls> Device Options…>

Vector mode (wireframe) = **On**

3. تتم معاينة التشققات من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكل (4-130):

3. General Postproc> Plot Results> Concrete Plot> Crack/Crash> OK



الشكل (4-130): تفعيل إظهار التشققات في الجائز

20- معاينة الإجهادات في قضبان التسليح:

تتم هذه العملية من خلال الخطوات التالية:

1. يمكن إعادة تفعيل مقياس التشوه (لمعاينة تشوه القضبان بشكل أفضل) من خلال المسار التالي:

20-1. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
Scale factor = **Auto Calculated**

2. يتم تعريف نوع الإجهادات المطلوب معاينتها في قضبان التسليح من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-131):

2. General Postproc> Element Table> Define table> Add
LAB User Label for Item = **stress**
Item ,Comp Results Data Item = **By Sequence Num , LS**
LS, 1 >OK> Close

- **ملاحظة (7):**

LS: الإجهادات الخطية.

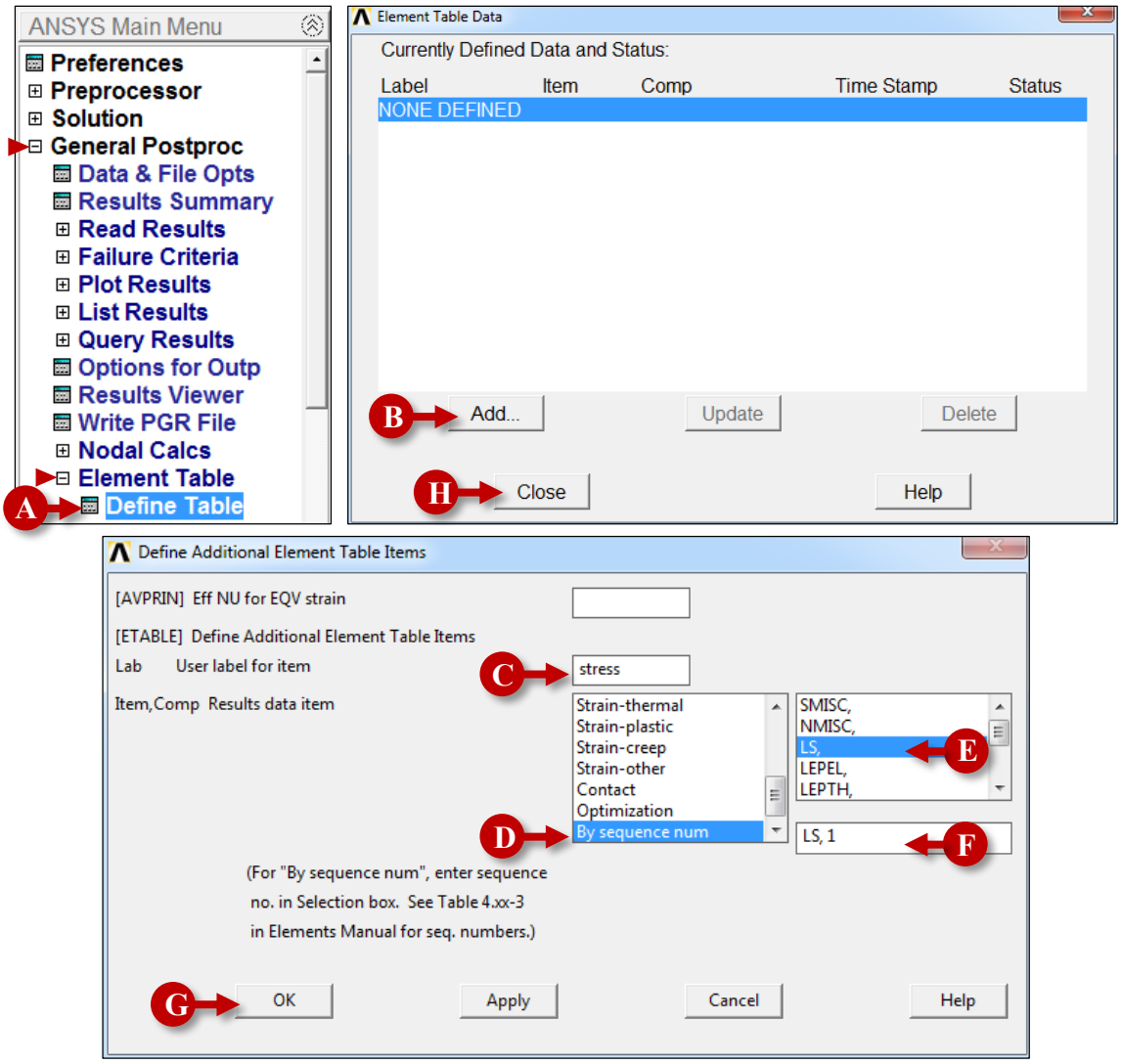
LEPEL: (Line Result Elastic Strain).

LEPPL: (Line Result Plastic Strain).

LS, 1: الإجهادات الخطية في العقدة (I).

LS, 2: الإجهادات الخطية في العقدة (J).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-131): تعريف نوع الإجهادات المطلوب معاينتها في قضبان التسليح

3. يتم تحديد قضبان التسليح السفلي من خلال المجموعات كما يلي:

3-A. Select> Component Manager>

Name: (**Bot-Steel**) > Display Component/ Assembly

> Select Component/ Assembly

B. Select> Every Thing Below> Selected Lines

C. Plot> Replot

D. Oblique View

4. يتم معاينة الإجهادات في قضبان التسليح السفلي من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-132):

4. General Postproc> Element Table> Plot Elem table> stress>OK

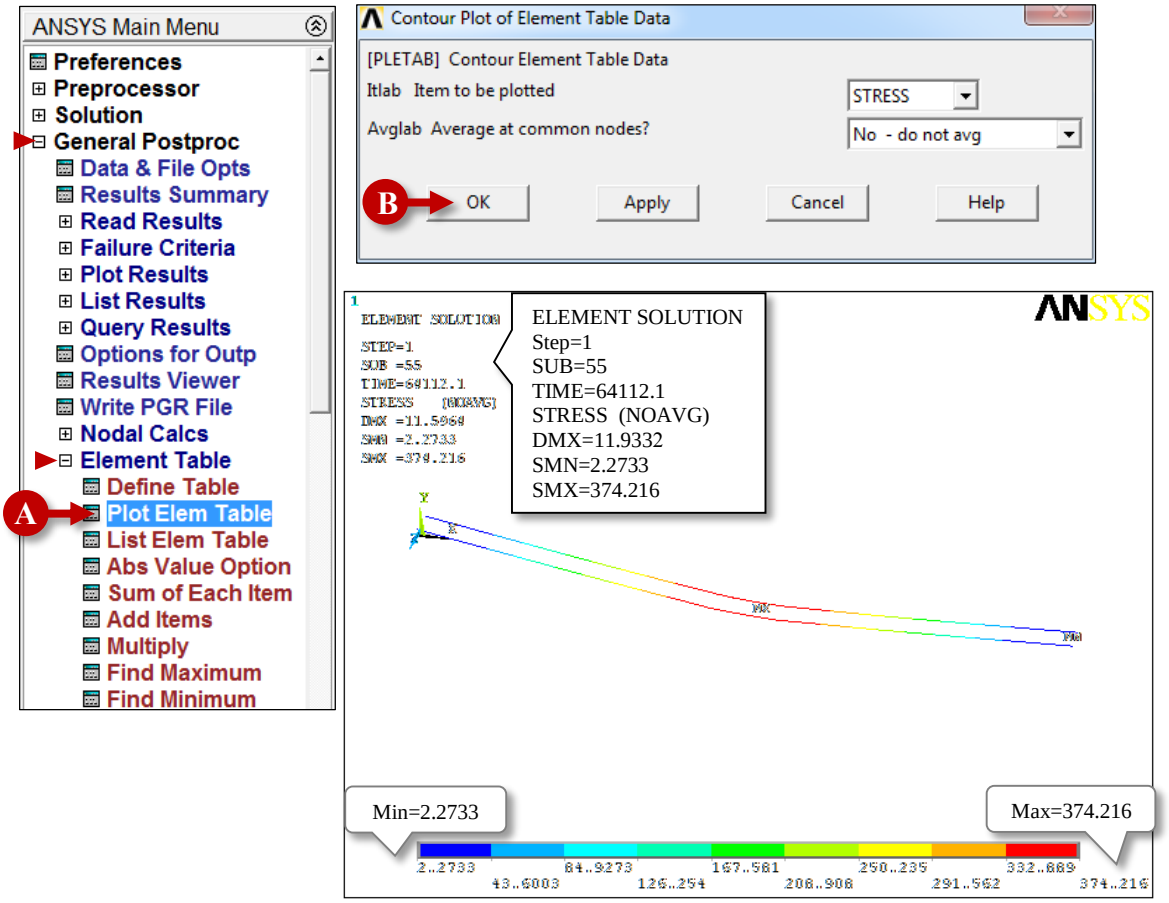
5. يتم إعادة تفعيل التعبئة بالألوان (في حال كانت غير مفعَّلة) كما يلي:

5. PlotCtrls> Device Options…>

Vector mode (wireframe) = **Off**

>OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-132): مخطط الإجهادات في قضبان التسليح السفلي

21- منحنيات الحمولة السهم:

يتم الحصـــول على منحنيات الحمولة الســـهم وفق الخطوات التالية والموضـــحة في الأشـــكال (4-133)، (4-134)، (4-135):

21-1. Select> Every Thing >

2. Front View

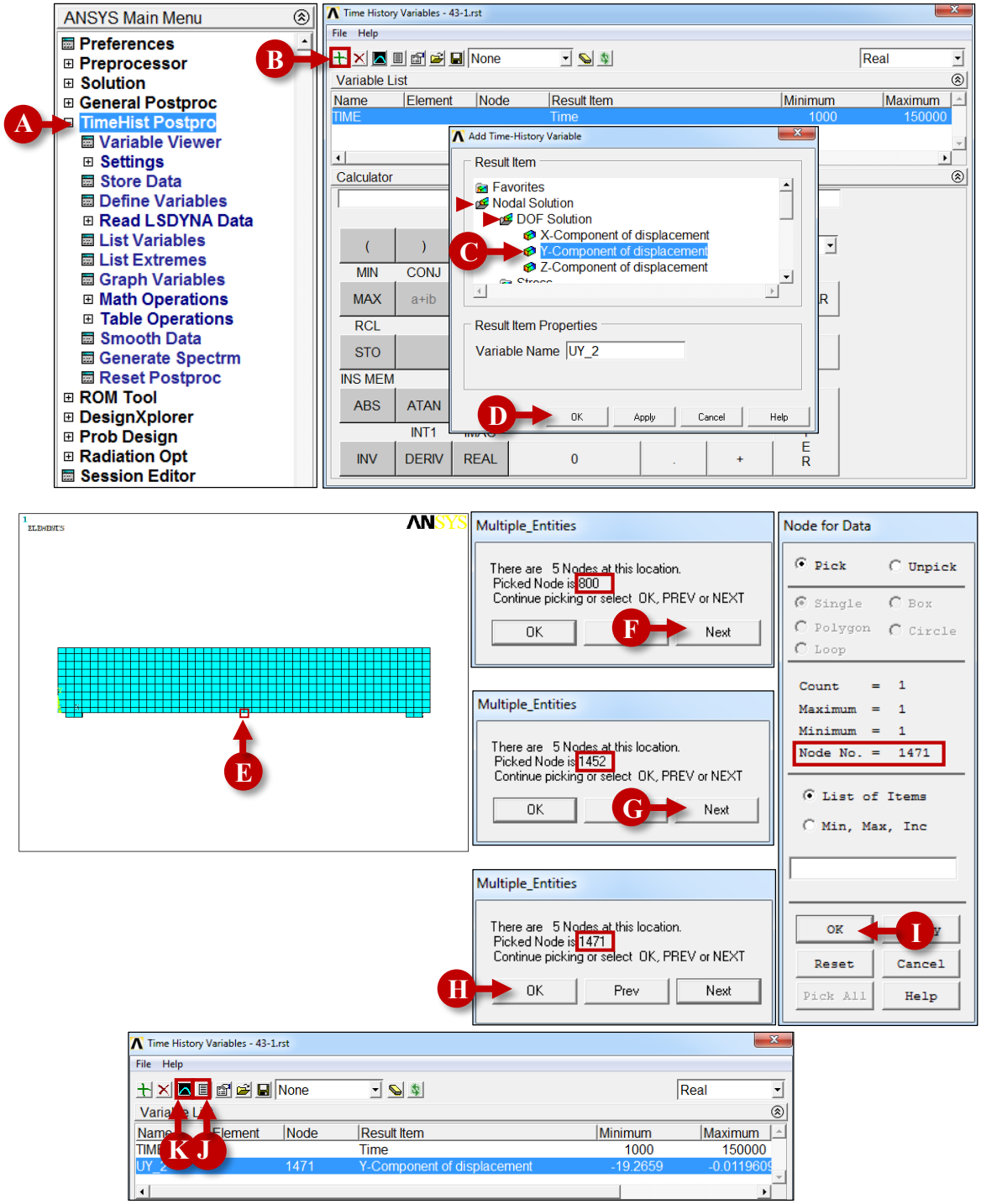
3. Plot> Element

4. TimeHist Postpor>

Add> Nodal Solution> DOF Solution> Y-Component of Displacement>

OK> (يتم اختيار النقطة في أسفل ومنتصف مجاز الجائز) **> Next> OK**

- **>List Data** (معاينة البيانات الرقمية)
- **>Graph Data** (معاينة البيانات تخطيطياً)



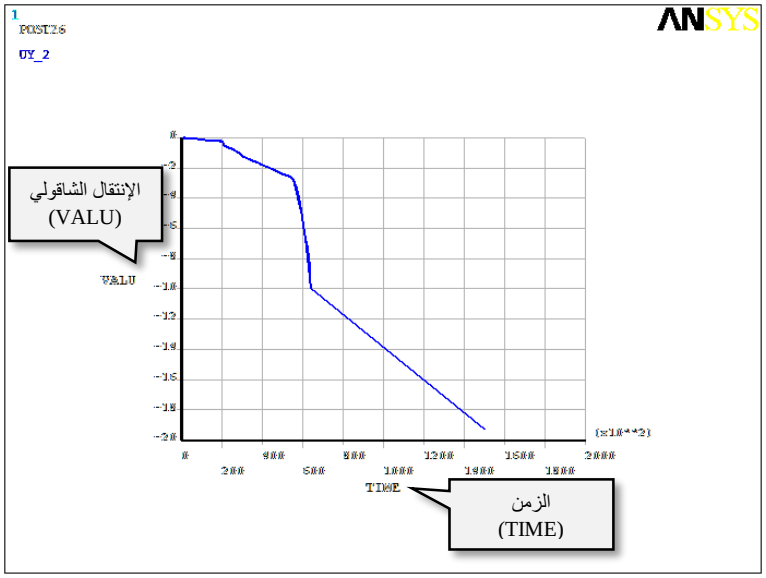
الشكل (4-133): معاينة الإنتقال الشاقولي(UY) مع زيادة الحمولة

PRVAR Command

File

```
          ***** ANSYS POST26 VARIABLE LISTING *****


   TIME          1471 UY
                   UY_2
 1000.0         -0.119609E-01
 2000.0         -0.239217E-01
 3500.0         -0.418630E-01
 5750.0         -0.687749E-01
 9125.0         -0.109143
 14188.         -0.169695
 17605.         -0.210567
 19142.         -0.228960
 19642.         -0.234940
 20142.         -0.240921
 20642.         -0.467769
 21142.         -0.529837
 21642.         -0.576664
 22392.         -0.630234
 23517.         -0.685891
 24277.         -0.729219
 25036.         -0.774127
 26175.         -0.845567
```

الشكل (4-135): معاينة البيانات رقمياً



الشكل (4-136): معاينة البيانات تخطيطياً

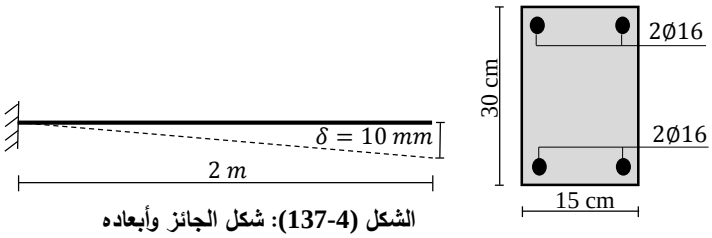
نهاية المثال الثالث

4-4 المثال الرابع:

نمذجة جائز بيتوني باستخدام عنصر التسليح (REINF264)

جائز بيتوني مسلح، أبعاده موضحة على الشكل (4-137)، حيث يبلغ طوله (2m) وأبعاد مقطعه (15x30cm) ، ذو تسليح علوي وسفلي ($2\emptyset 16mm$)، وهو موثوق من طرف وحر من الطرف الأخر، ويخضع لانتقال بمقدار (10mm) في نهايته الحرة، والمطلوب نمذجة الجائز ومعاينة نتائج التحليل.

$$\acute{f}_c = 30 \quad MPa$$
$$E_c = 2 \times 10^4 \; MPa$$
$$f_y = 350 \quad MPa$$
$$E_s = 2 \times 10^5 \; MPa$$



الشكل (4-137): شكل الجائز وأبعاده

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ نمذجة التسليح باستخدام عنصر التسليح (Reinf 264).
- ✓ إعطاء انتقال أولي للطرف الحر.
- ✓ معاينة التشققات في البيتون.
- ✓ معاينة الاجهادات في قضبان التسليح (Reinf 264).
- ✓ الحصول على القوى المكافئة للإنتقال.

❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد العناصر المستخدمة:

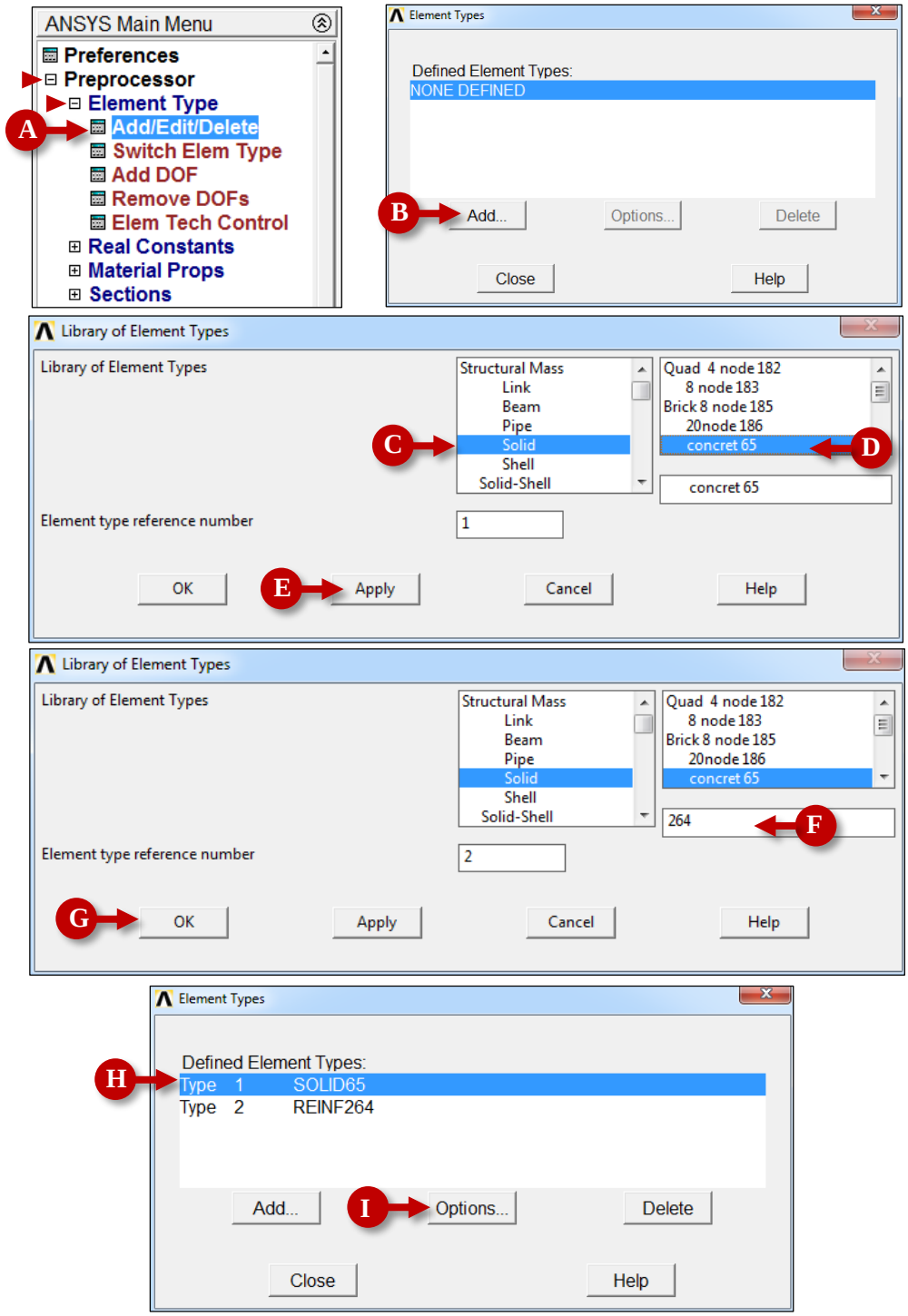
سيتم تحديد عنصرين هما (Solid65) و(Reinf 264)، حيث تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-138):

1- Element type> Add/Edit/Delete>

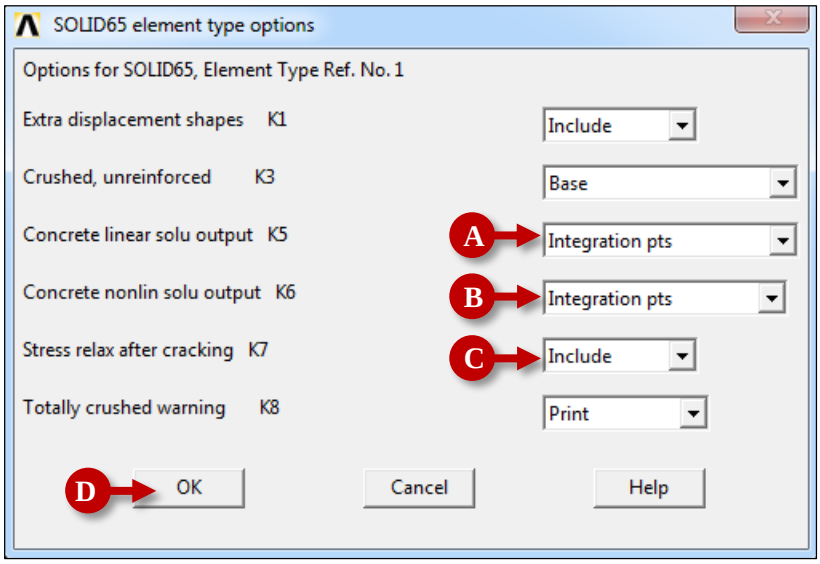
Add: 1. Solid > concrete65 > OK > Options…>
Concrete Linear solu Output **K5** = **Integration pts**
Concrete Nonlinear solu Output **K6** = **Integration pt**
Stress Relax after Cracking **K7** = **Include**
2. Add> 264 (a-138-4 الشكل)> **OK**

- **ملاحظة (1):**

للحصول على معلومات عن العنصر (Reinf 264) يتم اختيار العنصر أولاً، ثم من خيار (Options…) يتم النقر على (Help).



الشكل (4-138-a): تحديد العناصر



الشكل (4-139-b): تحديد العناصر

2- تعريف خصائص المواد المستخدمة:

يتم تعريف خصائص المواد المستخدمة من خلال المسارات التالية والموضحة في الأشكال (4-140)، (4-141)، (4-142):

2- Preprocessor> Material props> Material models>

1. **Material model Number1> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e4** (N/mm^2) (معامل مرونة البيتون)

PRXY = **0.25** (معامل بواسون للبيتون)

2. **Structural>Nonlinear> Inelastic> Non-metal Plasticity> Concrete**

Open Shear Transfer Coef = **0.2** (معامل نقل القص عبر الشقوق المفتوحة)

Closed Shear Transfer Coef = **0.8** (معامل نقل القص عبر الشقوق المغلقة)

Uniaxial Cracking Stress = **3** (N/mm^2) (إجهاد الشد في البيتون)

Uniaxial Crushing Stress = **30** (N/mm^2) (إجهاد الضغط في البيتون)

3. **Material> New Material**
4. **Material model Number2> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e5** (N/mm^2) (معامل مرونة فولاذ التسليح)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون لفولاذ التسليح)

5. **Model Number2> Structural>Nonlinear> Inelastic> Rate-Independent> Isotropic Hardening Plasticity> Mises Plasticity> Bilinear**

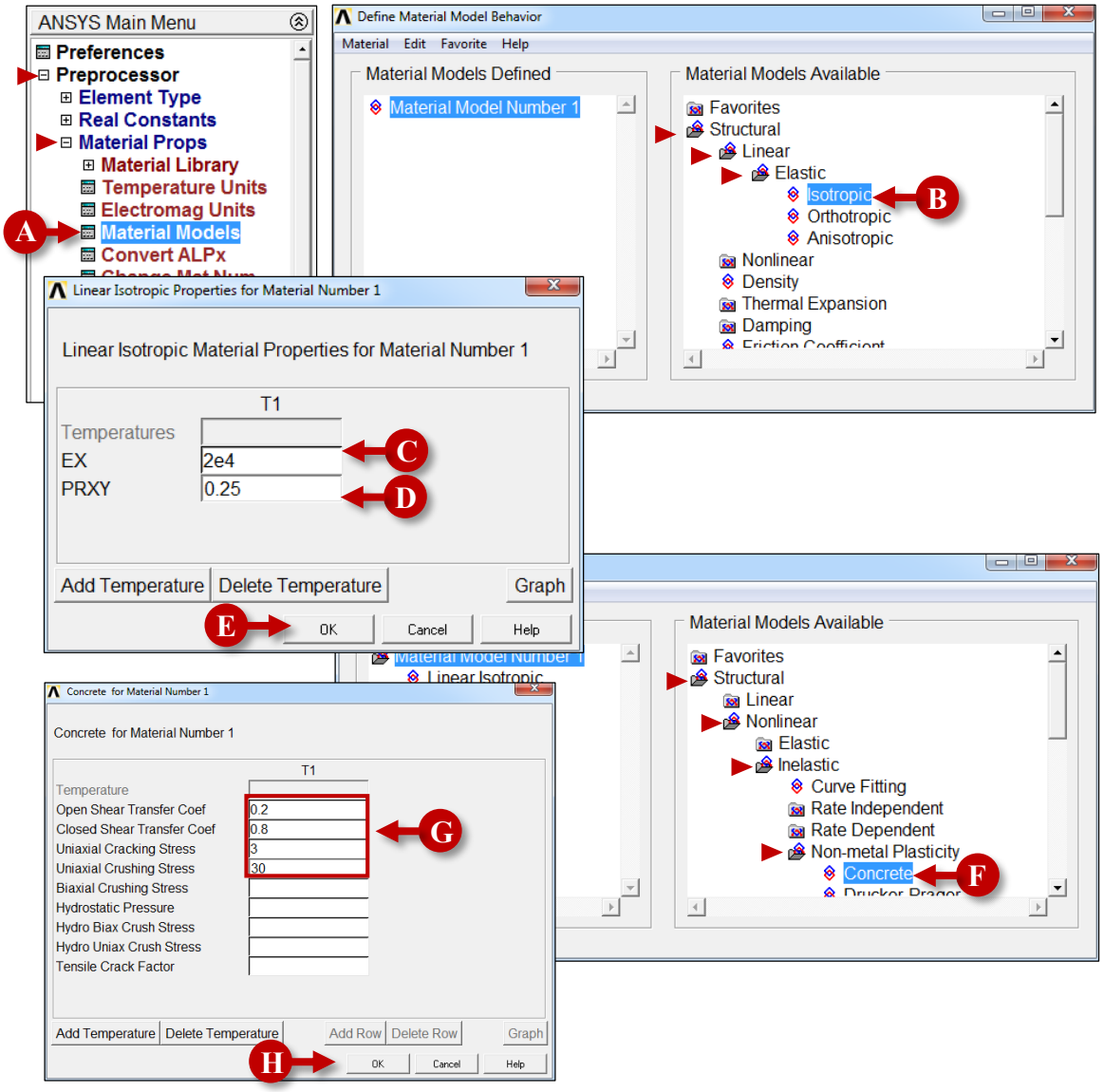
Yield stss = **350** (N/mm^2) (إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح)

Tang Mod= **2000** (معامل الميل في المخطط النموذجي)

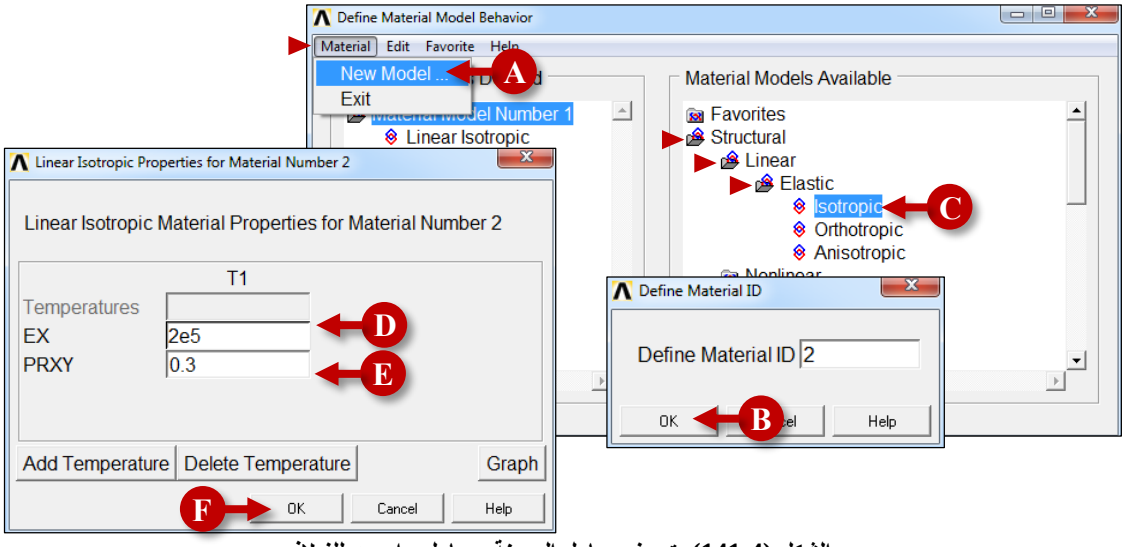
- **ملاحظة (2):**

يمكن معاينة مخطط الإجهاد الإنفعال للفولاذ بالنقر على زر (Graph) المبين في الشكل (4-141).

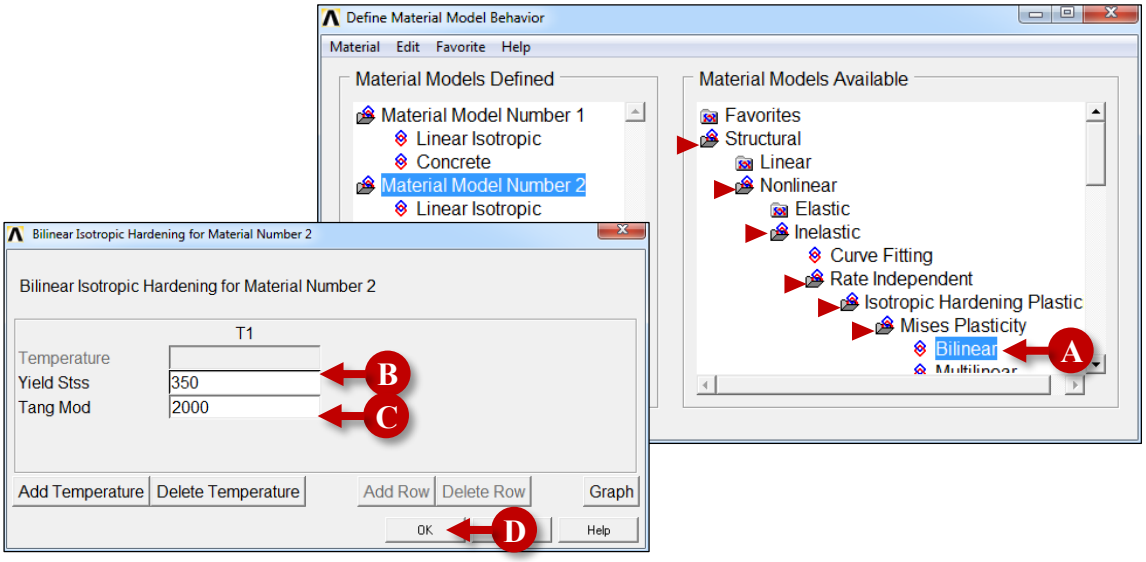
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-140): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون، وتحديد اجهاد الشد والضغط في البيتون



الشكل (4-141): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للفولاذ



الشكل (4-142): تحديد إجهاد الخضوع في الفولاذ

3- تعريف مقطع قضبان فولاذ التسليح:

يتم تعريف مقطع قضيب فولاذ التسليح من خلال تحديد: نوع التسليح وخصائص المادة التابع لها ومساحة مقطع القضيب وموقعه ضمن العناصر الحاوية على قضبان. هذه العملية تتم من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-143):

3- Preprocessor> Sections> Reinforcing> Add/Edit>

Reinforcement Subtype = **Discrete** (نوع فولاذ التسليح ضمن العنصر)

Material ID = **2** (الرقم الذي يتبع له ضمن خصائص المواد)

Area = **200** (mm^2) (مساحة مقطع قضيب التسليح)

V1 = **1** (رقم المحور الذي يوازي محور قضيب التسليح، يرمز الرقم 1 إلى المحور الطولي X)

V2 = **0.5** (موقع الفولاذ ضمن مقطع بداية العنصر بالنسبة للمحور الأفقي)

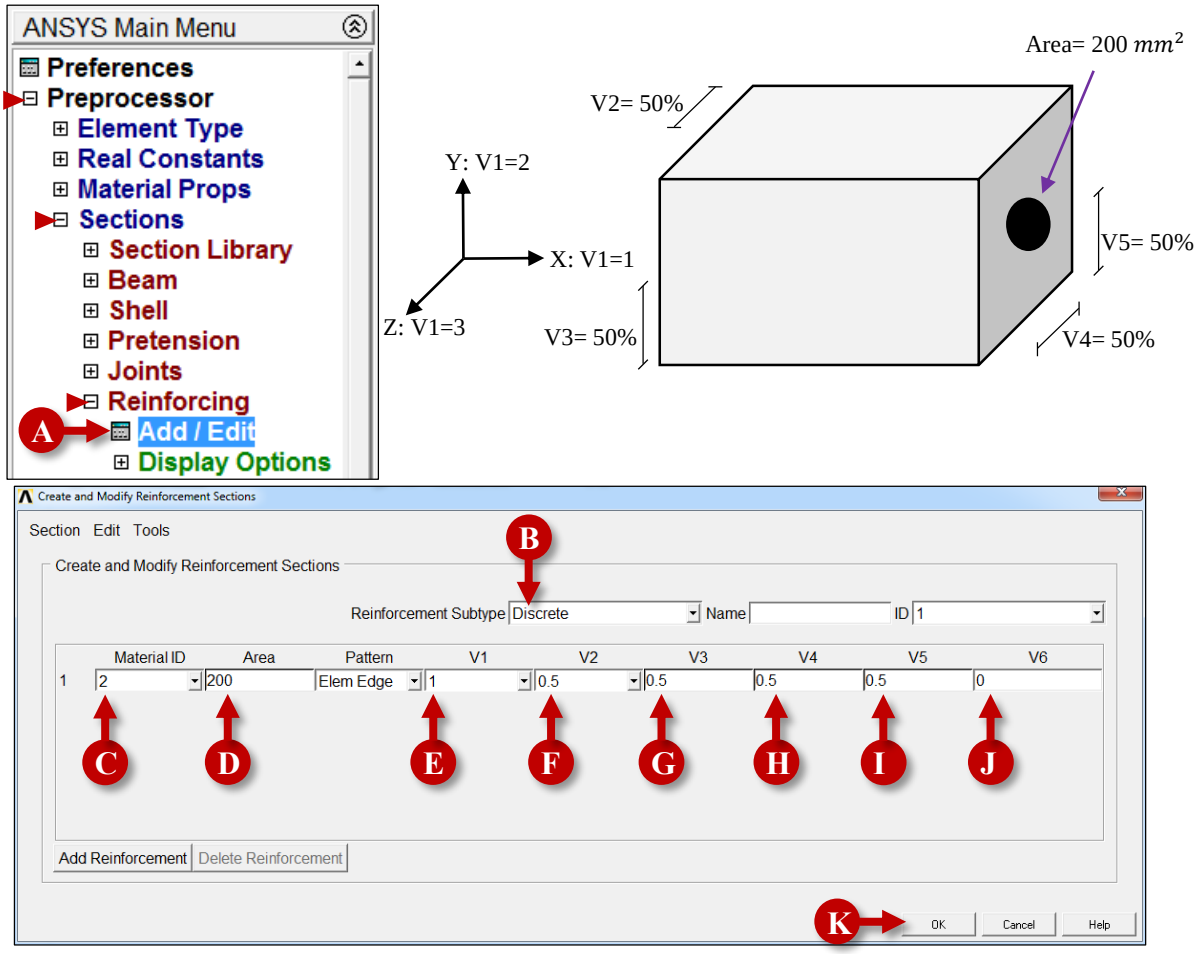
V3 = **0.5** (موقع الفولاذ ضمن مقطع بداية العنصر بالنسبة للمحور الشاقولي)

V4 = **0.5** (موقع الفولاذ ضمن مقطع نهاية العنصر بالنسبة للمحور الأفقي)

V5 = **0.5** (موقع الفولاذ ضمن مقطع نهاية العنصر بالنسبة للمحور الشاقولي)

V6 = **0**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-143): تحديد موصفات قضبان التسليح ضمن العنصر

4- رسم الجائز بشكل حجمي:

يتم رسم الجائز بشكل حجمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-144):

4-1. Preprocessor> Modeling> Create> Volume> Block> By Dimension>

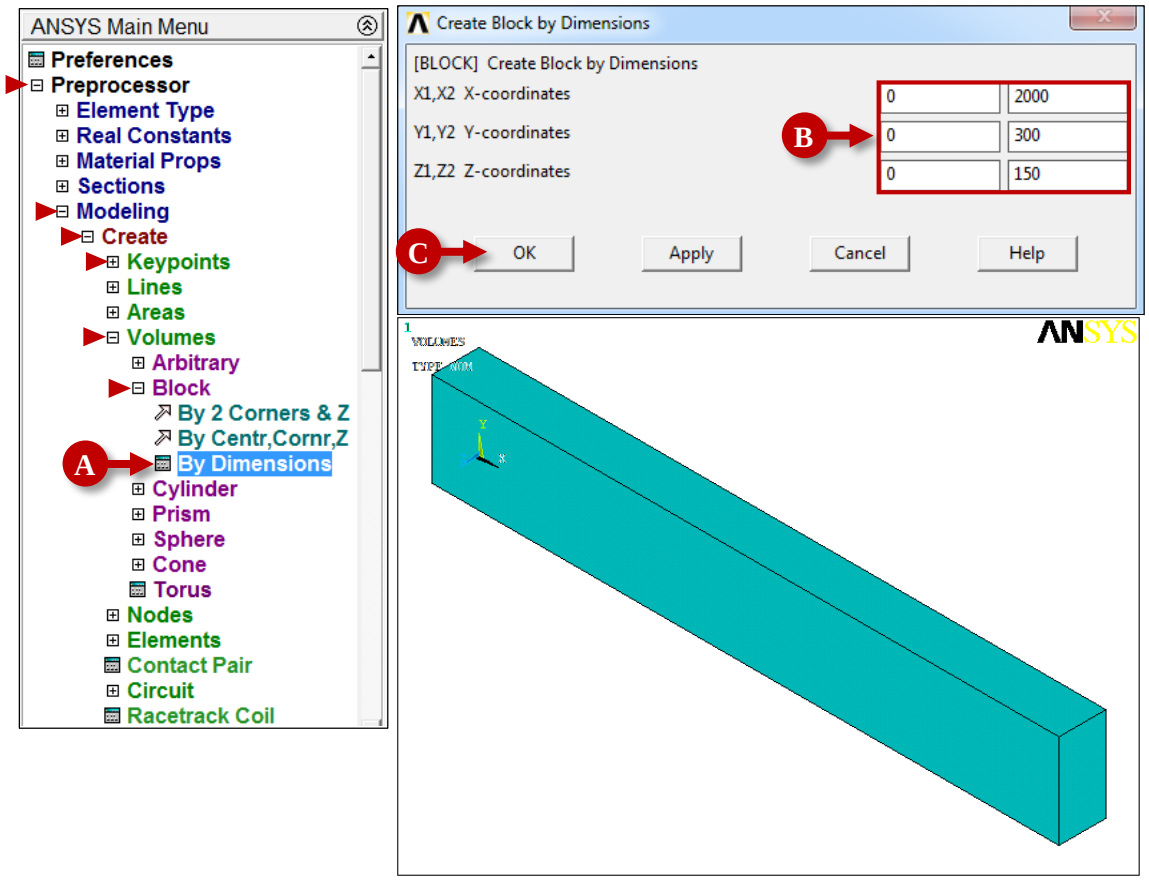
X1, X2 = **0** , **2000** (mm) (طول الجائز)

Y1, Y2 = **0** , **300** (mm) (ارتفاع المقطع)

Z1, Z2 = **0** , **150** (mm) (عرض المقطع)

> OK

2. Isometric View

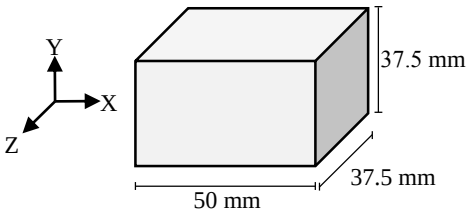


الشكل (4-144): رسم الجائز بشكل حجمي

5- تقسيم الجائز البيتوني:

إن أبعاد مقطع الجائز (150×300×2000 mm) وسيتم تقسيمه إلى عناصر أبعادها (37.5×37.5×50 mm)، كما هو موضح في الشكل (4-145).

تتم هذه العملية وفق الخطوات التالية والموضح في الشكلين (4-146)، (4-147):



الشكل (4-145): أبعاد العنصر البيتوني

1. رسم الخطوط:

5-1. Plot> Lines

2. Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

2. التأكد من الخصائص الإفتراضية للعناصر البيتونية:

a. Element Attributes: Global> Set>

[TYPE] = **Solid65**
[MAT] = **1**

3. ضبط الإعدادات التقسيم:

أ. يتم اختيار جميع الخطوط، وتحديد أن يكون طول الخط بعد إجراء التقسيم يعادل (37.5 mm):

b. Lines> Set > (Pick All)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

SIZE Element Edge Length = **37.5** (mm)
> OK

ب. يتم اختيار جميع الخطوط الطولية الموازية للمحور (X)، واقتراح أن يكون طول الخط بعد إجراء التقسيم يعادل (50 mm):

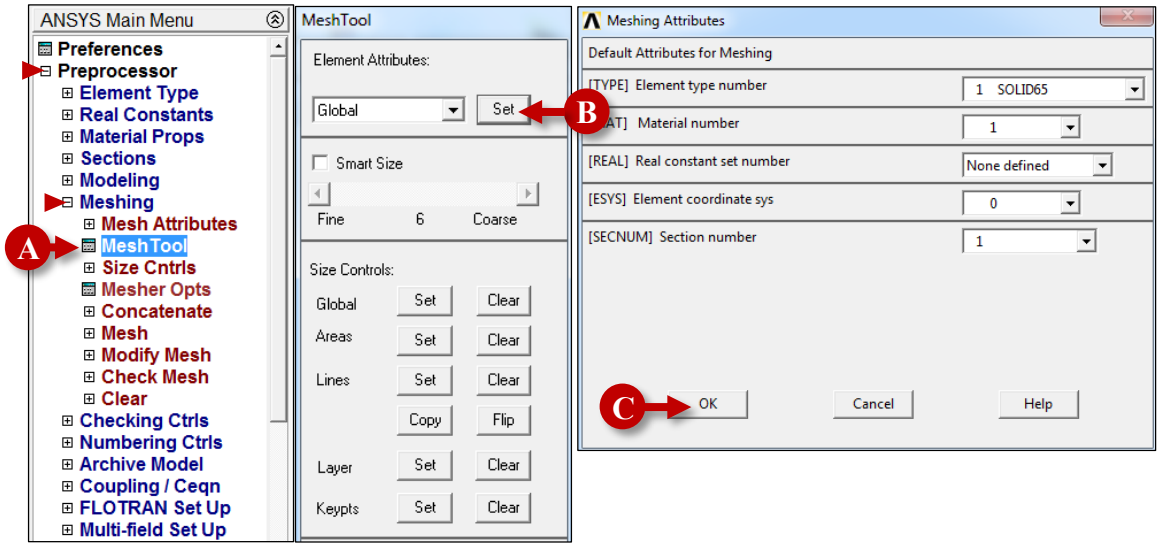
c. Lines> Set > (Box)> (Xيتم اختيار الخطوط الطولية الموازية للمحور)
SIZE Element Edge Length = **50** (mm)
> OK

جـ. يتم اقتراح أن تكون أبعاد العنصر الحجمي بعد التقسيم (50 mm):

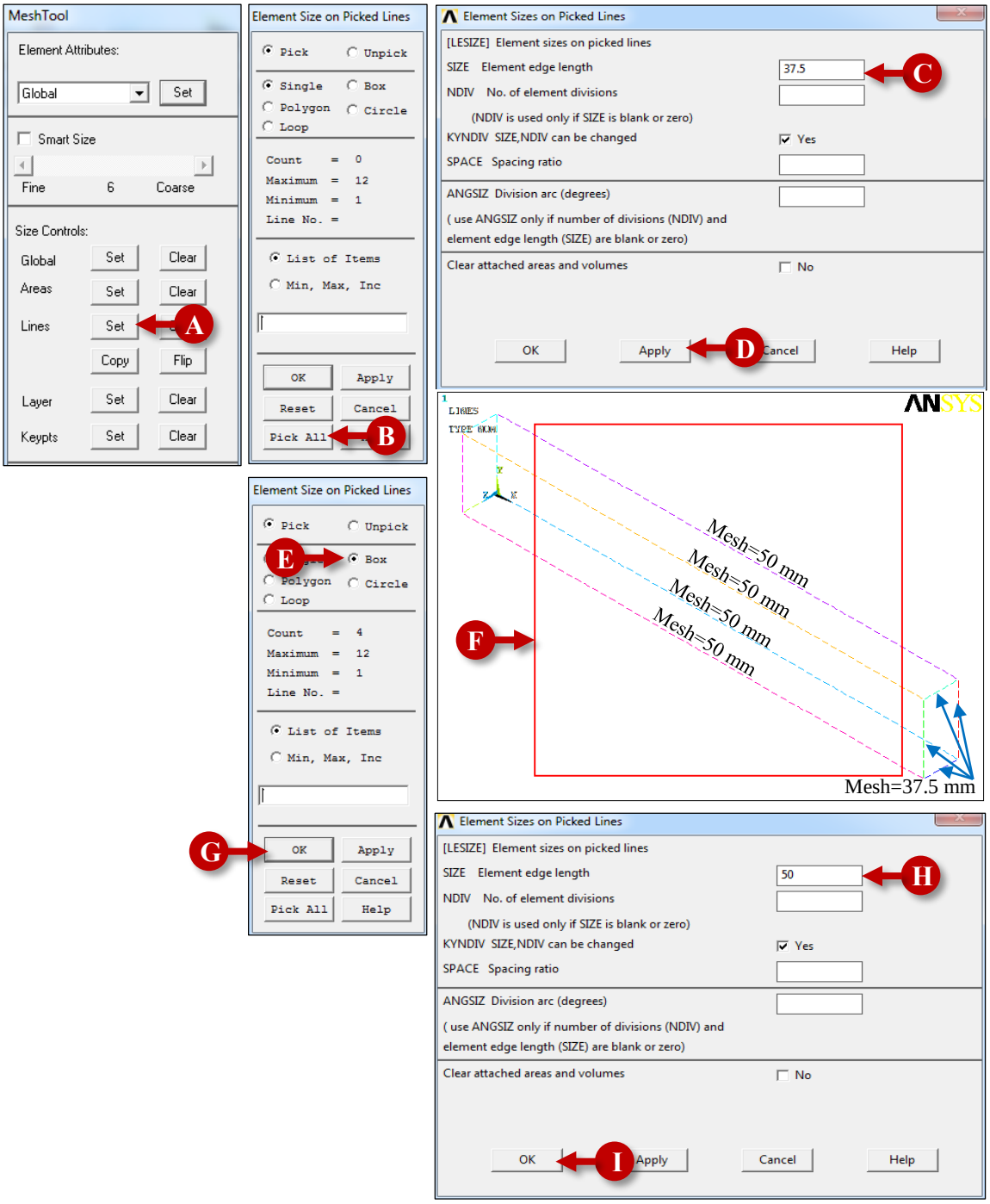
d. Global> Set> **50**> OK

د. يتم إجراء التقسيم على الحجوم:

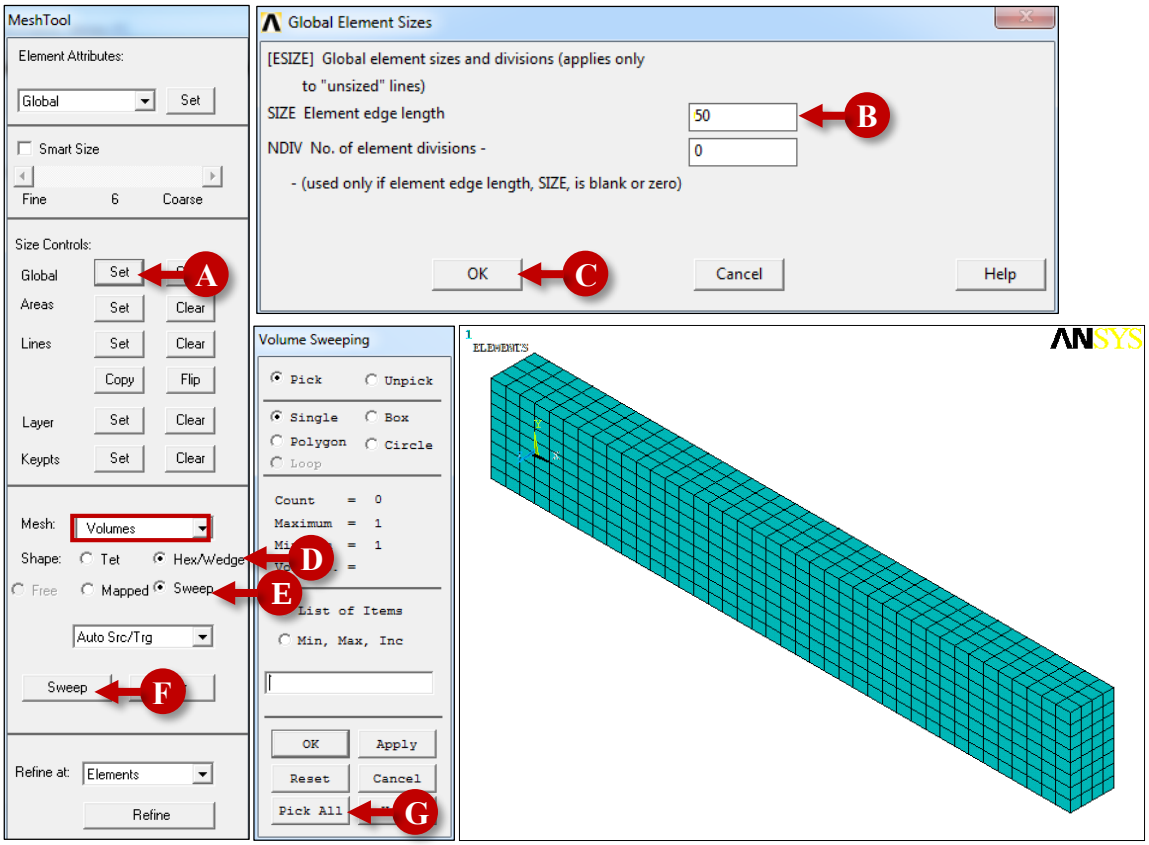
e. Mesh: **Volumes: Hex/Wedge - Sweep > Sweep >** (Pick All)



الشكل (4-146): التأكد من الخصائص الإفتراضية للعناصر الناتجة عن التقسيم



الشكل (4-147-a): ضبط إعدادات التقسيم للجائز البيتوني



الشكل (4-147-b): ضبط إعدادات التقسيم للجائز البيتوني

6- إسناد التسليح إلى العناصر البيتونية:

يقع فولاذ التسليح في العناصر الأربعة الواقعة على زوايا المقطع العرضي للجائز، ويتم إسناد هذا التسليح (بعد أن تم تعريفه سابقاً) وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكل (4-148):

6-1. Right View

2. Select> Entities…> Elements> By Num/Pick

>OK> Box> ((148-4 الشكل ،يتم اختيار العناصر الواقعة في الزوايا الأربعة))> OK

3. Plot> Replot

4. Secn,1 ((148-4 الشكل ،يتم كتابتها في سطر الأوامر)

5. Ereinf ((148-4 الشكل ،يتم كتابتها في سطر الأوامر)

6. Plot> Replot

- ثم يتم معاينة قضبان التسليح بشكل حجمي:

7. PlotCtrls> Style> Size and Shape…> Display of element= **on**

8. Isometric View

- كما يتم زيادة مستوى الشفافية، من خلال :

9. Plot Ctrls> Style> Translucency> By Value…>

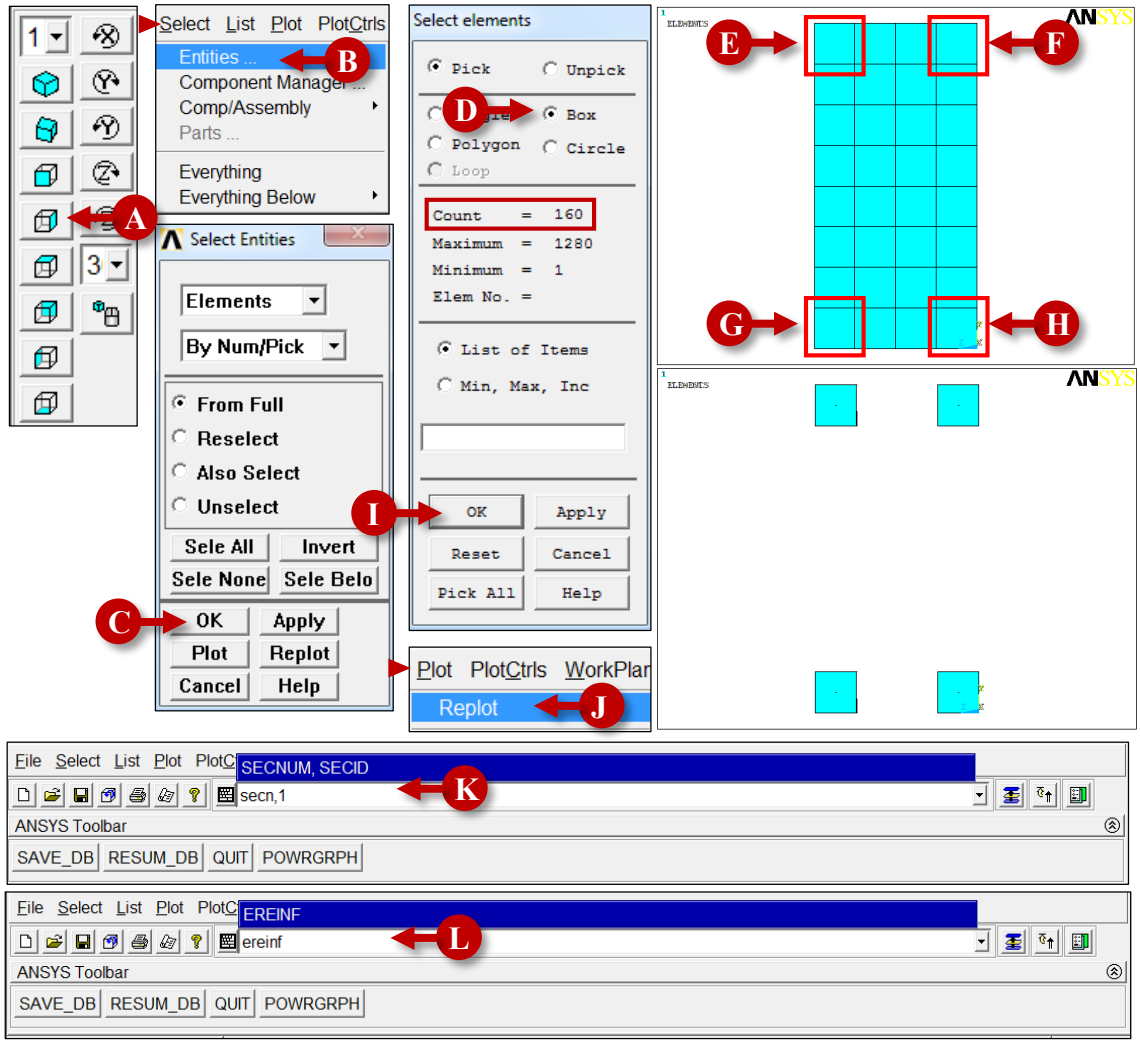
Lab Apply Translucency to: **Elements> OK** (تطبيق الشفافية على العناصر)

TLEVEL Translucency Level (0-1) = **0.5** (مستوى الشفافية)

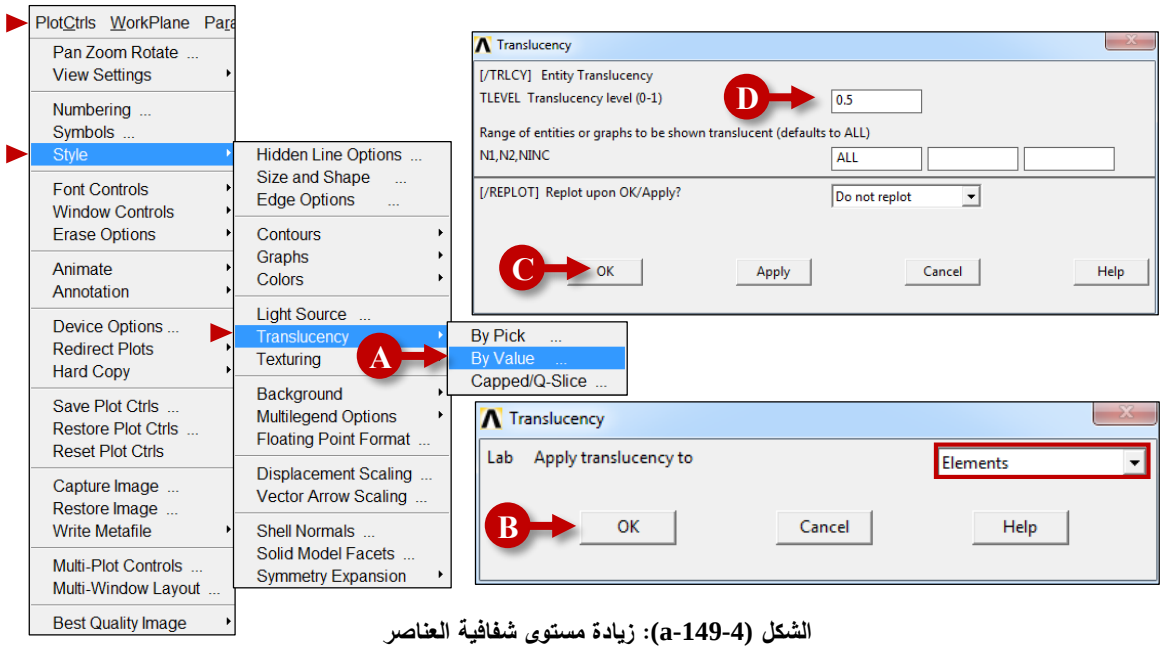
10. Select> Everything

11. Plot> Replot

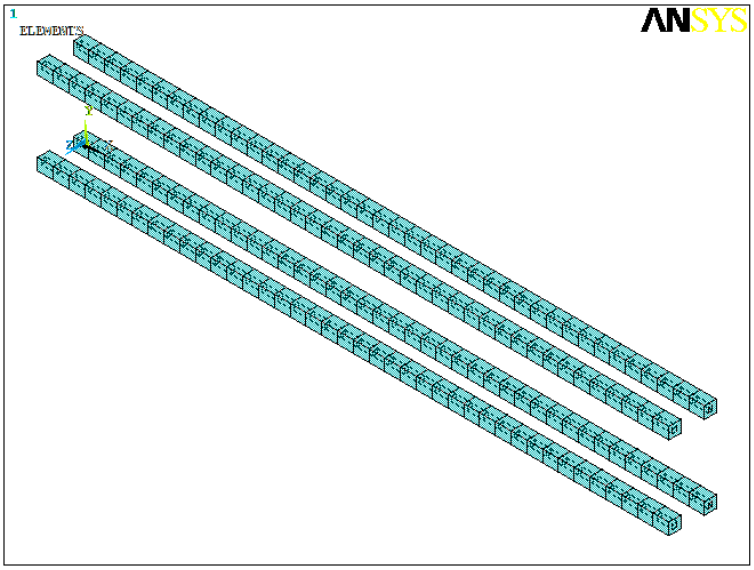
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-148): إسناد التسليح إلى العناصر البيتونية



الشكل (4-149-a): زيادة مستوى شفافية العناصر



الشكل (4-149-b): زيادة مستوى شفافية العناصر

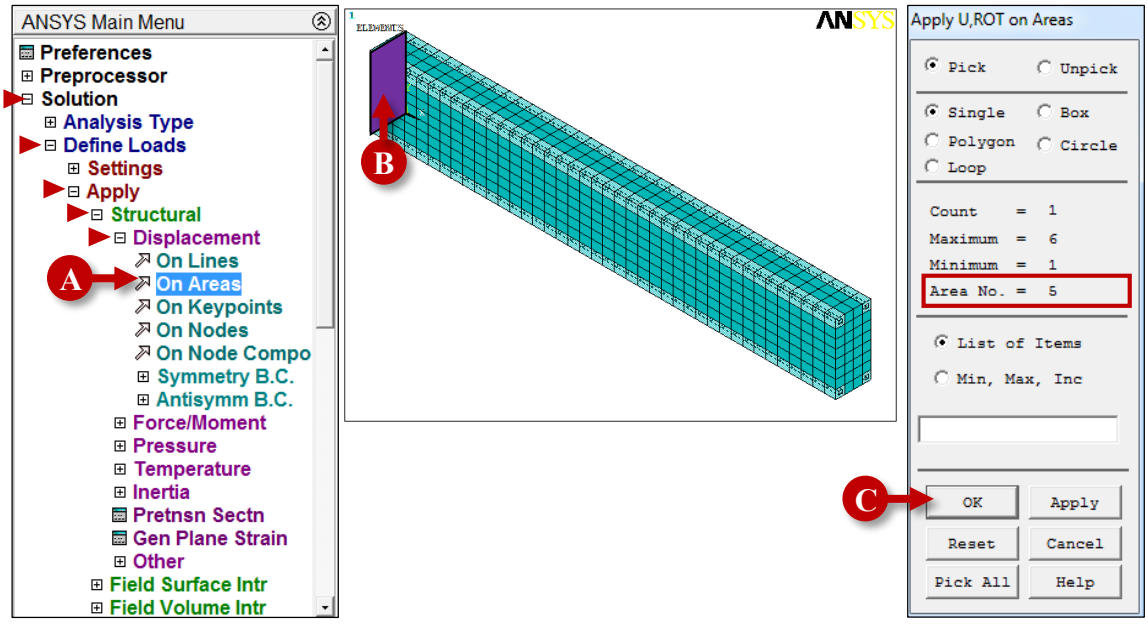
7- تخصيص الوثاقة:

يتم تخصـــيص الإســـتناد الموثوق على المســـاحة الواقعة في طرف الجائز وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكل (4-150):

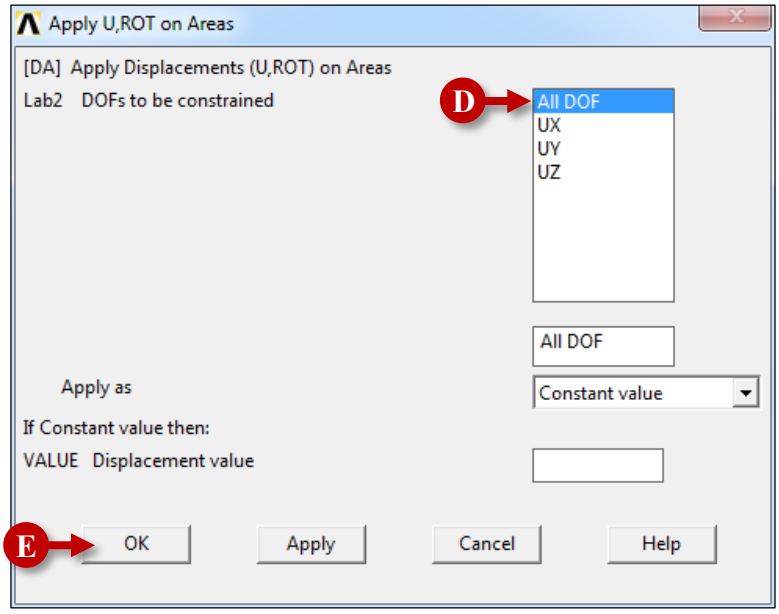
7-1. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Areas>
> (يتم اختيار مساحة المقطع في بداية الجائز)> All DOF> OK

2. Plot> Areas (يتم معاينة تشكل الوثاقة على المساحة المستهدفة)

3. Plot> Elements



الشكل (4-150-a): تخصيص الوثاقة



الشكل (4-150-b): تخصيص الوثاقة

8- تخصيص الإنتقال عند الطرف الحر:

يتم أولاً ربط جميع العقد (الواقعة عند الطرف الحر من الجائز) بالاتجاه (UY) بحيث تتحرك معاً عند التحميل، ثم يتم إعطاء انتقال أعظمي لعقدة ما من هذه العقد مقداره (10mm). تتم العملية كما يلي:

1. ربط جميع العقد عند الطرف الحر بحيث تتحرك معا بعضـــها في الإتجاه (UY)، كما هو موضـــح في الشكل (4-151):

8-1. Preprocessor> Coupling/Ceqn> Couple DOFs>

> Box> (Front View)> (يتم اختيار جميع العقد الواقعة عند الطرف الحر، الشكل (4-151)

Set Reference Number = **1**

Degree-of-Freedom Label = **UY** (يتم ربط جميع العقد بالاتجاه UY)

> OK

2. تطبيق الإنتقال على عقدة التجميع، كما هو موضح في الشكل (4-152):

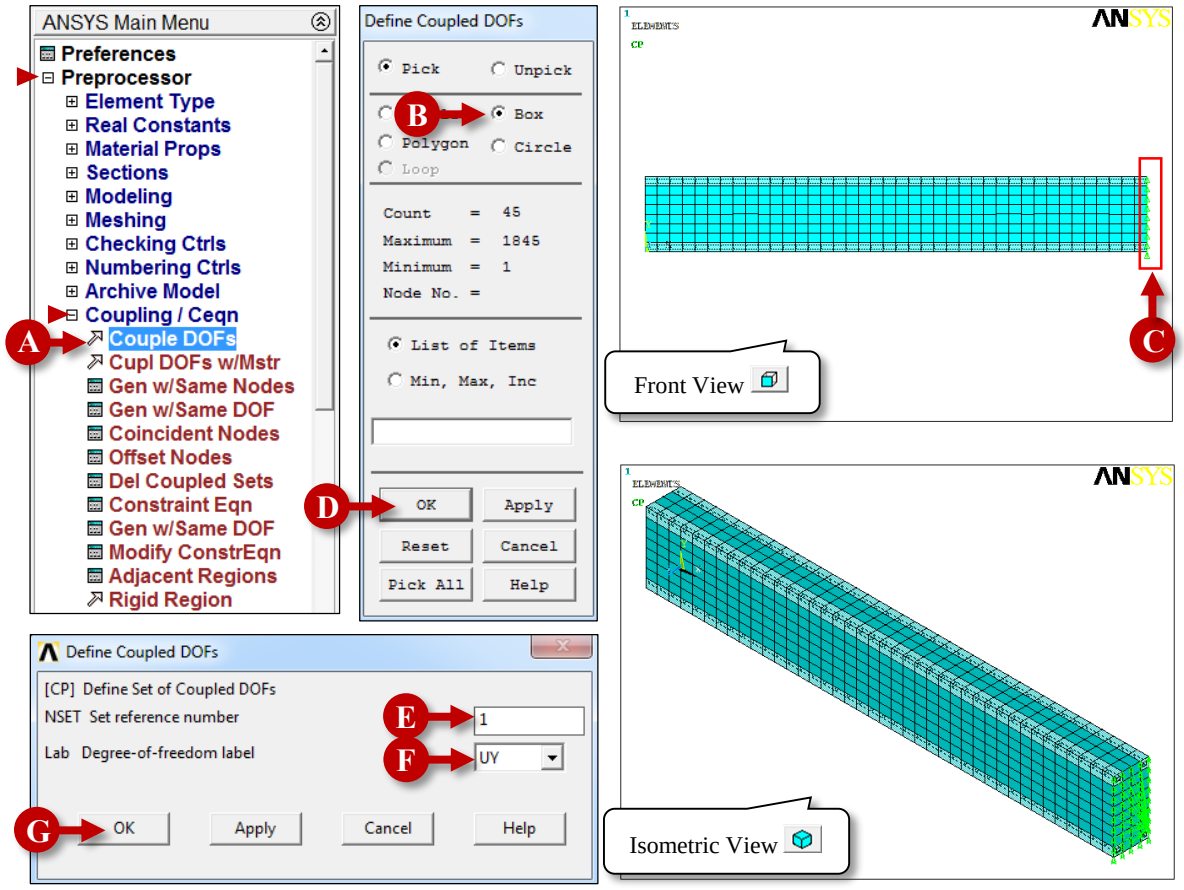
2. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Nodes>

Single> (Isometric View)> (يتم اختيار عقدة مركز التجميع والتي تحمل الرقم 547)>

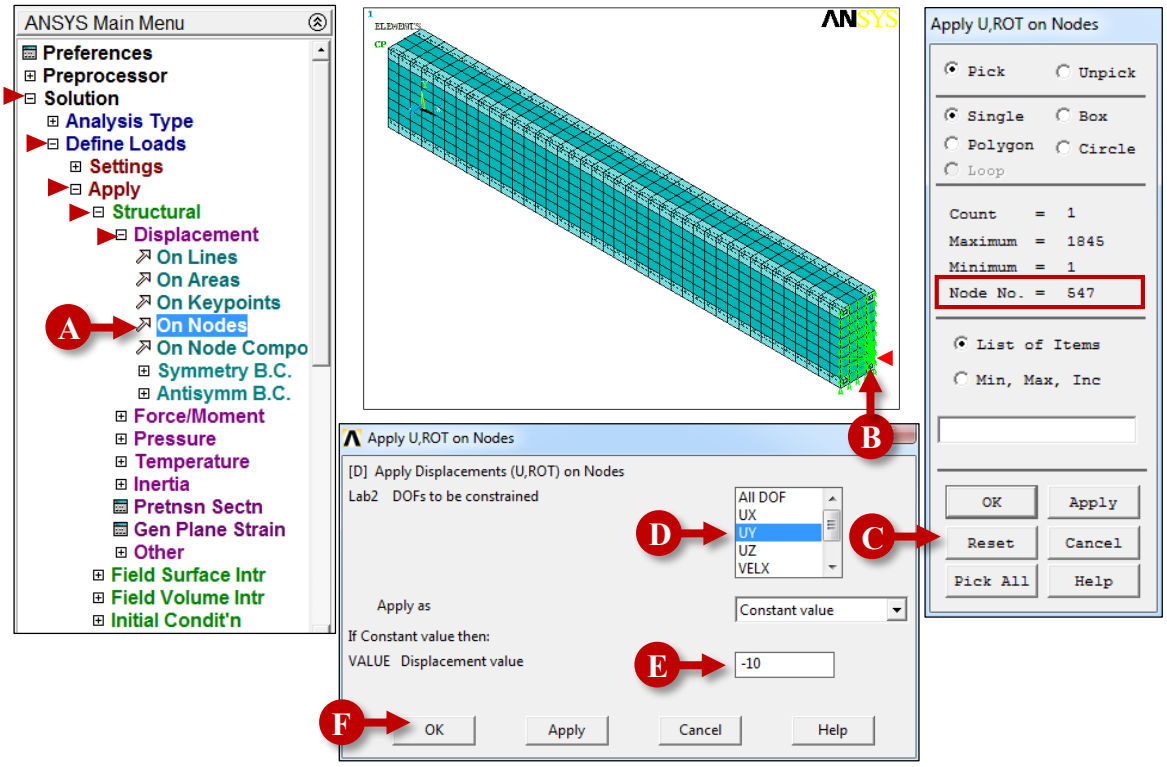
LAB2 DOFs to be Constrained = **UY** (اتجاه محور الانتقال)

VALUE Displacement Value = **-10** (mm) (قيمة الانتقال مع الانتباه للإشارة)

> OK> Close



الشكل (4-151): ربط انتقال جميع العقد التي تم اختيارها بالاتجاه (UY)

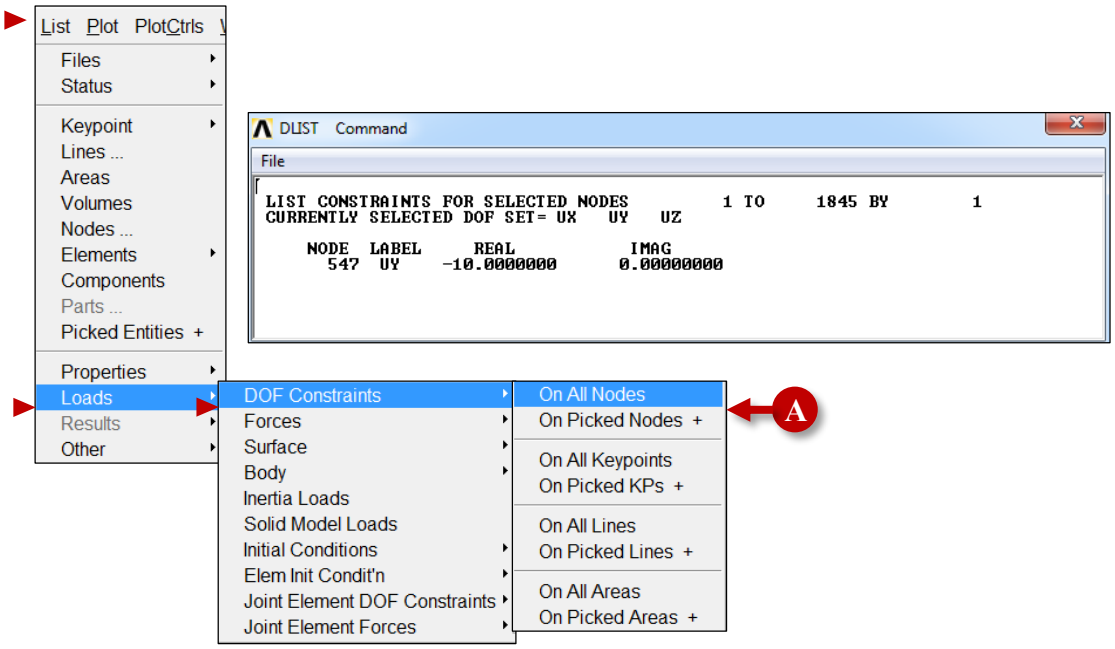


الشكل (4-152): تطبيق الإنتقال على عقدة التجميع

9- التأكد بأن الإنتقال مطبق على العقدة:

يمكن التأكد بأن الإنتقال مطبق على رقم العقدة الصحيحة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-153):

9-List> Load> DOF Constraints> On All Nodes



الشكل (4-153): التأكد من تطبيق الإنتقال الشاقولي على العقدة

10- إعداد خيارات التحليل:

نجعل عدد الثواني يساوي الإنتقال الكلي أي (10)، وبالتالي فإن كل ثانية تقابل واحدة الإنتقال. تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-154) و(4-155):

10- Solution> Analysis Type> Sol'n Controls>

- Basic:

  Small displacement static

  Time at end of load step = **10** (الزمن النهائي عند تطبيق كامل الحمولة)

  Automatic Time Stepping = **Prog Chosen**

  Number of Substeps:

  Number of Substeps = **50** (عدد الخطوات الجزئية لمراحل تزايد الحمولة)

  Max No. of Substeps = **1000** (العدد الأعظمي لمراحل تزايد الحمولة)

  Min No. Time Step = **20** (العدد الأصغري لمراحل تزايد الحمولة)

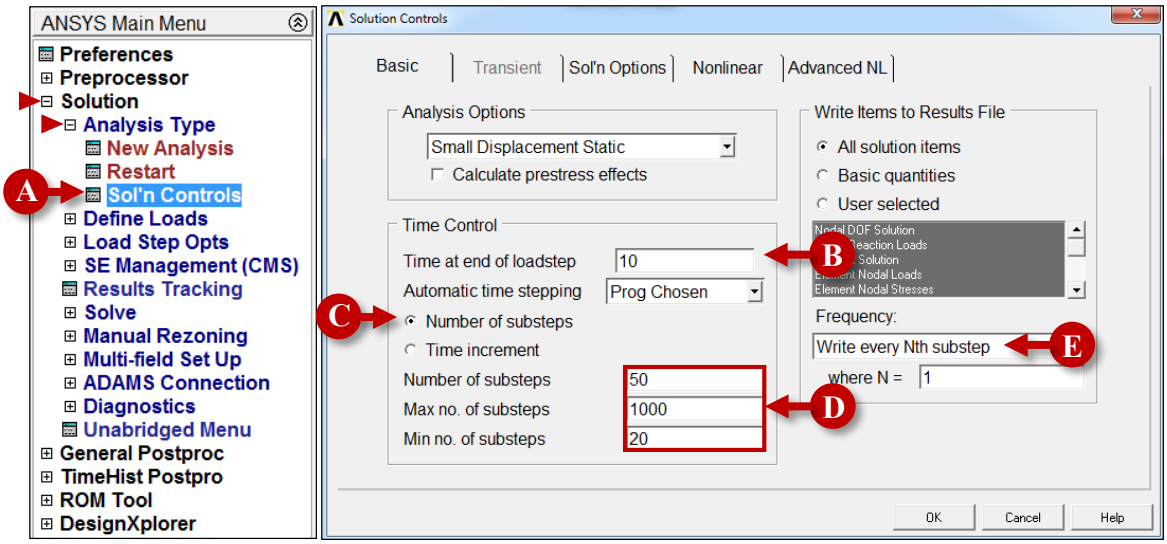
  Frequency= **Write every Nth substep** (عرض النتائج في كل مرحلة تحميل)

- Nonlinear:

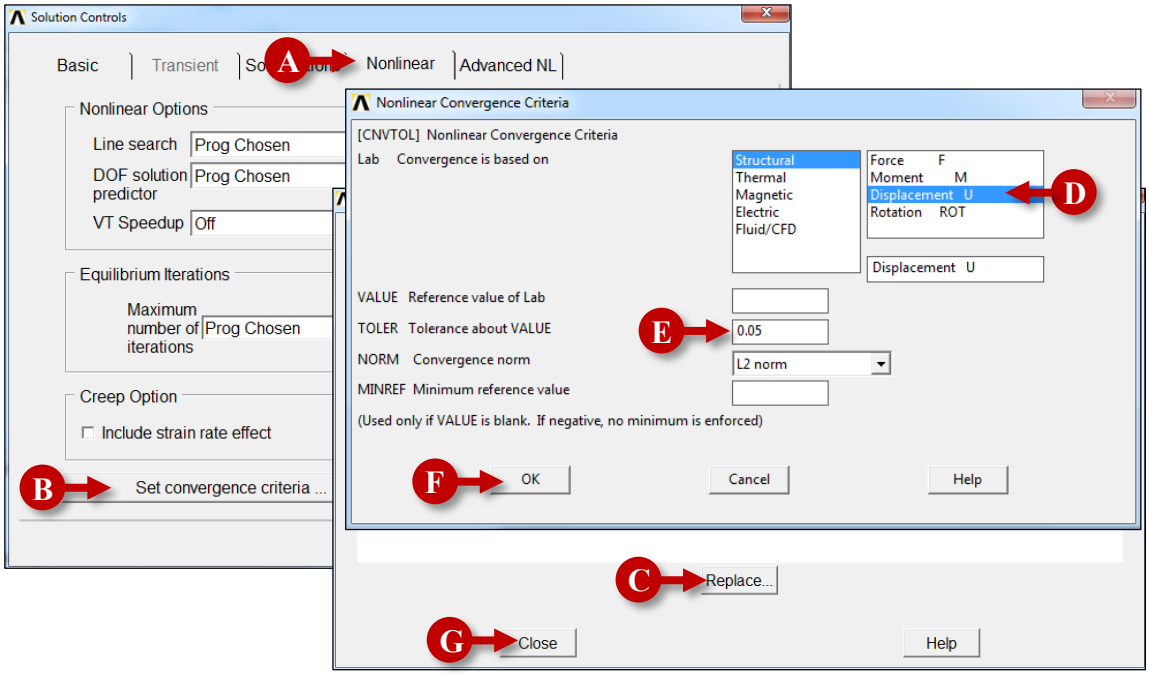
  Set convergence criteria

  F> Replace> Displacement U > TOLER Tolerance about Value= **0.05**

  OK> Close> OK



الشكل (4-154): إعداد خيارات التحليل



الشكل (4-155): إعداد حد معيار التطابق (Convergence)

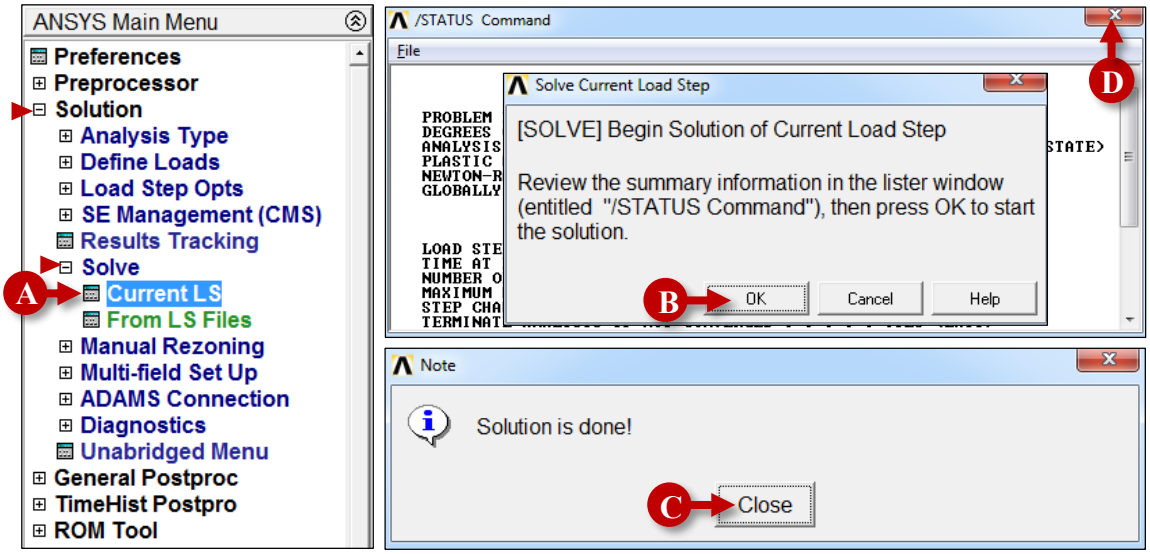
11- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر (Solve) الموضح في الشكل (4-156)، وفق المسار التالي:

11- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

عند انتهاء الحل يعطي البرنامج رسالة (Solution is Done) .

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

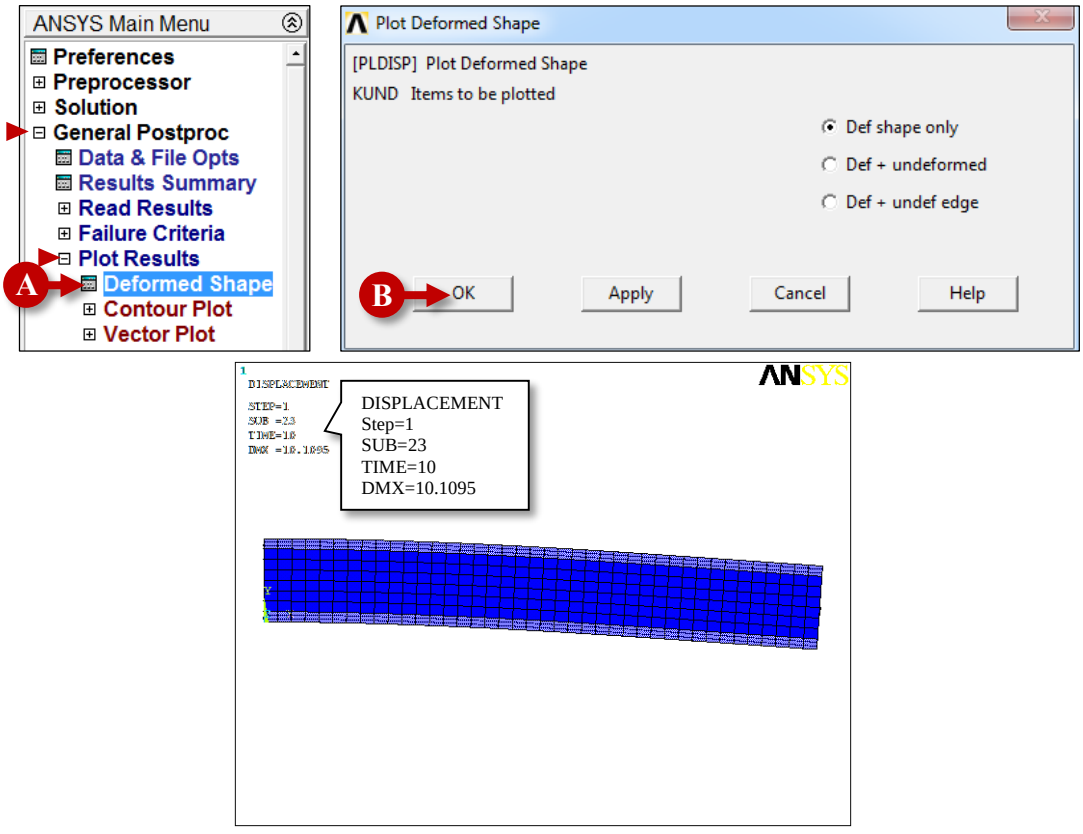


الشكل (4-156): بدء التحليل

12- معاينة الشكل المشوَّه:

يتم معاينة النتائج عند أخر مرحلة من مراحل التحميل بشكل مباشر، أما عند الحاجة إلى معاينة النتائج خلال مراحل تزايد الحمولة (أو تزايد الإنتقال) فيتم ذلك من خلال (Read Results> By Pick)، تتم معاينة الشكل المشوه من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-157):

12- General Postproc> Plot Results> Deformed Shape> OK

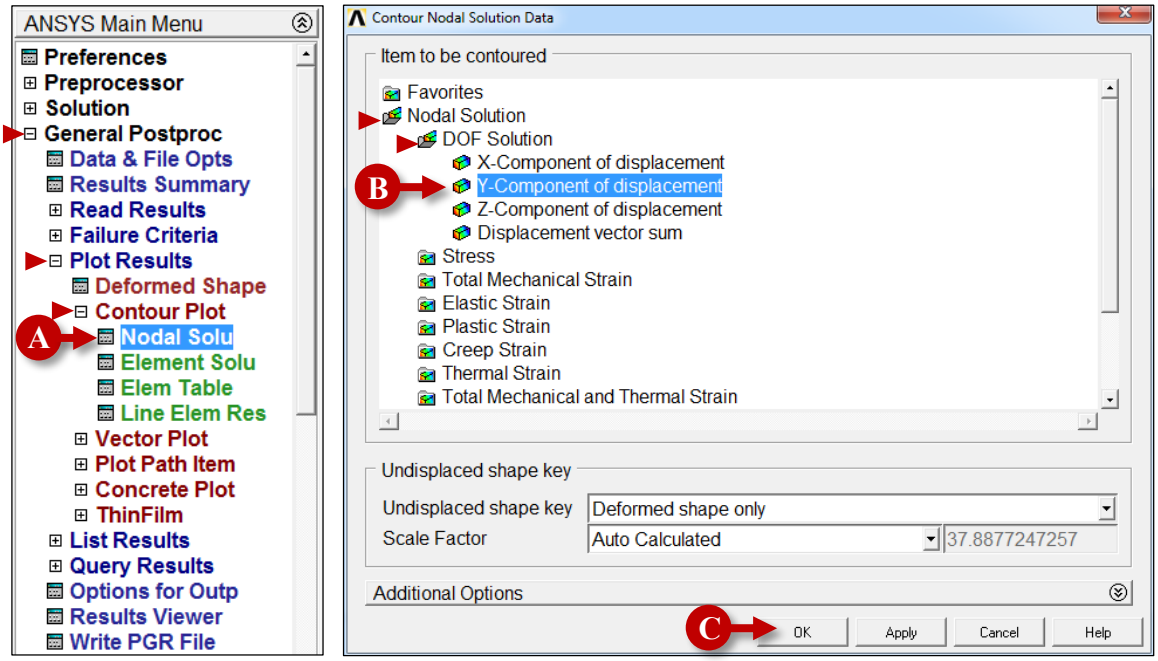


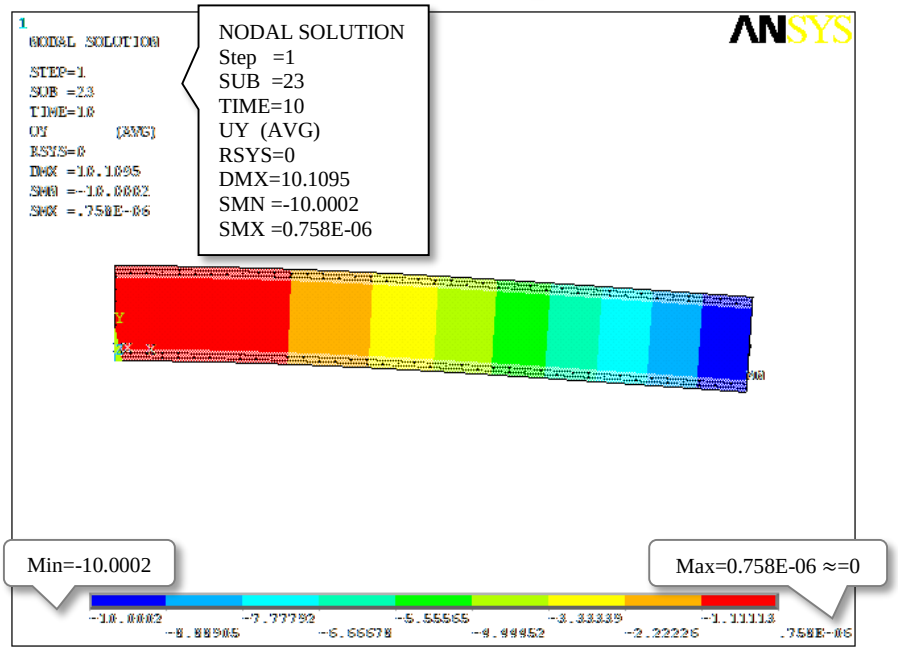
الشكل (4-157): معاينة الشكل المتشوه

13- معاينة الإنتقالات:

تتم معاينة مخطط الإنتقالات (Y-Component of Displacement) من خلال المســـار التالي والموضح في الشكل (4-158):

13- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
DOF Solution> Y-Component of Displacement> OK





الشكل (4-158): مخطط الإنتقالات الشاقولية (UY)

14- معاينة الإجهادات:

تتم معاينة مخطط إجهادات (X-Component of Stress) من خلال المسار التالي و الموضح في الشكل (4-159):

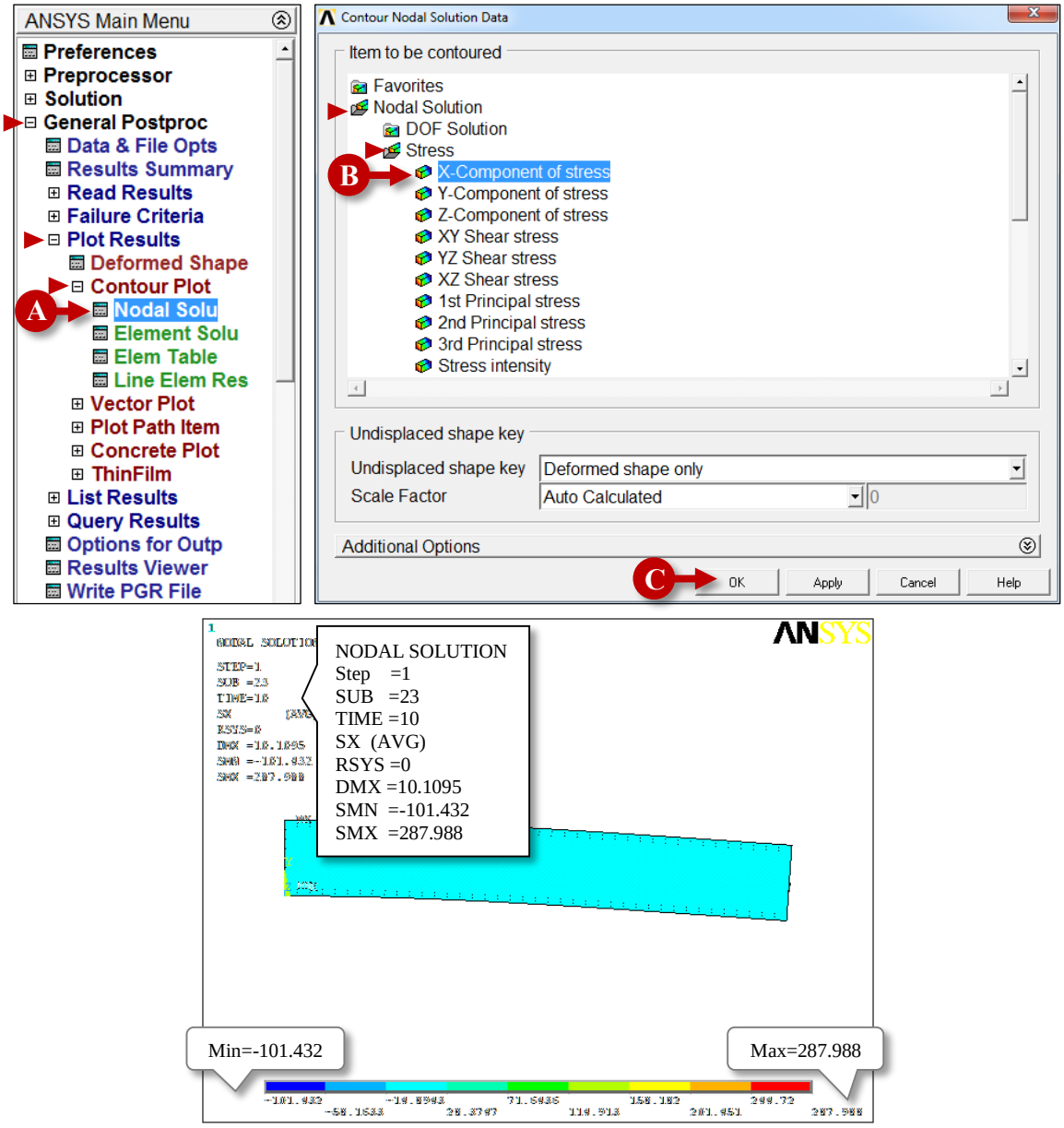
14-1. General Postproc> Plot Results> Contour Plot>Nodal Solu>
Stress> X-Component of Stress> OK

- لإزالة مستوى الشفافية:

2. Plot Ctrls> Style> Translucency> By Value…>

Lab Apply Translucency to : **Elements> OK** (تطبيق الشفافية على العناصر)

TLEVEL Translucency Level (0-1) = **0** (مستوى الشفافية)



الشكل (4-159): مخطط الإجهادات بالاتجاه (X) في الجائز

- **ملاحظة (3):**

نلاحظ في الشـــكل (4-159) بأنه يوجد مجال ذو لون واحد لمخطط الإجهادات بالاتجاه (X) في الجائز بينما يشـير مؤشـر خطوط الكونتورات إلى وجود عدة مجالات، يعود السـبب إلى أن بقية المجالات موجود في قضبان التسليح الموجودة ضمن الجائز البيتوني.

15- معاينة الإجهادات في قضبان التسليح:

1. يتم في البداية إظهار قضبان التسليح فقط على الواجهة الرسومية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-160):

15-1. Select> Entities…> Elements> By Elements Name

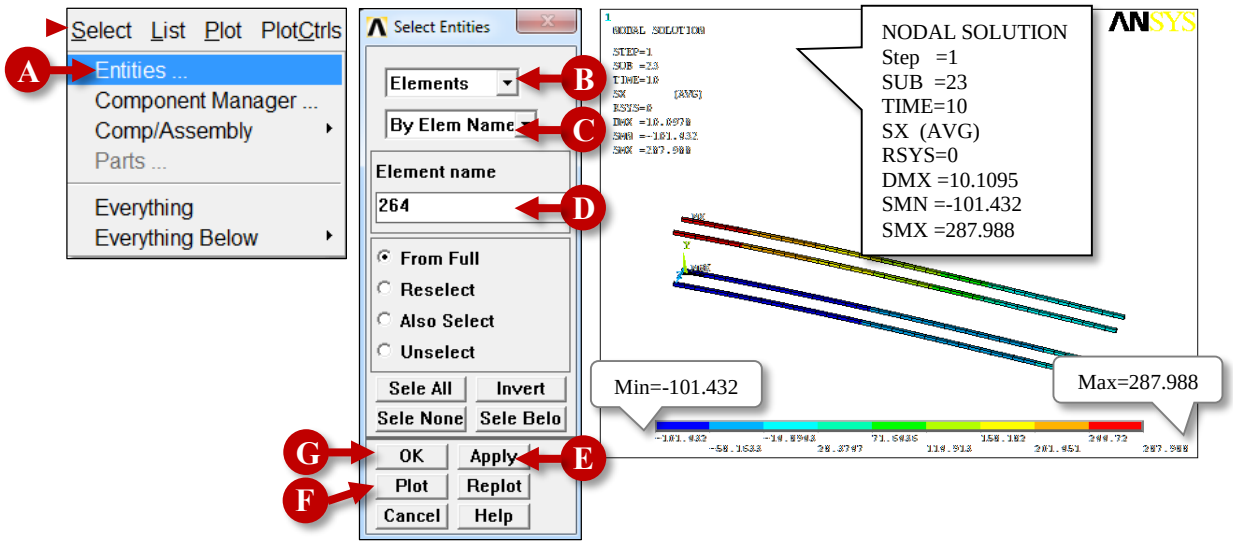
Elements Name: **264**

Apply> Plot> OK

2. يتم تعريف نوع الإجهادات المطلوب معاينتها في قضبان التسليح من خلال المسار التالي:

2. General Postproc> Plot Results> Contour Plot>Nodal Solu>

Stress> X-Component> OK



الشكل (4-160): تحديد قضبان التسليح فقط لمعاينة مخطط الإجهادات باتجاه المحور (X) فيها

16- معاينة القوى المكافئة للانتقال:

لمعاينة القوى المكافئة للانتقال والمطبقة عند طرف الجائز، نتبع الخطوات التالية والموضـــحة في الشكلين (4-161)، (4-162):

16-1. Select> Every Thing

2. Plot> Replot

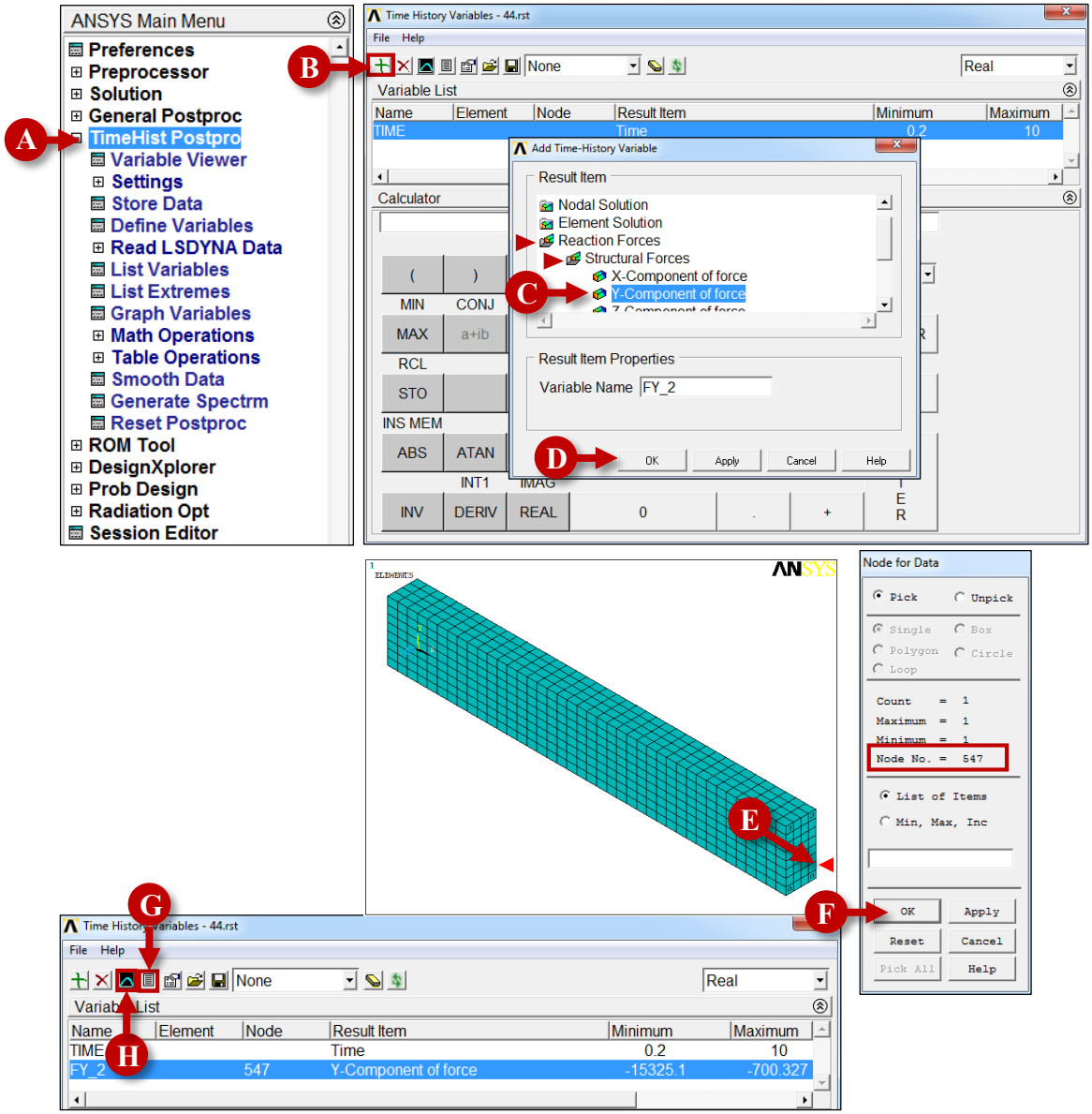
3. TimeHist Postpor>

Add > Reaction Forces> Structural Forces> Y-Component Force>OK

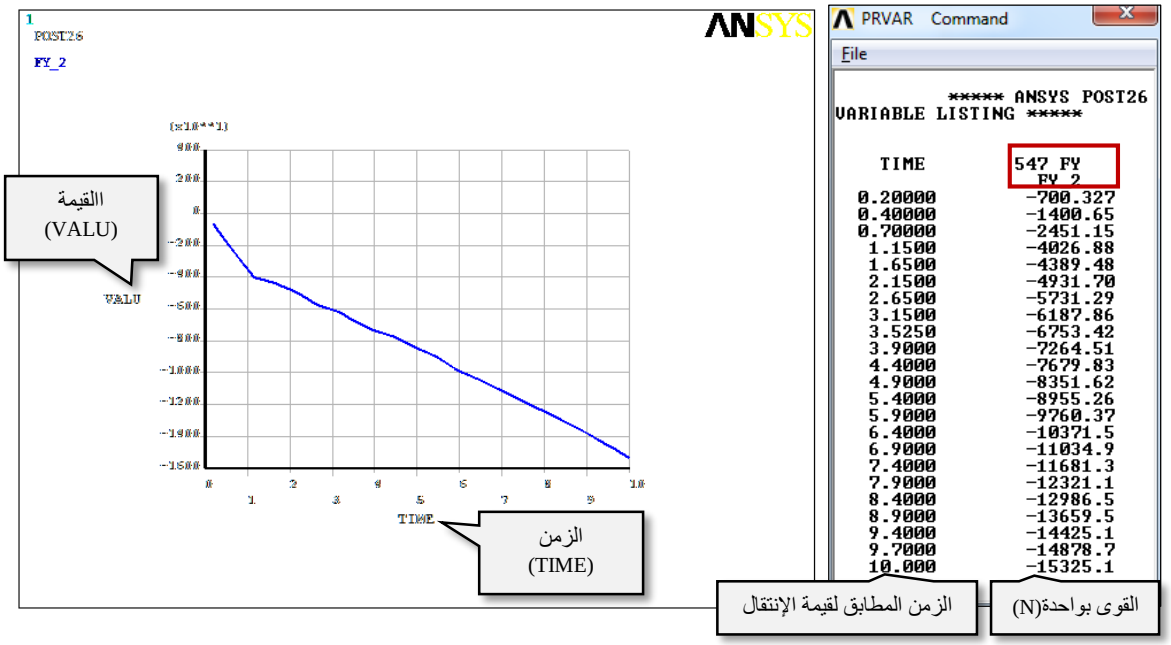
(يتم اختيار نفس العقدة التي تم تطبيق الانتقال فيها حصراً، والتي تحمل الرقم 547) > Next> OK

>List Data (معاينة البيانات الرقمية)

>Graph Data (معاينة البيانات من خلال مخطط)



الشكل (4-161): تحديد القوى الشاقولية المكافئة



الشكل (4-162): تزايد القوى المكافئة بالنسبة للزمن

- **ملاحظة (4):**

يمكن التحكم بتنسيق المخطط من خلال نقل البيانات الرقمية إلى برنامج (Excel)، حيث يتم نسخ هذه البيانات الرقمية (List Data) من (Ansys) من خلال (Ctrl+C) ولصقها على شريحة (Excel) ثم النقر على زر (Ctrl) الذي يظهر أسفل الجدول بعد اللصق في شريحة الـ (Excel)، ثم نتبع المسار التالي:

- **Used Text Import Wizard> fixed width> Next> Next> Finish**

ثم يمكن أن يتم ضرب القيم السالبة للسهم بـ (-1) للحصول على قيم موجبة، وبعد ذلك يتم تحديد عمود قيم الحمولات المطبقة وعمود قيم السهم، ثم يتم إدراج جدول من خلال (INSERT> Chart>Scatter)، ثم يتم تنسيق المخطط للحصول على الشكل المرغوب.

نهاية المثال الرابع

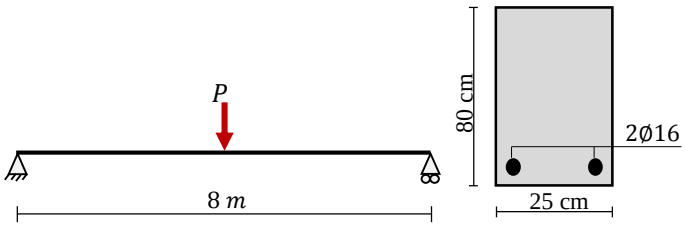
الفصل الرابع: أمثلة تطبيقية على نماذج حجمية

1-4 المثال الأول:

نمذجة جائز بيتوني بطريقة العقد مع استخدام التسليح الضمني

جائز بيتوني مسلح، أبعاده موضحة على الشكل (1-4) طوله (8m) وارتفاع مقطعه (80cm) وعرض مقطعه (25cm)، ذو تسليح سفلي ($2\emptyset 16mm$)، وهو ذو استناد بسيط، ويتعرض لحمولة مركزة مطبقة في منتصف المجاز، والمطلوب نمذجة الجائز ومعاينة نتائج التحليل.

$$\acute{f}_c = 2500 \quad Ton/m^2$$
$$E_c = 2 \times 10^6 \quad Ton/m^2$$
$$f_y = 36000 \quad Ton/m^2$$
$$E_s = 2 \times 10^7 \quad Ton/m^2$$



الشكل (4-1): شكل الجائز وأبعاده

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ نمذجة الجائز البيتوني بطريقة العقد.
- ✓ استخدام التسليح المضمَّن في العنصر (solid65).
- ✓ تحديد حمولة الانهيار، و معاينة الاجهادات، والانتقالات، والتشققات في البيتون.

▪ **ملاحظة (1):**

التسليح الضمني : هو التسليح الذي يتم تفعيله بشكل مباشر ضمن العنصر (Solid65) ، دون الحاجة إلى استخدام عناصر أخرى في تمثيل هذا التسليح.

▪ **ملاحظة (2):**

أبعاد المقطع إفتراضية، لأنه حسب الكود السوري يجب أن لا يقل عرض المقطع عن ثلث إرتفاعه.

❖ **خطوات الحل:**

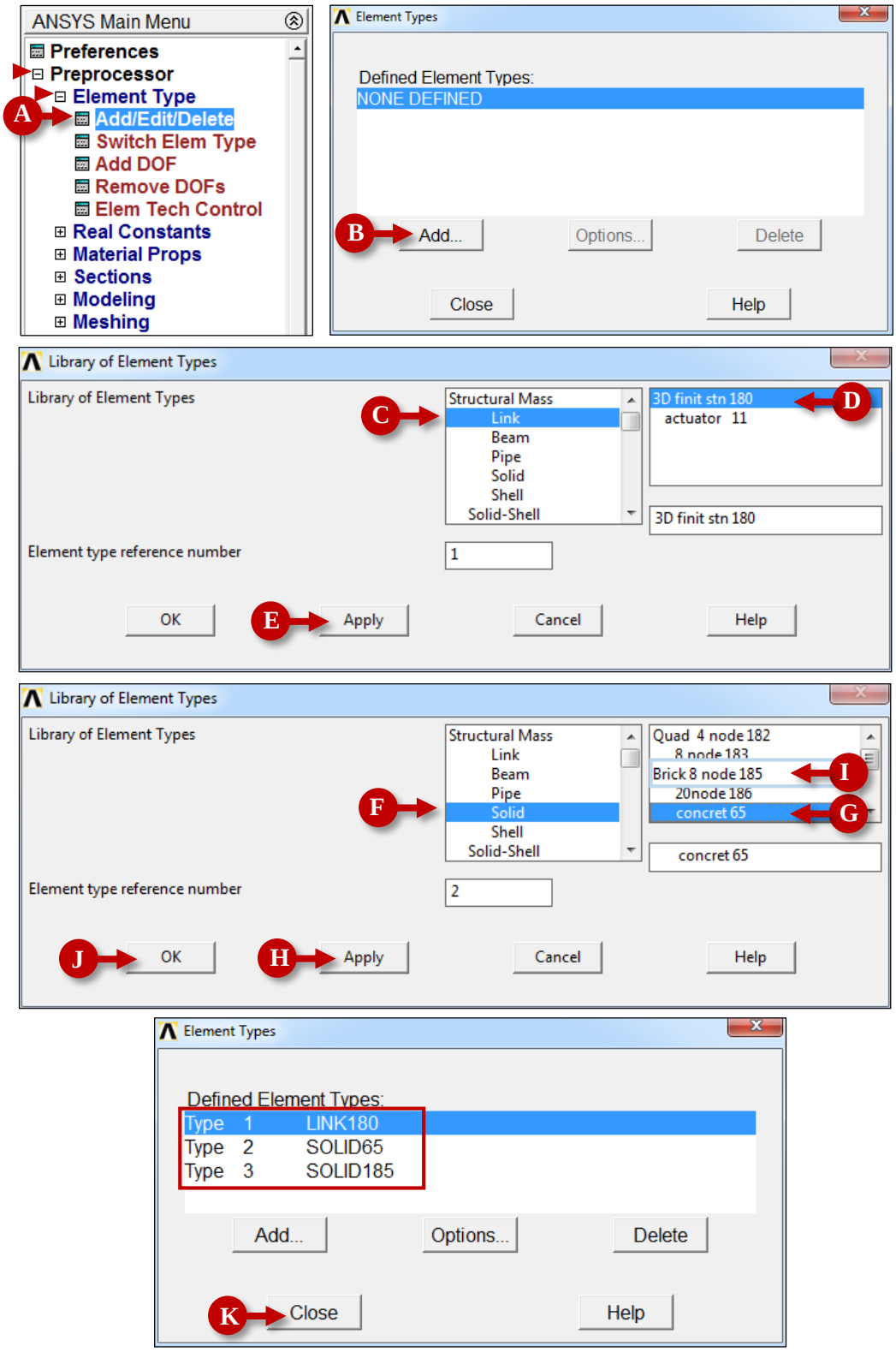
1- تحديد العناصر المستخدمة:

سيتم مبدئياً تحديد عدة عناصر هي (Link180) و(Solid65) و(Solid185)، وتتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (2-4):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete>

Add: 1. Link> 3DFinite str180 > Apply
2. Solid> concrete65 > Apply
3. Solid> Brick 8node 185 > OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-2): تحديد العناصر

- **ملاحظة (3):**
- في هذا المثال سيتم اعتماد العنصر (Solid65) فقط، وقد تم اختيار عناصر إضافية مثل (Link180) و(Solid185) بهدف لفت النظر إلى طريقة تحديد العنصر المطلوب عند إجراء عملية اسناد العناصر، وذلك في حال وجود أكثر من عنصر واحد في بعض النماذج المراد دراستها.
- في النسخ السابقة من برنامج (ANSYS) مثل النسخة (ANSYS12) وماقبلها يتم استخدم العنصر(Link10) في حالة العناصر الخطية الخاضعة للشد فقط أو للضغط فقط، ولكن تم إلغاء هذا العنصر في النسخ الأحدث مثل النسخة (ANSYS14) ومابعد، حيث تم الاستعاضة عنه بعنصر أخر هو (Link180).

2- تعريف ثوابت المواد المستخدمة:

في هذه المرحلة يتم تعريف مساحة مقطع العنصر الإفتراضي (Link180) وسنفرض مثلاً أنه يوجد لدينا نوعين من أقطار قضبان التسليح $(\emptyset 8mm)$ و$(\emptyset 16mm)$ وبالتالي فإن مساحة مقطع كل قضيب تساوي ($0.005m^2$) و($0.02m^2$) على التوالي، علماً بأنه لن يتم استخدام هذا النوع من التسليح في هذا المثال.

أما بالنسبة للعنصر البيتوني المسلح (Solid65) فيتم تعريف: رقم مادة الفولاذ التي تتبع لها القضبان الموجودة ضمن العناصر المسلحة (والتي سيتم تعريفها لاحقا ضمن خصائص المواد)، بالإضافة إلى نسبة مساحة هذه قضبان التسليح بالنسبة لمساحة العنصر، واتجاهها ضمن العنصر.

أما العناصر البيتونية غير المسلحة فتكون القيم الإفتراضية فيها تساوي الصفر.

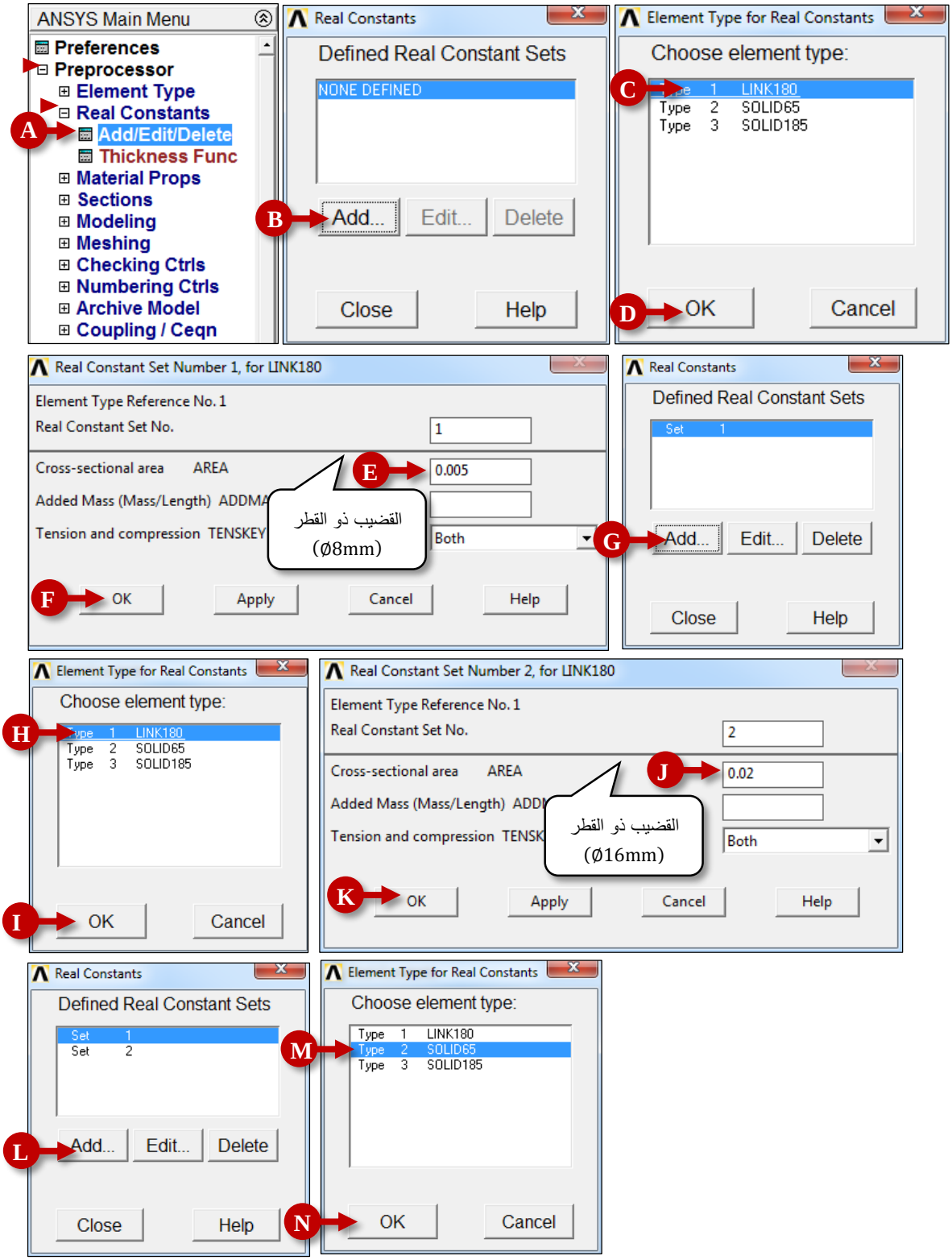
تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (3-4):

2- Preprocessor> Real constant> Add/Edit/Delete>Add:

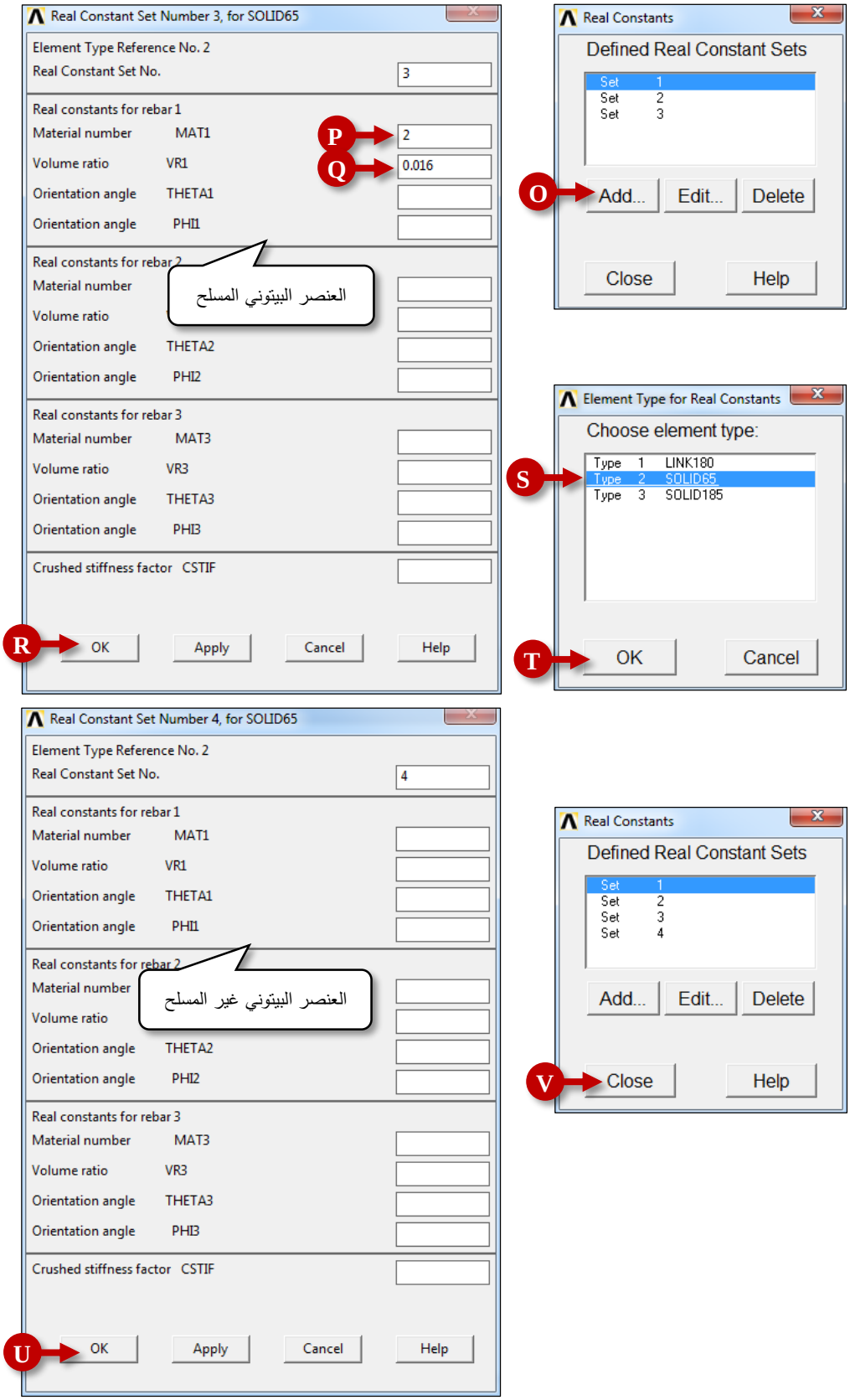
1. **Type 1 Link180> OK>** AREA= **0.005** m2
   > OK> Add
2. **Type 1 Link180> OK>** AREA= **0.02** m2
   > OK> Add
3. **Type 2 Solid65> OK>**
   MAT1 = **2** (يدل على رقم مادة الفولاذ التي سيتم تعريفها لاحقا ضمن خصائص المواد)
   VRA1 = **0.016** $\left(\frac{(1\emptyset 16)=2cm^2}{(12.5\times 10)cm^2}=0.016\right)$ (نسبة التسليح، انظر الشكل (4-4))
   THETA1 = **0** (الزاوية مع المحور X في المستوي الأفقي)
   PHI1 = **0** (الزاوية مع المحور X في المستوي الشاقولي)
   > OK> Add
4. **Type 2 Solid65> OK>**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

MAT1 =**0**
VRA1 =**0**
THETA1 =**0**
PH1 =**0**



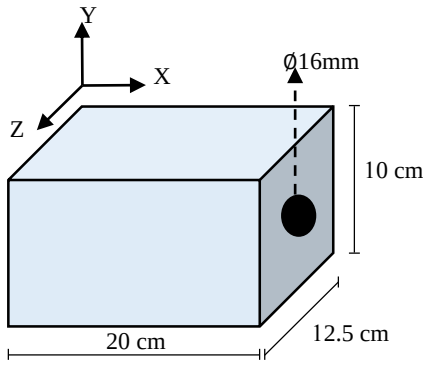
الشكل (4-3-a): تحديد ثوابت العناصر



الشكل (4-3-b): تحديد ثوابت العناصر

- **ملاحظة (4):**

- في هذا المثال يمثل الثابت رقم (3) البيتون المسلح ويوضح الشكل (4-4) قضيب التسليح ضمن العنصر البيتوني، ويمثل الثابت رقم (4) البيتون العادي (بدون تسليح).
- يمكن أن يتم وضع ثلاثة قضبان تسليح باتجاهات مختلفة في العنصر الواحد، كحد أعظمي.



الشكل (4-4): قضيب التسليح ضمن العنصر البيتوني

3- تعريف خصائص المواد المستخدمة:

يتم تعريف خصائص المواد المستخدمة والتي هي معامل المرونة ومعامل بواسون وإجهاد الضغط ومخطط الإجهاد الإنفعال للبيتون بالإضافة إلى إجهاد الخضوع للفولاذ من خلال المسارات التالية والموضحة في الأشكال (4-5)، (4-6) و(4-7) و(4-8) (4-9):

3- Preprocessor> Material props> Material models>

1. **Material model Number1> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e6** (ton/m^2) (معامل مرونة البيتون)

PRXY = **0.2** (معامل بواسون للبيتون)

2. **Structural>Nonlinear> Inelastic> Non-metal Plasticity> Concrete**

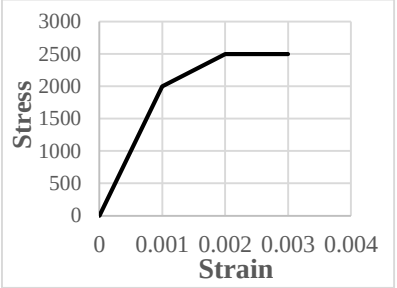
Open Shear Transfer Coef = **0.5** (معامل نقل القص عبر الشقوق المفتوحة)

Closed Shear Transfer Coef = **1** (معامل نقل القص عبر الشقوق المغلقة)

Uniaxial Cracking Stress = **250** (ton/m^2) (إجهاد الشد في البيتون)

Uniaxial Crushing Stress = **2500** (ton/m^2) (إجهاد الضغط في البيتون)

3. **Structural>Nonlinear> Elastic> Multilinear Elastic** > Add Point



مخطط الإجهاد–الانفعال للبيتون	
STRAIN	STRESS
0.001	**2000**
0.002	**2500**
0.003	**2500**

> OK

(يجب أن تتوافق أول قيمة للإجهاد والانفعال مع E للبيتون)

4. **Material> New Material**
5. **Material model Number2> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e7** (ton/m^2) (معامل مرونة فولاذ التسليح)

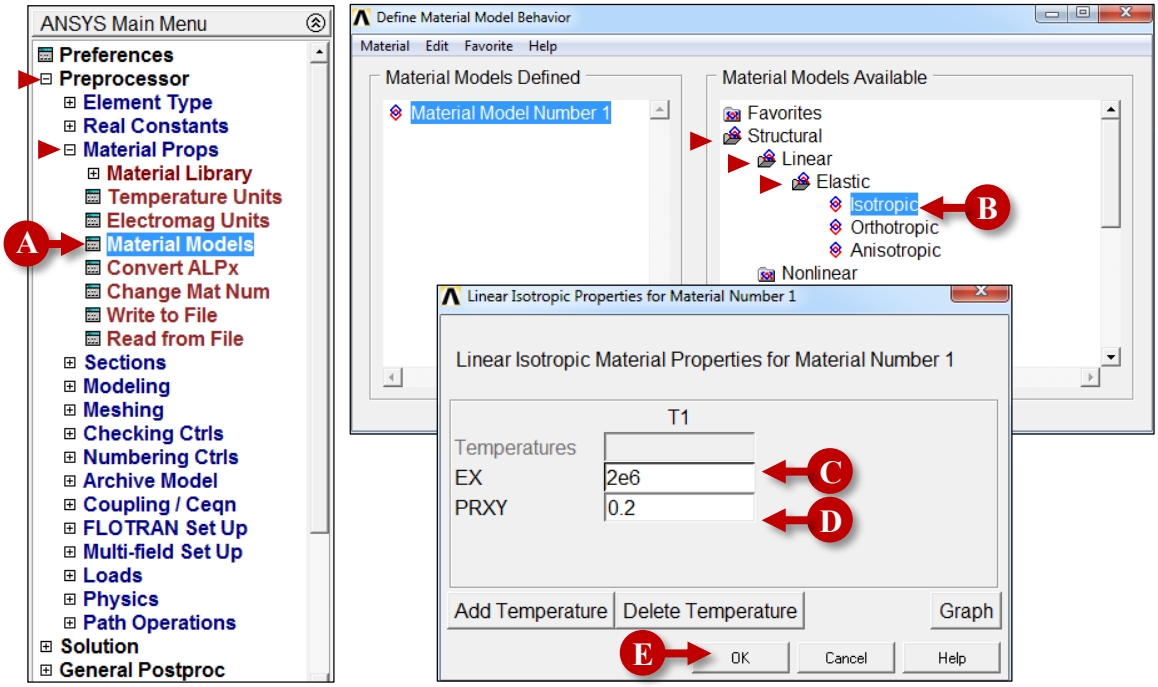
PRXY = **0.3** (معامل بواسون لفولاذ التسليح)

6. **Model Number2> Structural>Nonlinear> Inelastic> Rate-Independent> Isotropic Hardening Plasticity> Mises Plasticity> Bilinear**

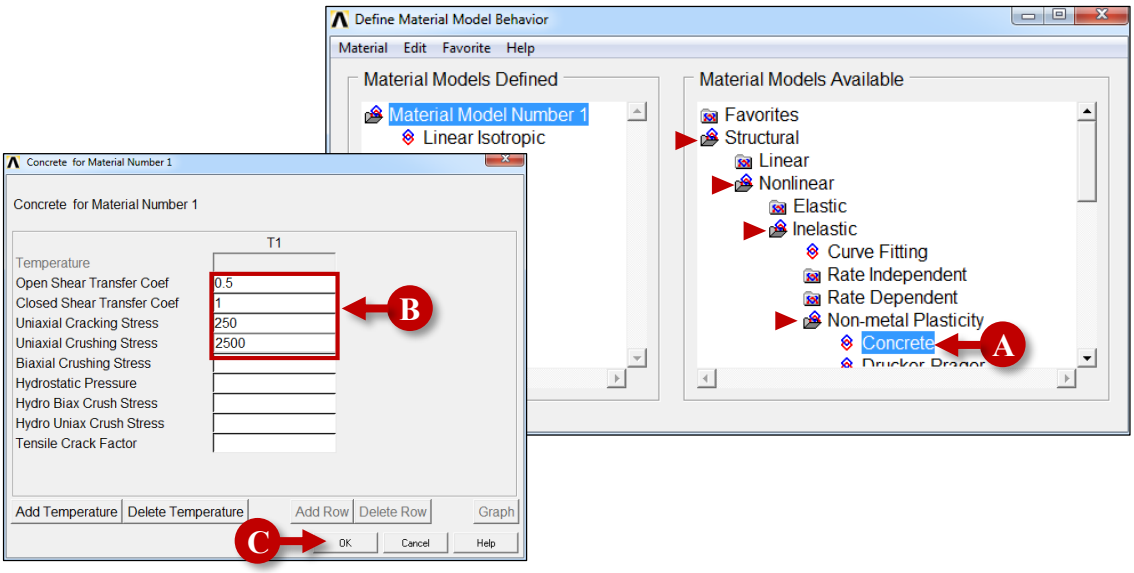
Yield stss = **36000** (ton/m^2) (إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح)

Tang Mod = **36000** (معامل الميل في المخطط النموذجي

ويؤخذ عادة بنفس قيمة اجهاد الخضوع)

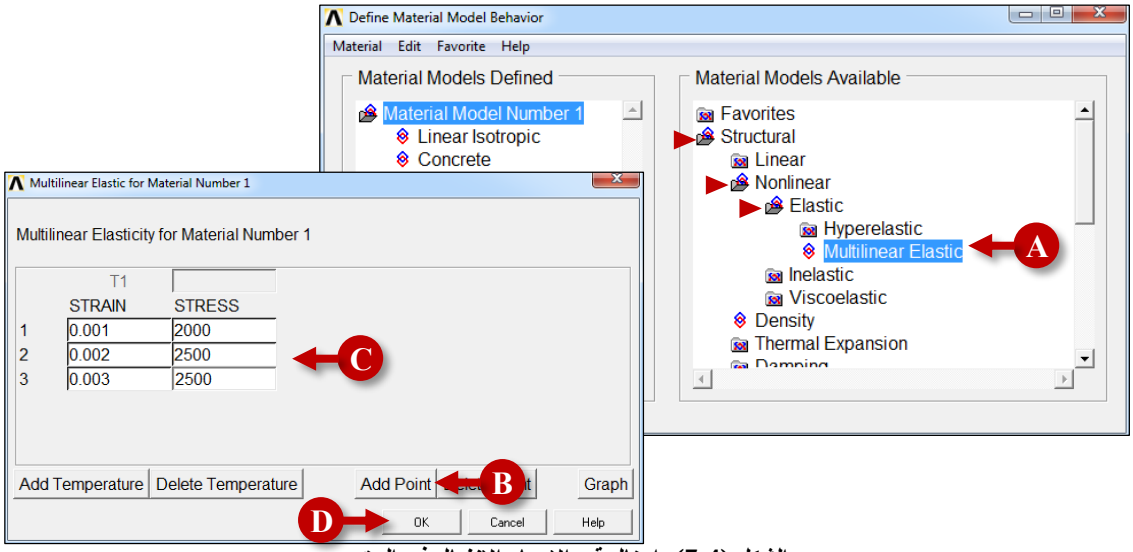


الشكل (4-5): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للبيتون

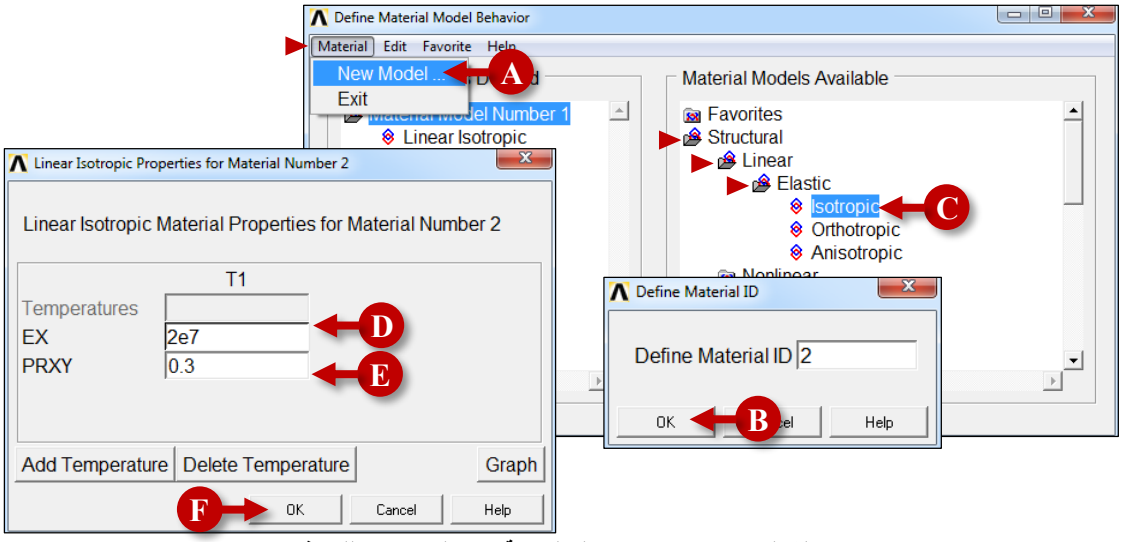


الشكل (4-6): تحديد اجهاد الشد والضغط في البيتون

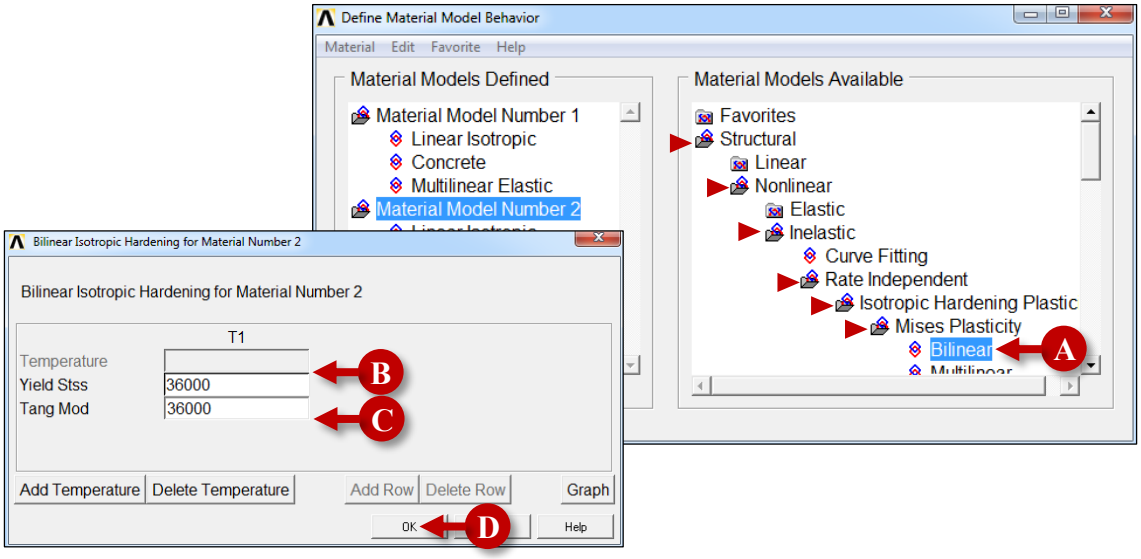
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-7): إدخال قيم الإجهاد الانفعال في البيتون



الشكل (4-8): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للفولاذ



الشكل (4-9): تحديد إجهاد الخضوع في الفولاذ

4- رسم العقد:

لرسم جميع العقد المكونة للجائز يتم في البدء رسم أول عقدة والتي تقع في مبدأ الإحداثيات، ثم يتم نسخها بالاتجاه الطولي (X) فنحصل على صف من العقد، وبعد ذلك يتم نسخ الصف بالاتجاه الشاقولي (Y)، واخيراً يتم نسخ كامل العقد السابقة بالاتجاه العرضي (Z). وسيتم شرح كل عملية وفق مايلي:

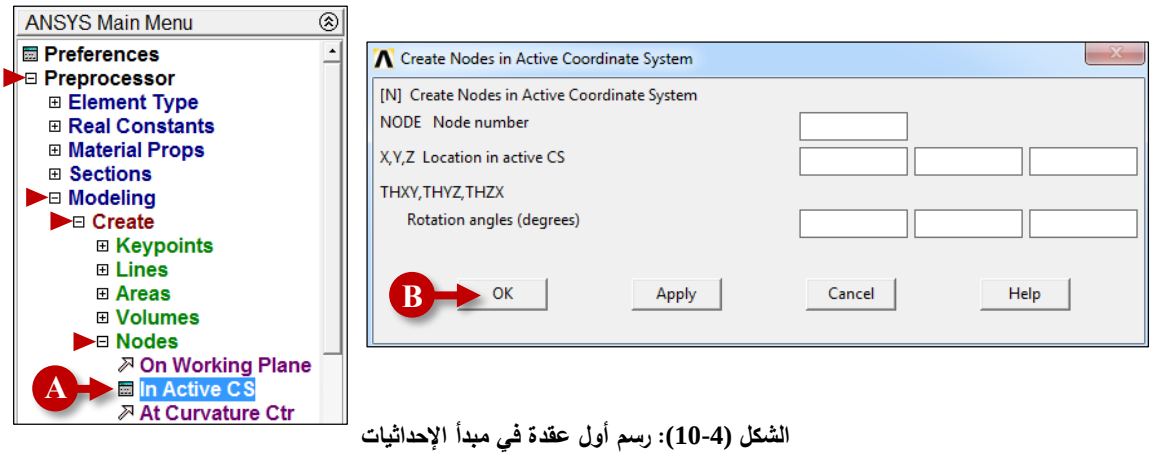
4-1- رسم العقدة الأولى:

يتم رسم العقدة الأولى والتي تقع في مبدأ الإحداثيات وفق المسار التالي والموضح في الشكل (10-4):

4-1- Preprocessor> Modeling> Create> Nodes> Inactive CS

Node Numbera= (عندما لا يتم وضع قيمة، يأخذ قيمة افتراضية أي الرقم واحد في هذه الحالة)

X,Y,Z Location in active CS= **0** , **0** , **0**



الشكل (4-10): رسم أول عقدة في مبدأ الإحداثيات

4-2- نسخ العقد بالاتجاه الطولي (X):

إن طول الجائز الكلي (800 cm) وسيتم تقسيمه كل (20 cm)، أي إلى (40) قطعة بالاتجاه الطولي (X)، وبالتالي يكون عدد العقد (41 = 1 + 40)، تتم عملية نسخ العقد السابقة بالاتجاه الطولي (X) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (11-4):

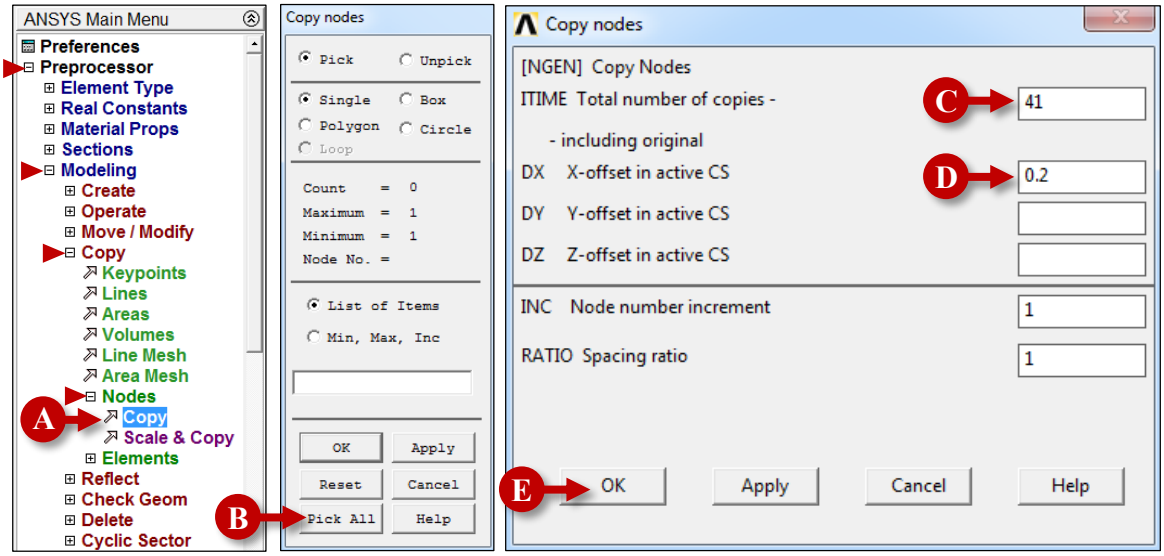
4-2- Preprocessor> Modeling> Copy> Nodes> Copy> Pick All>

Total number of copies -including original- = **41** (عدد العقد الكلية)

DX = **0.20** (m) (التباعد بين العقد)

DY = **0**

DZ = **0**



الشكل (4-11): نسخ العقدة الأولى بالاتجاه الطولي (X)

4-3- نسخ العقد بالاتجاه الشاقولي (Y):

إن ارتفاع مقطع الجائز (80 cm) وسيتم تقسيمه كل (10 cm)، أي إلى (8) قطع بالاتجاه الشاقولي (Y) ، وبالتالي يكون عدد العقد (9 = 1 + 8)، تتم عملية نسخ صف العقد السابق بالاتجاه الشاقولي (Y) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-12):

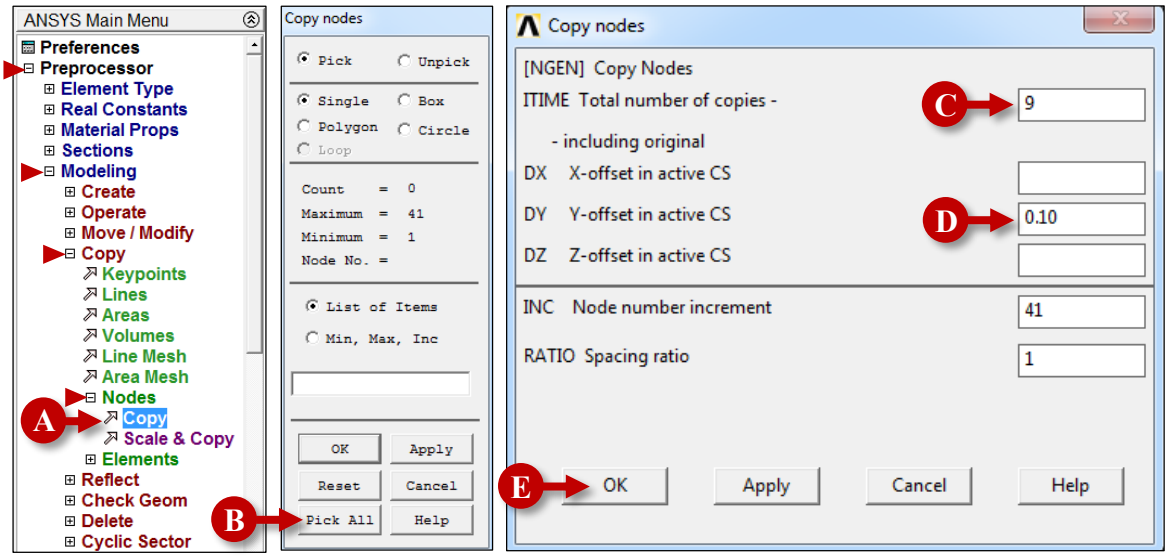
4-3- Preprocessor> Modeling> Copy> Nodes> Copy> Pick All>

Total number of copies -including original- = **9** (عدد العقد الكلية)

DX = **0**

DY = **0.10** (m) (التباعد بين العقد)

DZ = **0**



الشكل (4-12): نسخ صف العقد بالاتجاه الشاقولي (Y)

4-4- نسخ العقد بالاتجاه العرضي (Z):

إن عرض مقطع الجائز (25cm) وسيتم تقسيمه كل (12.5cm)، أي إلى (2) قطعة بالاتجاه العرضي (Z) ، وبالتالي يكون عدد العقد (3 = 1 + 2)، تتم عملية كافة العقد السابقة بالاتجاه العرضي (Z) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-13):

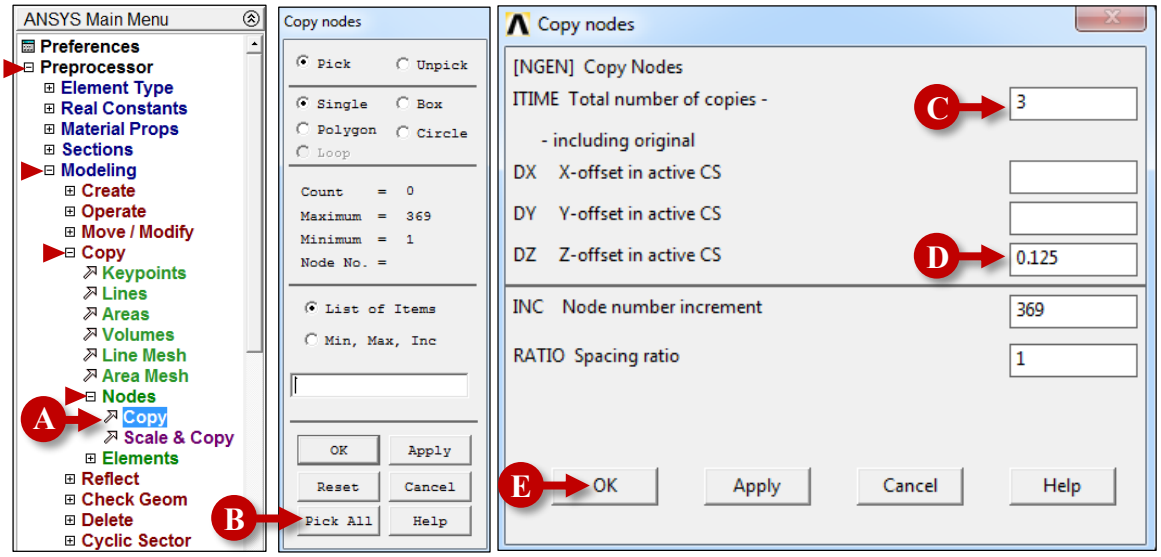
4-4- Preprocessor> Modeling> Copy> Nodes> Copy> Pick All>

Total number of copies -including original- = **3** (عدد العقد الكلية)

DX = **0**

DY = **0**

DZ = **0.125** (m) (التباعد بين العقد)



الشكل (4-13): نسخ كافة العقد بالاتجاه العرضي (Z)

5- تحديد الخصائص الافتراضية:

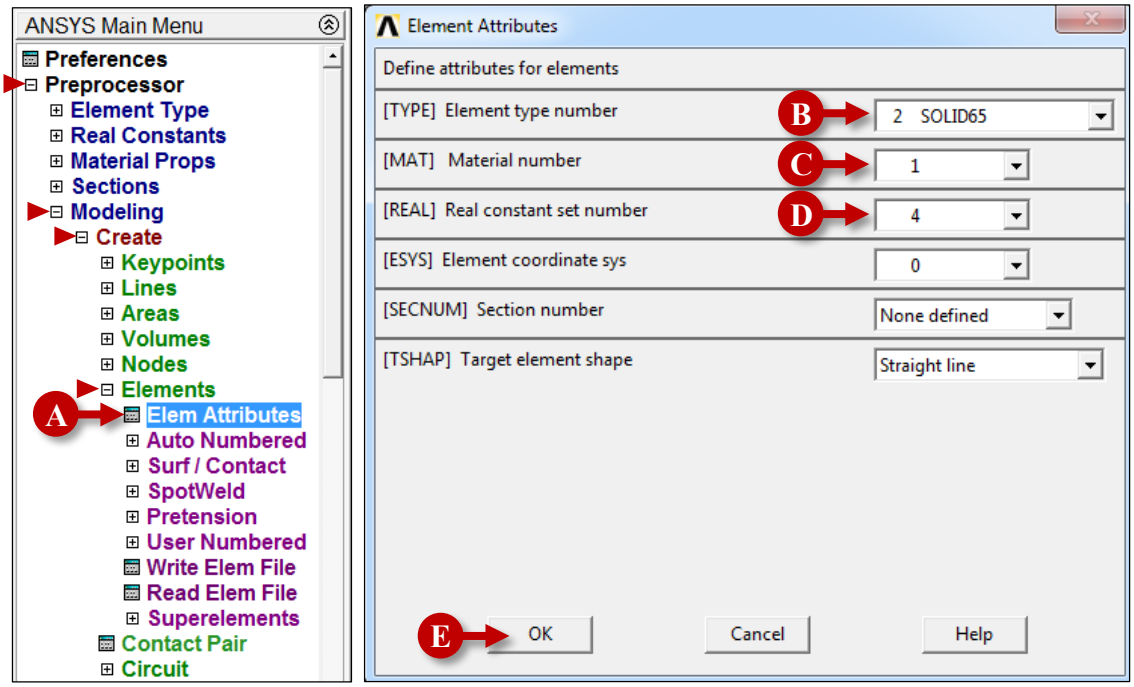
قبل البدء برسم العناصر يجب تحديد الخصائص الإفتراضية للعناصر، تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-14):

5- Preprocessor> Modeling>Create> Elements> Elem Atributes>

[TYPE] = **Solid65** (تحديد مادة البيتون كافتراضية عند رسم العناصر)

[MAT] = **1** (تحديد الرقم 1 من خصائص المواد والتابع لمادة البيتون كافتراضي)

[Real] = **4** (تحديد الرقم 4 من (Real Constant) التابع لمادة البيتون غير المسلح كافتراضي)



الشكل (4-14): تحديد الخصائص الإفتراضية للعناصر التي سيتم رسمها

6- رسم العناصر:

إن طريقة رسم العناصر تشبه طريقة رسم العقد حيث يتم في البدء رسم أول عنصر والذي يقع عند مبدأ الإحداثيات، ثم يتم نسخ هذا العنصر بالاتجاه الطولي (X) فنحصل على صف من العناصر، وبعد ذلك يتم نسخ الصف بالاتجاه الشاقولي (Y)، واخيراً يتم نسخ العناصر السابقة بالاتجاه العرضي (Z). وسيتم شرح كل عملية وفق مايلي:

6-1- رسم العنصر الأول:

يتكون العنصر المراد إنشاؤه من أربع عقد سفلية وأربع عقد علوية، عند الرسم إذا تم البدء من عقدة سفلية معينة وكان الإنتقال مع عقارب الساعة عند رسم بقية العقد السفلية فيجب أن يتم البدء أيضاً من نفس العقدة المناظرة الموجودة في الوجه العلوي، وكذلك يجب الانتقال (عند رسم بقية العقد العلوية) بنفس الاتجاه الذي تم سلوكه عند رسم العقد السفلية، أي مع عقارب الساعة أيضاً.

سيتم البدء برسم العنصر الأول إنطلاقاً من العقد السفلية التي تحمل الرقم (1)، والإنتقال مع عقارب الساعة لرسم بقية العقد السفلية، ثم التوجه إلى العقد العلوية (42) المناظرة للعقدة السفلية (1)، والإنتقال بنفس الاتجاه السابق لرسم بقية العقد العلوية، تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الأشكال (4-15) و(4-16) و(4-17):

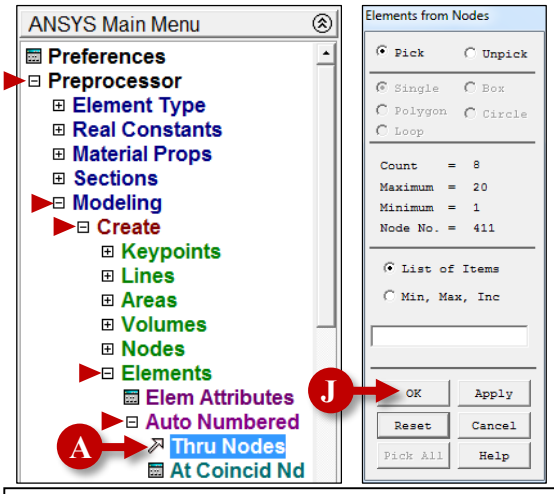
6-1-1. Isometric View
2. (Ctrl+right click)
3. Zoom Model

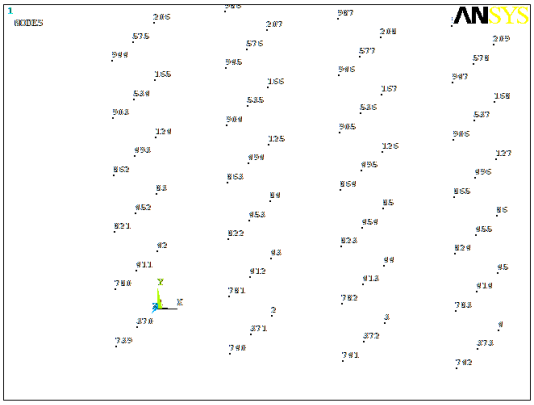
(تحديد منظور مناسب من أجل الرسم، الشكل(4-15))

4. Preprocessor> Modeling>Create> Elements> Auto Numbered> Thru Nodes>

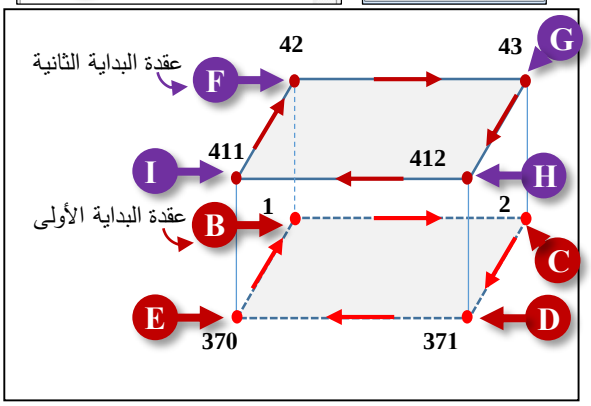
- **1 > 2 > 371 > 370**
- **42 > 43 > 412 > 411**

>OK

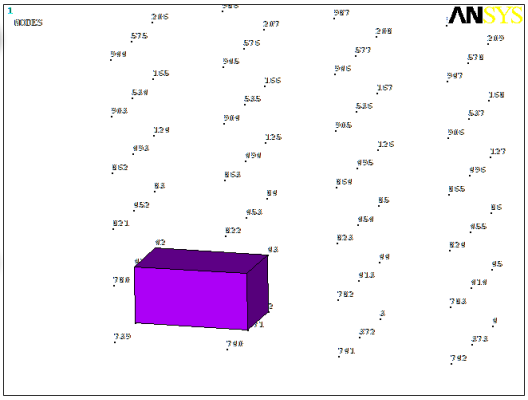




الشكل (4-15): تحديد منظور مناسب من أجل الرسم



الشكل (4-16): طريقة التنقل عند رسم العنصر



الشكل (4-17): العنصر الأول

6-2- نسخ العنصر بالاتجاه الطولي (X):

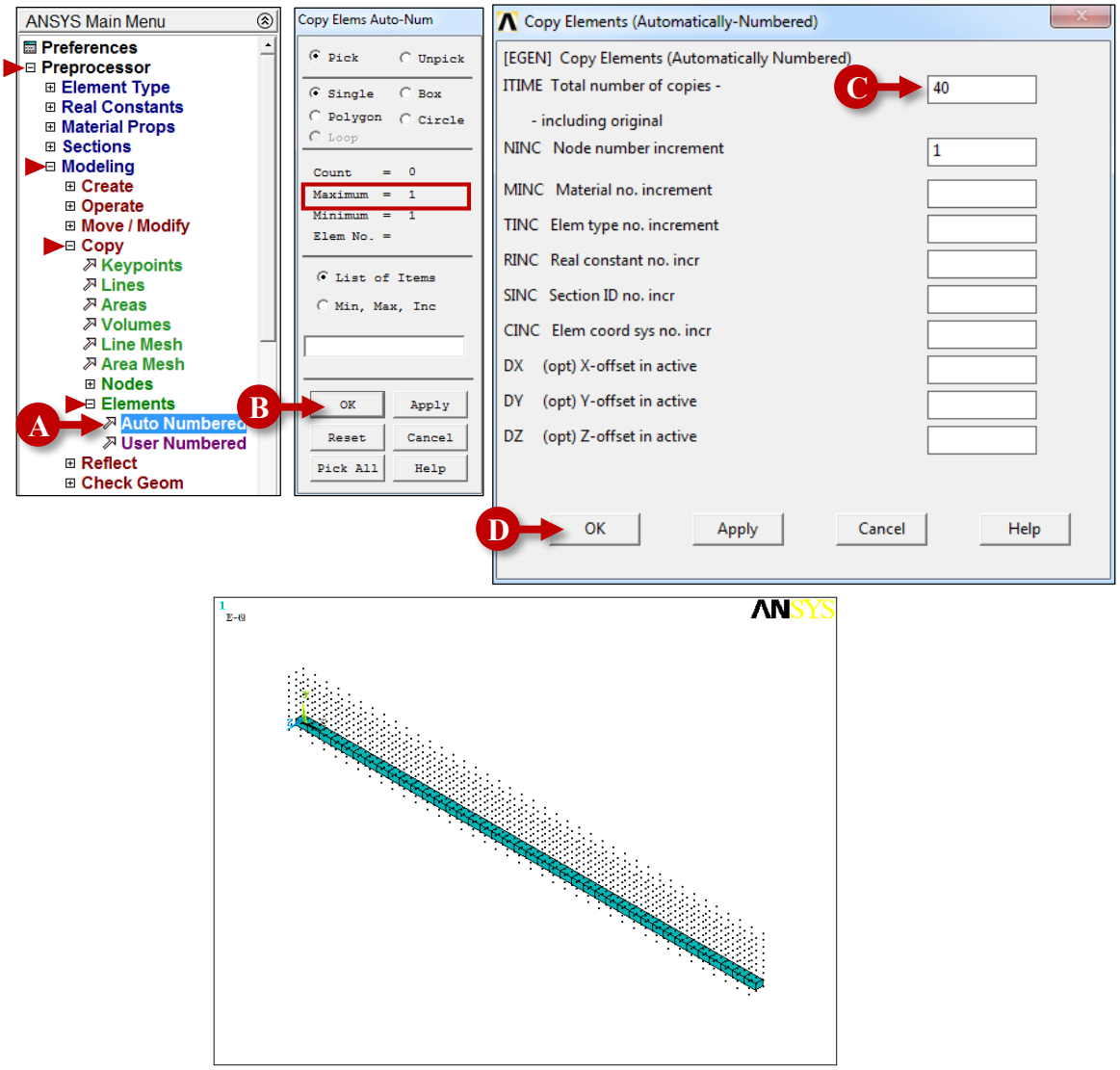
تم تقسيم الجائز ذي الطول (800cm) كل (20cm)، وبالتالي لدينا (40)عنصر، بالاتجاه الطولي (X). إن أول عقدة تم البدء بها عند رسم العنصر السابق كانت تحمل الرقم (Node number=1) وعند رسم العنصر الجديد بالاتجاه الطولي (X) فإن أول عقدة يجب أن تبدأ من الرقم (Node number=2)، وبالتالي يكون التزايد بينهما (Increment =2-1=1) .

تتم عملية نسخ العنصر بالاتجاه الطولي (X) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-18):

6-2- Preprocessor> Modeling> Copy> Elements > Auto Numbered> Pick All>

Total number of copies -including original- = **40** (عدد العناصر الكلية بالاتجاه X)

Node number increment = **1** (التزايد)



الشكل (4-18): نسخ العناصر بالاتجاه الطولي (X)

6-3- نسخ العناصر بالاتجاه الشاقولي (Y):

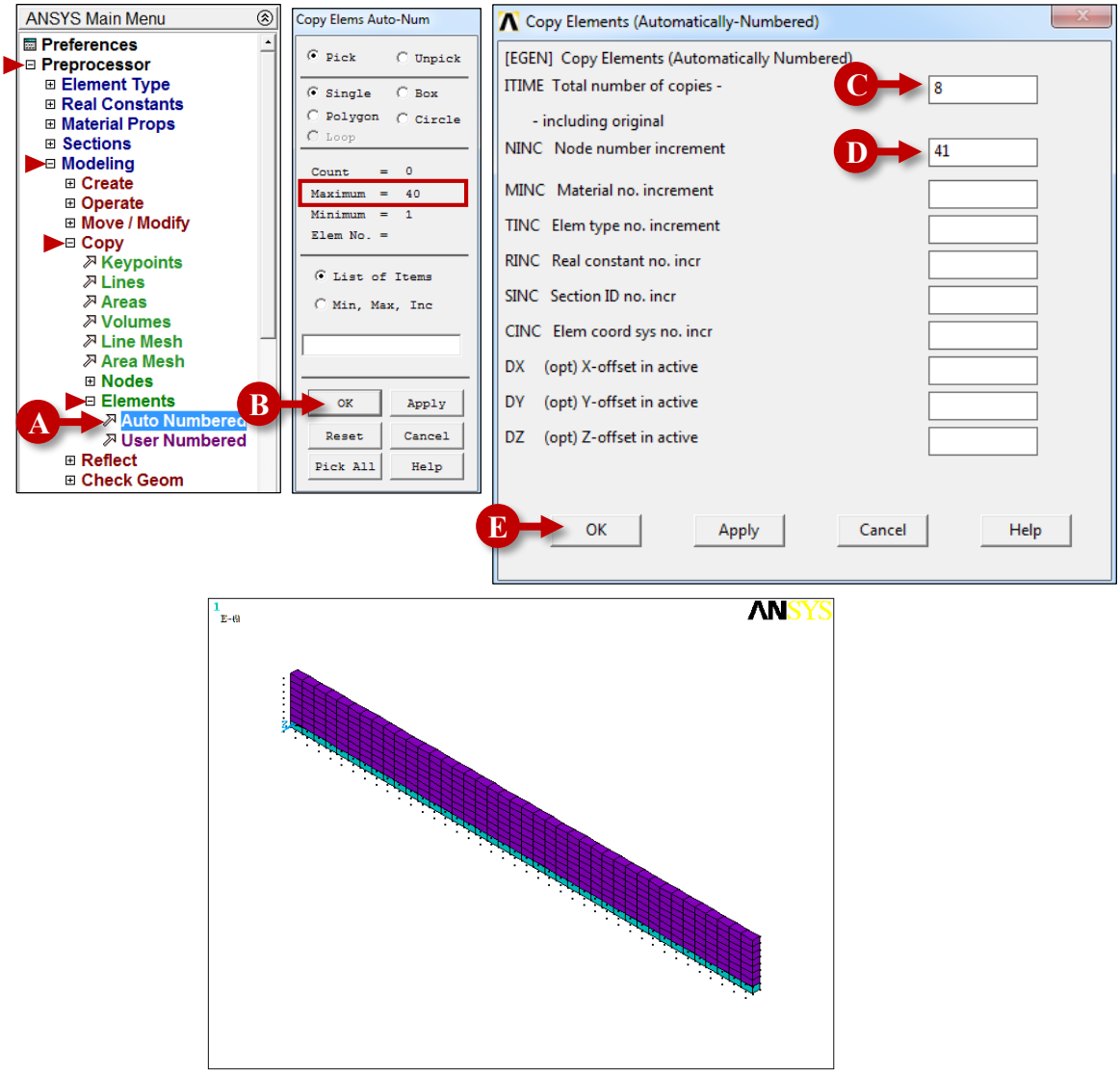
تم تقسيم ارتفاع مقطع الجائز ذو البعد (80cm) كل (10cm)، وبالتالي يكون لدينا (8) عنصر، بالاتجاه الشاقولي (Y). إن أول عقدة تم البدء بها عند رسم العنصر السابق كانت تحمل الرقم (Node Number=1) وعند رسم العنصر الجديد بالاتجاه الشاقولي (Y) فإن أول عقدة يجب أن تبدأ من الرقم (Node Number=42)، وبالتالي يكون التزايد بينهما (Increment =42-1=41).

تتم عملية نسخ العنصر بالاتجاه الشاقولي (Y) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-19):

6-3- Preprocessor> Modeling> Copy> Elements > Auto Numbered> Pick All>

Total number of copies -including original- = **8** (عدد العناصر الكلية بالاتجاه Y)

Node number increment = **41** (التزايد)



الشكل (4-19): نسخ العناصر العناصر بالاتجاه الشاقولي (Y)

4-6- نسخ العناصر بالاتجاه العرضي (Z):

تم تقسيم ارتفاع مقطع الجائز ذو البعد (25cm) كل (12.5cm)، وبالتالي يكون لدينا (2) عنصر، بالاتجاه العرضي (Z). إن أول عقدة تم البدء بها عند رسم العنصر السابق كانت تحمل الرقم (Node Number=1) وعند رسم العنصر الجديد بالاتجاه العرضي (Z) فإن أول عقدة يجب أن تبدأ من الرقم (Node Number=370)، وبالتالي يكون التزايد بينهما (Increment =370-1=369).

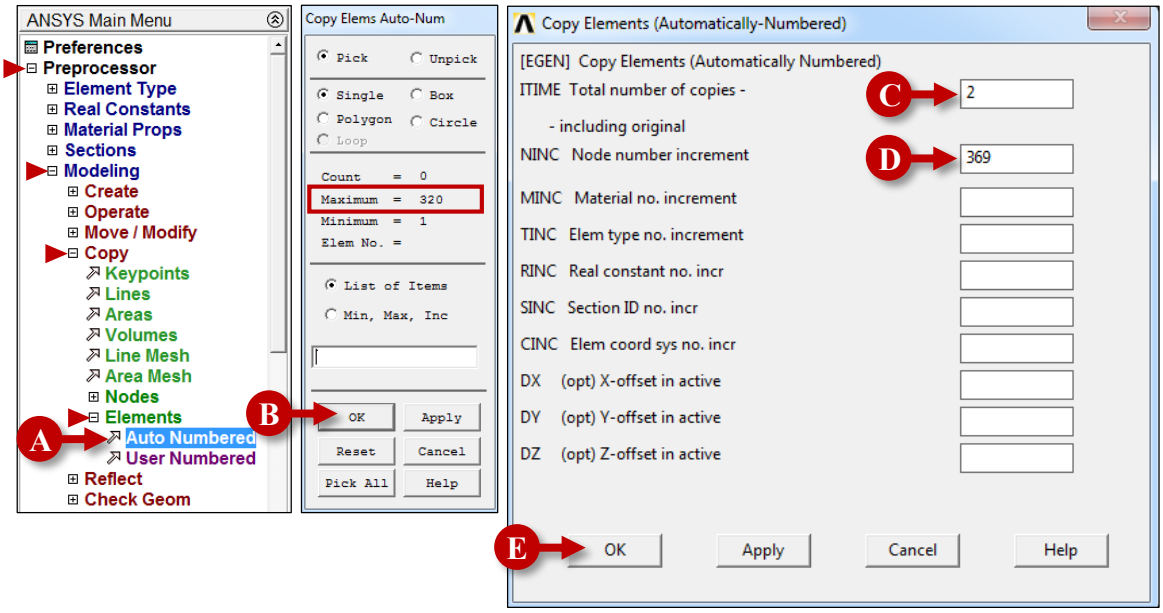
تتم عملية نسخ العنصر بالاتجاه العرضي (Z) وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-20):

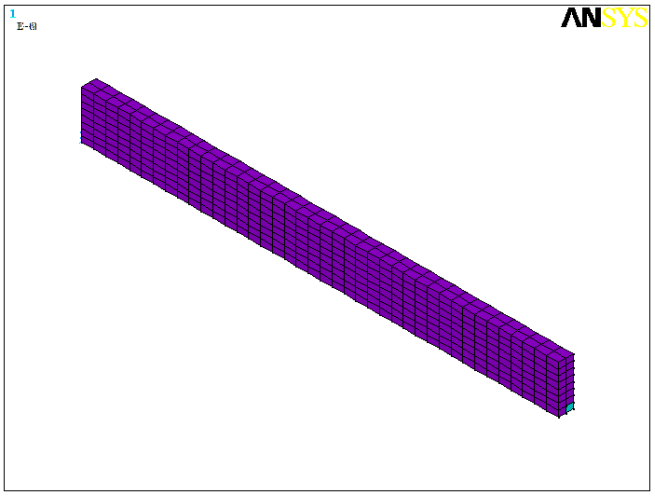
6-4- Preprocessor> Modeling> Copy> Elements > Auto Numbered> Pick All>

Total number of copies -including original- = **2** (عدد العناصر الكلية بالاتجاه Z)

Node number increment = **369** (التزايد)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com





الشكل (4-20): نسخ العناصر بالاتجاه العرضي (Z)

- **ملاحظة (5):**

يجب الانتباه إلى طريقة رسم العقد بحيث نحصل على تسلسل متتالي ومنطقي، أما في حال رسم عقد ثم حذفها، فإن ترقيم العقد سوف يتغير، ولن يبقى متسلسل بشكل منطقي.

7- تحويل العناصر البيتونية السفلية من بيتون عادي إلى بيتون مسلح:

تتم عملية تحويل العناصر البيتونية السفلية من بيتون عادي إلى بيتون مسلح وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-21):

7-1. Plot> Elements

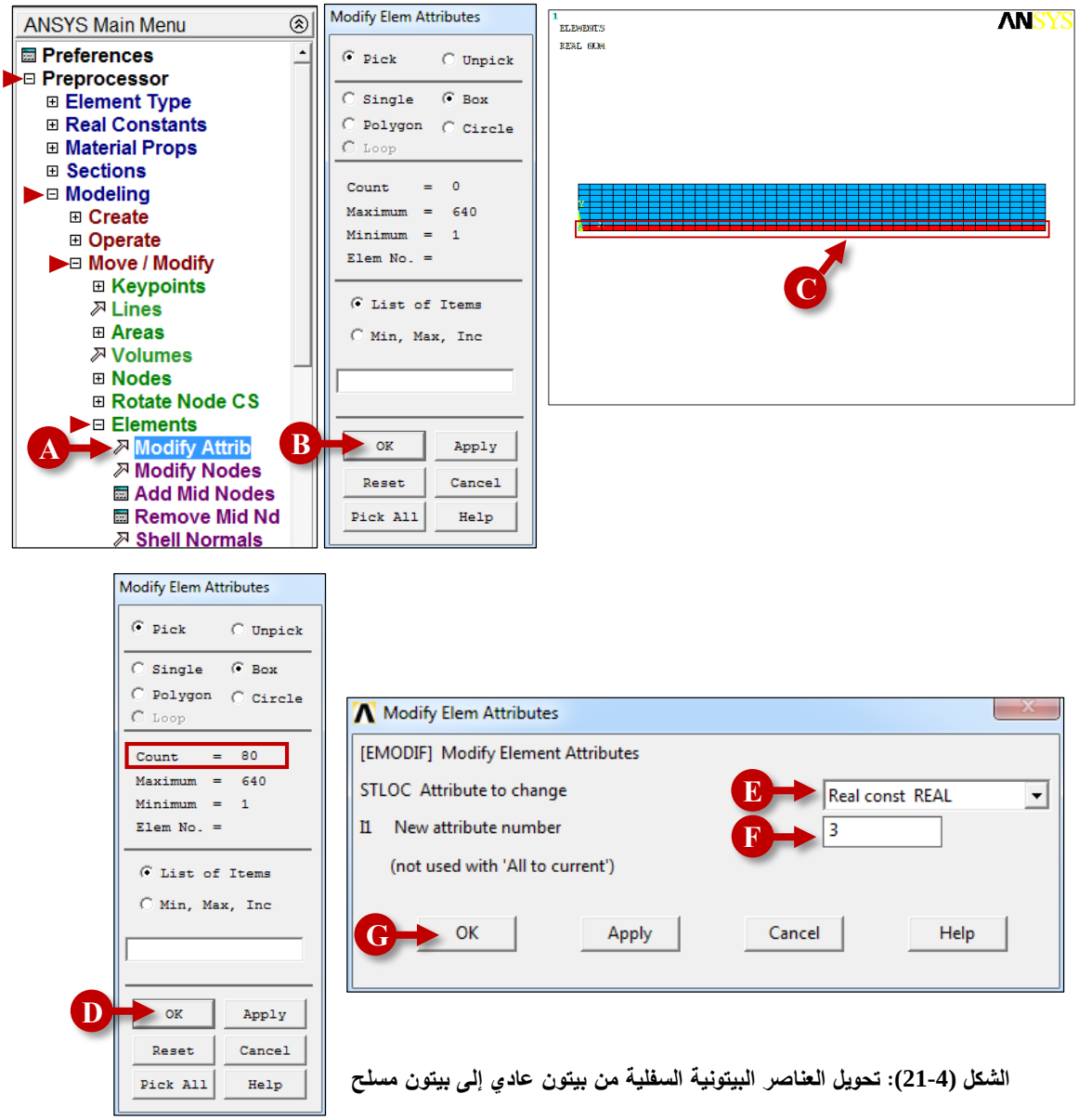
2. Front View

3. Preprocessor> Modeling> Move/Modify> Elements > Modify Attrib>

Box> (يتم تحديد صف العناصر السفلي) >OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

Attribute to change = **real const REAL**
New Attribute number = **3**



الشكل (4-21): تحويل العناصر البيتونية السفلية من بيتون عادي إلى بيتون مسلح

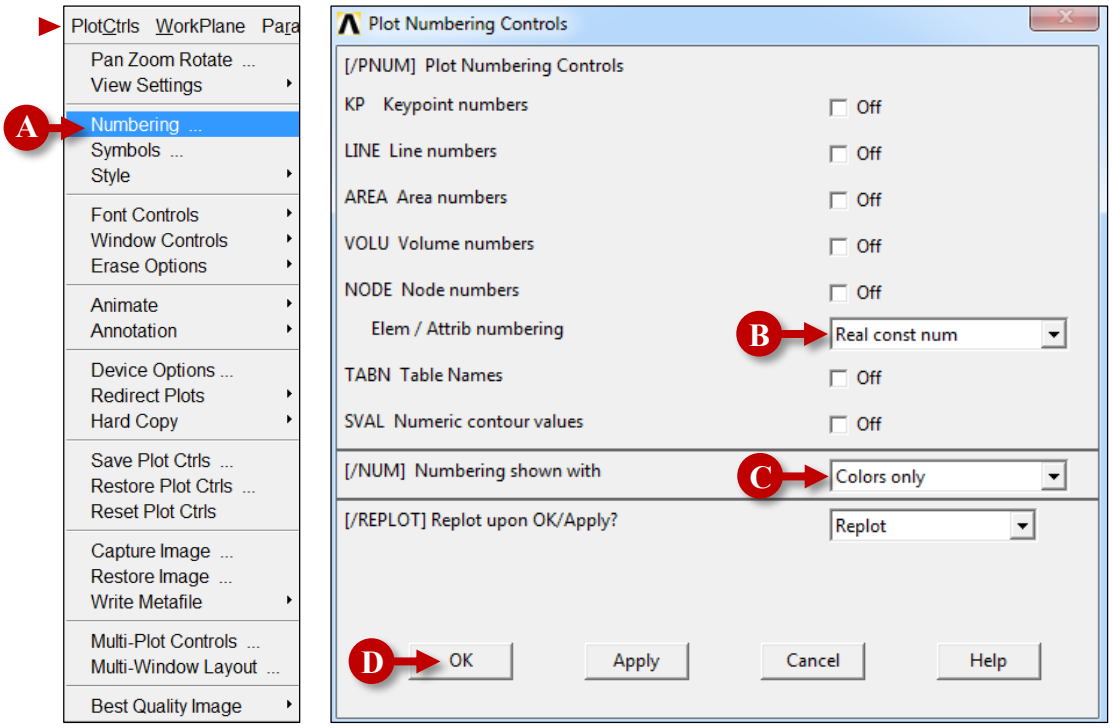
8- إظهار الألوان المميزة لكل من البيتون المسلح والعادي:

بعد أن أصبح لدينا نوعين من العناصر (Solid65) هي العناصر المسلحة والعناصر غير المسلحة نقوم بتفعيل إظهار الألوان المميزة لكل نوع من هذه العناصر بهدف التأكد من أن عملية التحويل السابقة قد تم تنفيذها بشكل صحيح.

تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-22):

8- PlotCtrls> Numbering…>

Elem/Attrib numbering= **Real const num**
Numbering shown with= **Colors only**



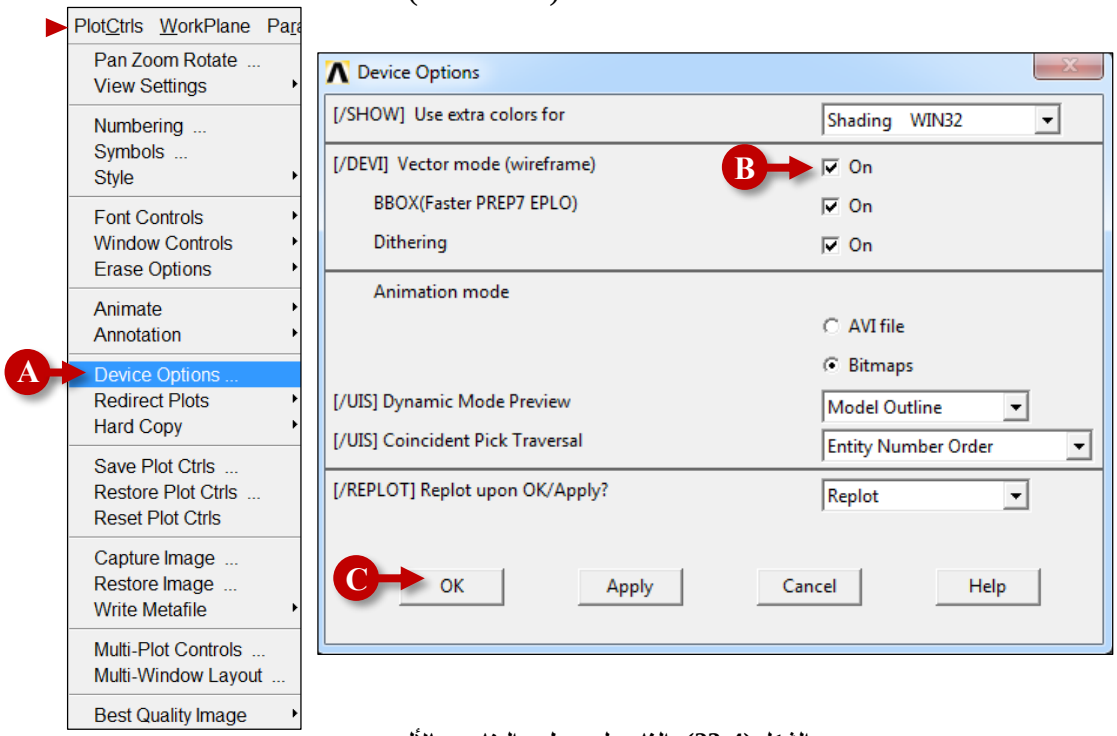
الشكل (4-22): إظهار الألوان المميزة لكل من البيتون المسلح والعادي

9- إلغاء ملئ سطوح العنصر بالألون (الحصول على شفافية كاملة):

يتم الحصول على شفافية كاملة لسطوح العناصر من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-23):

9- PlotCtrls> Device Options…>

Vector mode (wireframe) = **on**

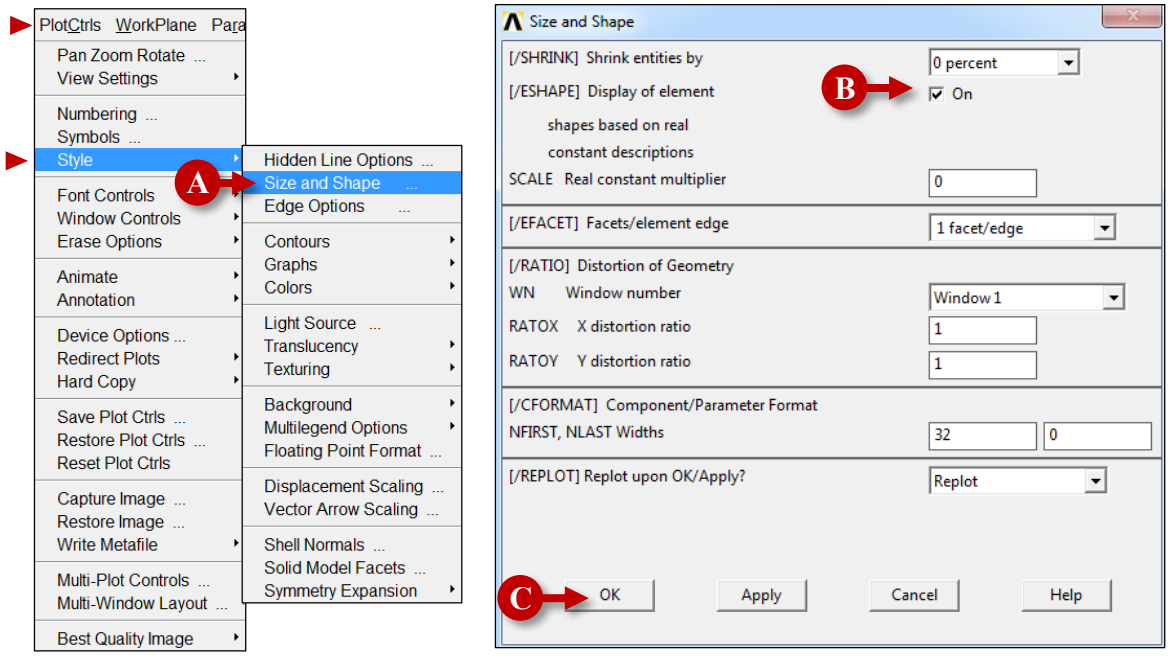


الشكل (4-23): إلغاء ملئ سطوح العناصر بالألون

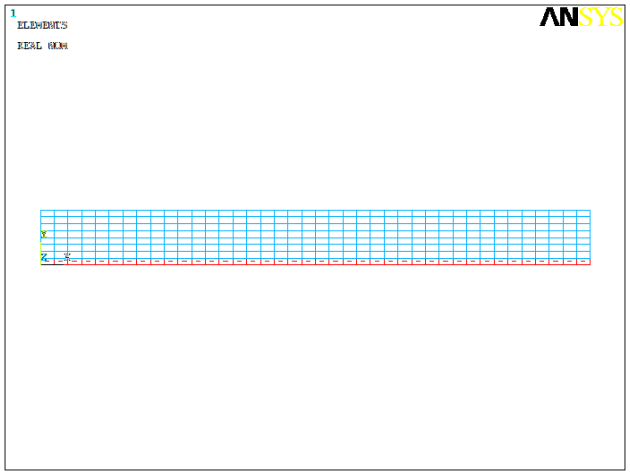
10- معاينة التسليح ضمن عناصر البيتون المسلح:

يتم تفعيل معاينة قضبان التسليح ضمن عناصر البيتون المسلحة بحيث تظهر هذه القضبان بشكل خطوط صغيرة ضمن العناصر من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-24) و(4-25):

10-1. PlotCtrls> Style> Size and Shape…> Display of element= **on**



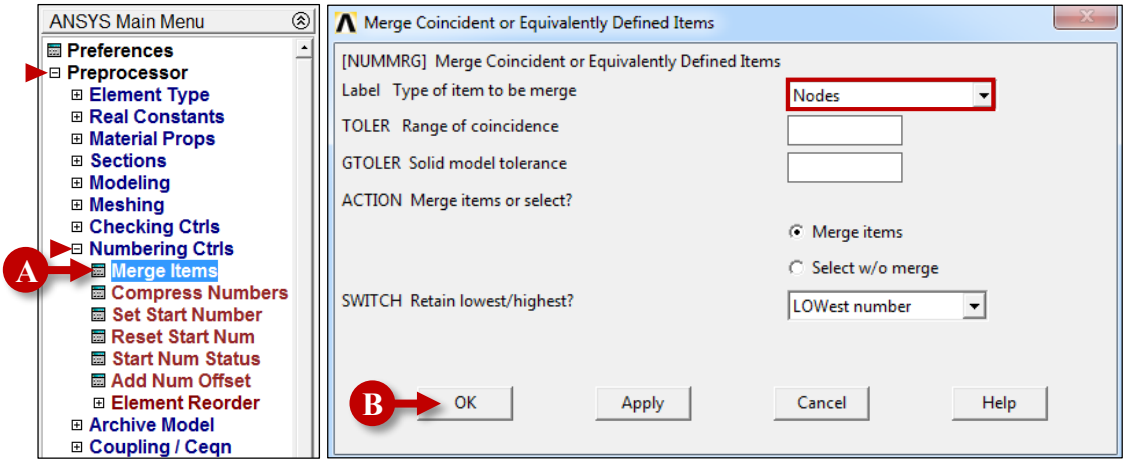
الشكل (4-24): تفعيل معاينة التسليح ضمن عناصر البيتون المسلح



الشكل (4-25): شكل التسليح ضمن عناصر البيتون المسلح

- يتم دمج العقد المتطابقة (إن وجدت) أو القريبة من بعضها (بمسافة يتم تحديدها) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-26):

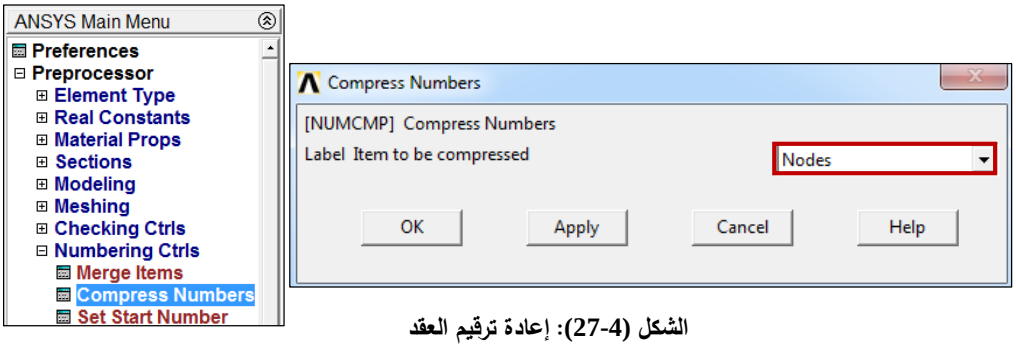
2. Preprocessor> Numbering Ctrls> Merge Items> OK



الشكل (4-26): دمج العقد المتطابقة إن وجدت

- يتم إعادة ترقيم العقد بشكل متسلسل (في حال تم رسم عقد ثم حذفها) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-27):

3. Preprocessor> Numbering Ctrls> Compress Numbers> OK



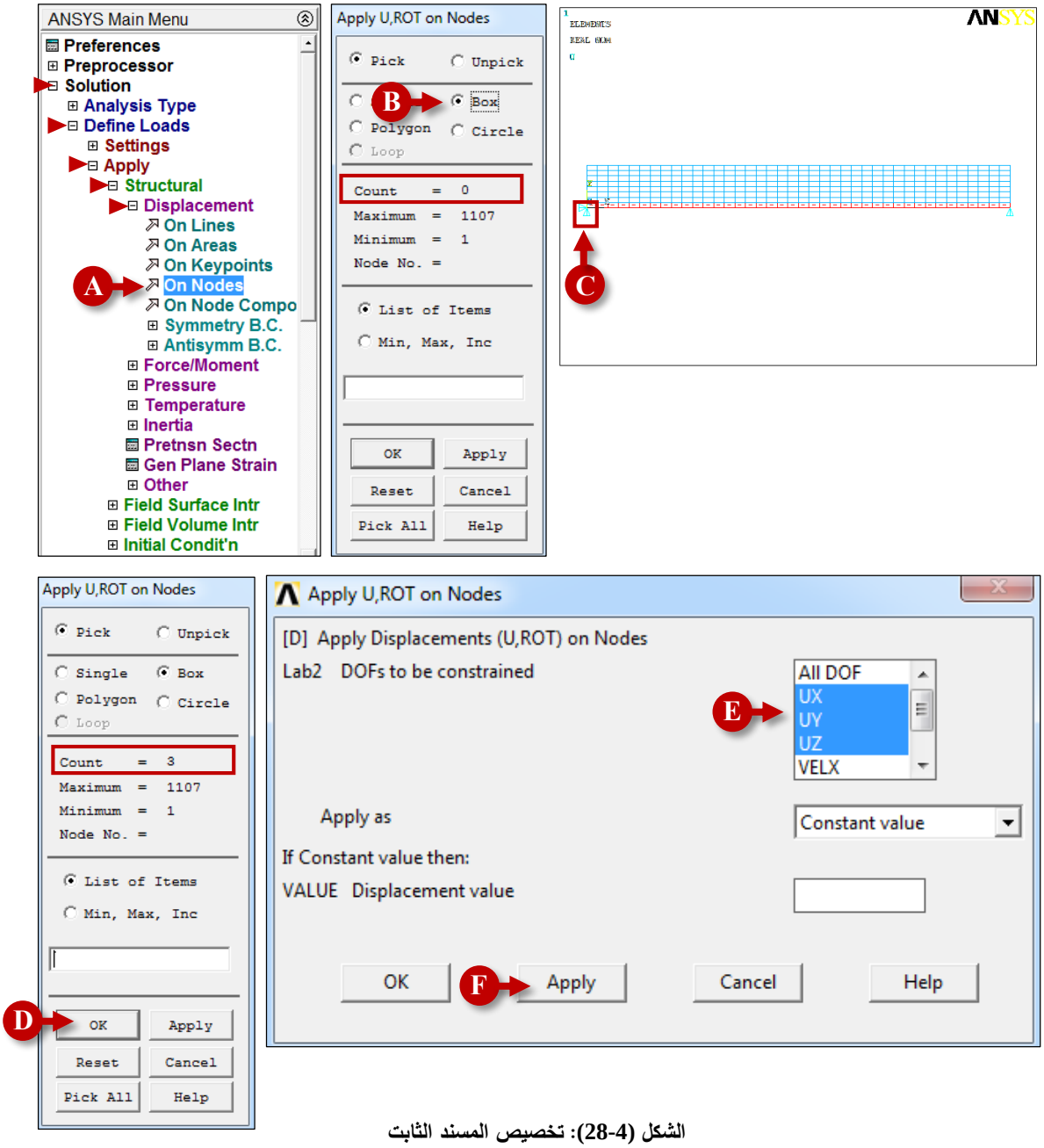
الشكل (4-27): إعادة ترقيم العقد

11- تخصيص المساند الطرفية:

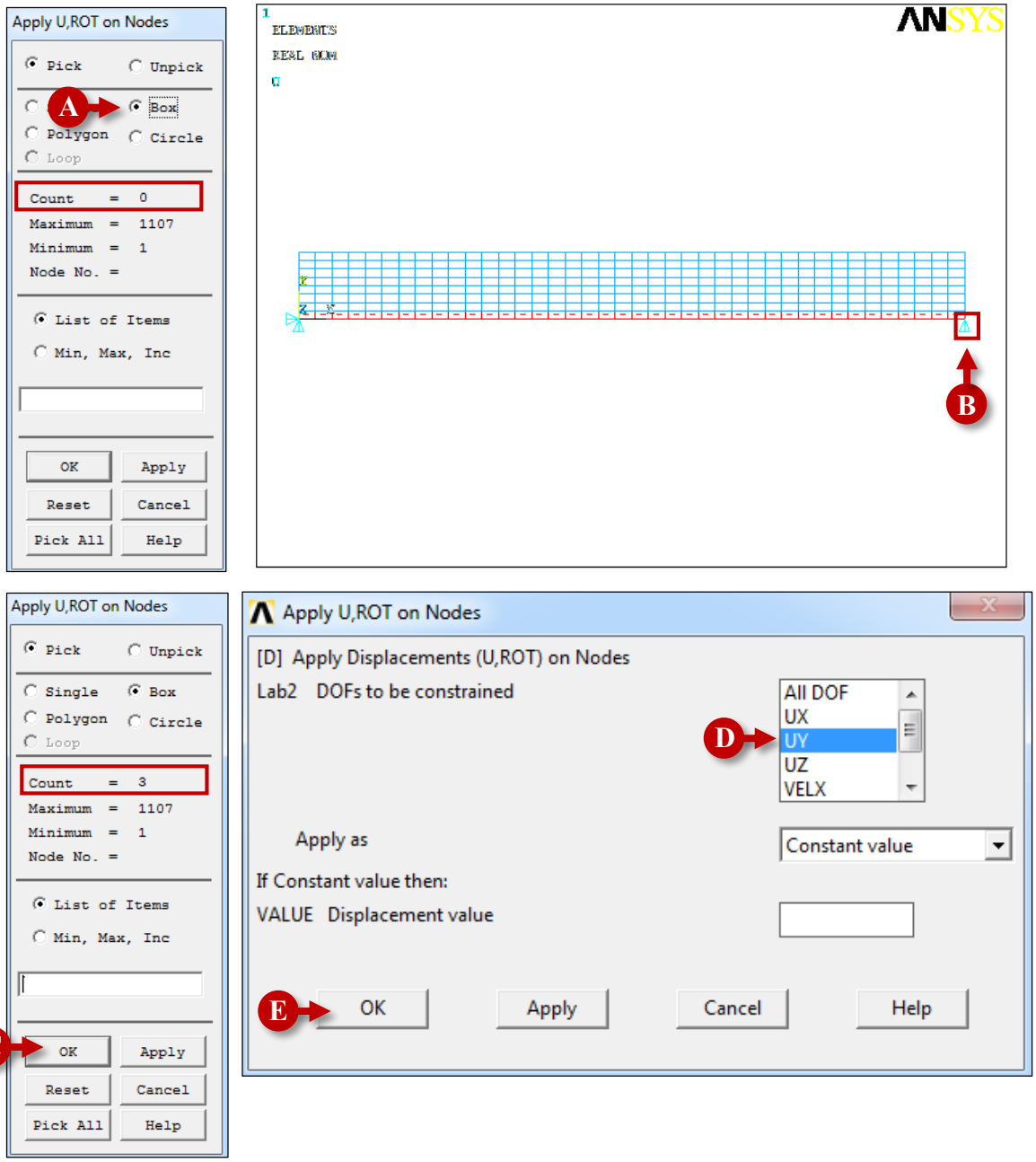
يتم تخصيص المسند الثابت والمنزلق للجائز من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكلين (4-28) و(4-29):

11- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Nodes>

- Box> (يتم اختيار صف العقد الواقعة في الزاوية السفلية اليسرى)>
  UX-UY-UZ> Apply
- Box> (يتم اختيار صف العقد الواقعة في الزاوية السفلية اليمنى)>
  UY > OK



الشكل (4-28): تخصيص المسند الثابت



الشكل (4-29): تخصيص المسند المنزلق

12- تطبيق الحمولة المركزة:

سيتم فرض حمولة إفتراضية قيمتها الكلية (2000 ton)، هذه الحمولة مقسمة على ثلاثة عقد تقع في وسط المجاز، بحيث تكون حمولة العقدة الثانية (الوسطية) تعادل (1000Ton) وحمولة كل من العقدتية الطرفيتين تعادل (500Ton)، تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (4-30) و(4-31):

12- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Force/Moment>
> On Nodes >

- Box> (يتم اختيار صف العقد الواقعة في أعلى وسط المجاز) >

Direction of Force/Mom= **FY** (اتجاه محور القوة)

Value = **-1000** (ton) (قيمة القوة مع الانتباه للإشارة)

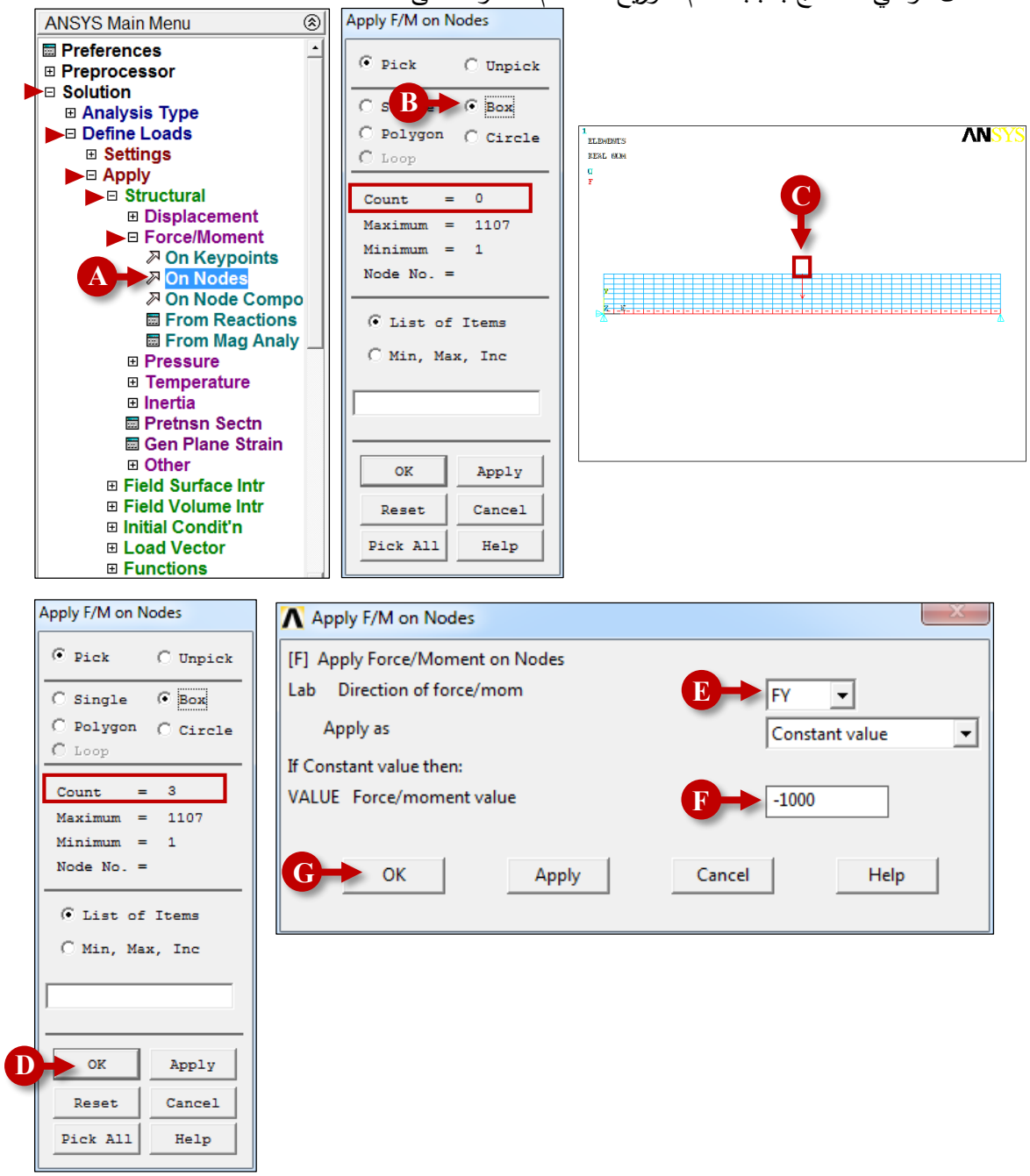
- Single> (يتم اختيار العقدتين الطرفيتين من أعلى وسط المجاز)>

Direction of Force/Mom= **FY**

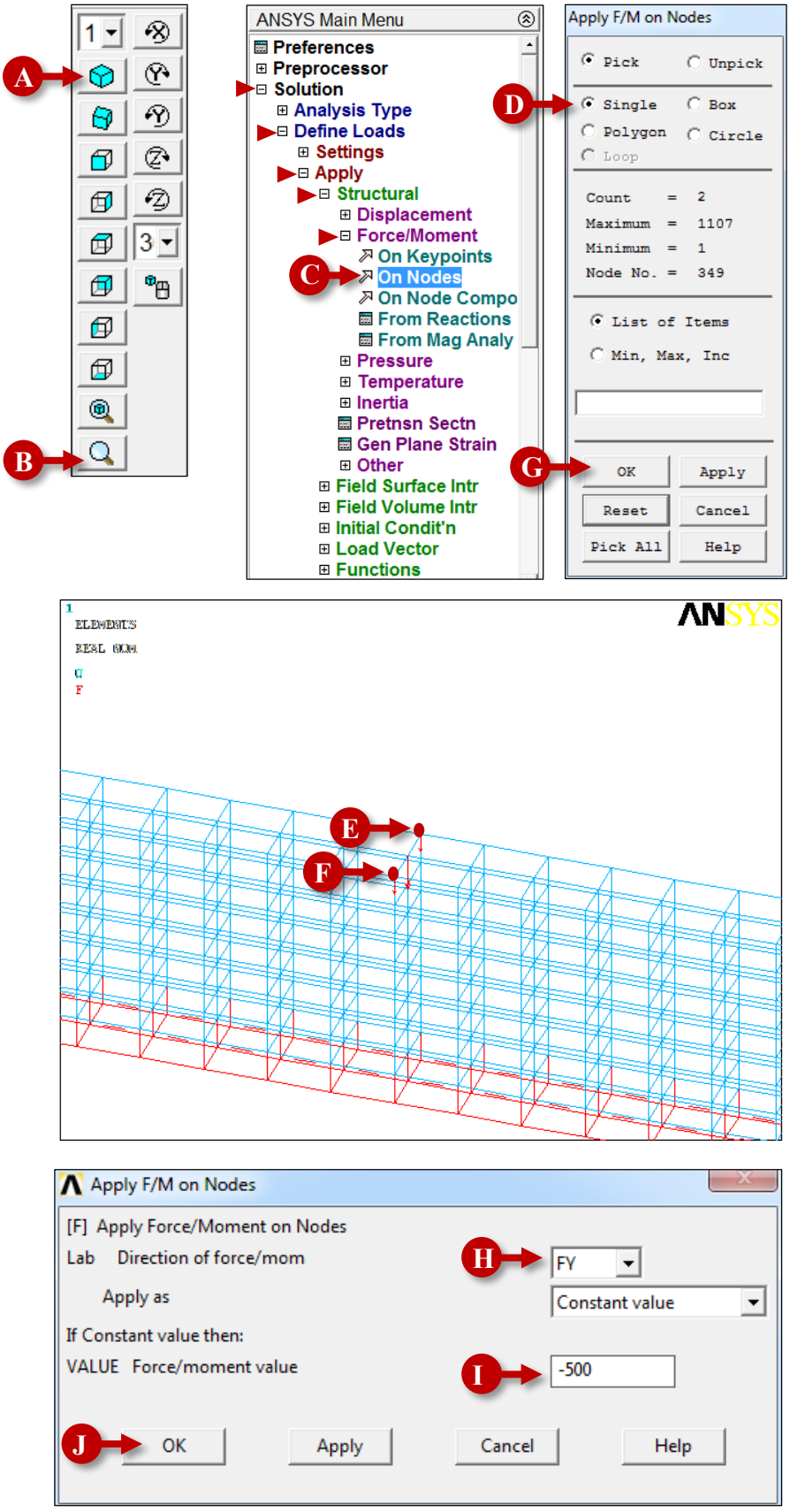
Value = **-500** (ton)

- **ملاحظة (6):**

يُفضل وضع نصف الحمولة على العقد الطرفية بالمقارنة مع العقد الوسطية، تجنباً لحدوث مشاكل أثناء الحل، والتي قد تنتج بسبب عدم التوزيع المنتظم للحمولة على العقد.



الشكل (4-30): تطبيق الحمولة المركزة على العقد

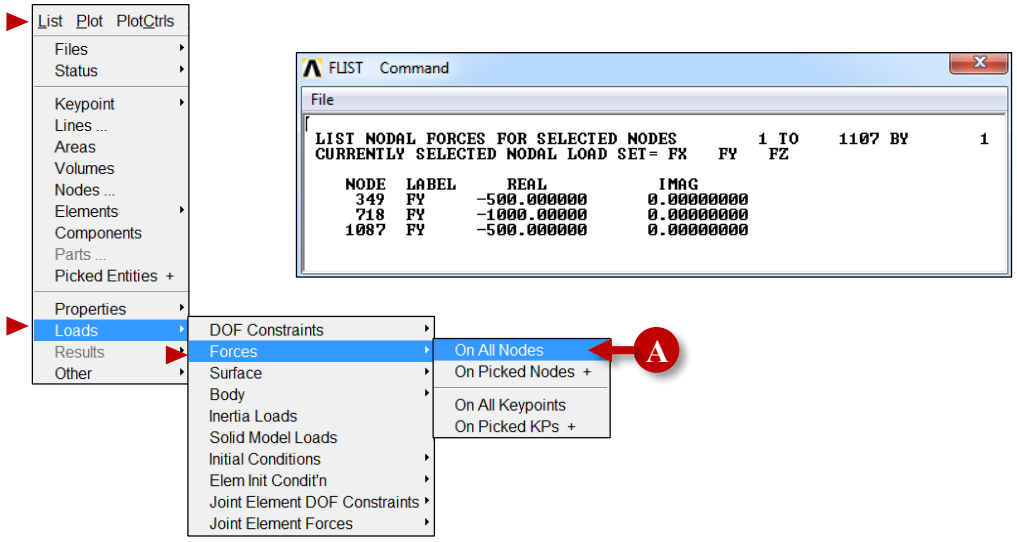


الشكل (4-31): تطبيق الحمولة المركزة على العقد

13- التأكد بأن الحمولة مطبقة على العقد:

يتم التأكد بأن الحمولة مطبقة على العقد من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-32):

13-List> Load> Force> On All Nodes



الشكل (4-32): التأكد بأن الحمولة مطبقة على العقد

14- إعداد خيارات التحليل:

نجعل عدد الواحدات الزمنية (Time) يســاوي الحمل المطبق الكلي أي (2000)، وبالتالي فإن كل واحدة زمنية تقابل واحدة الحمولة (1 Time = 1 Ton)، تتم العملية من خلال المسـار التالي والموضـح في الأشكال (4-33) و(4-34) و(4-35):

14- Solution> Analysis Type> Sol'n Controls>

- Basic:

Small displacement static

Time at end of load step = **2000** (الزمن النهائي عند تطبيق كامل الحمولة)

Automatic Time Stepping = **On**

Time increment:

Time Step Size = **2** (المقدار العام لخطوة تزايد الحمولة)

Minimum Time Step = **0.5** (المقدار الأصغري لخطوة تزايد الحمولة)

Maximum Time Step = **10** (المقدار الأعظمي لخطوة تزايد الحمولة)

Frequency = **Write every substep** (عرض النتائج في كل مرحلة تحميل)

- Sol'n options:

Frequency = **Write every substep**

- Nonlinear:

Line search = **On**

DOF solution predictor = **On for all substep**

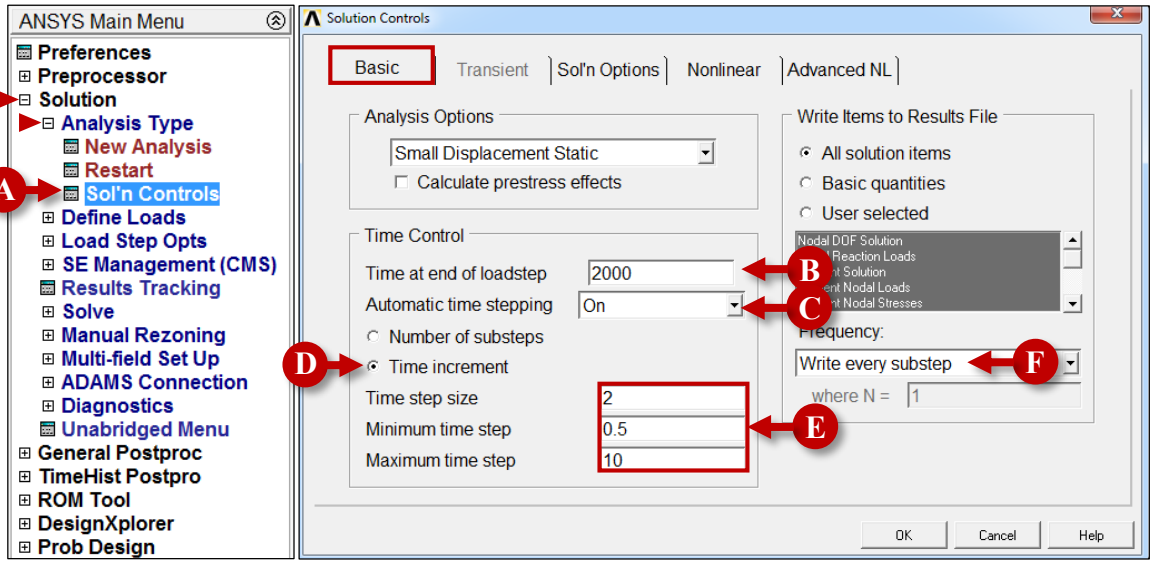
Maximum number of iterations= **20**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

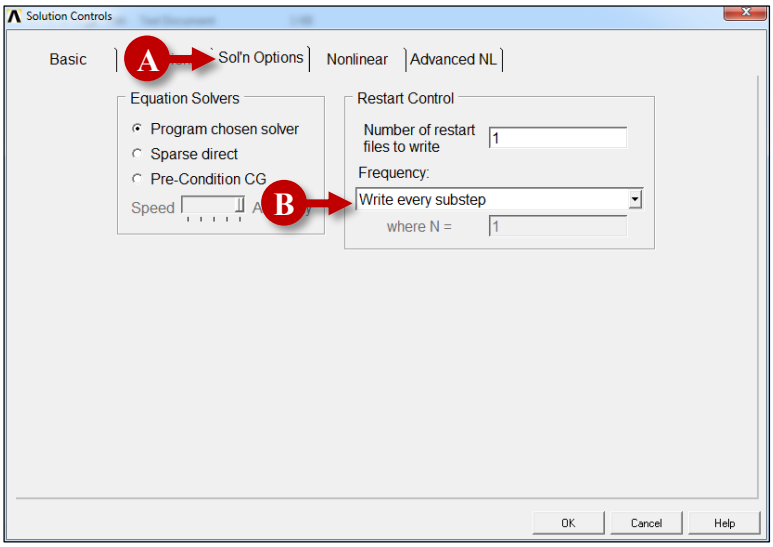
Set convergence criteria

F> Replace> TOLER Tolerance about Value= **0.01**

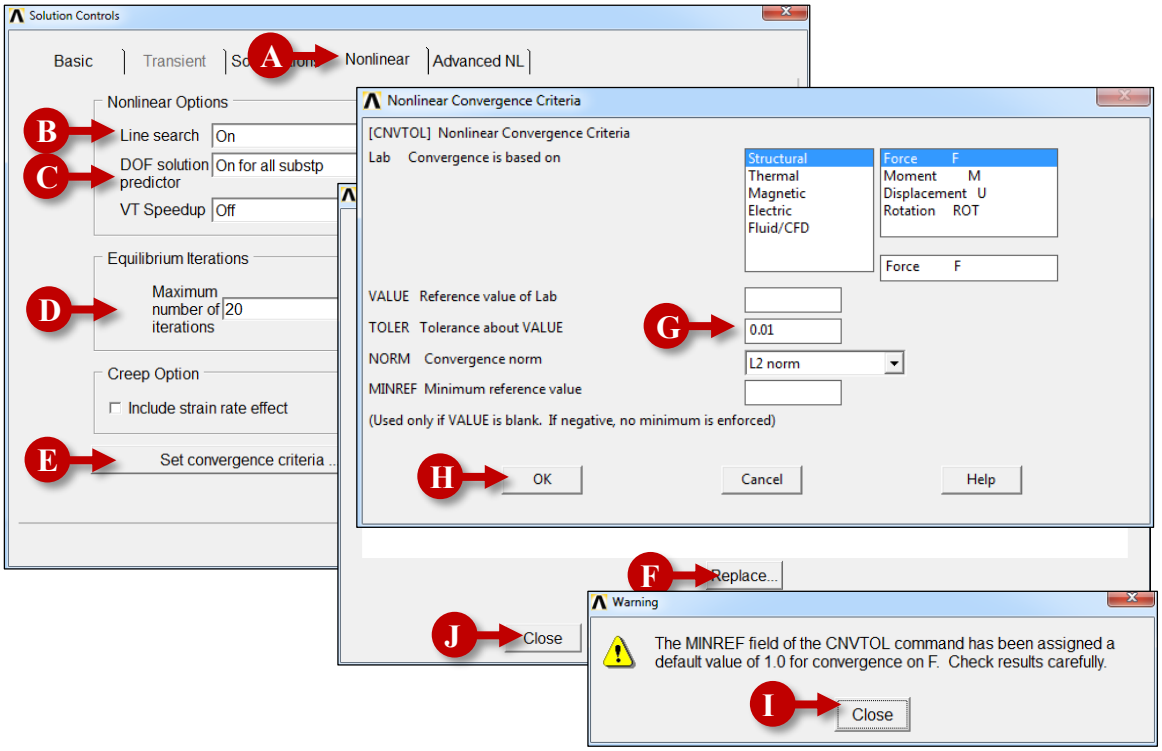
> OK> Close> Close>OK



الشكل (4-33): إعداد خيارات التحليل



الشكل (4-34): إعداد خيارات التحليل



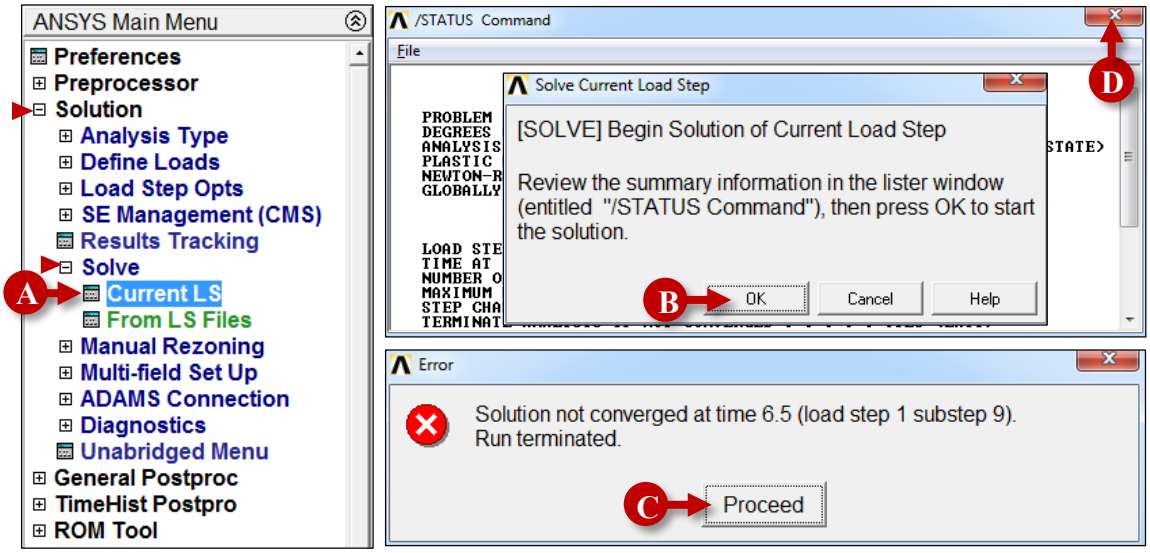
الشكل (4-35): إعداد حد معيار التطابق (Convergence)

15- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر (Solve) الموضح في الشكل (4-36)، وفق المسار التالي:

15- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

عند انتهاء الحل يعطي البرنامج رسالة (error) عند الزمن (6.5)، وبالتالي فإن حمولة الإنهيار لا تزيد عن (6ton).

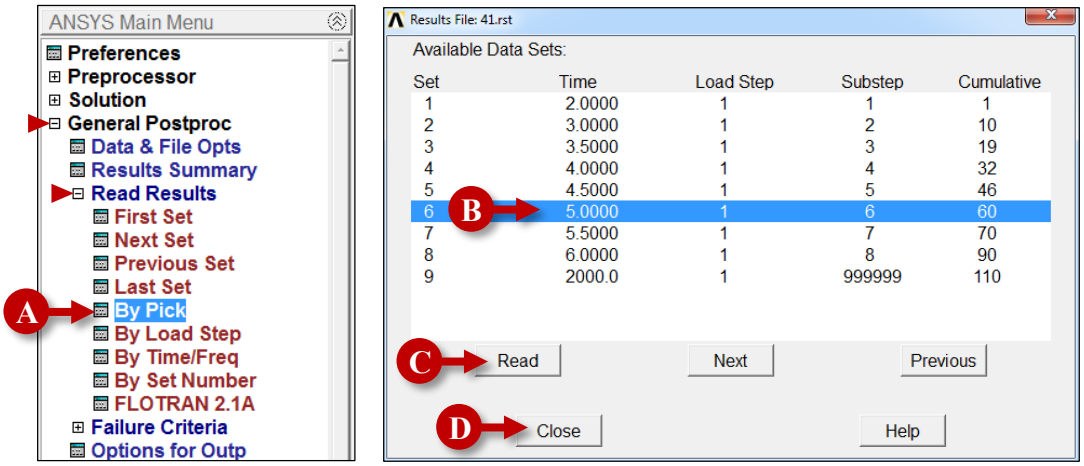


الشكل (4-36): بدء التحليل

16- معاينة النتائج من أجل حمولة معينة:

يعطي البرنامج قائمة لجميع الحمولات بدلالة الزمن، نلاحظ بأن أخر قيمة من قائمة الحمولات (Set=9, Time=20, Substep=999999) غير حقيقية لأنه لم يتم الوصول لها خلال الحل، نختار حمولة معينة ثم ننقر (Read) لقراءة النتائج. تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-37):

16- General Postproc> Read Results> By Pick> Time=5> Read> Close



الشكل (4-37): قائمة الحمولات بدلالة الزمن

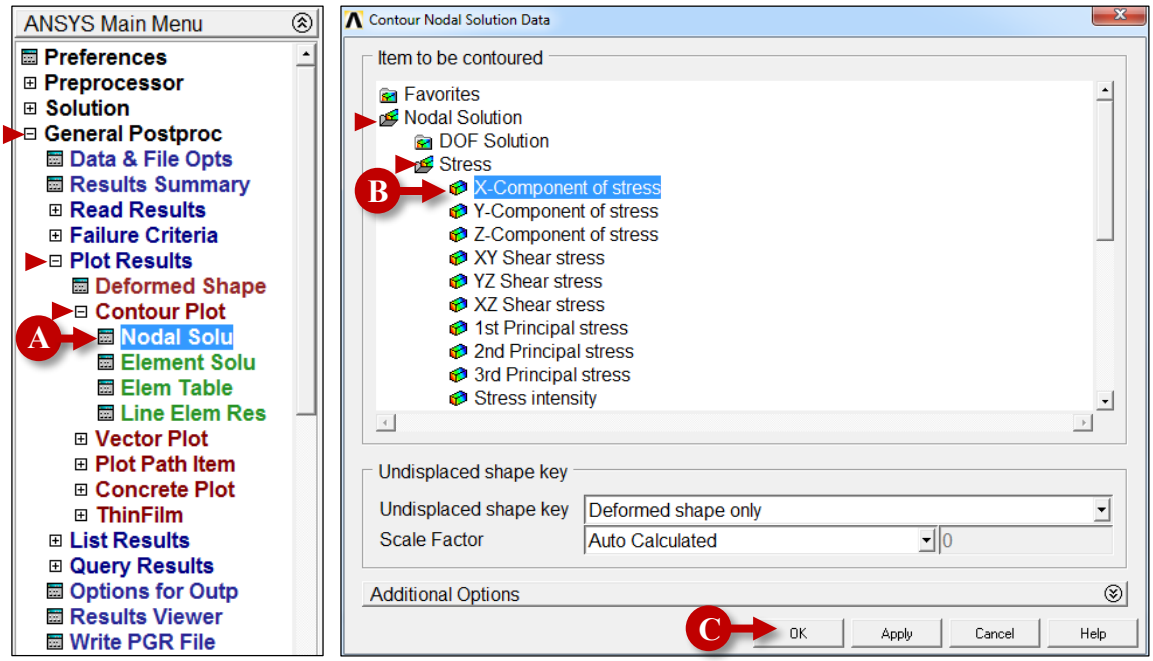
17- معاينة الإجهادات:

تتم معاينة مخطط إجهادات (SX) من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-38) و(4-39):

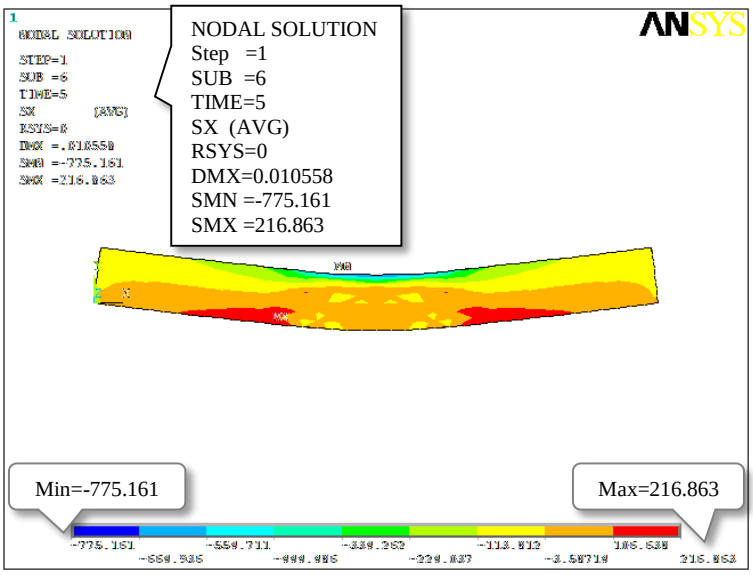
17- General Postproc> Plot Results> Contour Plot>Nodal Solu>
Stress> X-Component of Stress> OK

يتم إعادة ملئ المساحات بالألون كما يلي:

- **PlotCtrls> Device Options…>** Vector mode (wireframe) = **Off**



الشكل (4-38): تحديد إجهادات (X-Component of Stress) لمعاينتها

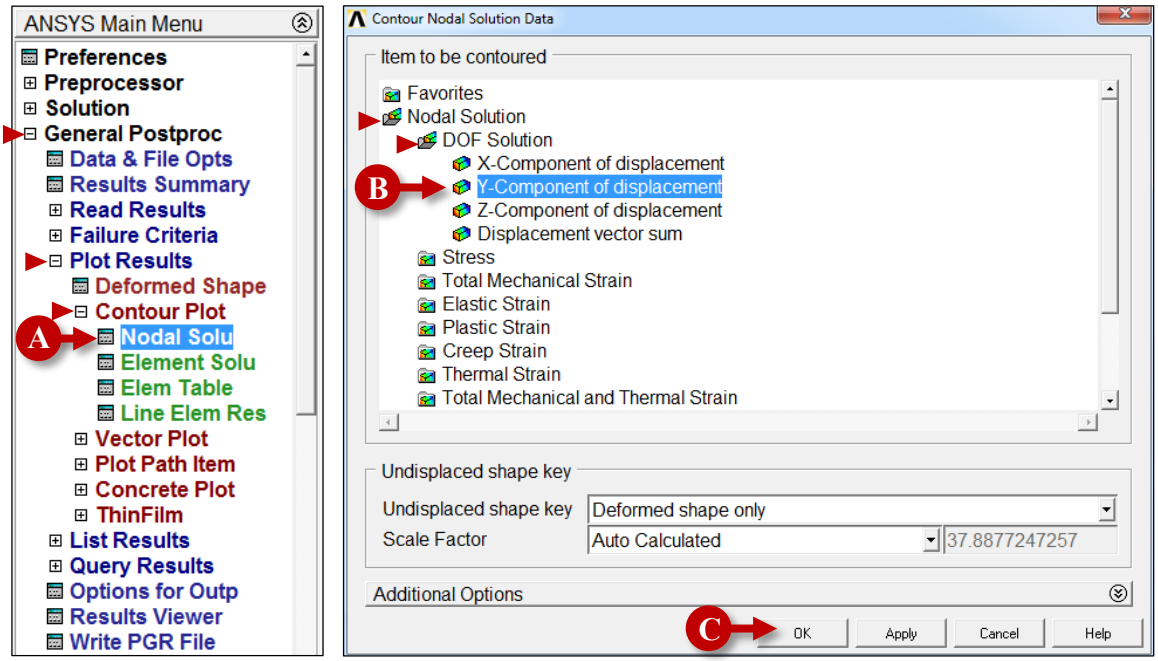


الشكل (4-39): مخطط الإجهادات بالاتجاه (X)

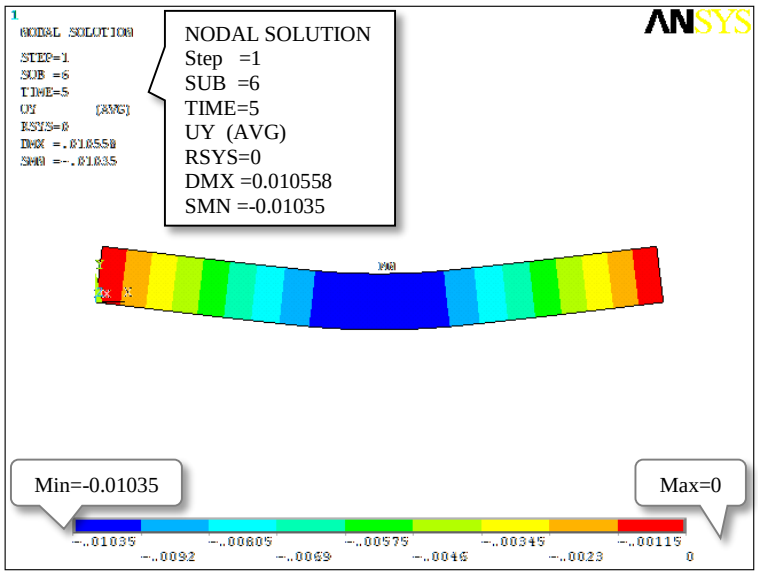
18- معاينة الإنتقالات:

تتم معاينة مخطط الإنتقالات (UY) من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-40) و(4-41):

18- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
DOF Solution> Y-Component of Displacement> OK



الشكل (4-40): تحديد الإنتقالات (Y-Component of Displacement) لمعاينتها



الشكل (4-41): مخطط الإنتقالات الشاقولية (UY)

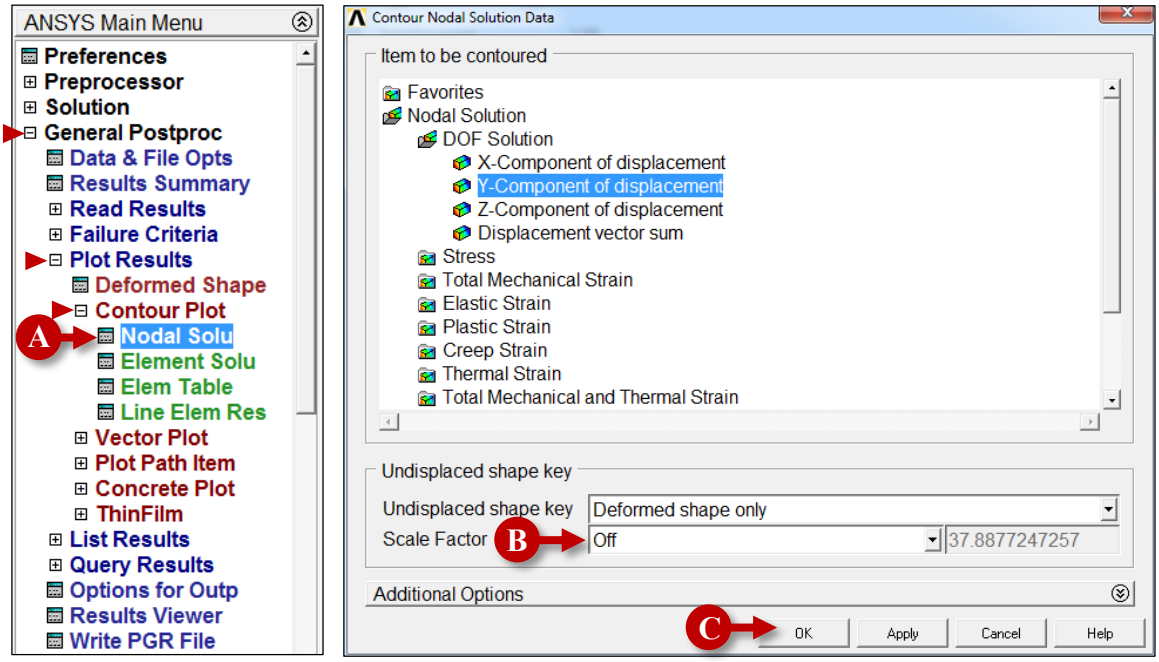
19- معاينة التشققات:

في حال ظهرت التشـققات خارج مجال الجائز المشـوه، فإن ذلك يعود إلى وجود الشـكل المشـوه للجائز في حين تظهر التشققات بالنسبة للشكل الأصلي له.

يتم تعطيل مقياس التشوه من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكل (4-42):

19-1. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>

Scale factor= **Off**



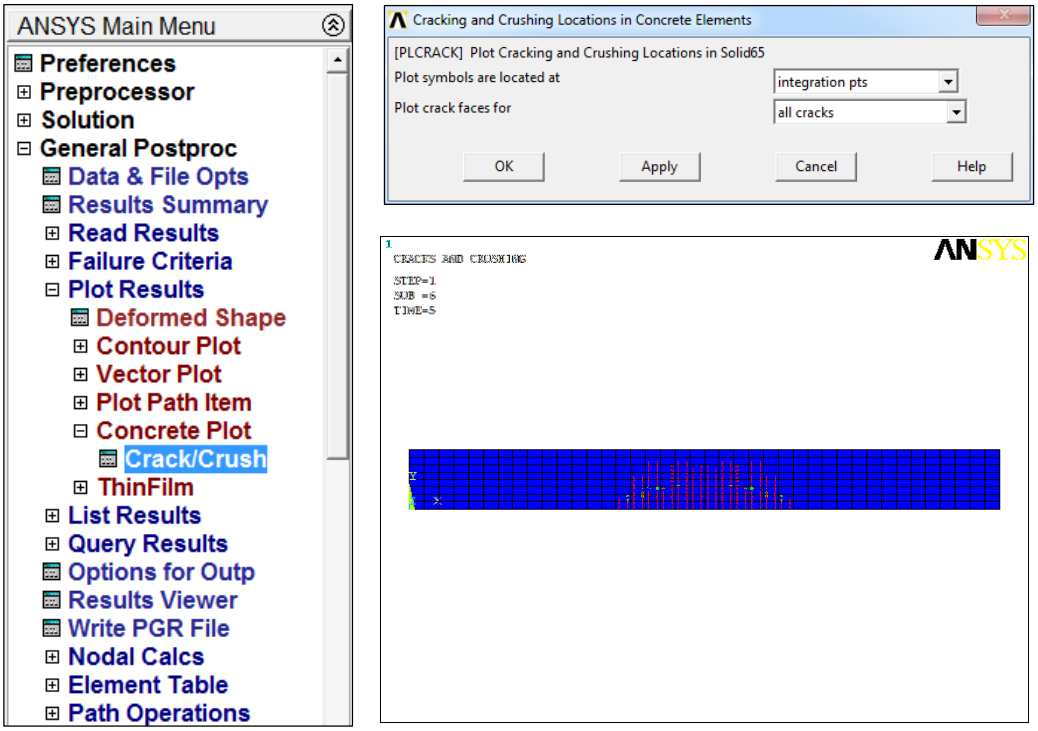
الشكل (4-42): تعطيل مقياس التشوه

يتم إظهار التشققات من خلال إتباع المسار التالي والموضح في الشكل (4-43):

2. General Postproc> Plot Results> Concrete Plot> Crack/Crash> OK

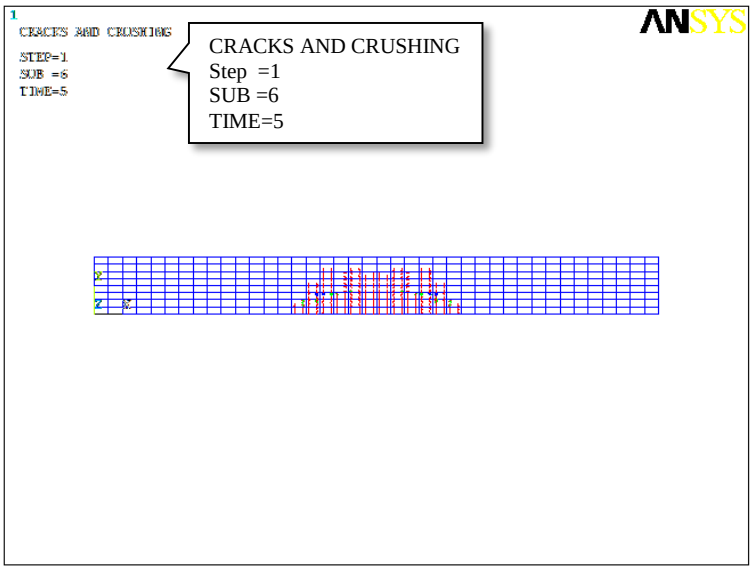
للمعاينة بشكل أوضح يتم إلغاء ملئ سطوح العناصر بالألون من خلال إتباع المسار التالي والموضح سابقاً في الشكل (4-23):

3. PlotCtrls> Device Options…> Vector mode (wireframe) = **On**



الشكل (4-43): تفعيل إظهار التشققات

تظهر التشققات في الجائز عند الحمولة المختارة كما هو مبين في الشكل (4-44).



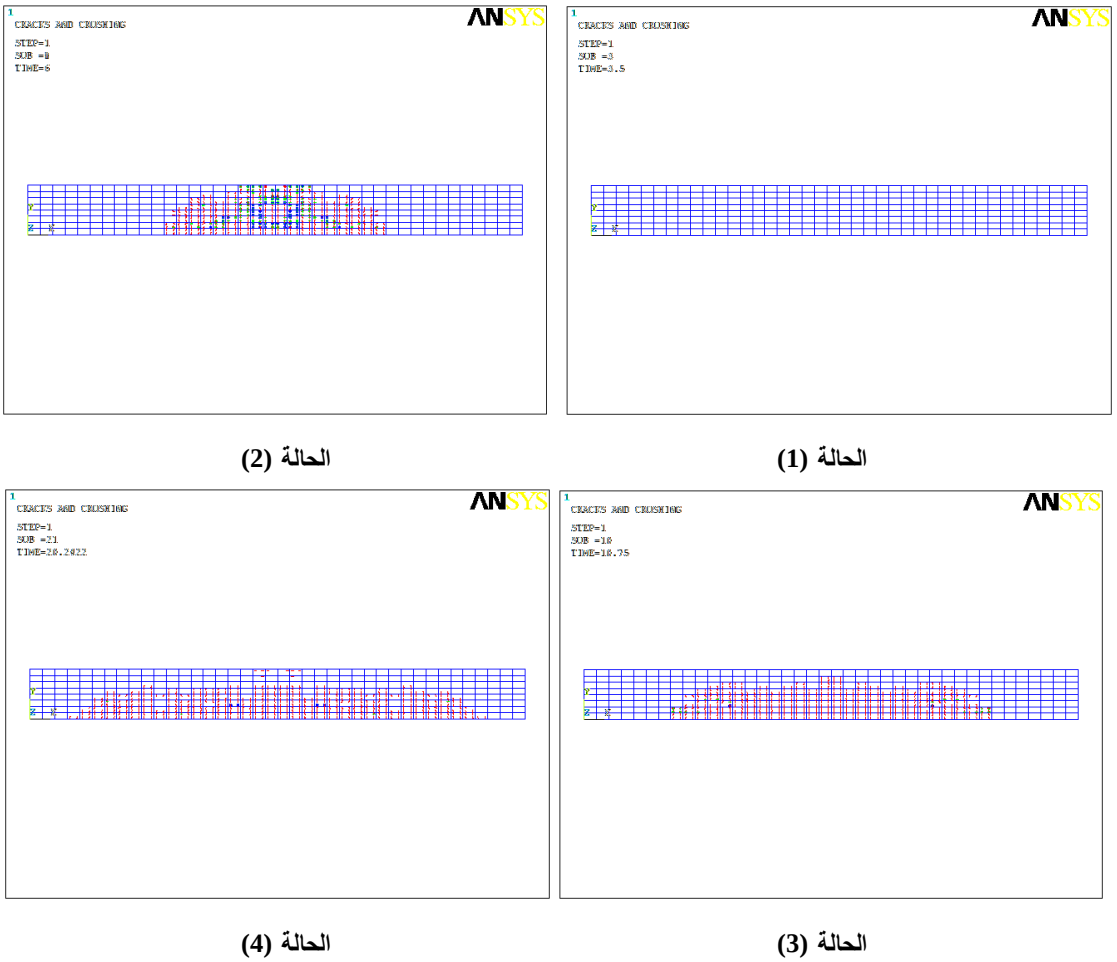
الشكل (4-44): التشققات في الجائز عند الحمولة المختارة

- **ملاحظة (7):**

بزيادة مساحة قضبان التسليح تزداد قدرة التحمل، وكذلك تزداد التشققات، فمثلاً عند تغير نسبة التسليح (VRA1=0.016) في الخطوة رقم (2) من هذا المثال، يتم الحصول على النتائج التالية المبينة في الجدول (4-1) والموضحة في الشكل (4-45):

الجدول (4-1): أثر تغير كمية التسليح على حمولة الإنهيار وانتشار التشققات

رقم الحالة	عدد وقطر قضبان التسليح ضمن العنصر البيتوني	نسبة التسليح المستخدمة في العنصر البيتوني (VRA1)	حمولة الإنهيار (Ton)	ملاحظات (حول انتشار التشققات)
1	1Ø12mm	0.009	3.5	عدم وجود تشققات
2	1Ø16mm	0.016	6	تظهر تشققات (بمقدار معين)
3	2Ø16mm	0.032	10.75	تزداد التشققات بالمقارنة مع السابق
4	4Ø16mm	0.064	20.24	تزداد التشققات أكثر بالمقارنة مع السابق



الحالة (1) الحالة (2)

الحالة (3) الحالة (4)

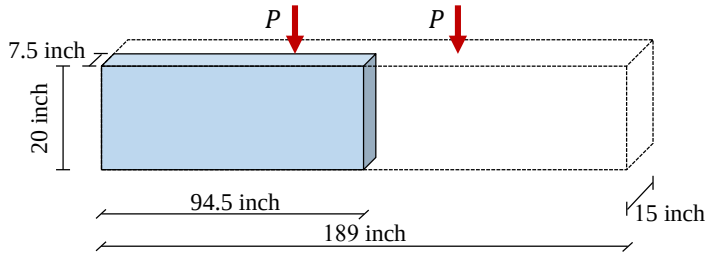
الشكل (4-45): تطور التشققات مع زيادة نسبة التسليح

نهاية المثال الأول

5-4 المثال الخامس:

نمذجة جائز بيتوني بالإستفادة من مبدأ التناظر

جائز بيتوني متناظر، طوله الكلي (189 inch) وارتفاع مقطعه (20 inch) وعرض مقطعه الكلي (15 inch)، يحوي أربع قضبان سفلية نصف قطر الواحد منها (0.5 inch)، وأساور بشكل حرف (U) لها نفس نصف قطر القضبان، يتعرض الجائز لحمولة انعطاف أربع نقاط حيث تبلغ قيمتها (P =2× 6 ×7500 Pound)، كما هو مبين في الشكل (4-163)، والمطلوب نمذجة الجائز ومعاينة نتائج التحليل.



$$f_{c.tension} = 474.34 \quad psi$$
$$E_c = 3.605 \times 10^6 \quad psi$$
$$f_y = 60000 \quad psi$$
$$E_s = 2.9 \times 10^7 \quad psi$$

الشكل (4-163) : شكل الجائز وأبعاده

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ نمذجة قضبان التسليح والأساور باستخدام سطر الأوامر البرمجية.
- ✓ الإستفادة من مبدأ التناظر (Symmetry) خلال النمذجة.
- ✓ معاينة الجزء المتناظر.

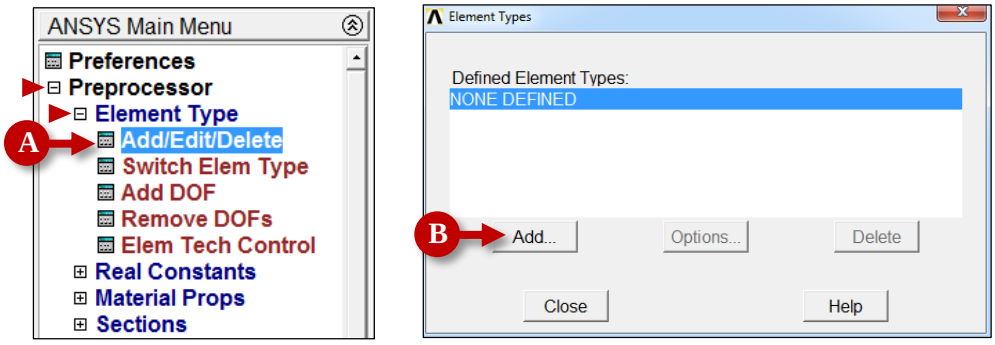
❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد العناصر المستخدمة:

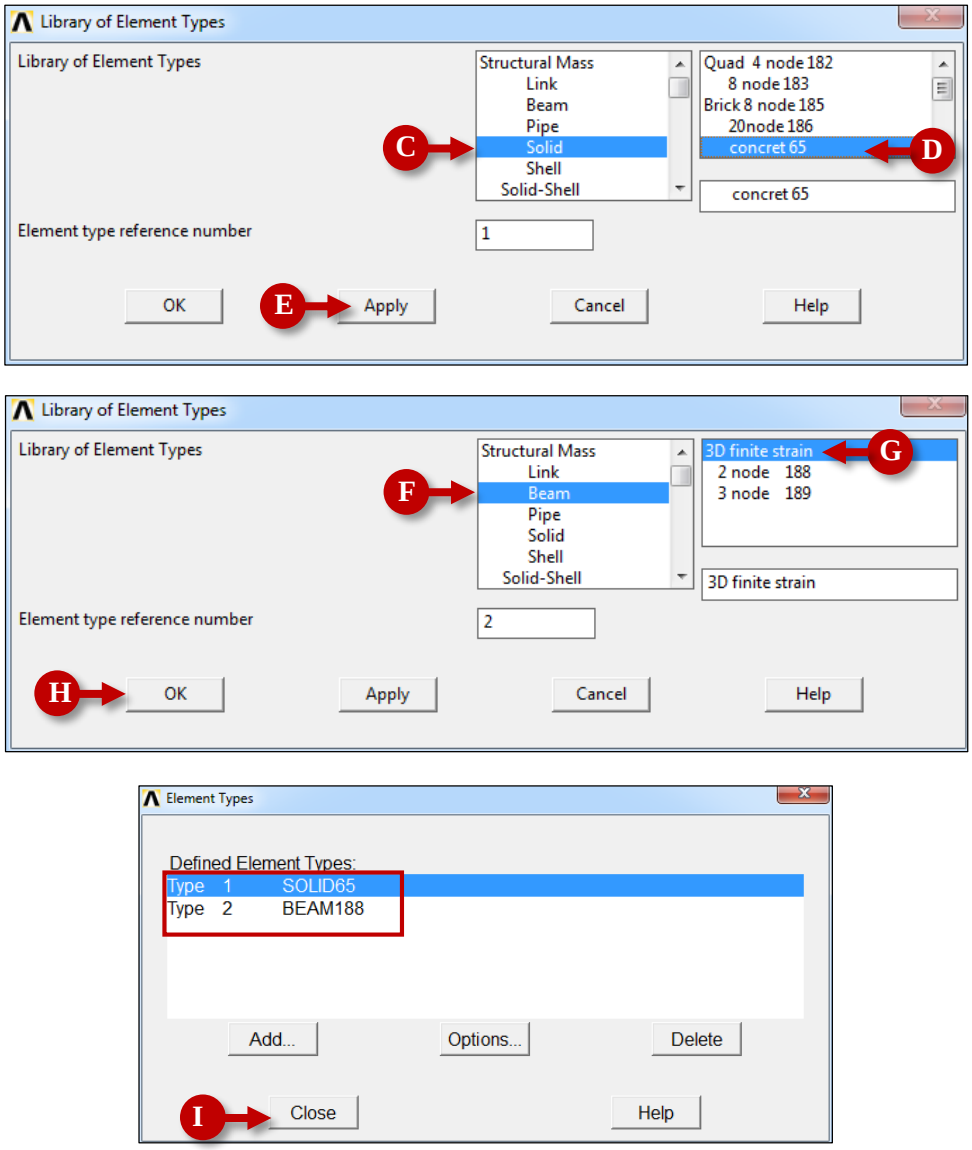
سيتم تحديد عنصرين هما (Solid65) و(Beam)، حيث تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-164):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete>

Add: 1. Solid > concrete 65 > Apply
2. Beam > 3D Finite Strain> OK



الشكل (4-164-a): تحديد العناصر



الشكل (4-164-b): تحديد العناصر

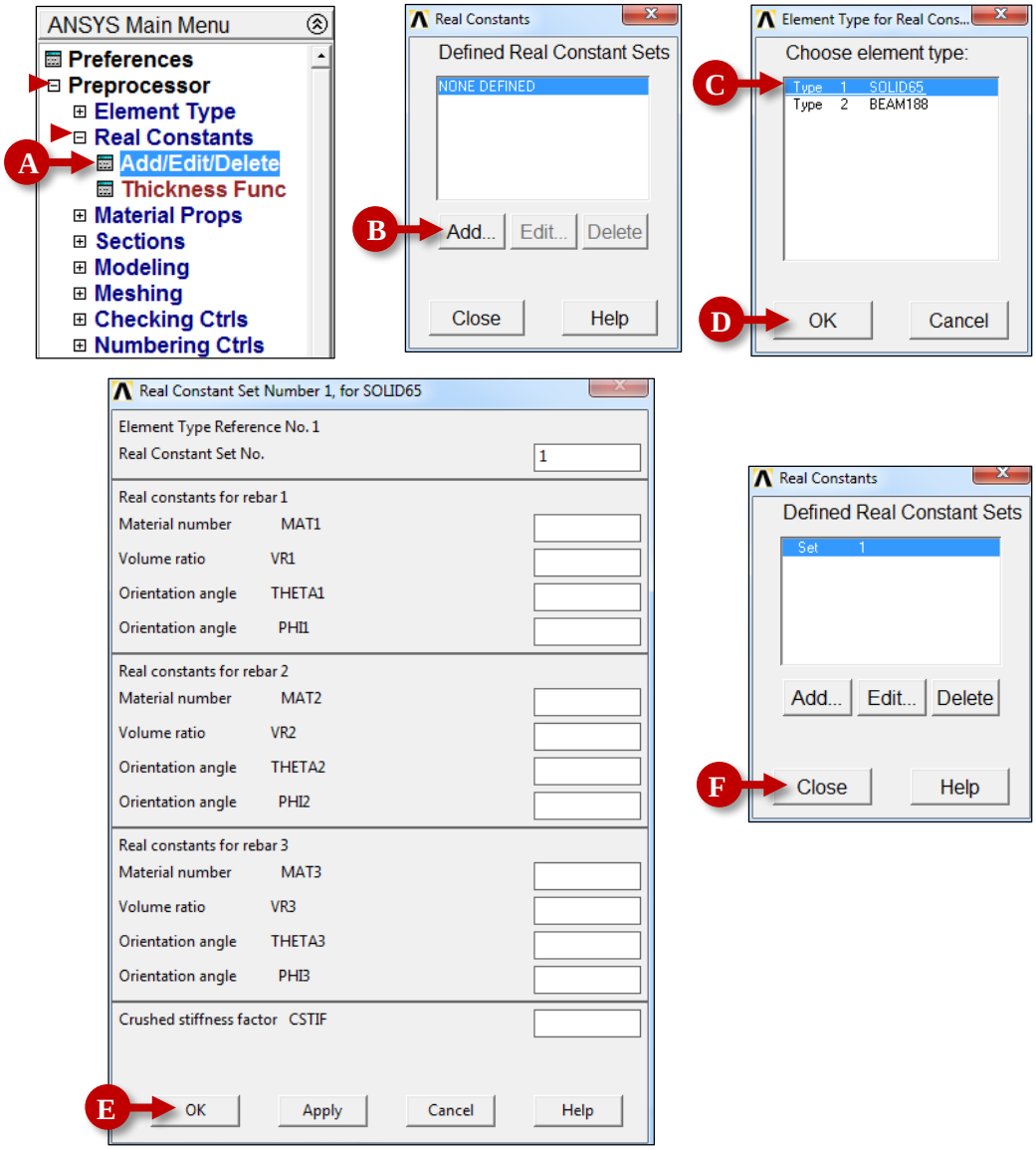
2- تعريف ثوابت المواد المستخدمة:

سيتم تعريف ثوابت المواد (Real Constant) لعنصر البيتون بحيث لا يحوي هذا العنصر على تسليح ضمني، تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-165):

2- Preprocessor> Real Constant> Add/Edit/Delete>Add:

1. **Type 1 Solid65> OK**

MAT1=0
VRA1=0
THETA1=0
PH1=0
OK>Close



الشكل (4-165): تحديد ثوابت العناصر

3- تعريف خصائص المواد المستخدمة:

يتم تعريف خصـائص المواد المسـتخدمة من خلال المسـارات التالية والموضـحة في الأشـكال (4-166)، (4-167)، (4-168):

3- Preprocessor> Material props> Material models>

1. **Material model Number1> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **3.605e6** (psi) (معامل مرونة البيتون)

PRXY = **0.2** (معامل بواسون للبيتون)

2. **Structural>Nonlinear> Inelastic> Non-metal Plasticity> Concrete**

Open Shear Transfer Coef = **0.3** (معامل نقل القص عبر الشقوق المفتوحة)

Closed Shear Transfer Coef = **1** (معامل نقل القص عبر الشقوق المغلقة)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

(إجهاد الشد في البيتون) Uniaxial Cracking Stress = **474.34** (psi)

(إجهاد الضغط في البيتون) Uniaxial Crushing Stress = **-1**

- **ملاحظة (1):** يشير الرقم (-1) إلى أن مقاومة البيتون عالية، والإنهيار يكون على فولاذ التسليح.

3. **Material> New Material**
4. **Material model Number2> Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

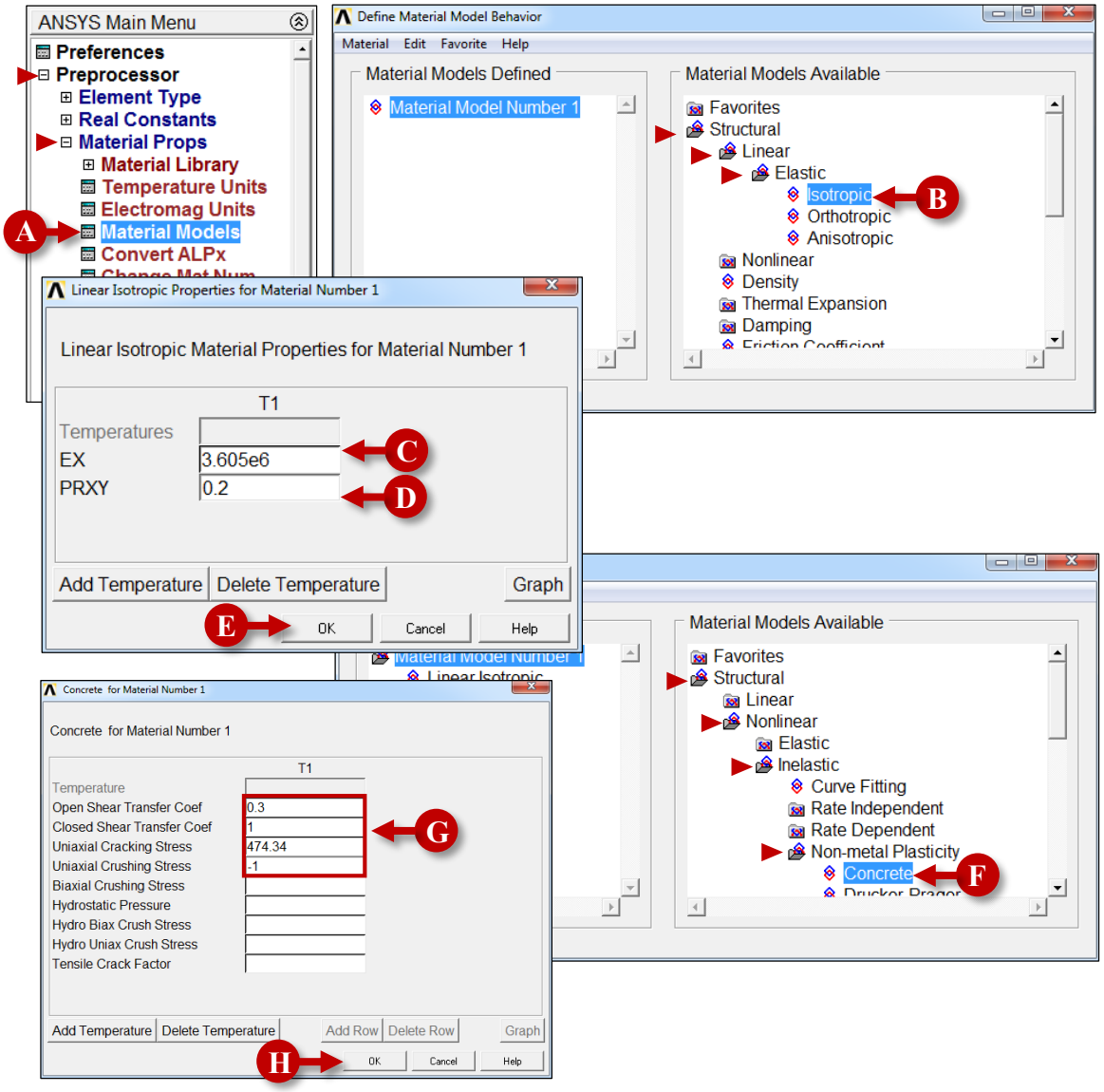
(معامل مرونة فولاذ التسليح) EX = **2.9e7** (psi)

(معامل بواسون لفولاذ التسليح) PRXY = **0.3**

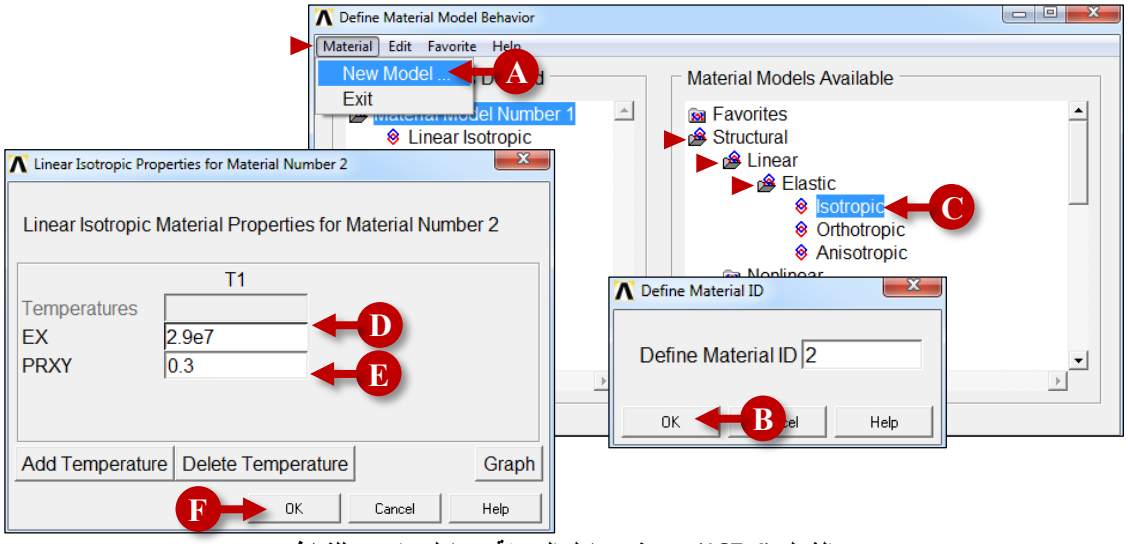
5. **Model Number2> Structural>Nonlinear> Inelastic> Rate-Independent> Isotropic Hardening Plasticity> Mises Plasticity> Bilinear**

(إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح) Yield stss = **60000** (psi)

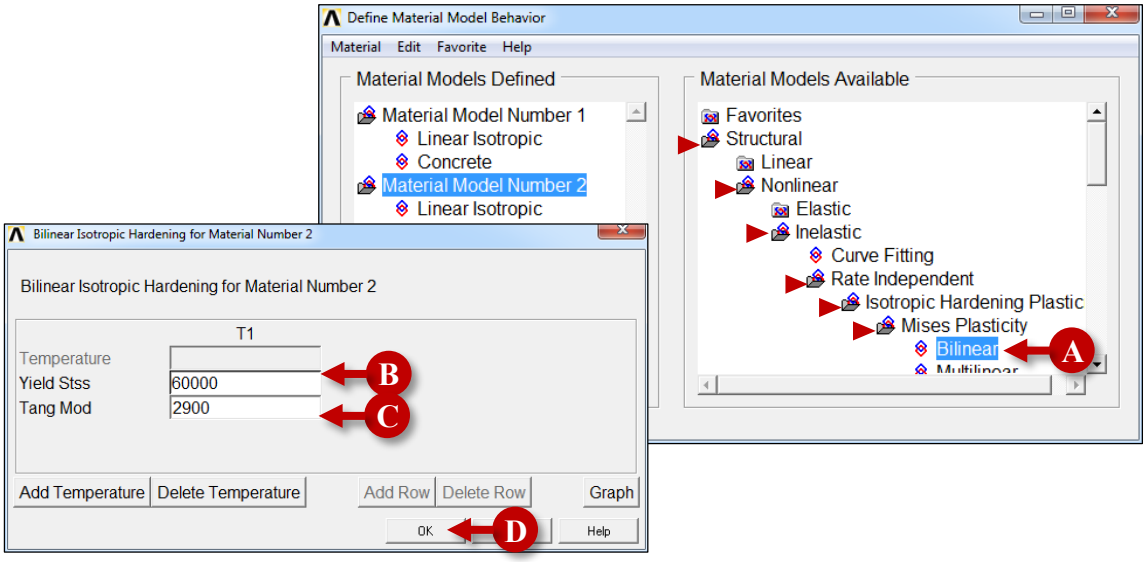
(معامل الميل في المخطط النموذجي) Tang Mod = **2900**



الشكل (4-166): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون، وتحديد اجهاد الشد والضغط في البيتون



الشكل (4-167): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للفولاذ



الشكل (4-168): تحديد إجهاد الخضوع في الفولاذ

4- تعريف مقطع فولاذ التسليح:

يتم تعريف مقطع قضبان فولاذ التسليح وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-169):

4-1. Preprocessor> Sections> Beam> Common Sections>

Name = **d1** (يتم اقتراح اسم ما للمقطع الفولاذي)

Sub-Type = (**دائري**) (يتم اختيار الشكل الدائري للمقطع الفولاذي)

R = **0. 5** (inch) (نصف قطر المقطع الفولاذي)

N = **0** (عدد التقسيمات الشعاعية ضمن المقطع)

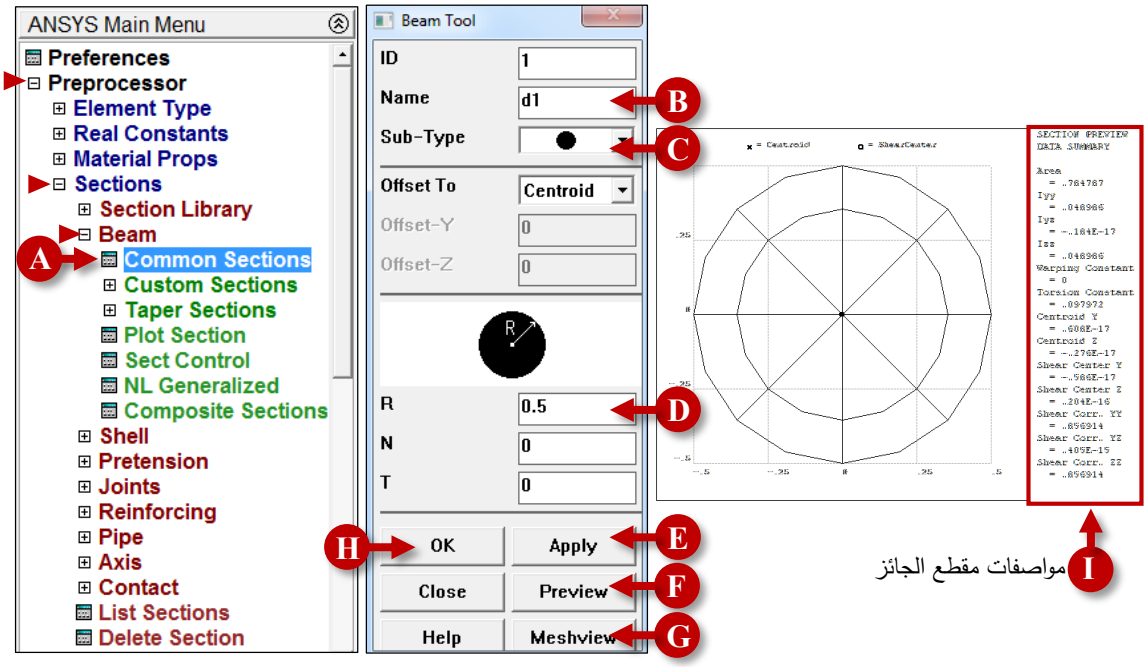
T = **0** (عدد التقسيمات الحلقية ضمن المقطع)

(يشير الرقم صفر إلى أخذ الرقم الافتراضي الذي يفرضه البرنامج)

Apply> Mesh View> Preview> Ok

2. Plot> Replot

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-169): تحديد أبعاد مقطع قضيب التسليح

5- رسم ربع الجائز بشكل حجمي:

يتم رسم ربع الجائز بشكل حجمي من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-170):

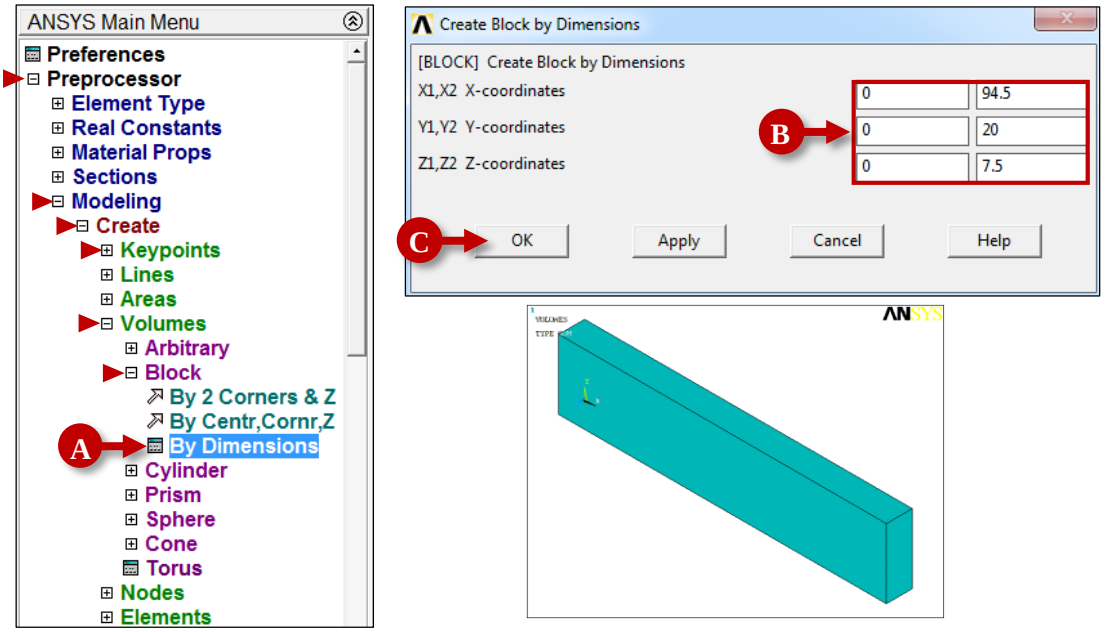
5- Preprocessor> Modeling> Create> Volume> Block> By Dimension>

X1 , X2 = **0** , **94.5** (inch) (طول الجائز)

Y1 , Y2 = **0** , **20** (inch) (ارتفاع المقطع)

Z1 , Z2 = **0** , **7.5** (inch) (عرض المقطع)

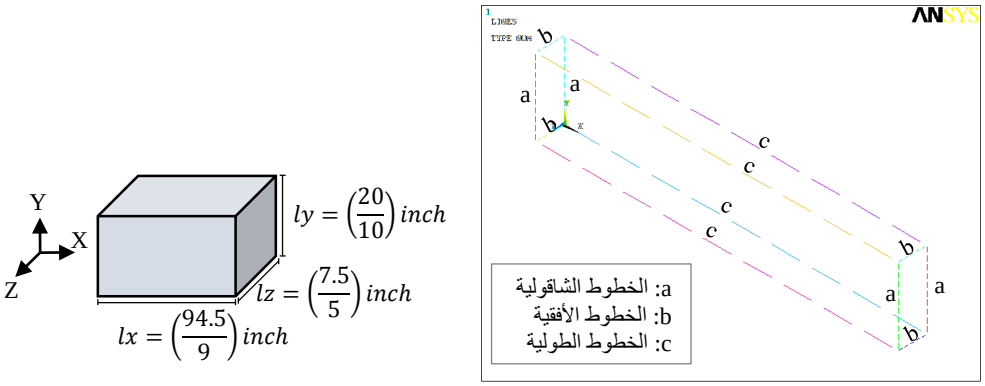
> OK > **Isometriv View**



الشكل (4-170): رسم ربع الجائز

6- تحديد خطة تقسيم المقطع:

إن أبعاد مقطع الجائز (7.5×20 inch) وسيتم تقسيم الجائز إلى (10) قطع بالاتجاه الشاقولي (Y)، و(5) قطع بالاتجاه العرضي (Z)، و(9) قطع بالاتجاه الطولي، ويبين الشكل (4-171) أبعاد العنصر. تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (4-172) و(4-173):



الشكل (4-171): أبعاد العنصر بعد التقسيم

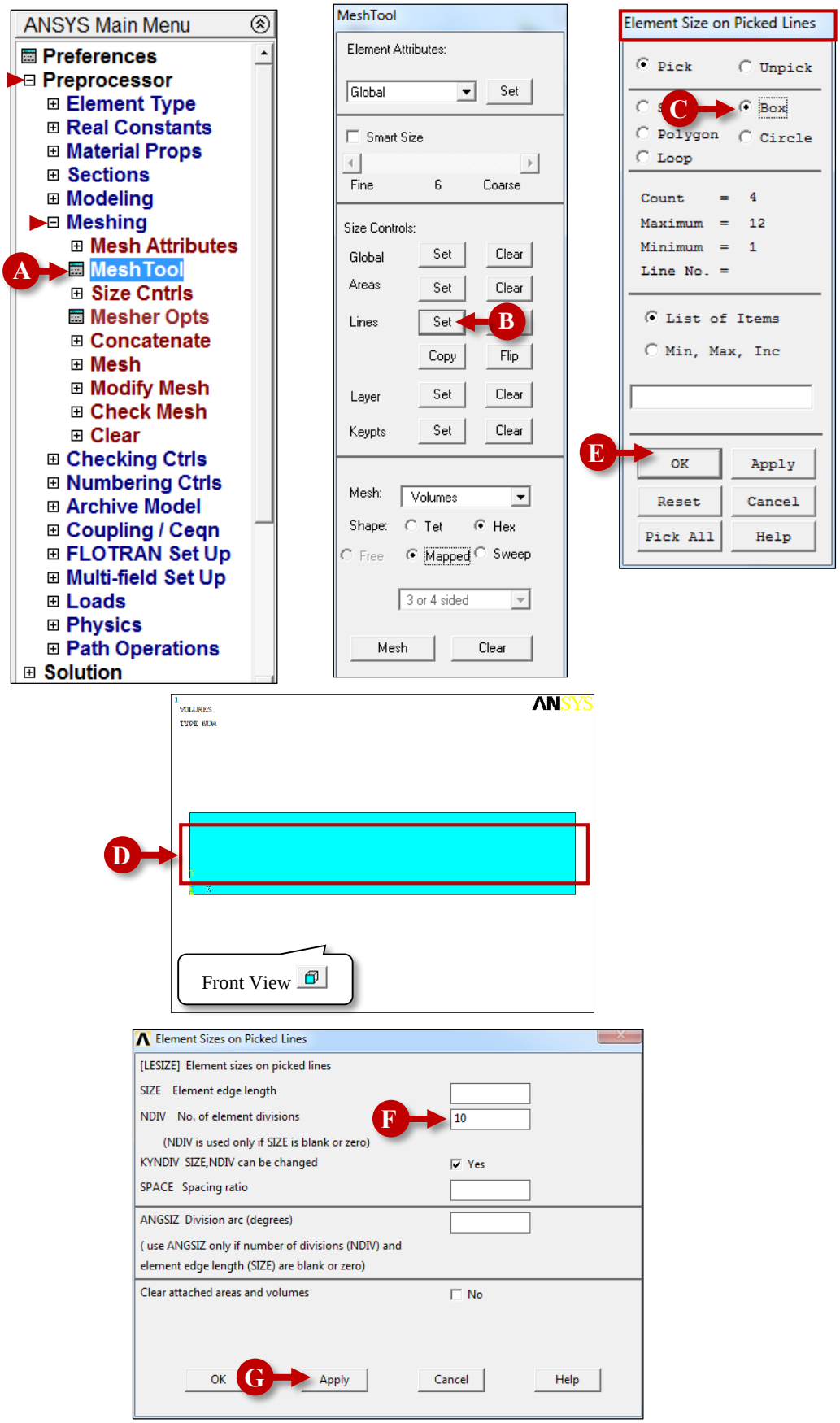
6- Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

1. **Front View**
2. Lines> **Set** > Box> (Y يتم اختيار الخطوط الأربعة الشاقولية باتجاه المحور)> OK
   No. of Element Divisions = **10** (عدد القطع في كل ضلع شاقولي من المقطع)
   > OK
3. **Right View**
4. Lines> **Set** > Box> (Z يتم اختيار الخطوط الأربعة الأفقية باتجاه المحور)> OK
   No. of Element Divisions = **5** (عدد القطع في كل ضلع أفقي من المقطع)
   > OK
5. **Front View**
6. Lines> **Set** > Box> (X يتم اختيار الخطوط الأربعة الطولية باتجاه المحور)> OK
   No. of Element Divisions = **9** (عدد القطع في كل ضلع طولي من المقطع)
   > OK

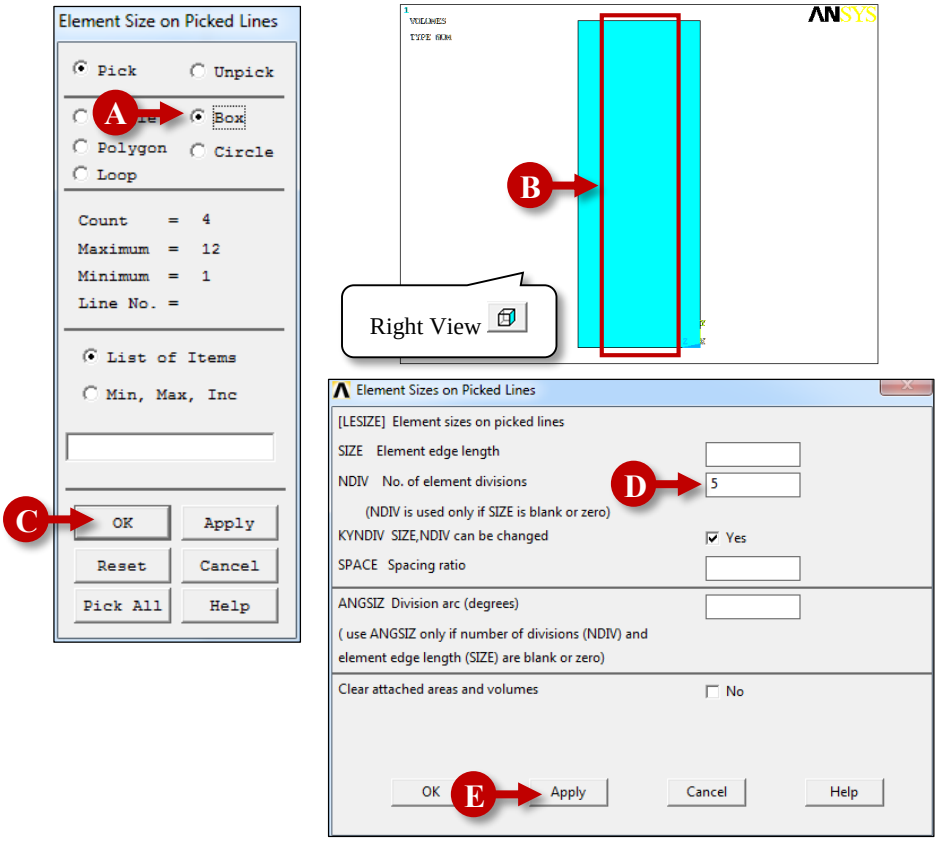
7. Element Attributes: Global> Set>
   [TYPE] = **Solid65** (تحديد مادة البيتون كافتراضية عند رسم العناصر)
   [MAT] = **1** (تحديد الرقم 1 من خصائص المواد والتابع لمادة البيتون كافتراضي)
   [Real] = **1** (تحديد الرقم 1 من (Real Constant) التابع لمادة البيتون كافتراضي)

8. Mesh: Volumes: **Hex - Mapped** > Mesh> Pick All

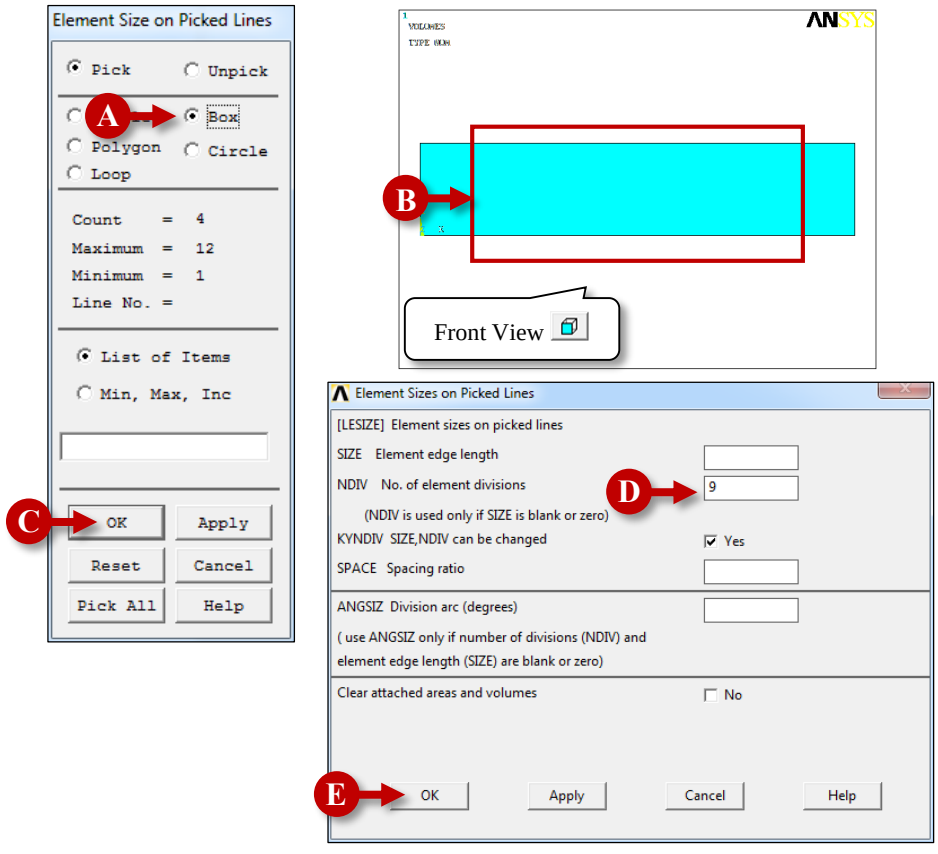
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



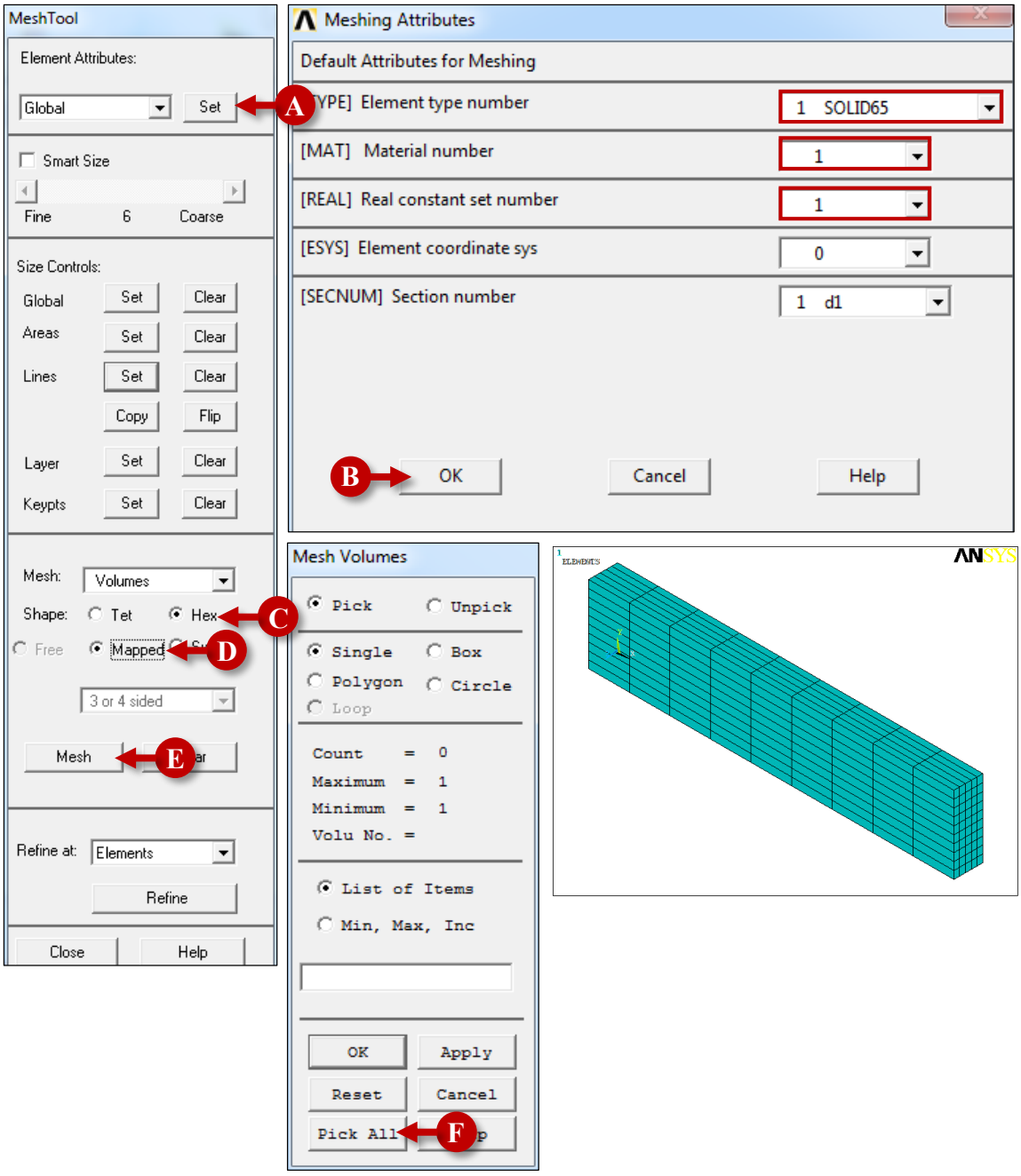
الشكل (4-172-a): تحديد عدد تقسيمات الخطوط الأربعة الشاقولية باتجاه المحور (Y)



الشكل (4-172-b): تحديد عدد تقسيمات الخطوط الأربعة الأفقية باتجاه المحور (Z)



الشكل (4-172-c): تحديد عدد تقسيمات الخطوط الأربعة الطولية باتجاه المحور (x)



الشكل (4-173): التأكد من الخصائص الإفتراضية للعناصر وتنفيذ التقسيم

7- تجهيز العقد قبل رسم قضبان التسليح:

سـيتم في هذه المرحلة إظهار عقد العمود الثاني في المقطع وعلى كامل امتداد الجائز، وكذلك إظهار ترقيم هذه العقد، وتحديد الخصائص الإفتراضية لعناصر قضبان التسليح التي سيتم رسمها في المرحلة اللاحقة. تتم هذه العملية وفق المسار التالي والموضح في الشكلين (4-174) و(4-175):

7-1. Right View

2. **Select> Entities…> Nodes> By Num/Pick>** OK> Box
> (يتم تحديد عقد العمود الشاقولي الثاني كما هو مبين في الشكل(4-174)) > OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

3. **Plot> Nodes**
4. **Front View**
5. **PlotCtrls> Numbering…>** NODE Node Numbers : **On > OK**

يتم تحديد المواد الافتراضية للفولاذ قبل الرسم:

6. **Preprocessor> Modeling> Create> Elements> Elem Attributes>**

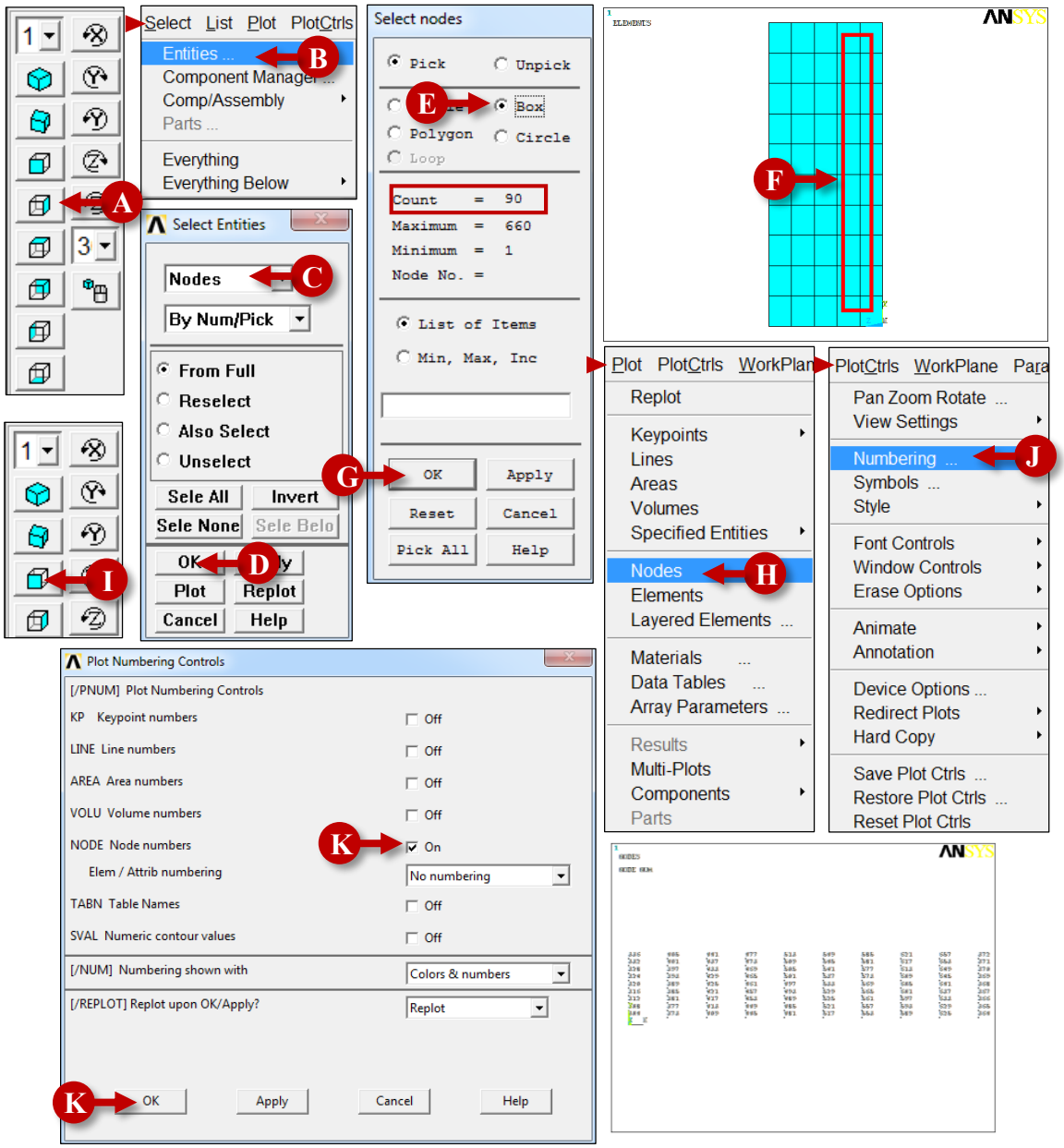
[TYPE] = **Beam 188** (تحديد مادة الفولاذ كافتراضية عند رسم العناصر)

[MAT] = **2** (تحديد الرقم 2 من خصائص المواد والتابع لمادة الفولاذ كافتراضي)

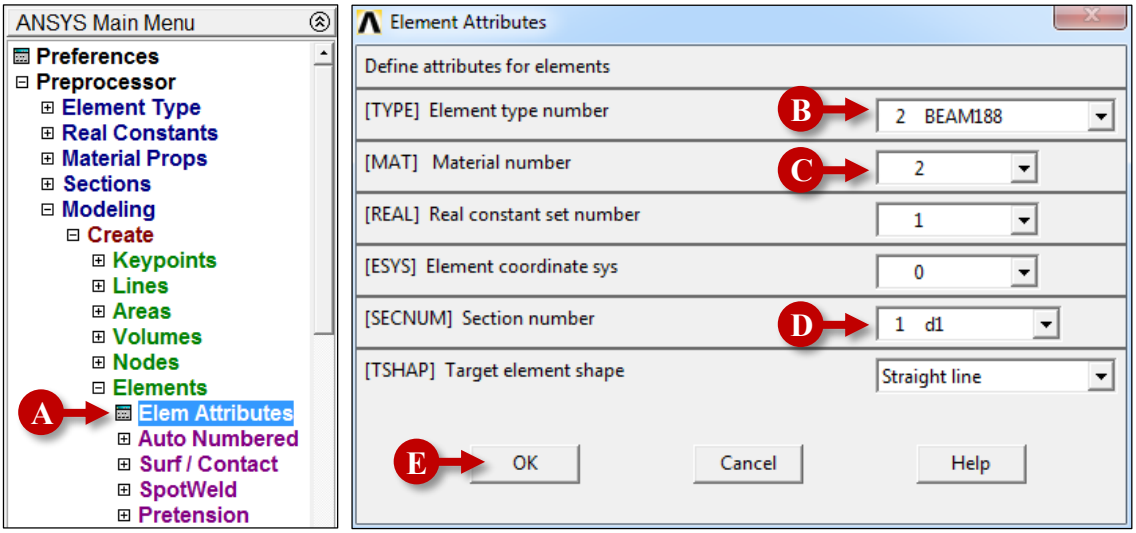
[SECNUM] =**d1** > OK (اسم مقطع االفولاذ)

يتم تفعيل معاينة قضبان التسليح بشكل حجمي:

7. **PlotCtrls> Style> Size and Shape…>** Display of Element= **on** > OK



الشكل (4-174): تجهيز العقد قبل رسم قضبان التسليح



الشكل (4-175): تحديد المواد الإفتراضية للفولاذ

8- رسم قضبان التسليح والأساور:

سيتم في هذه المرحلة رسم كل من قضبان التسليح الطولية والخطوط الأفقية والشاقولية للأساور:

8-1- رسم قضبان التسليح الطولية:

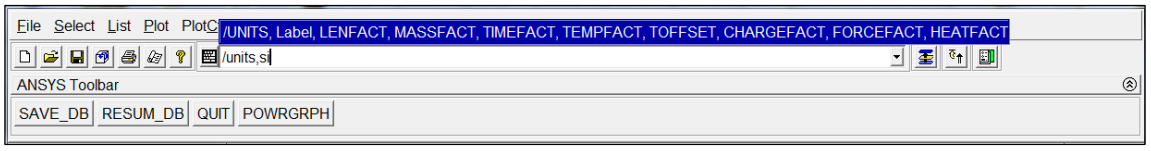
يتم رسم قضيب التسليح الطولي الأول وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (4-176) و(4-177):

8-1-1. <(يتم وضع المؤشر في سطر الأوامر البرمجية)

2. > e, 304,373 :نكتب >

3. > يتم ضغط مفتاح (Enter) >

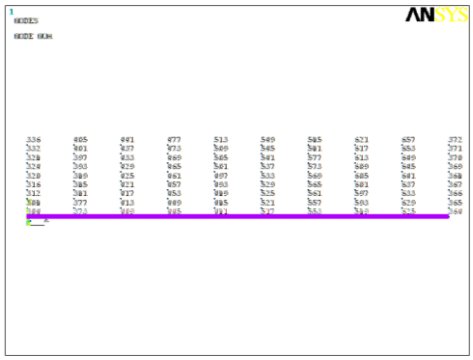
4. > ثم يتم تكرار العملية وإكمال رسم قضيب التسليح الطولي الأول وفق الجدول (4-2) التالي >



الشكل (4-176): كتابة الأمر ضمن سطر الأوامر البرمجية

الجدول (4-2): رسم قضيب التسليح الطولي الأول

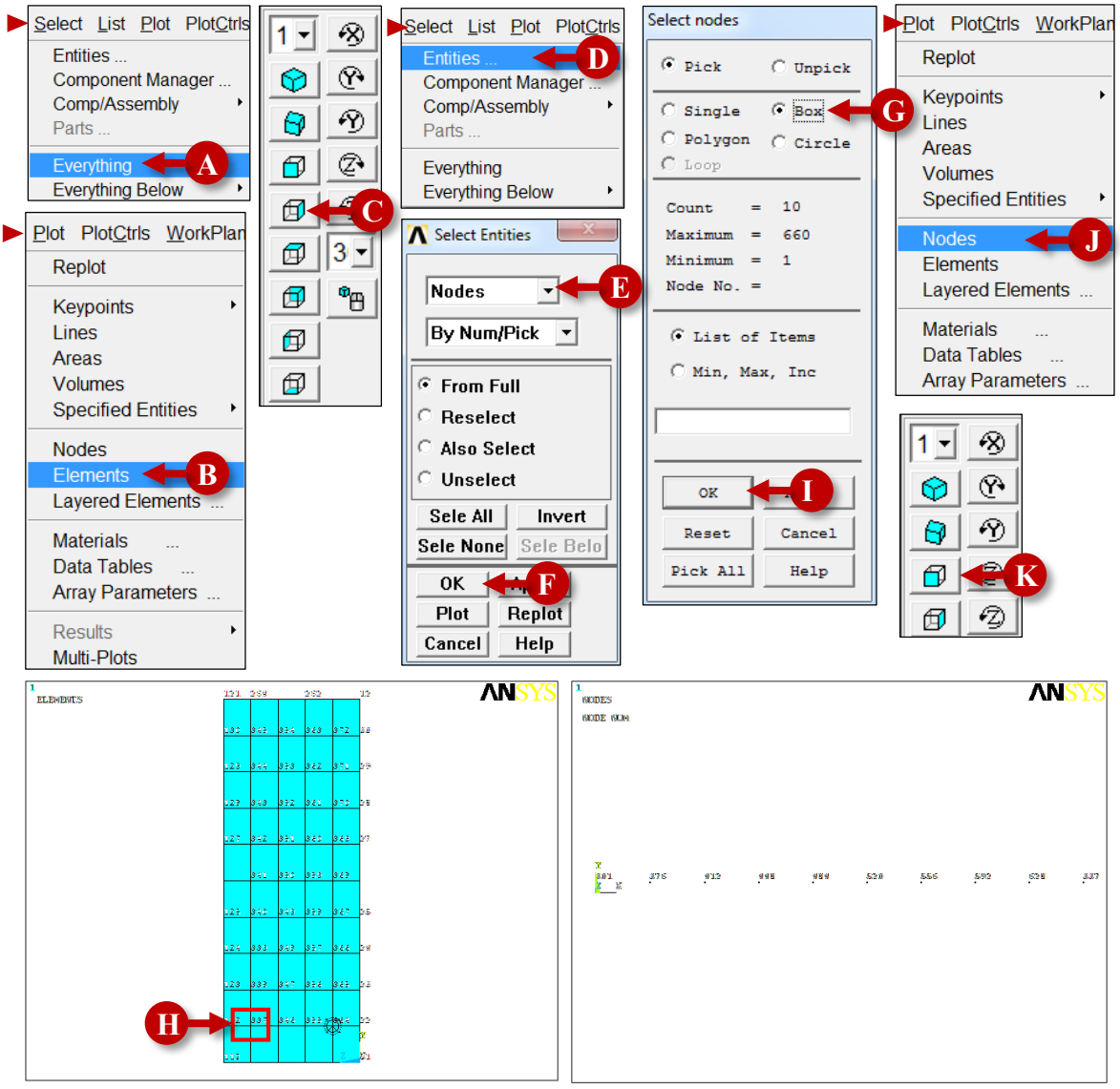
القضيب (1)	العقدة 1	العقدة 2
e,	304,	373
e,	373,	409
e,	409,	445
e,	445,	481
e,	481,	517
e,	517,	553
e,	553,	589
e,	589,	625
e,	625,	364



الشكل (4-177): قضيب التسليح الطولي الأول

بعد الإنتهاء من رسم قضيب التسليح الطولي الأول يتم تجهيز العقد لرسم قضيب التسليح الطولي الثاني وفق الخطوات التالية:

1. **Select> Everything**
2. **Plot> Elements**
3. **Right View**
4. **Select> Entities…> Nodes** > By Num/Pick> OK> Box>
   > ((178-4) يتم تحديد صف العقد لقضيب التسليح الثاني كما هو مبين في الشكل)
   >OK
5. **Plot> Nodes**
6. **Front View**

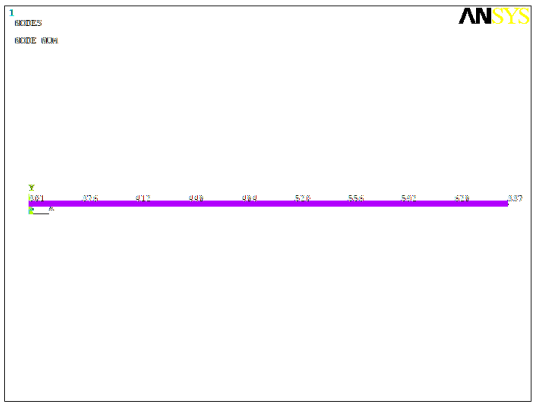


الشكل (4-178): تجهيز عقد قضيب التسليح الثاني

بعد تجهيز العقد يتم رسم قضيب التسليح الطولي الثاني المبين في الشكل (4-179) وفق الجدول (4-3) التالي، باستخدام سطر الأوامر البرمجية:

الجدول (4-3): رسم قضيب التسليح الطولي الثاني

القضيب (2)	العقدة 1	العقدة 2
e,	301,	376
e,	376,	412
e,	412,	448
e,	448,	484
e,	484,	520
e,	520,	556
e,	556,	592
e,	592,	628
e,	628,	337



الشكل (4-179): قضيب التسليح الطولي الثاني

ب. رسم خطوط الأساور الشاقولية:

بطريقة مشابهة يتم رسم خطوط الأساور الشاقولية وفق الخطوات التالية وبالإستعانة بالجدولين (4-4) و(4-5):

1. **Select> Everything**
2. **Plot> Nodes**
3. **Isometric View**
4. ثم يتم رسم خطوط الأساور الشاقولية وفق الجدولين (4-4) و(4-5) >

الجدول (4-4): رسم خطوط الأساور الشاقولية (من 1 إلى 4)

الأسوارة (4)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (3)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (2)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (1)	العقدة 1	العقدة 2
e,	484,	488	e,	448,	452	e,	412,	416	e,	376,	380
e,	488,	492	e,	452,	456	e,	416,	420	e,	380,	384
e,	492,	496	e,	456,	460	e,	420,	424	e,	384,	388
e,	496,	500	e,	460,	464	e,	424,	428	e,	388,	392
e,	500,	504	e,	464,	468	e,	428,	432	e,	392,	396
e,	504,	508	e,	468,	472	e,	432,	436	e,	396,	400
e,	508,	512	e,	472,	476	e,	436,	440	e,	400,	404

الجدول (4-5): رسم خطوط الأساور الشاقولية (من 5 إلى 8)

الأسوارة (8)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (7)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (6)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (5)	العقدة 1	العقدة 2
e,	628,	632	e,	592,	596	e,	556,	560	e,	520,	524
e,	632,	636	e,	596,	600	e,	560,	564	e,	524,	528
e,	636,	640	e,	600,	604	e,	564,	568	e,	528,	532
e,	640,	644	e,	604,	608	e,	568,	572	e,	532,	536
e,	644,	648	e,	608,	612	e,	572,	576	e,	536,	540
e,	648,	652	e,	612,	616	e,	576,	580	e,	540,	544
e,	652,	656	e,	616,	620	e,	580,	584	e,	544,	548

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

جـ. رسم خطوط الأساور الأفقية:

يتم رسم خطوط الأساور الأفقية وفق الخطوات التالية وبالإستعانة بالجدولين (4-6) و(4-7):

الجدول (4-6): رسم خطوط الأساور الأفقية (من 1 إلى 4)

الأسوارة (4)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (3)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (2)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (1)	العقدة 1	العقدة 2
e,	42,	481	e,	41,	445	e,	40,	409	e,	39,	373
e,	481,	482	e,	445,	446	e,	409,	410	e,	373,	374
e,	482,	483	e,	446,	447	e,	410,	411	e,	374,	375
e,	483,	484	e,	447,	448	e,	411,	412	e,	375,	376

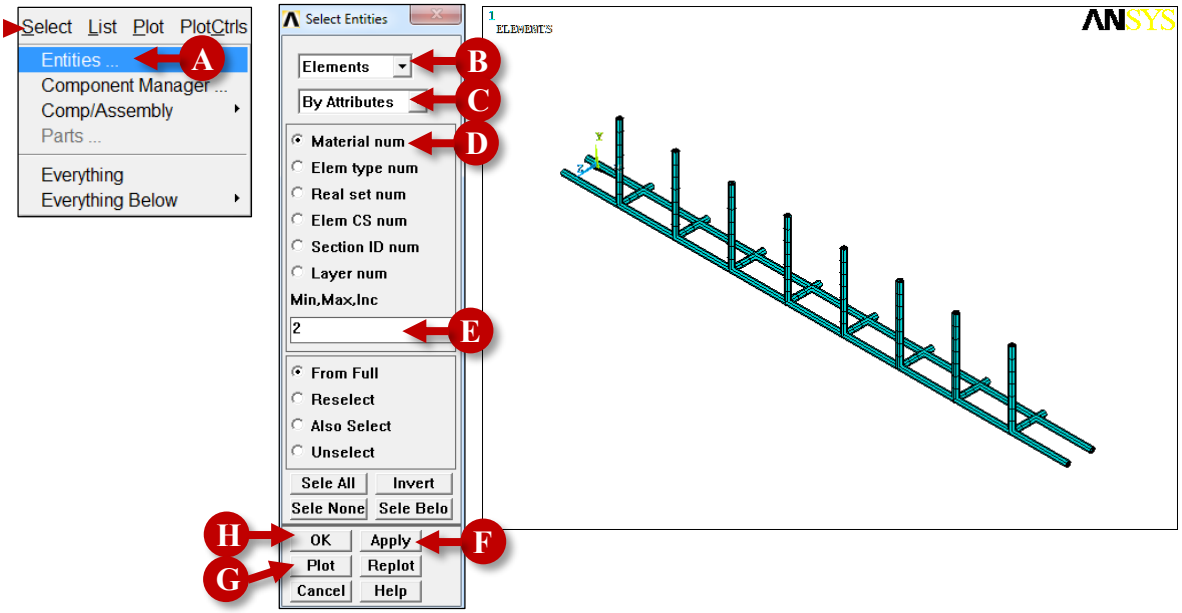
الجدول (4-7): رسم خطوط الأساور الأفقية (من 5 إلى 8)

الأسوارة (8)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (7)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (6)	العقدة 1	العقدة 2	الأسوارة (5)	العقدة 1	العقدة 2
e,	46,	625	e,	45,	589	e,	44,	553	e,	43,	517
e,	625,	626	e,	589,	590	e,	553,	554	e,	517,	518
e,	626,	627	e,	590,	591	e,	554,	555	e,	518,	519
e,	627,	628	e,	591,	592	e,	555,	556	e,	519,	520

9- معاينة قضبان التسليح فقط:

يتم إظهار قضبان التسليح فقط على الواجهة الرسومية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-180):

9- Select> Entities…> Elements> By Attributes> Material num: Min, Max, Inc= **2**
Apply> Plot> OK



الشكل (4-180): معاينة قضبان التسليح على الواجهة الرسومية

10- تخصيص عقد الإستناد:

يتم تطبيق تخصيص عقد الإستناد على الثاني للعقد ابتداءً من الزاوية السفلية الموجودة في الطرف الأيسر من النموذج، كما هو مبين في الشكل (4-181)، وفق الخطوات التالية:

10- 1. Select> Everything

2. Plot> Elements

3. Front View

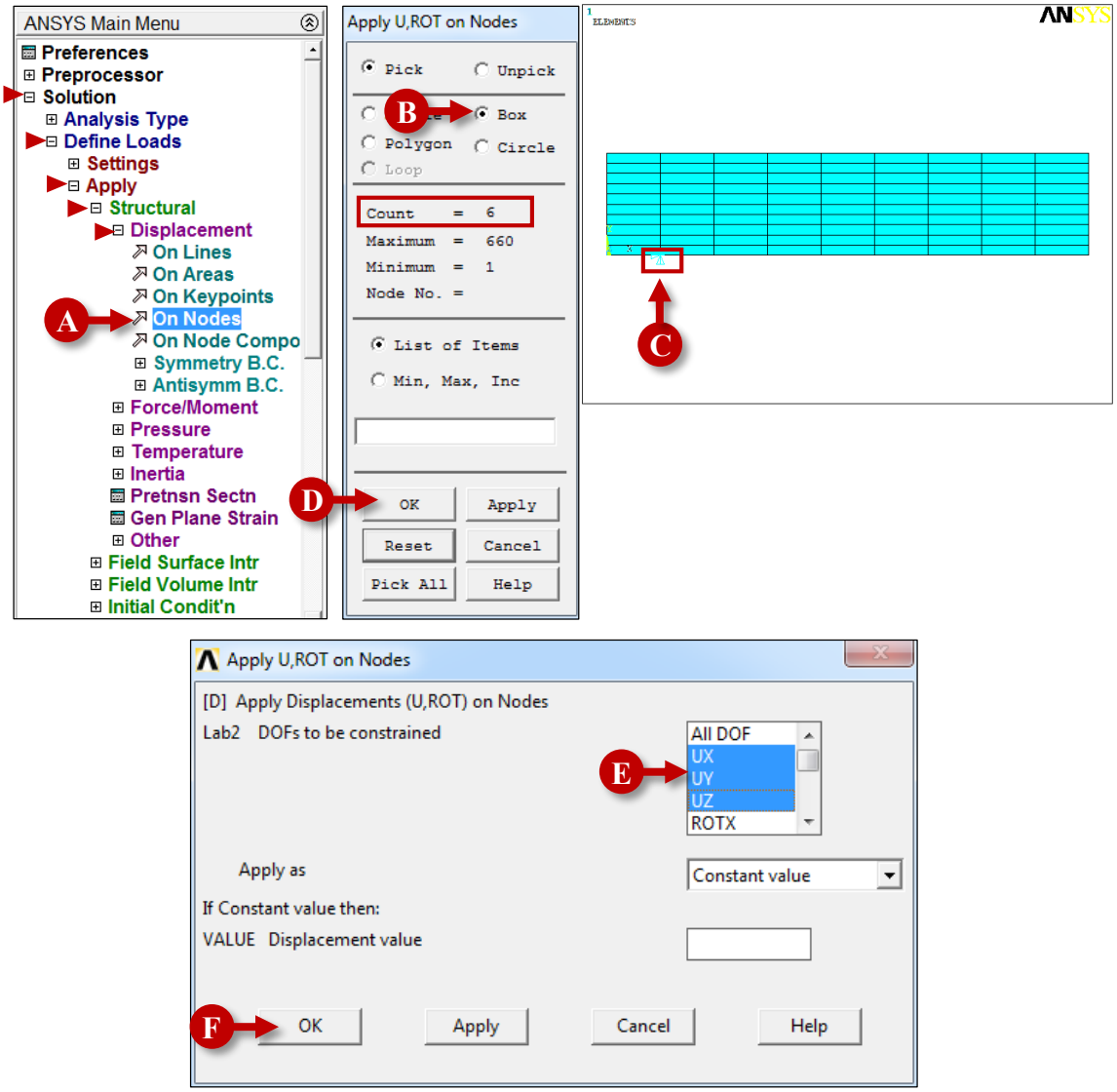
4. PlotCtrls> Numbering…> 1. NODE Node Numbers : **Off**

5. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Nodes>

> Box>

(يتم اختيار جميع العقد الواقعة على الصف الثاني من الجانب الأيسر للجائز كما هو مبين في الشكل التالي) >

> **All DOF**>OK



الشكل (4-181): تخصيص عقد الإستناد

11- تطبيق الحمولة المركزة:

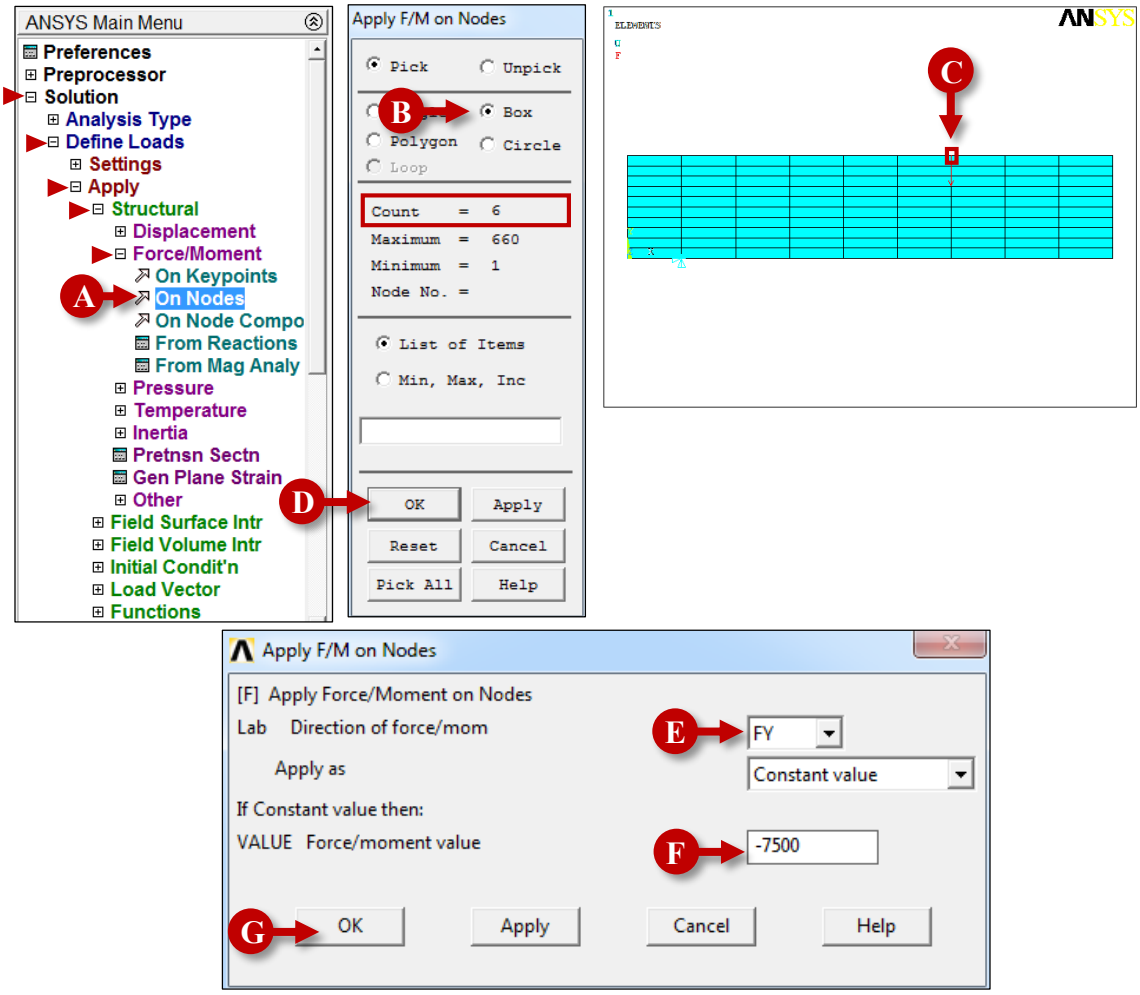
سيتم تطبيق حمولات شاقولية على الصف الرابع للعقد ابتداءً من الزاوية العلوية الموجودة في الطرف الأيمن من النموذج تبلغ قيمتها (7500 Pound) وهي مطبقة في (6) عقد تقع على صف واحد، كما هو مبين في الشكل (4-182)، وفق المسار التالي:

11- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Force/Moment> On Nodes >

Box > Oblique View > (يتم اختيار موقع العقد المطلوبة، كما هو مبين في الشكل التالي)

Direction of Force/Mom = **FY** (اتجاه محور القوة)

Value = **-7500** (Pound) (قيمة القوة مع الانتباه للإشارة)



الشكل (4-182): تطبيق الحمولة المركزة على العقد

- **ملاحظة (2):**

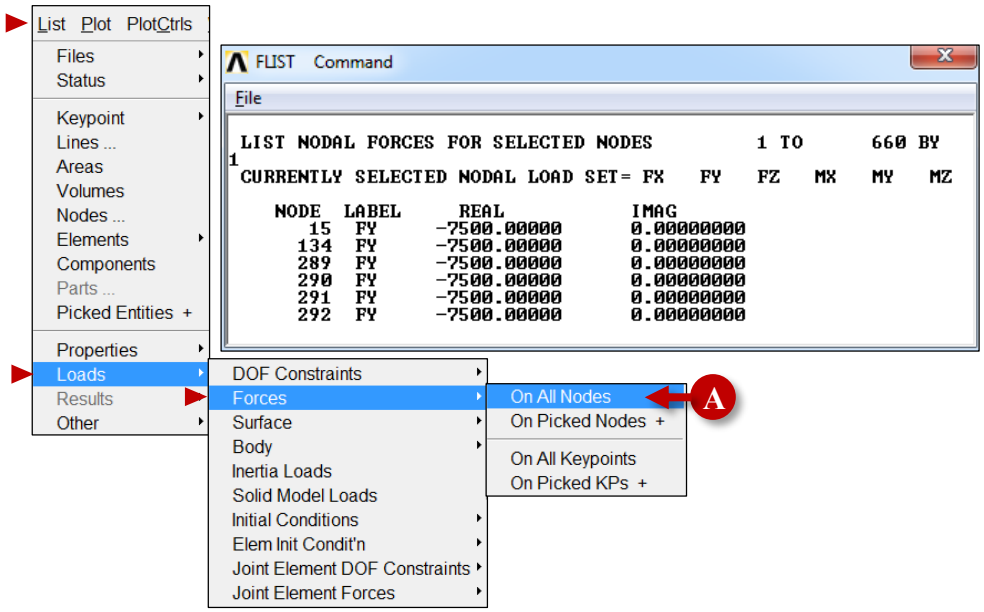
من الشكل نلاحظ بأنه السهم الدال على تطبيق الحمولة يتم رسمه بحيث ينطلق من العقد ويتجه نحو الأسفل.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

12- التأكد بأن الحمولة مطبقة على العقد:

يمكن التأكد بأن الحمولة مطبقة على العقد الستة التي تم تحديدها من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-183):

12-List> Load> Force> On All Nodes

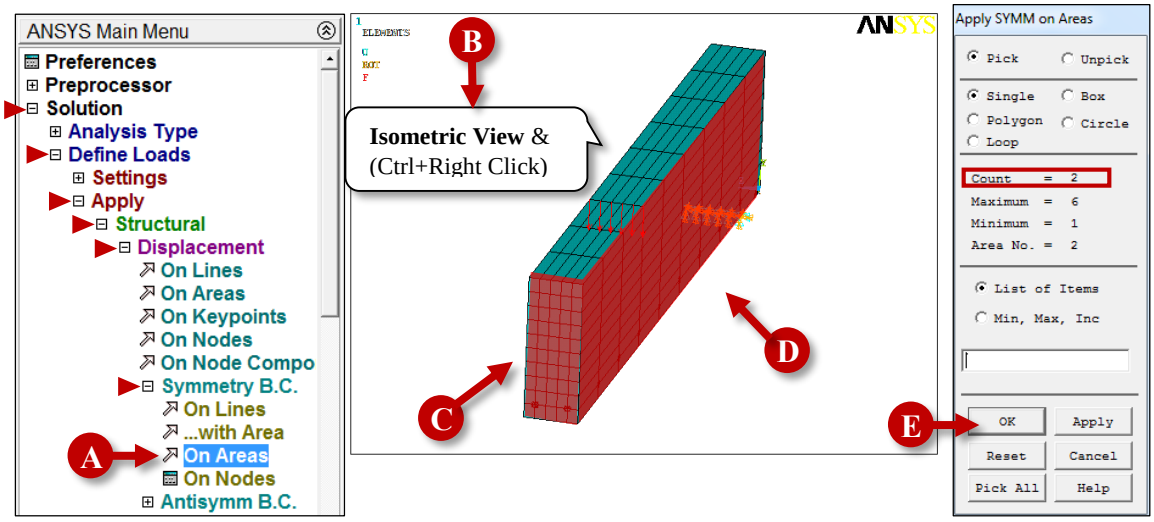


الشكل (4-183): التأكد بأن الحمولة مطبقة على العقد

13- تعريف سطحي التناظر:

بما أنه تم تمثيل ربع الجائز فقط وبالتالي فإنه يوجد لدينا سطحي تناظر هما كل من سطح المقطع الوسطي والسطح الداخلي للجائز الذي تم نمذجته. يتم تعريف هذين السطحين كسطوح تناظر من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-184):

13- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> Symmetry BC> On Areas> Isometric View & > (يتم تحديد سطحي التناظر)> OK



الشكل (4-184): تعريف سطحي التناظر

14- إعداد خيارات التحليل:

سوف نجعل عدد الثواني عند تطبيق كامل الحمولة يساوي (2)، تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-185):

14- Solution> Analysis Type> Sol'n Controls>

- Basic:

Small displacement static

Time at end of load step = **2** (الزمن النهائي عند تطبيق كامل الحمولة)

Automatic Time Stepping = **Prog Chosen**

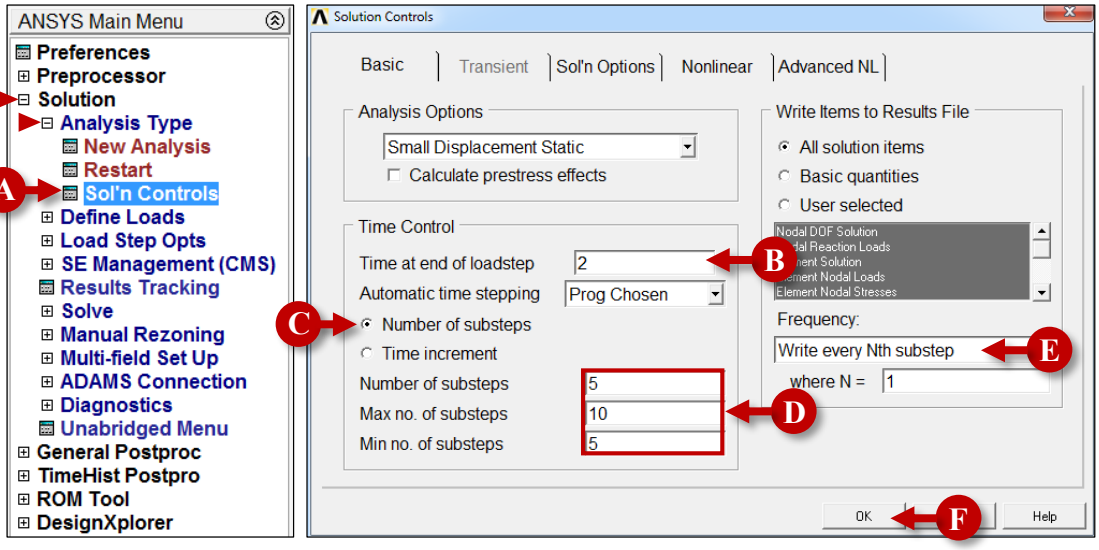
Number of substeps:

Number of substeps = **5** (عدد خطوات التحميل الجزئية)

Max no. of substeps = **10** (العدد الأعظمي لخطوات التحميل الجزئية)

Min no. of substeps = **5** (العدد الأصغري لخطوات التحميل الجزئية)

Frequency = **Write every Nth substep** (عرض النتائج في كل مرحلة تحميل)



الشكل (4-185): إعداد خيارات التحليل

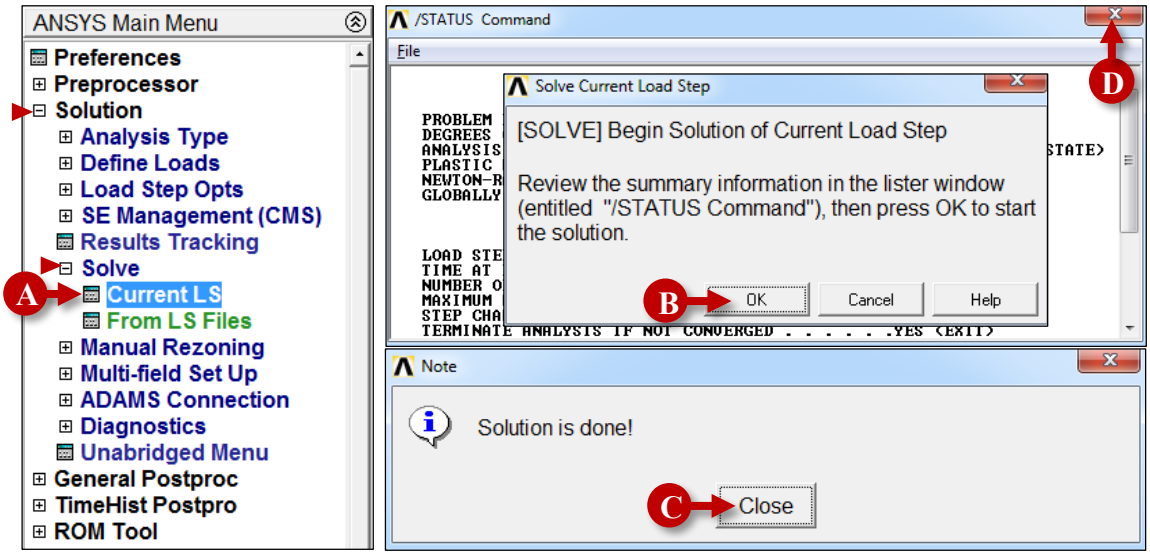
15- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر (Solve) الموضح في الشكل (4-186)، وفق المسار التالي:

15- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

عند انتهاء الحل يعطي البرنامج رسالة (Solution is Done) .

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

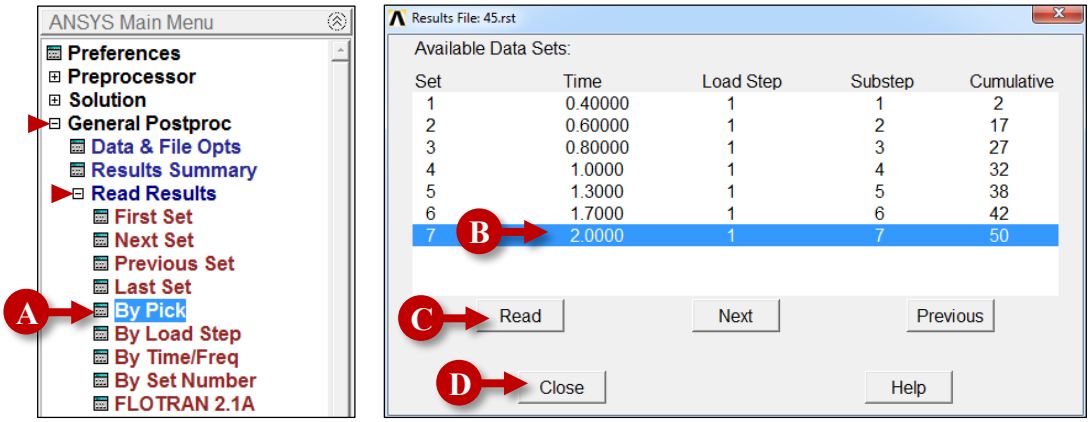


الشكل (4-186): بدء التحليل

16- معاينة النتائج:

يعطي البرنامج قائمة لجميع الحمولات بدلالة الزمن، نختار الحمولة الأخيرة مثلاً ثم ننقر (Read) لقراءة النتائج، وفق المسار التالي والموضح في الشكل (4-187):

16- General Postproc> Read Results> By Pick> Time=2.0000> Read> Close

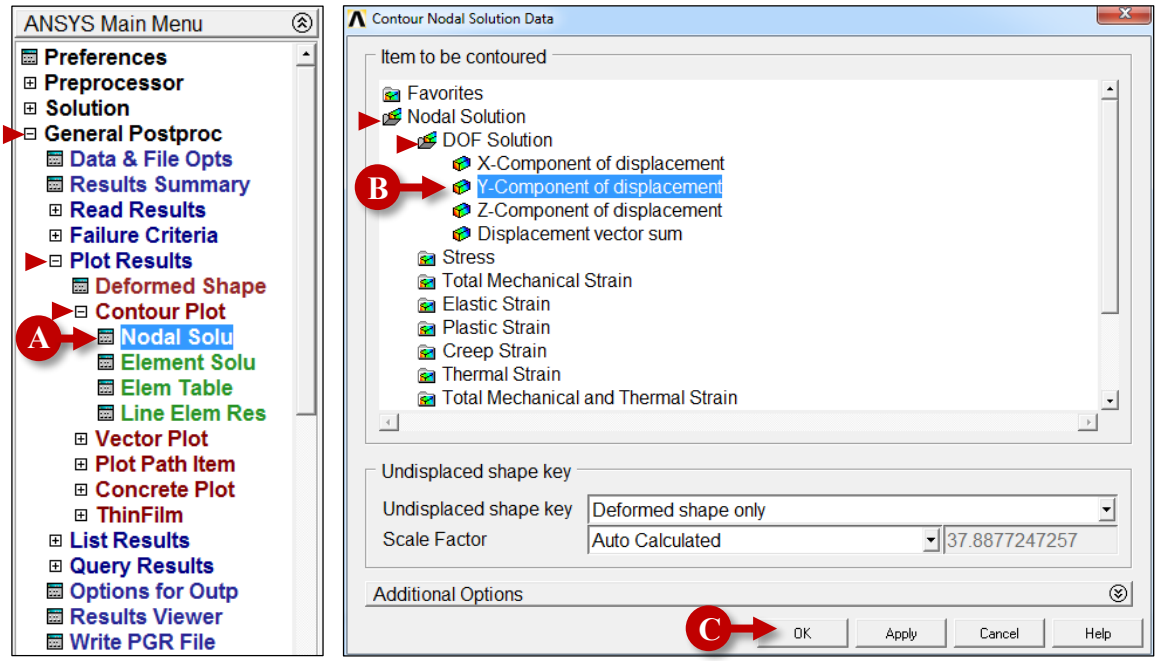


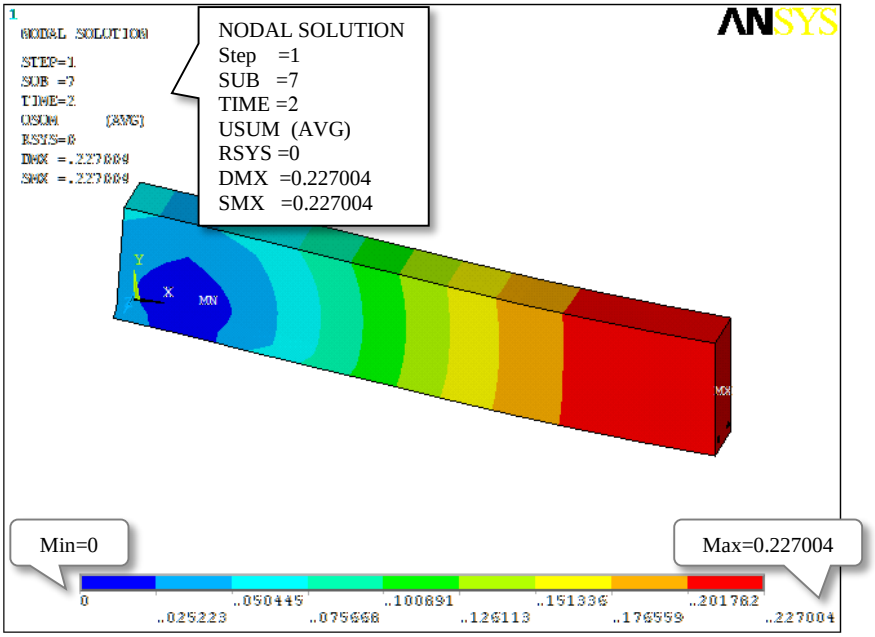
الشكل (4-187): قائمة الحمولات بدلالة الزمن

17- معاينة الإنتقالات:

تتم معاينة مخطط الإنتقالات (Displacement Vector Sum) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-188):

17- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
DOF Solution> Displacement Vector Sum > OK



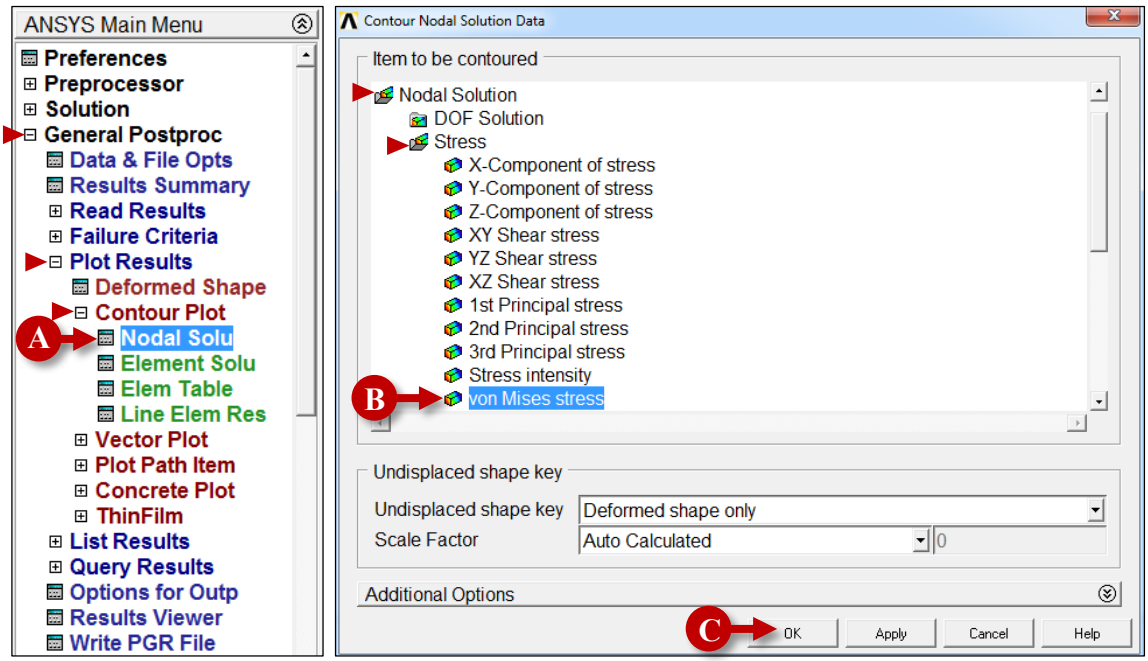


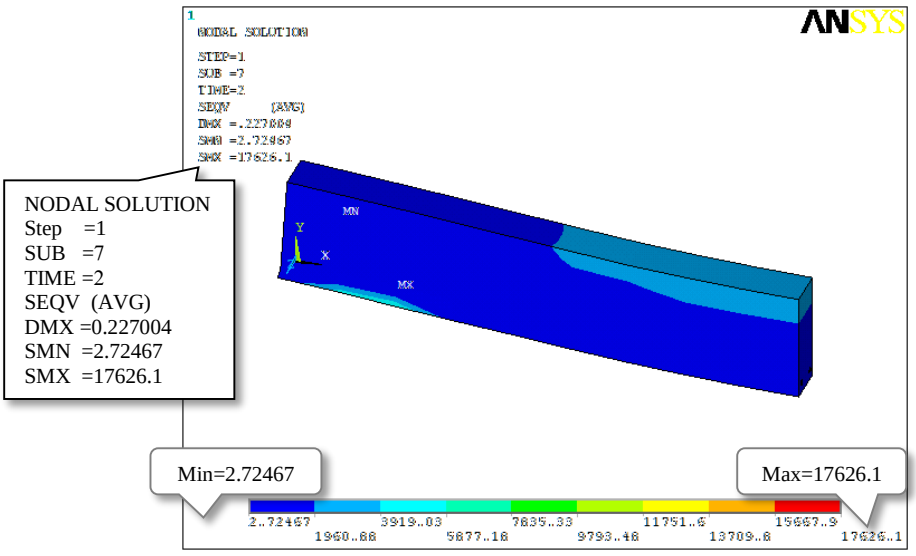
الشكل (4-188): مخطط الإنتقالات الكلية

18- معاينة الإجهادات:

تتم معاينة مخطط إجهادات (Von Mises) من خلال المسار التالي و الموضح في الشكل (189-4):

18- General Postproc> Plot Results> Contour Plot>Nodal Solu> Stress> Von Mises Stress> OK





الشكل (4-189): مخطط إجهادات (Von Mises) في الجائز

19- معاينة الإجهادات في قضبان التسليح:

1. يتم في البداية إظهار قضبان التسليح فقط على الواجهة الرسومية من خلال المسار التالي:

19-1. Select> Entities…> Elements> By Attributes>
Material num: Min, Max, Inc= **2** >Apply> Plot> OK

2. يتم التأكد من أن المعاينة الحجمية على الواجهة الرسومية فعَّالة من خلال المسار التالي:

2. PlotCtrls> Style> Size and Shape…> Display of Element= **on**

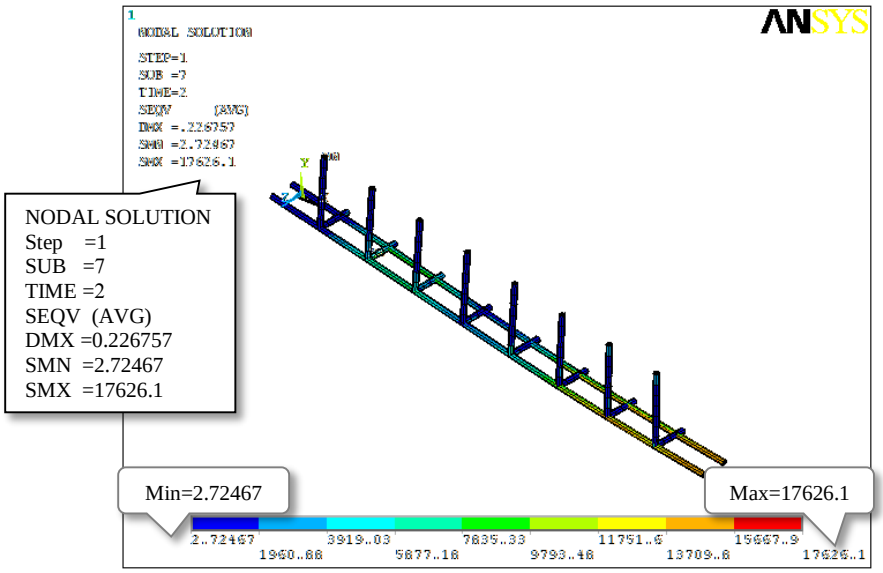
3. يتم تحديد نوع الإجهادات المطلوب معاينتها في قضبان التسليح من خلال المسار التالي فنحصل على المخطط المبين في في الشكل (4-190):

3. General Postproc> Plot Results> Contour Plot>Nodal Solu>
Stress> Von Mises Stress

4. Isometriv View

لإعادة عرض كامل النموذج:

5. Select> EveryThing
6. Plot > Elements



الشكل (4-190): مخطط إجهادات (Von Mises) في القضبان

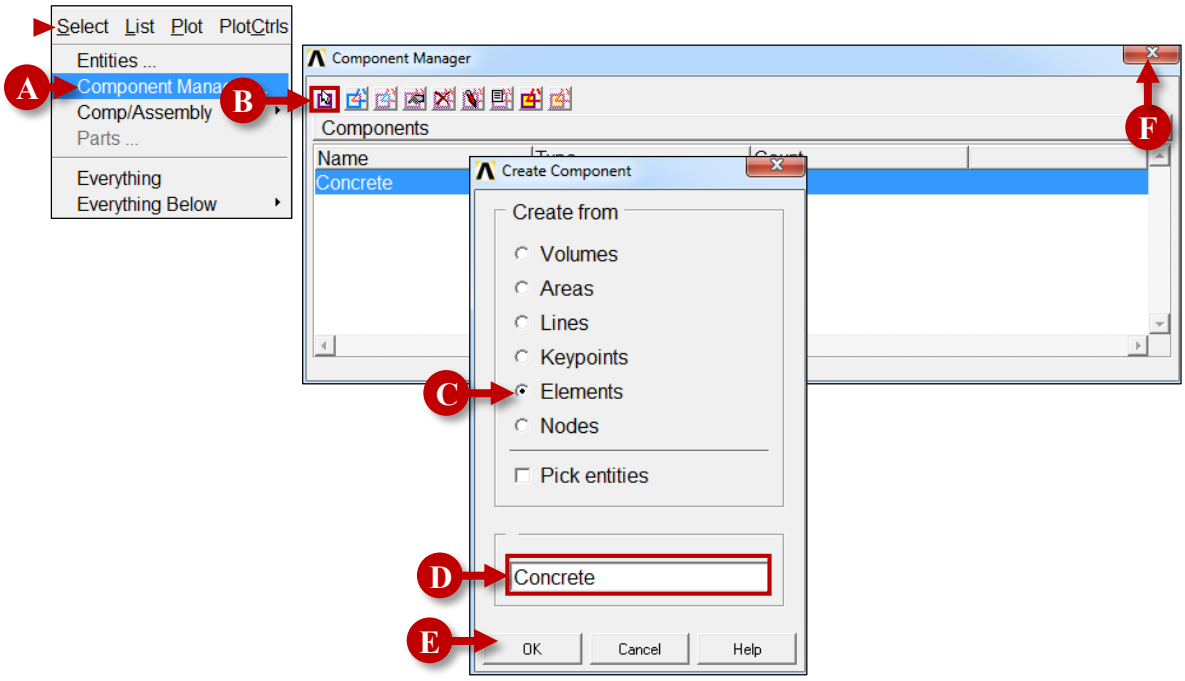
19- تطبيق الشفافية لمعاينة القضبان والجائز البيتوني معاً:

- يتم اختيار العناصر البيتونية:

19-1. Select> Everything
2. Plot> Element
3. Select> Entities…> Elements> By Attributes>
Material num: Min, Max, Inc= **1** >Apply> Plot> OK

- يتم تخصيص هذه العناصر البيتونية ضمن مجموعة خاصة، الشكل (4-191):

4. Select> Component Manager>
Create a New Component> Elements> Pick Entities> **(Concrete)**> OK



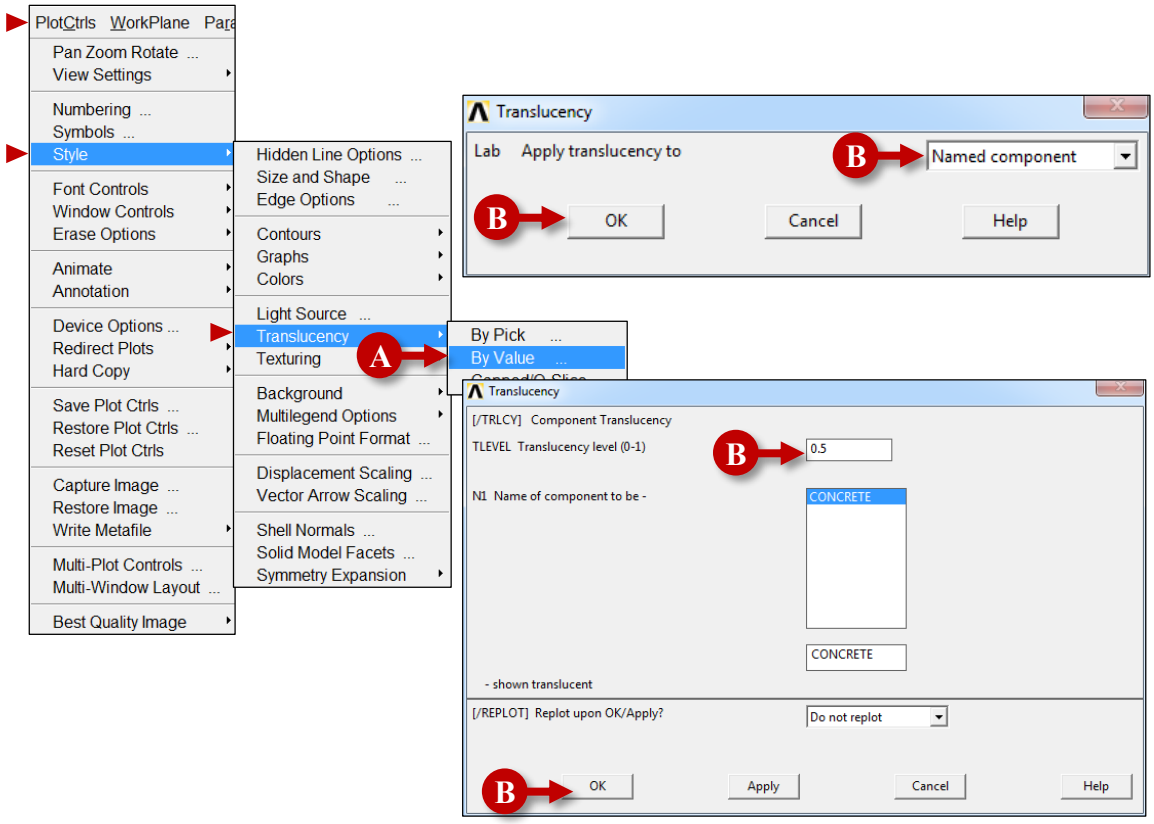
الشكل (4-191): تخصيص العناصر البيتونية ضمن مجموعة تحمل اسم (Concrete)

- يتم زيادة مستوى شفافية العناصر البيتونية المخصصة ضمن المجموعة، الشكل (4-192):

5. Plot Ctrls> Style> Translucency> By Value…>

Lab Apply Translucency to: **Named Component> OK** (تطبيق الشفافية على المجموعة)

TLEVEL Translucency Level (0-1) = **0.5** (مستوى الشفافية)

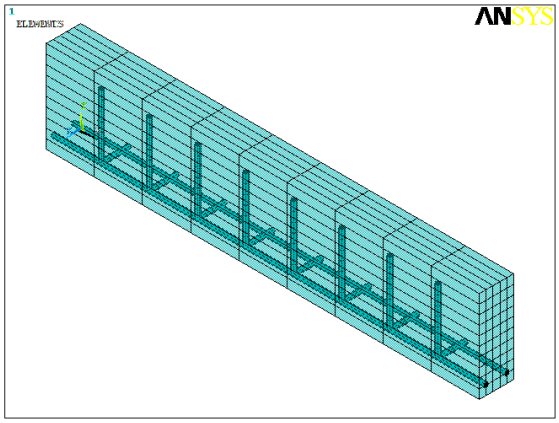


الشكل (4-192): زيادة مستوى شفافية العناصر البيتونية المخصصة ضمن مجموعة

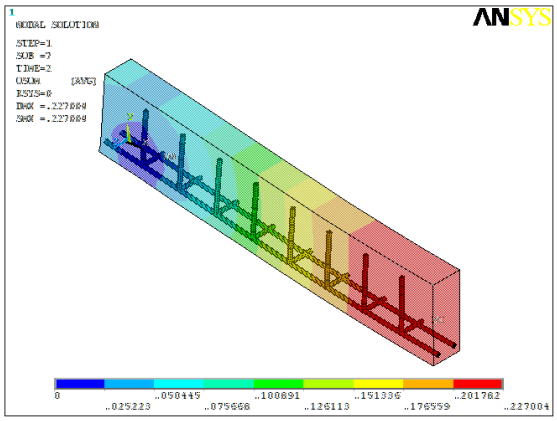
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

- ثم يتم رســـم جميع العناصـــر ومعاينة الإنتقالات مثلاً، كما هو مبين في الشـــكلين (4-193) و (4-194):

6. **Select> EveryThing**
7. **Plot > Elements**
8. **General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>**
   - **DOF Solution> Displacement Vector Sum**
   - **Stress> Von Mises Stress**



الشكل (4-193): شكل العناصر بعد تطبيق الشفافية



الشكل (4-194): مخطط الإنتقالات في الجائز بعد تطبيق الشفافية

20- معاينة التشققات:

لمعاينة التشققات في الجائز نتبع الخطوات التالية:

1. يتم تعطيل مقياس التشوه من خلال إتباع المسار التالي:

20-1. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>

Scale factor= **Off**

2. يتم إلغاء تفعيل التعبئة بالألوان من خلال المسار التالي:

2. PlotCtrls> Device Options…>

Vector mode (wireframe) = **On**

3. تتم معاينة التشققات من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-195) و(4-196):

3. General Postproc> Plot Results> Concrete Plot> Crack/Crash>

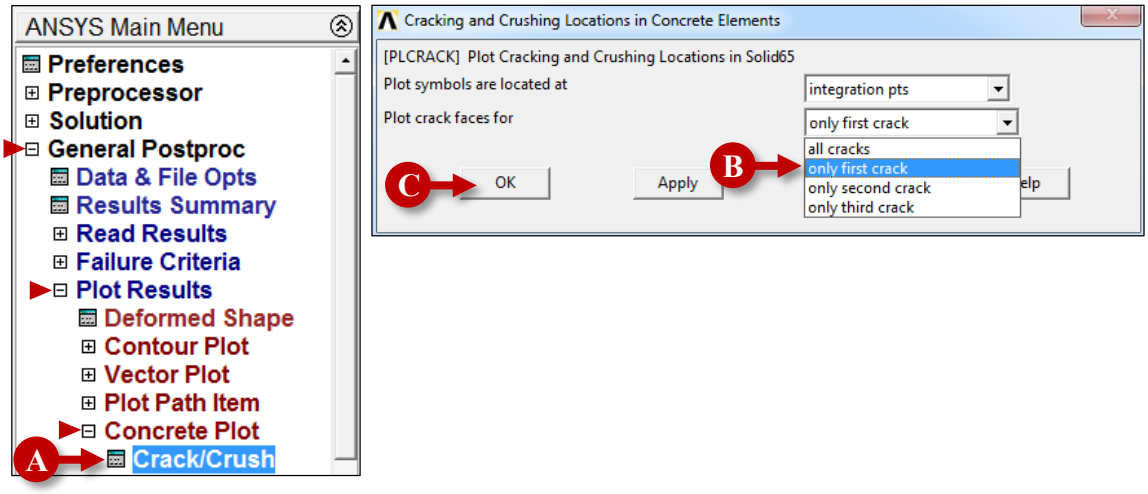
a. >Plot Crack Faces for: **Only First Crack > OK** (معاينة التشققات في المرحلة الأولى فقط)

b. >Plot Crack Faces for: **Only Second Crack> OK** (معاينة التشققات في المرحلة الثانية فقط)

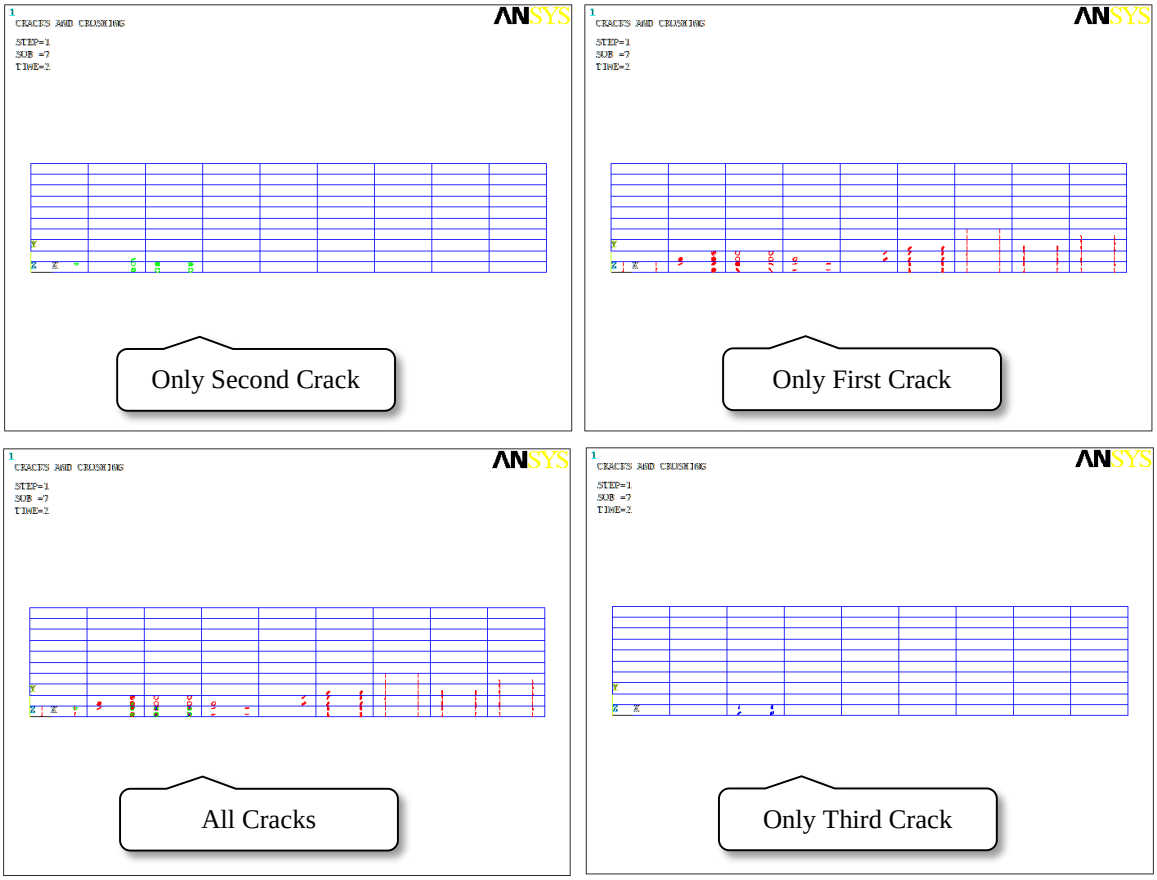
c. >Plot Crack Faces for: **Only Third Crack > OK** (معاينة التشققات في المرحلة الثالثة فقط)

d. >Plot Crack Faces for: **All Cracks > OK** (معاينة التشققات في في جميع المراحل معاً)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-195): تحديد المرحلة المطلوبة لمعاينة التشققات وفقاً لها



الشكل (4-196): التشققات في الجائز

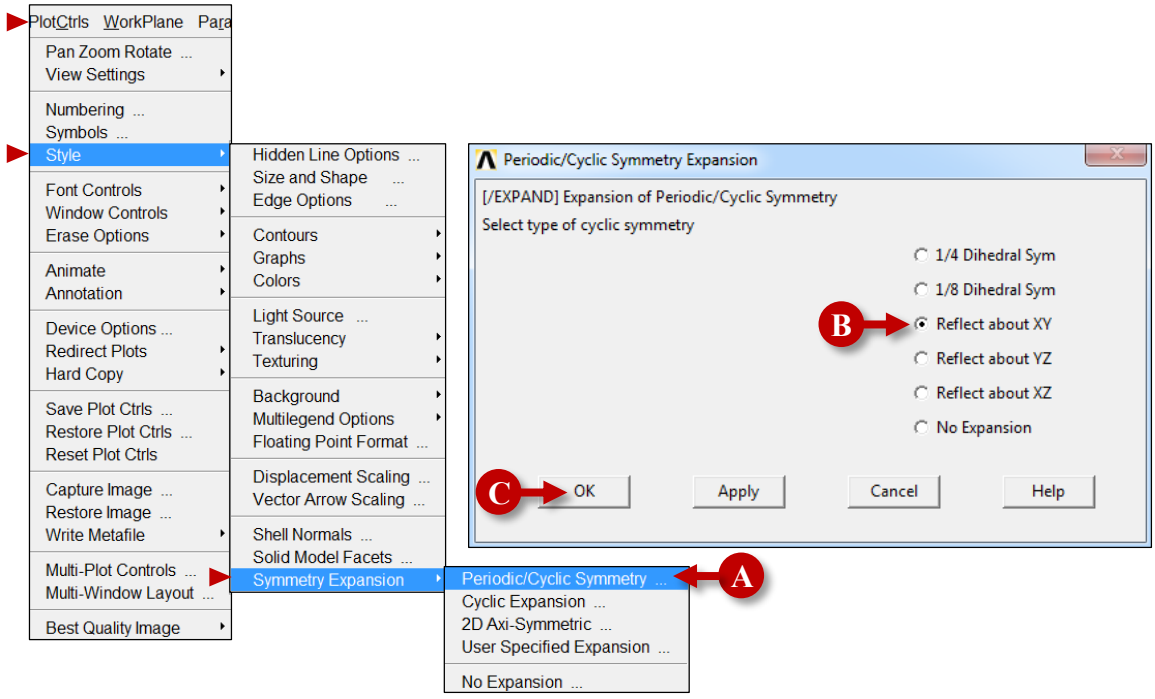
21- تفعيل المعاينة للأجزاء المتناظرة:

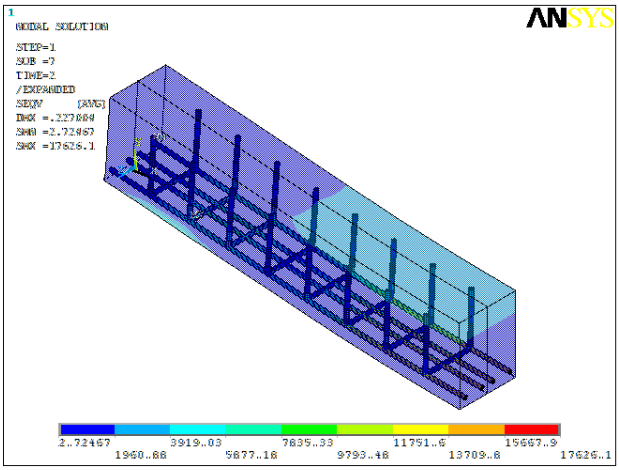
يتم تفعيل المعاينة للجزء المتناظر بالنسبة للمستوي (XY) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-197):

21- 1. Plot Ctrls> Style> Symmetry Expansion > Periodic/Cyclic Symmetry…
> Reflect about XY> OK

يتم إلغاء معاينة التناظر من خلال:

2. **Plot Ctrls> Style> Symmetry Expansion > No Expansion> OK**
3. **Plot > Replot**

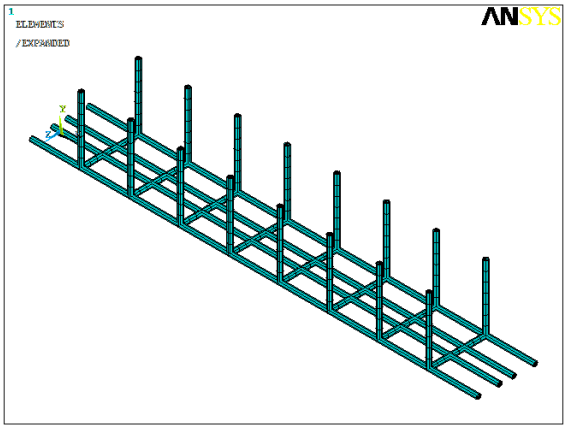




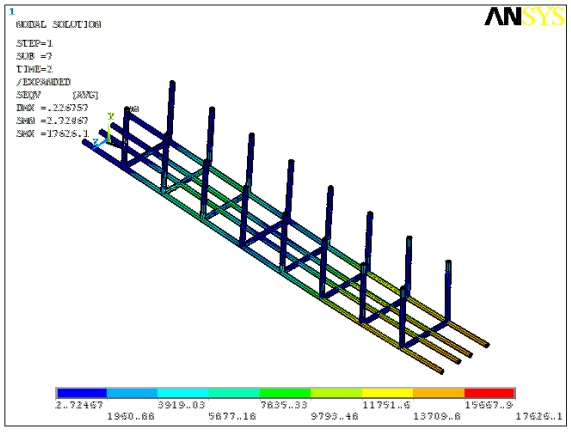
الشكل (4-197): تفعيل مستوي التناظر (XY) ومعاينة إجهادات (Von mises)

من الممكن أيضاً معاينة القضبان فقط (بدون البيتون) باستخدام خاصية التناظر بنفس الطريقة التي تم شرحها سابقاً فنحصل على الشكلين (4-198) و(4-199):

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-198): شكل عناصر التسليح بعد تفعيل التناظر

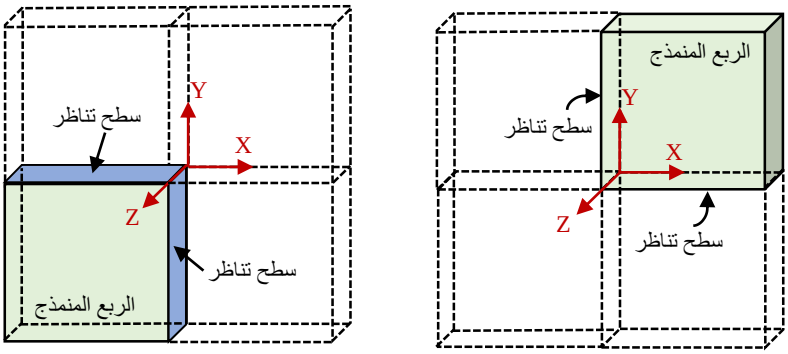


الشكل (4-199): الإجهادات في عناصر التسليح بعد تفعيل التناظر

- **ملاحظة (3):**

لمعاينة الأرباع الأربعة باستخدام خاصية التناظر: يجب أولاً أن تقع تلك الأرباع في مستوي واحد، كما يجب أن يتم تحديد سطوح التناظر حسب موقع محور الإحداثيات بالنسبة للربع الذي تمت نمذجته، كما هو موضح في الشكل (4-200).

في هذا المثال تم إنشاء النموذج في الربع الأول من المستوي (XY)، والأرباع الأربعة لا تقع في مستوي واحد وبالتالي لن يكون بالإمكان معاينة كامل الجائز باستخدام التناظر (فقط من ناحية المعاينة على الواجهة الرسومية) أما من الناحية الإنشائية والتحليلية فيتم الأخذ بالحسبان سطوح التناظر التي تم تعريفها دون أي مشكلة.



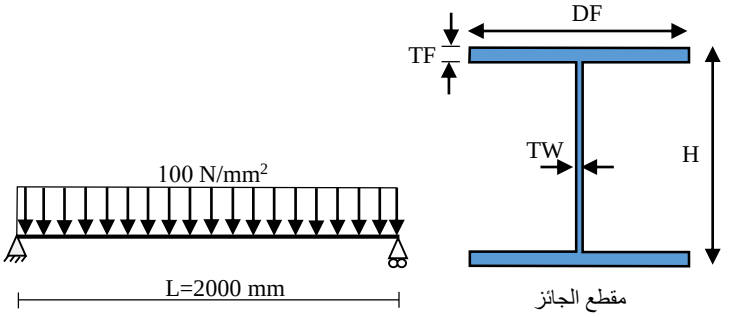
الشكل (4-200): سطوح التناظر حسب موقع محور الإحداثيات والربع المنمذج

نهاية المثال الخامس

6-4 المثال السادس:

نمذجة جائز فولاذي بالإستفادة من طريقة المتغيرات (Parameters)

جائز فولاذي ذو مقطع (I)، مسنود من الطرفين، أبعاده موضحة على الشكل (4-201)، حيث يبلغ طوله (2000mm)، وهو يخضع لحمولة ضاغطة موزعة بانتظام على سطح الجناح العلوي. المطلوب نمذجة الجائز بطريقة المتغيرات (Parameters) وإجراء التحليل الستاتيكي بدون خطوات جزئية ومع خطوات جزئية.



الشكل (4-201): شكل الجائز وأبعاده

$P = 100\ N/mm^2$
$E_s = 200\ 000\ N/mm^2$
$\mathrm{DF} = 300\ mm$
$\mathrm{TF} = 20\ mm$
$\mathrm{H} = 300\ mm$
$\mathrm{TW} = 10\ mm$
$\mathrm{L} = 2000\ mm$
$Fy = 350\ N/mm^2$

الهدف من المثال: معرفة طريقة:

- ✓ إدخال المعطيات بدلالة المتغيرات (Parameters) وإعادة بناء النموذج من خلالها.
- ✓ تنفيذ التقسيم بأبعاد متزايدة (بنسبة محددة) واتجاه معين.
- ✓ إستعراض النتائج من خلال (Result Viewer).
- ✓ التحكم بتنسيق الكونتورات (Contours).

❖ **خطوات الحل:**

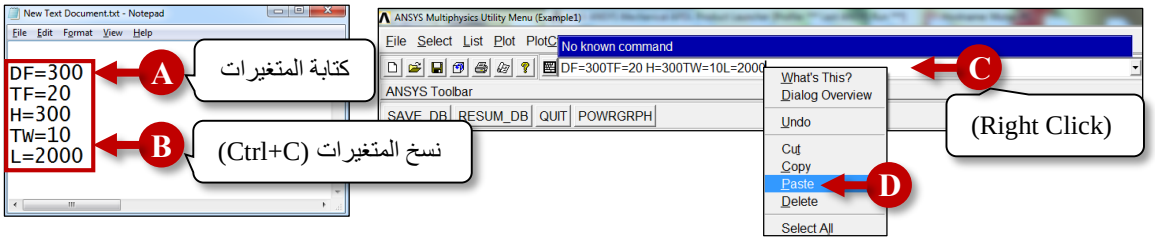
سيتم في البداية بناء النموذج من خلال استخدام المتغيرات (Parameters) كما يلي:

1- تعريف المتغيرات (Parameters):

سيتم الإستعانة بملف دفتر (Notepad) حيث يتم كتابة المتغيرات التالية:

1- DF = **300**
TF = **20**
H = **300**
TW= **10**
L = **2000**

ثم يتم نسخ (Copy) هذه البيانات ولصقها (Paste) في سطر الإدخال الموجود ضمن الواجهة الرئيسية في البرنامج، ثم نضغط (Enter)، كما هو موضح في الشكل (4-202).



الشكل (4-202): كتابة المتغيرات على ملف دفتر، ثم نسخها إل سطر الأوامر

أو يمكن بطريقة أخرى كتابة هذه المتغيرات داخل البرنامج مباشـرة من خلال المسـار التالي والموضـح في الشكل (4-203):

- **Parameters >Scalar Parameters**

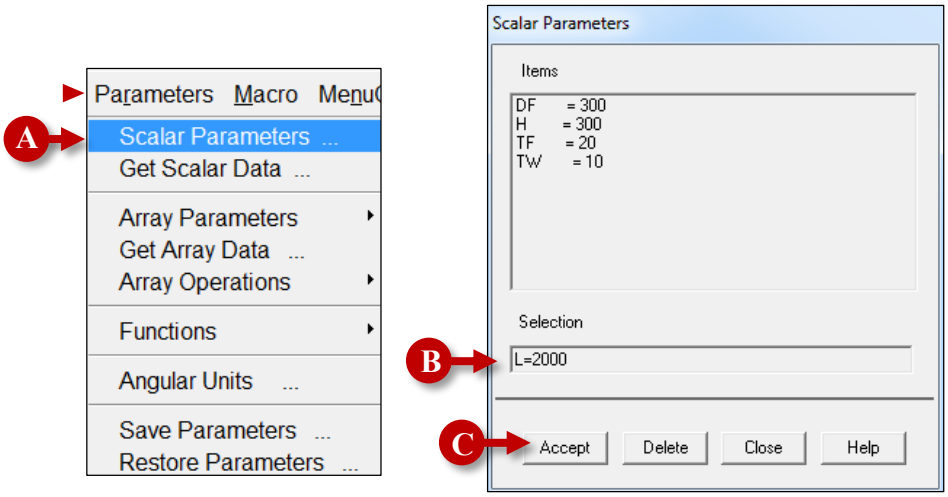
DF = **300** (عرض الجناح)

TF = **20** (سماكة الجناح)

H = **300** (إرتفاع مقطع الجائز)

TW= **10** (سماكة الجسد)

L = **2000** (طول الجائز)



الشكل (4-203): كتابة المتغيرات من خلال نافذة (Scalar Parameters)

2- رسم الجناح السفلي من الجائز:

يتم رسـم الجناح السـفلي للجائز الفولاذي بشـكل حجمي وباسـتخدام المتغيرات، من خلال المسـار التالي والموضح في الشكل (4-204):

2-1. Preprocessor> Modeling> Create> Volume> Block> By Dimension>

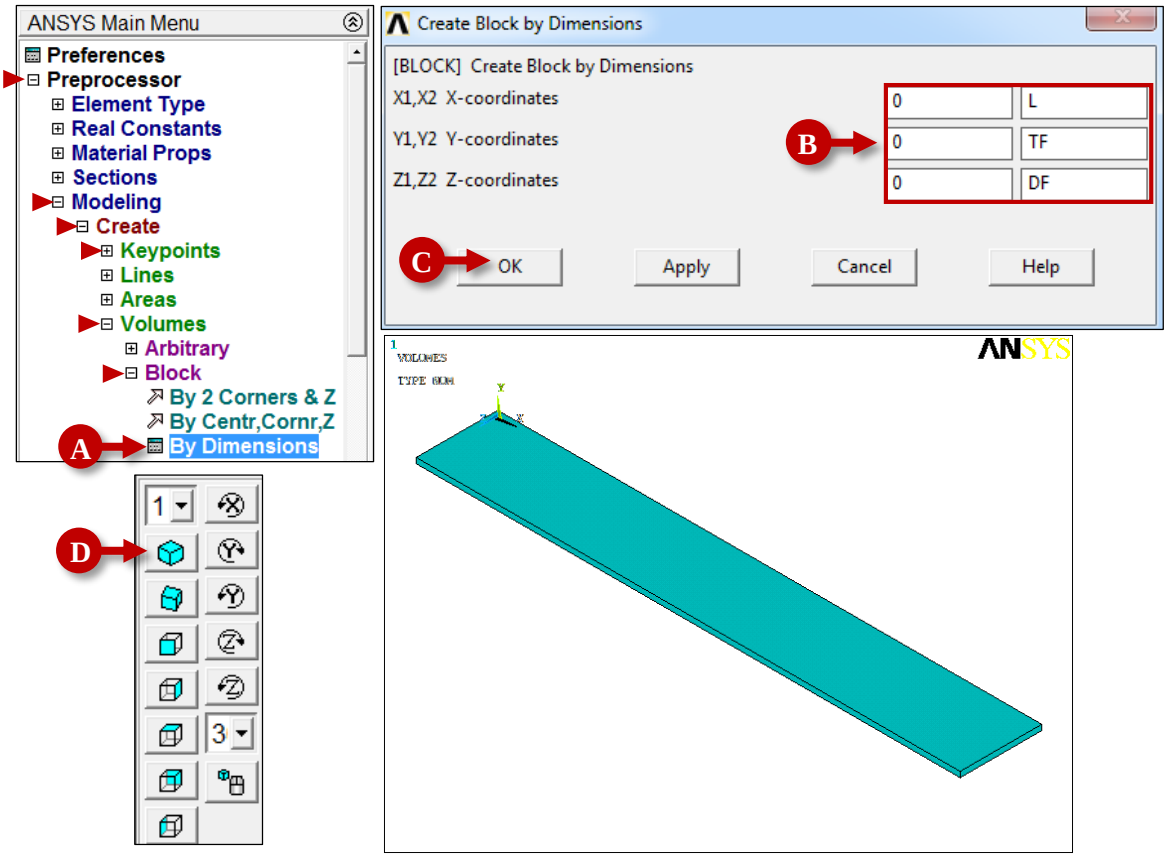
X1 , X2 = **0** , **L** (mm) (طول الجناح السفلي)

Y1 , Y2 = **0** , **TF** (mm) (سماكة الجناح السفلي)

Z1 , Z2 = **0** , **DF** (mm) (عرض الجناح السفلي)

> OK

2. Isometric View



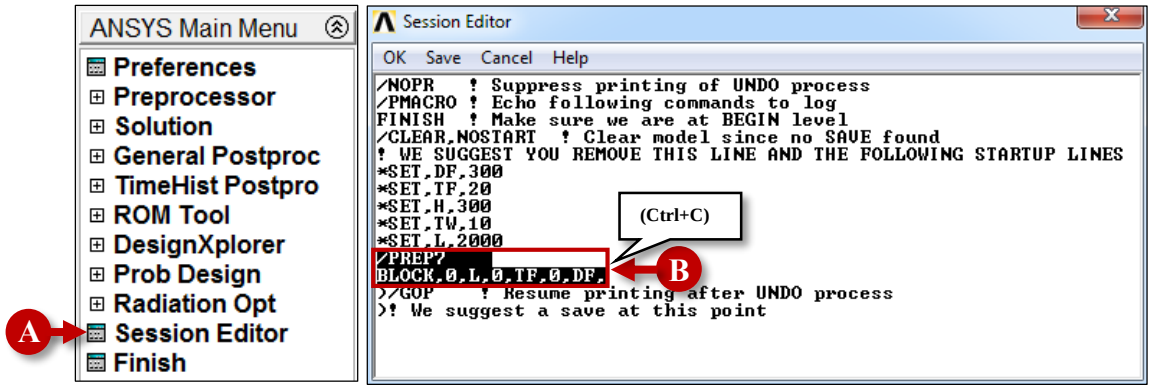
الشكل (4-204): رسم الجناح السفلي للجائز الفولاذي باستخدام المتغيرات

3- نسخ البرمجة المتعلقة برسم الجناح السفلي:

يتم نسخ البرمجة المتعلقة برسم الجناح السفلي من نافذة (Session Editor)، ثم لصقها في ملف الدفتر (Notepad) السابق والذي يحوي على بيانات المتغيرات من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-205):

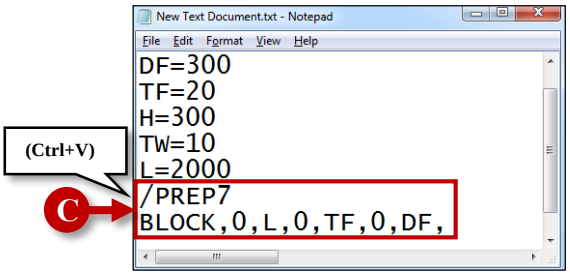
3-1. Session Editor> (يتم تحديد الأسطر البرمجية)> `/PREP7` `BLOCK,0,L,0,TF,0,D` >**(Ctrl+C)**>

2. [Notepad_ ملف الدفتر]: **(Ctrl+V)**



الشكل (4-205-a): نسخ البرمجة المتعلقة برسم الجناح السفلي من نافذة (Session Editor)

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-205-b): لصق البرمجة المتعلقة برسم الجناح السفلي في ملف الدفتر

4- ضبط موقع المحاور المؤقتة:

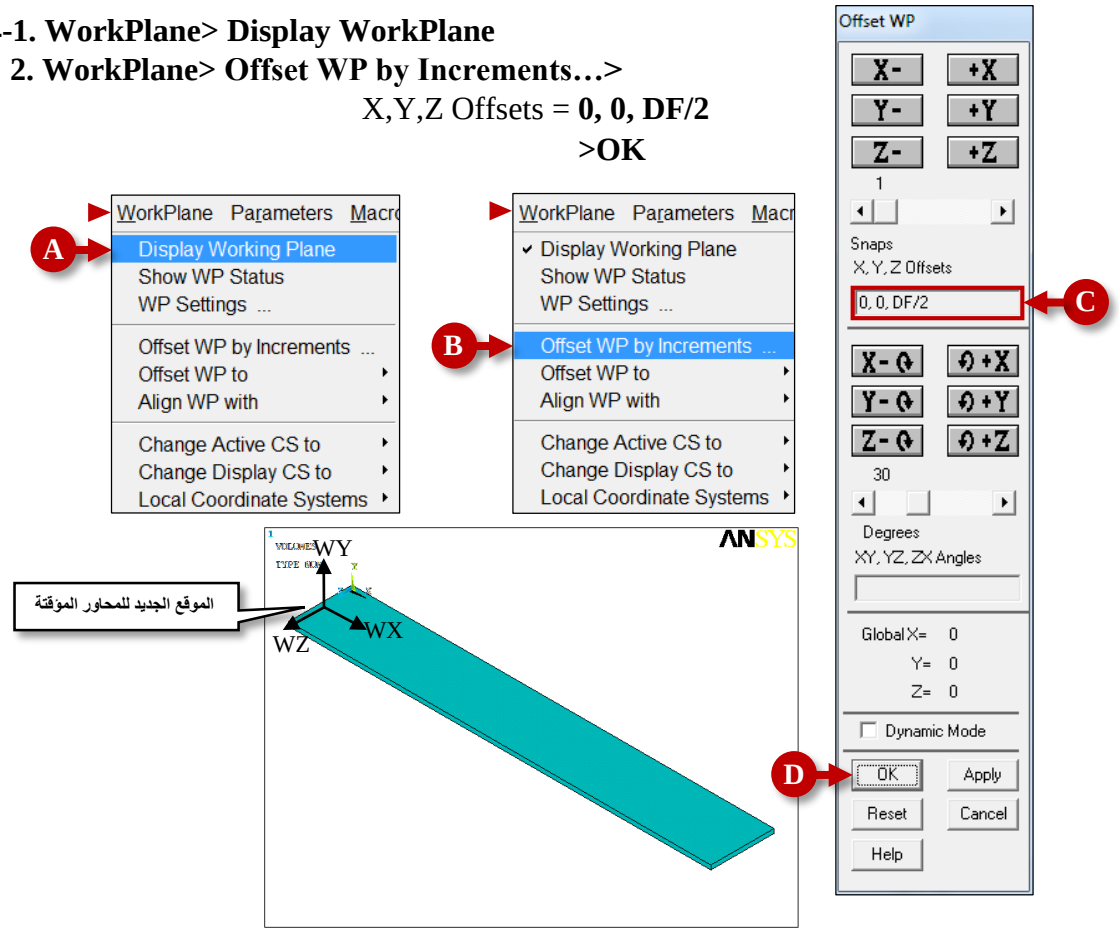
يتم إزاحة موقع المحاور المؤقتة على المحور (Z) إلى منتصف عرض الجناح السفلي، وذلك لتأمين سهولة أكبر عند البدأ بعملية رسم جسد الجائز حيث ستتم عمليات الرسم اللاحقة وفقاً للمحاور المؤقتة، يتم هذا الإجراء من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-206):

4-1. WorkPlane> Display WorkPlane

2. WorkPlane> Offset WP by Increments…>

X,Y,Z Offsets = **0, 0, DF/2**

>OK



الشكل (4-206): ضبط موقع المحاور المؤقتة

5- رسم جسد الجائز الفولاذي:

يتم رسم جسد الجائز الفولاذي بشكل حجمي وباستخدام المتغيرات ووفقاً للموقع الجديد للمحاور المؤقتة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-207):

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

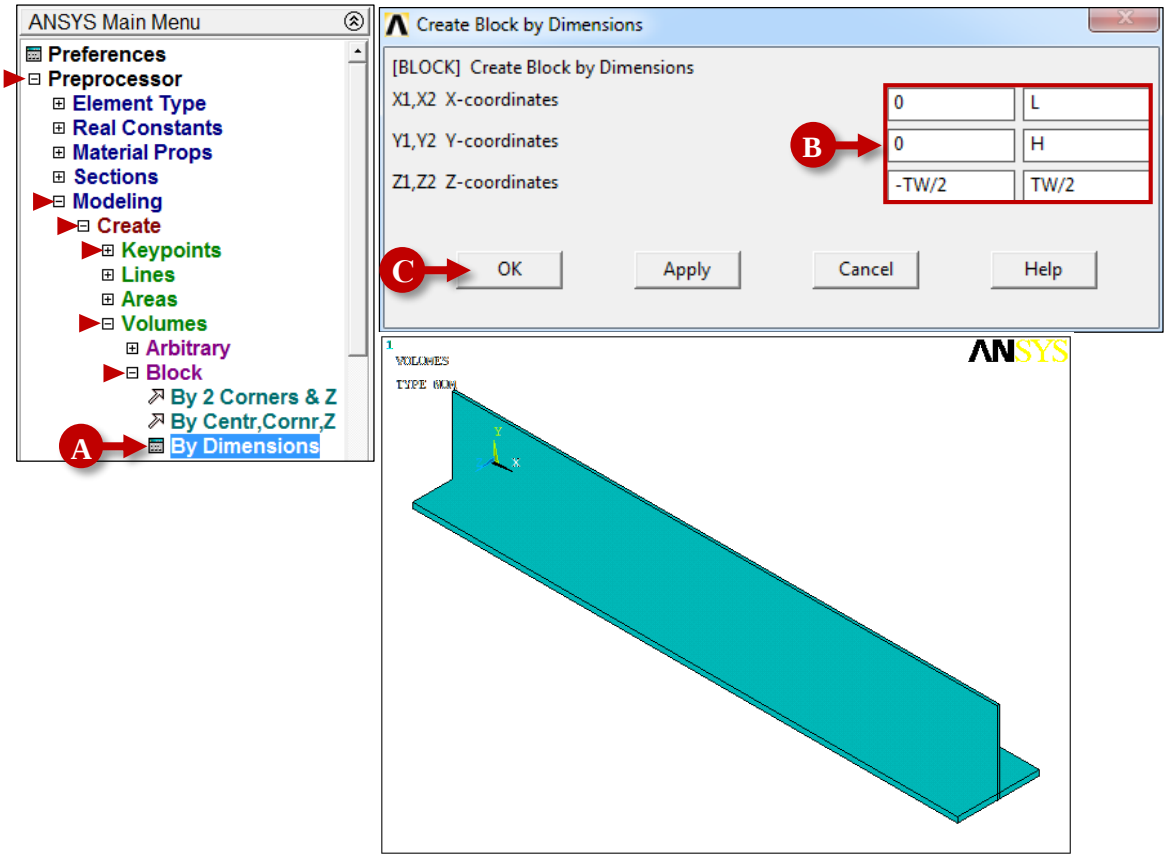
5- Preprocessor> Modeling> Create> Volume> Block> By Dimension>

X1 , X2 = **0** , **L** (mm) (طول جسد الجائز)

Y1 , Y2 = **0** , **H** (mm) (إرتفاع جسد الجائز)

Z1 , Z2 = **-TW/2** , **TW/2** (mm) (سماكة جسد الجائز)

> OK



الشكل (4-207): رسم جسد الجائز الفولاذي باستخدام المتغيرات (ووفقاً للمحاور المؤقتة)

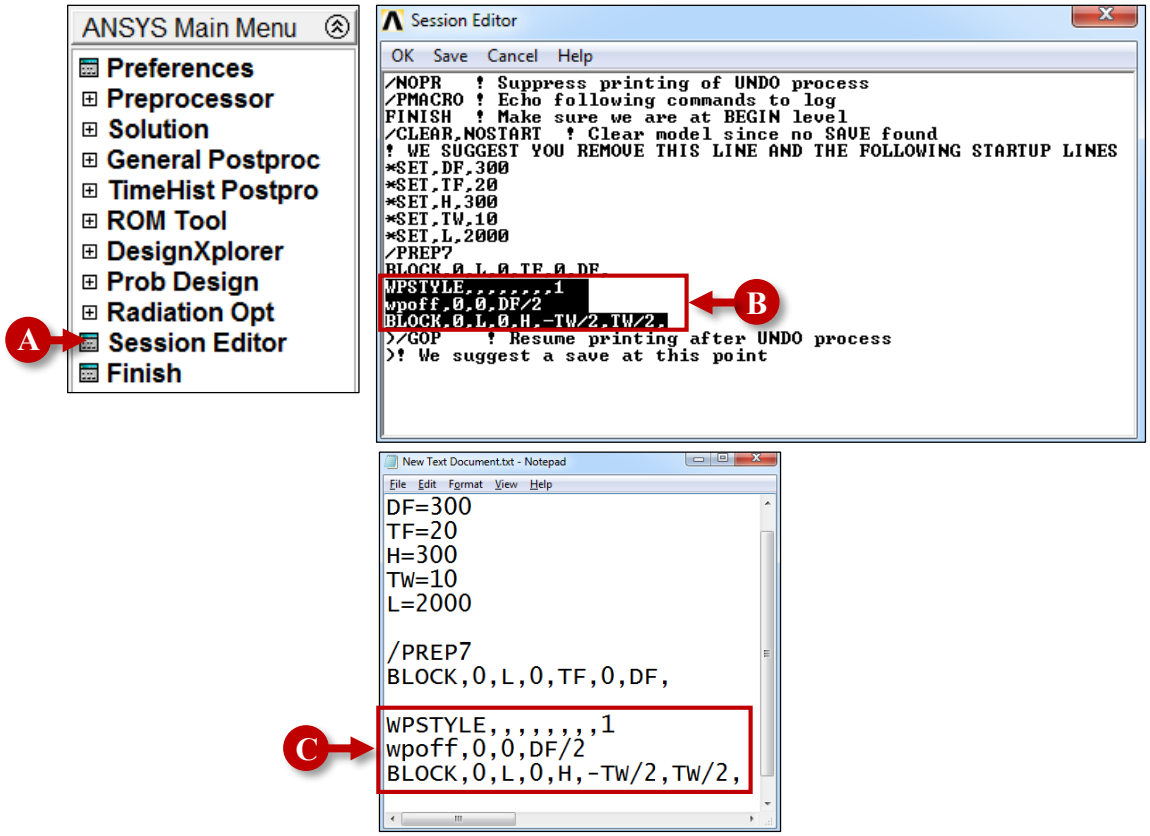
6- نسخ البرمجة المتعلقة بعملية رسم جسد الجائز:

يتم نسخ البرمجة المتعلقة بعملية رسم جسد الجائز من نافذة (Session Editor) ثم لصقها في ملف الدفتر (Notepad) السابق (والذي يحوي على بيانات المتغيرات والبرمجة المتعلقة برسم الجناح السفلي) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-208):

6-1. Session Editor> (يتم تحديد الأسطر البرمجية)**>** **>(Ctrl+C)**

```
WPSTYLE,,,,,,,,1
wpoff,0,0,DF/2
BLOCK,0,L,0,H,-
```

2. [Notepad_ ملف الدفتر]: **(Ctrl+V)**



الشكل (4-208): نسخ البرمجة لمتعلقة برسم الجسد من نافذة (Session Editor) ثم لصقها في ملف الدفتر

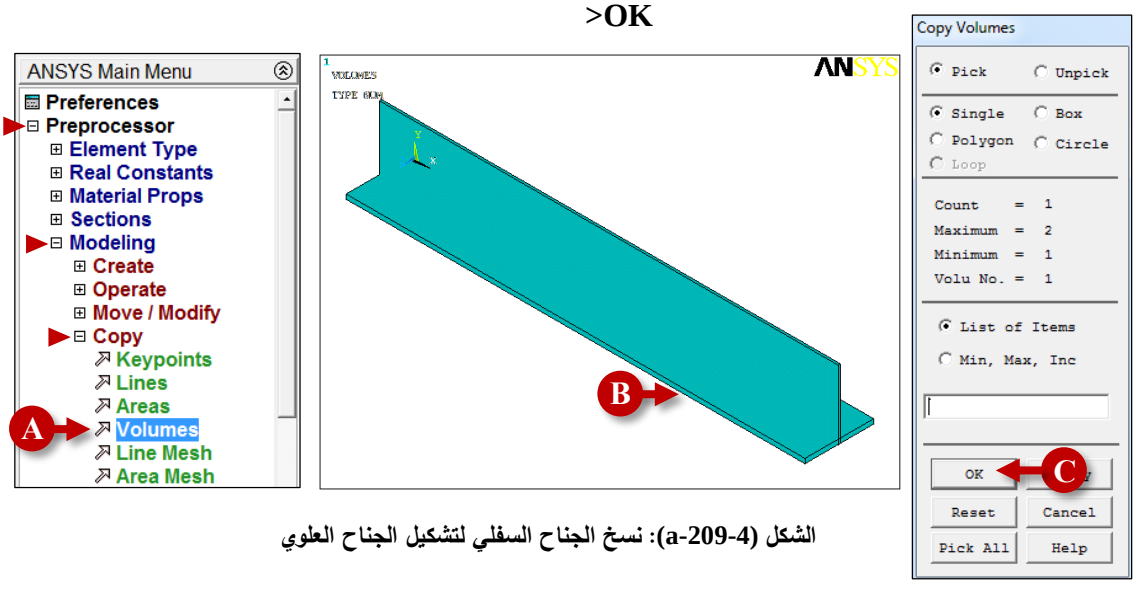
7- رسم الجناح العلوي:

يتم رسم الجناح العلوي للجائز الفولاذي من خلال عملية نسخ الجناح السفلي المرسوم سابقاً، تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-209):

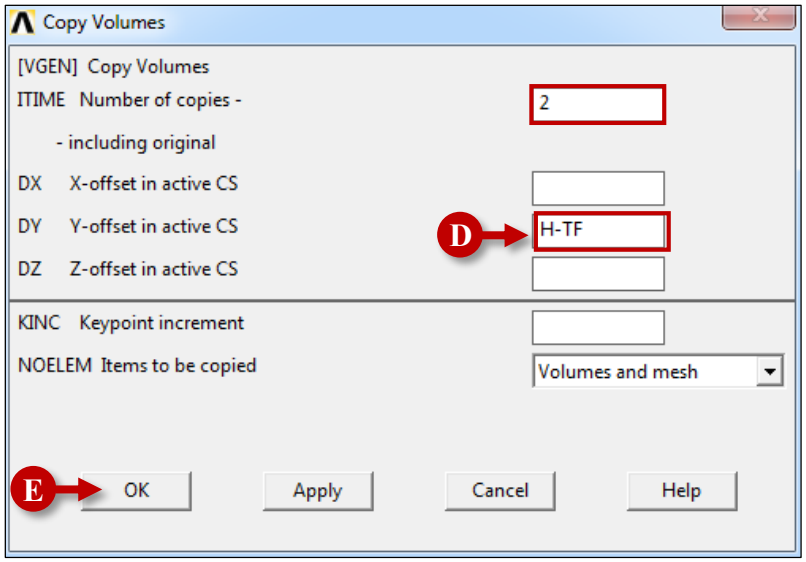
7- Preprocessor> **Modeling**> **Copy**> **Volume**> (يتم تحديد الجناح السفلي)> **OK**>

(بعد النسخة على المحور"Y") DY Y-Offset in Active CS = **H-TF**

>OK



الشكل (4-209-a): نسخ الجناح السفلي لتشكيل الجناح العلوي



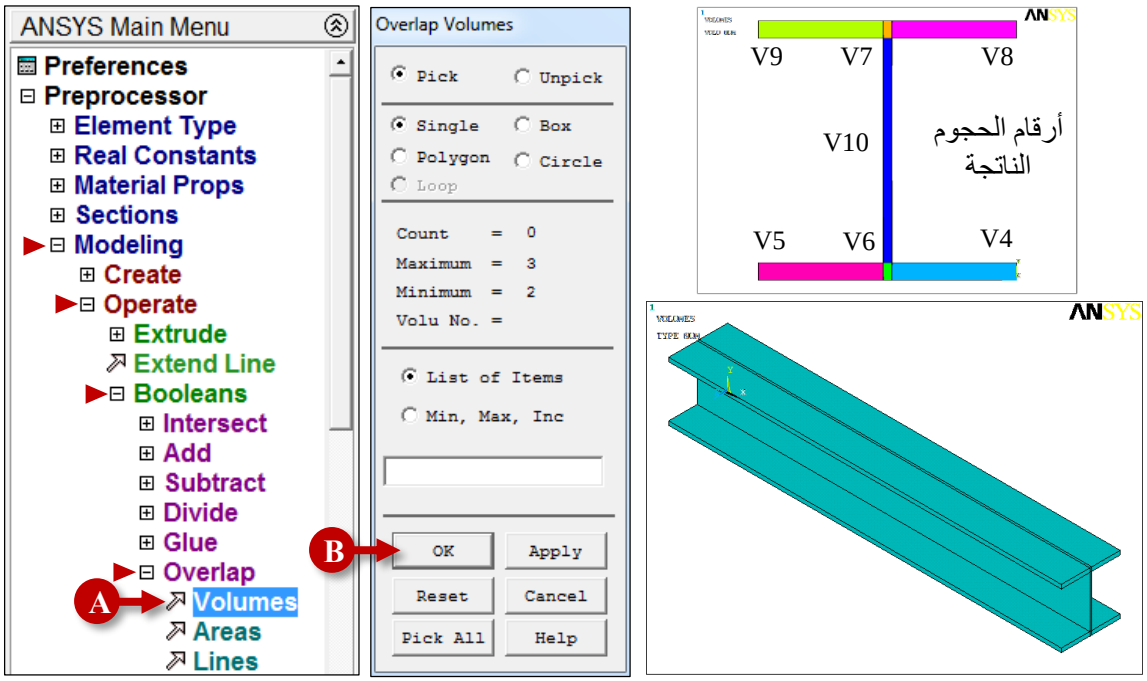
الشكل (4-209-b): نسخ الجناح السفلي لتشكيل الجناح العلوي

8- تداخل الحجوم (Overlap):

يتم توليد حجوم جديدة في منطقة التداخل بين حجمين باستخدام أمر التداخل (Overlap)، وبالتالي سينتج لدينا (7) حجوم (ثلاثة حجوم لكل من الجناح السفلي والعلوي بالإضافة إلى حجم الجسد)، حيث يتم اعتبار الحدود بين الحجوم الناتجة عبارة عن حدود مشتركة بين تلك الحجوم.

تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-210):

8-1. Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Overlap> Volumes>Pick All
2. Plot> Replot



الشكل (4-210): تطبيق عملية التداخل (Overlap) على جميع الحجوم

9- نسخ البرمجة المتعلقة برسم الجناح العلوي:

يتم نسخ البرمجة الجديدة والمتعلقة بعملية رسم الجناح العلوي إلى ملف الدفتر (Notepad) السابق (والذي يحوي على بيانات المتغيرات والبرمجة المتعلقة برسم كل من الجناح السفلي والجسد) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-211):

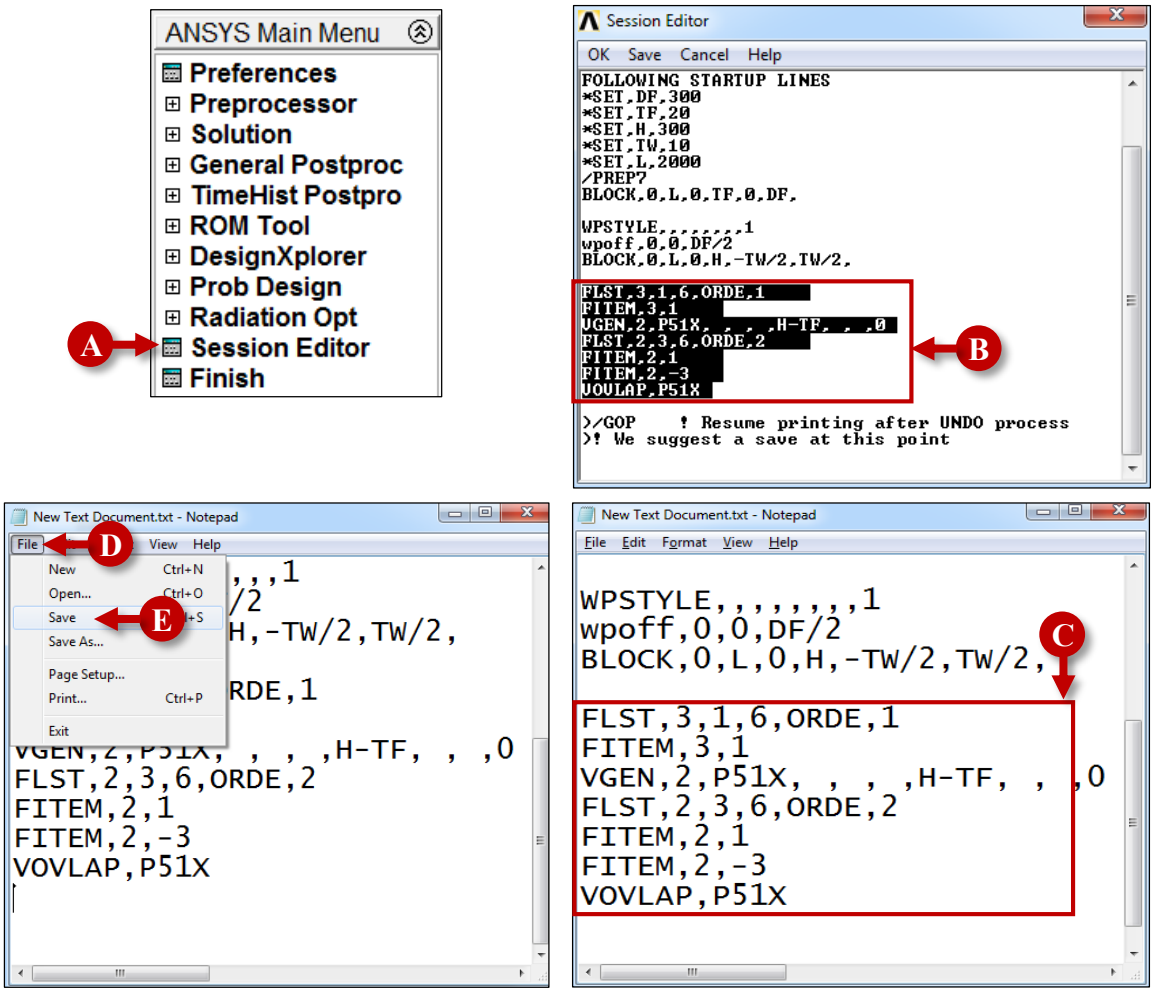
9-1. Session Editor> (يتم تحديد الأسطر البرمجية)>

```
FLST,3,1,6,ORDE,1
FITEM,3,1
VGEN,2,P51X, , , ,H-TF, , ,0
FLST,2,3,6,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-3
VOVLAP,P51X
```

> >**(Ctrl+C)**

2. [Notepad_ ملف الدفتر]: **(Ctrl+V)**

3. [Notepad_ ملف الدفتر]: **File> Save**



الشكل (4-211): نسخ البرمجة لمتعلقة برسم الجسد من نافذة (Session Editor)، ثم لصقها في ملف الدفتر، وحفظ بيانات الملف

10- حذف النمذجة وإعادتها باستخدام ملف البرمجة:

بهدف توضـيح كيفية الإسـتفادة من الأوامر البرمجية في ملف الدفتر سـيتم حذف النمذجة ثم يتم إعادة بناء النموذج من خلال نسخ البيانات الموجودة على ملف الدفتر ولصقها على سطر الأوامر البرمجية الموجود في برنامج (ANSYS) ، تتم هذه العملية من خلال المسار التالي:

10-1. [ANSYS]> File> Clear and Start>

>Do not Read File >OK

2. [Notepad]> (نسخ كافة البيانات الموجودة ضمن ملف الدفتر)

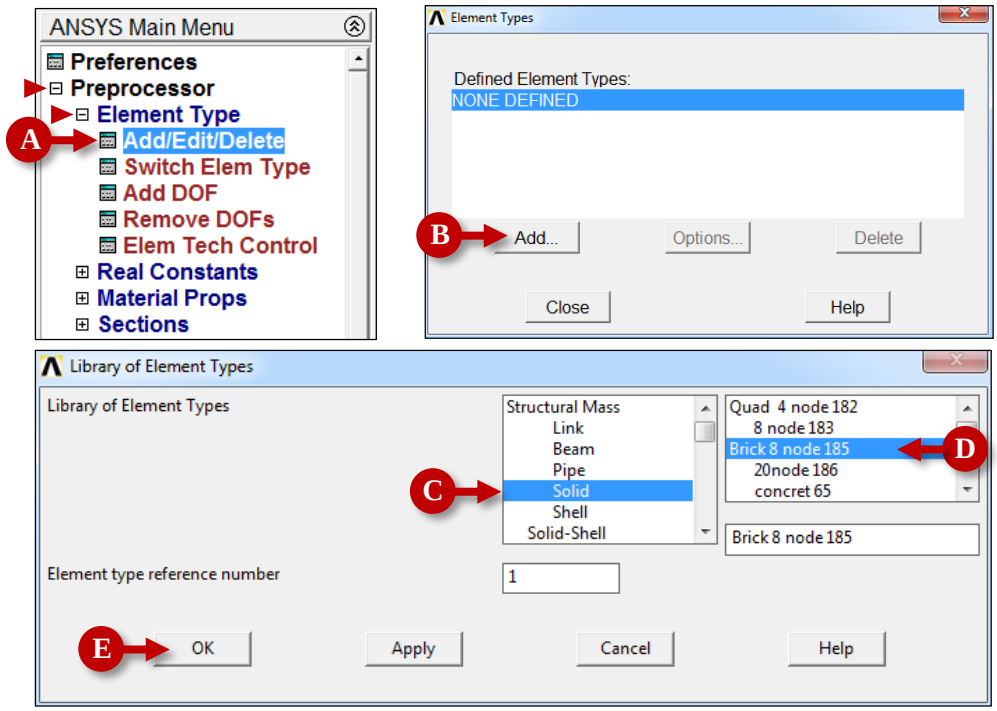
3. [ANSYS]> Input Window> (Right Click)>Paste

نلاحظ بأنه باسـتخدام هذه الطريقة تتم إعادة بناء كامل النموذج بشـكل سـهل وسـريع. وهكذا فإن فكرة استخدام المتغيرات قد أصبحت أكثر وضوحاً بالنسبة للمستخدم.

11- تحديد العناصر المستخدمة:

سيتم تحديد العنصر (Solid185) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-212):

11- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Solid> Brick 8node 185 > OK >Close



الشكل (4-212): تحديد العنصر

12- تعريف خصائص المادة المستخدمة:

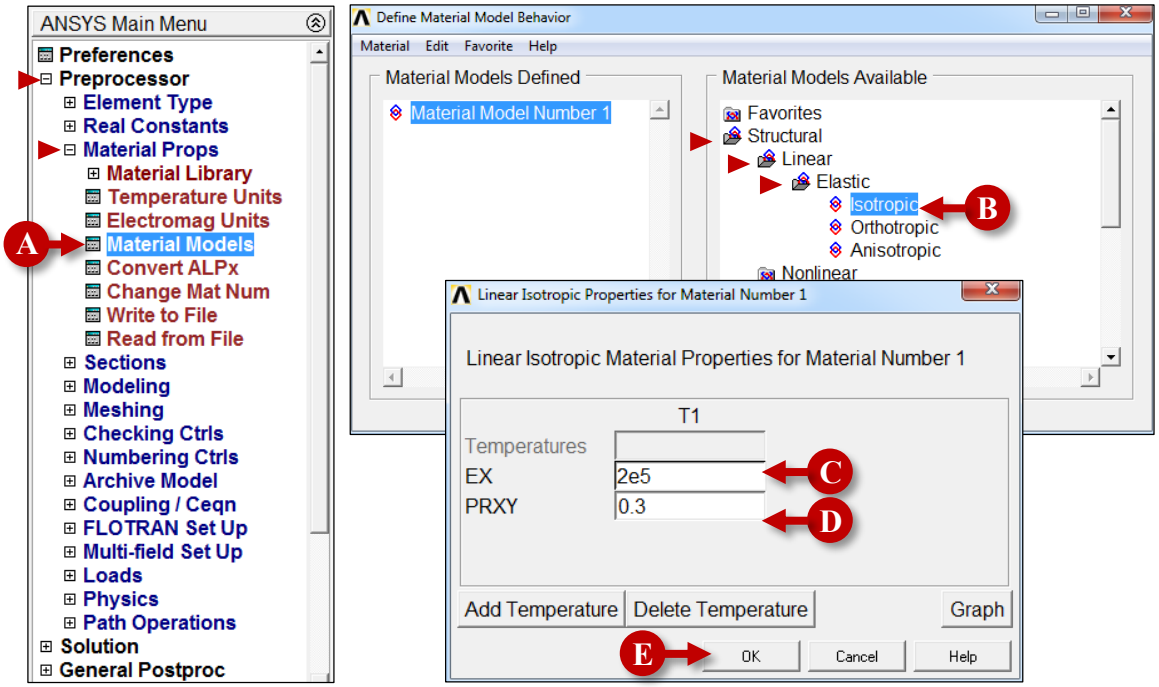
يتم تعريف خصائص المادة المستخدمة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-213):

12- Preprocessor> Material props> Material models>

1. **Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **2e5** (N/mm^2) (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون للفولاذ)



الشكل (4-213): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للفولاذ

13- تحديد خطة تقسيم الجائز:

13-1- تحديد عدد تقسيمات الخطوط الطولية (الموازية للمحور "X"):

سيتم تقسيم الخطوط الطولية على امتداد الجائز أي الخطوط الموازية للمحور (X) إلى (20) جزء، تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-214):

13-1. Isometric View

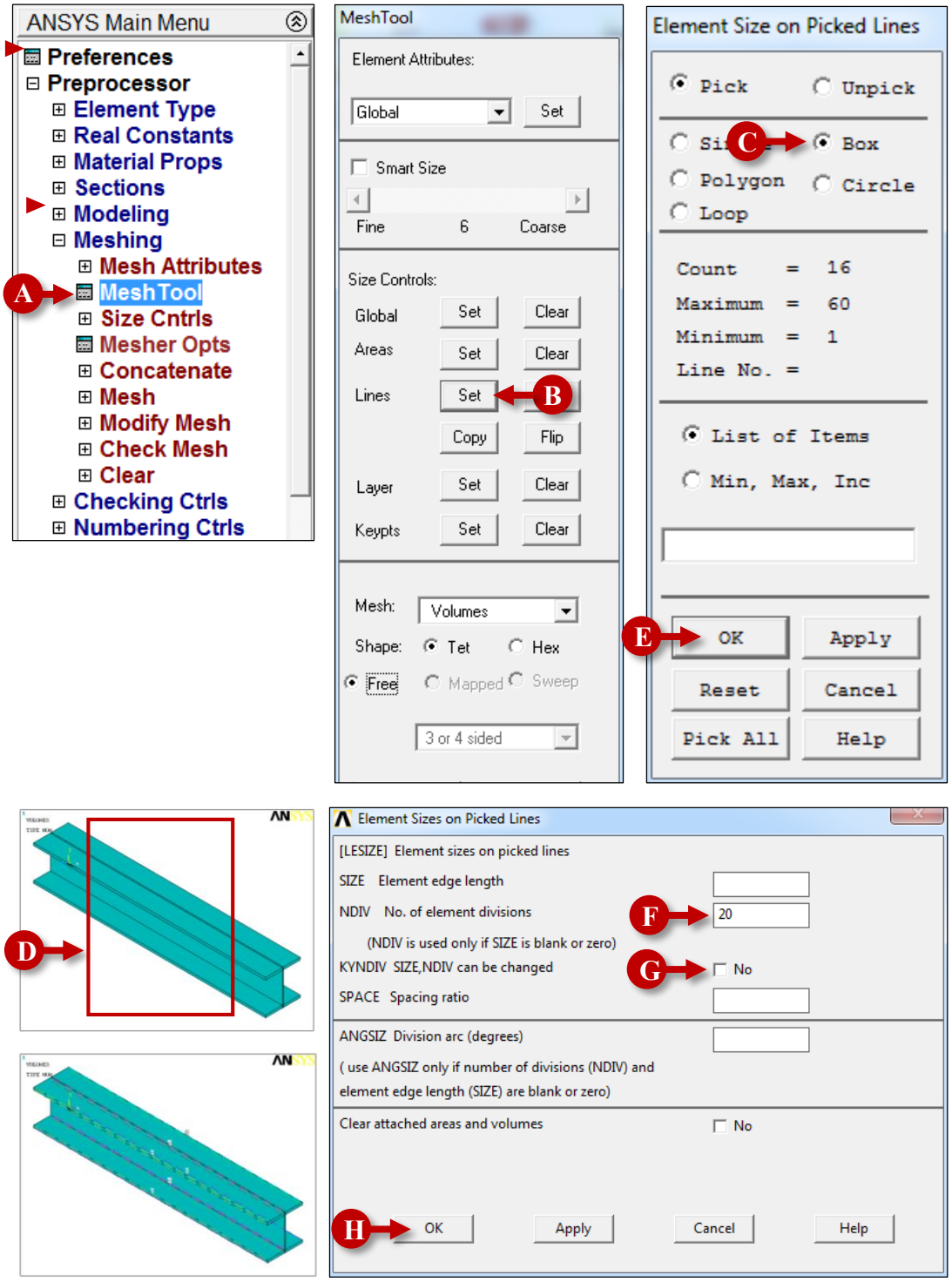
2. **Preprocessor> Meshing > Mesh Tools>**

Lines: Sets> (Box)> (يتم رسم مستطيل لتحديد الخطوط الطولية فقط)>

NDIV No. of Element Divisions = **20** (عدد القطع على امتداد الجائز)

SIZE,NDIV No. Can be Changed = **NO** (عدم السماح بتغيير عدد قطع التقسيم)

>OK



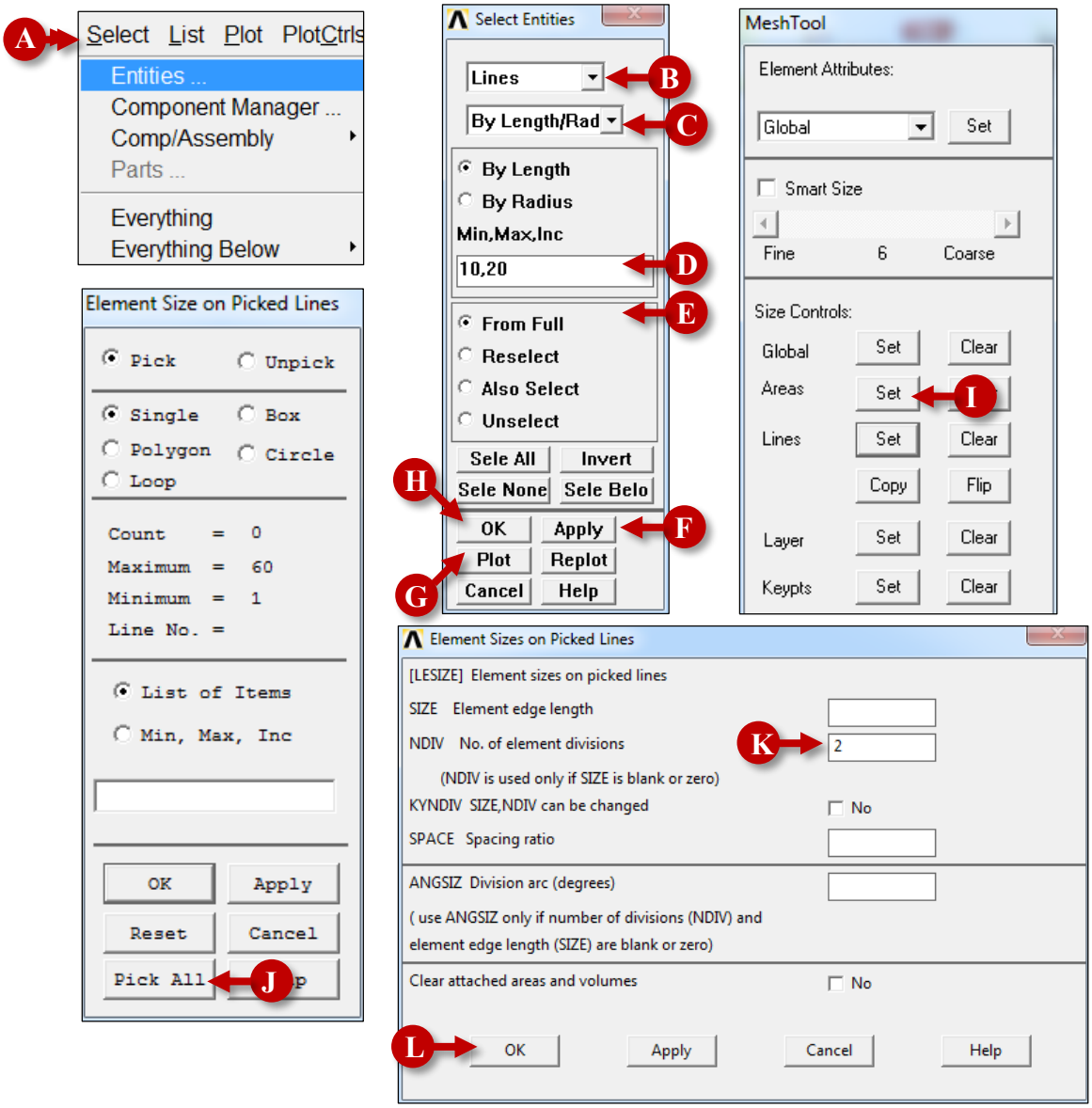
الشكل (4-214): تحديد عدد تقسيمات الخطوط الطولية (الموازية للمحور "X")

13-2- تحديد عدد تقسيمات خطوط سماكة الجسد والأجنحة:

في البداية سيتم إلتقاط خطوط السماكة للجسد والأجنحة بالإستفادة أن طولها معروف وهو (10,20mm)، ثم سيتم بعد ذلك تقسيمها إلى جزئين، تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-215):

13-2-1. Select> Entities…> Lines> By Length> X coordinates= 0 >
Min,Max=**10,20** >
From Full >Apply> Plot>OK

2. Preprocessor> Meshing > Mesh Tools>
Lines: Sets> (Pick All) (حيث يتم بهذه الطريقة تحديد جميع السماكات التي تم تحديدها سابقا)
NDIV No. of Element Divisions = **2** (عدد القطع على امتداد السماكة)
>OK



الشكل (4-215): تحديد خطوط سماكة الجسد والأجنحة

13-3- تحديد عدد تقسيمات الخطوط الشاقولية في جسد الجائز (وبأبعاد متزايدة):

سيتم تقسيم الخطوط الشاقولية في جسد الجائز إلى (10) أجزاء بحيث تكون أبعاد هذه الأجزاء متزايدة بمقدار (10%)، وبحيث تكون الأجزاء القصيرة تقع في الأطراف العلوية والسفلية لهذه الخطوط صغيرة (بسبب شدة الإجهادات في هذه المناطق) ويتزايد طول الأجزاء باتجاه منتصف الجسد، تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-216) و(4-217):

13-3-1. Select> Everything…

2. Plot> Replot

3. Right View

4. Fit View

5. Preprocessor> Meshing > Mesh Tools>

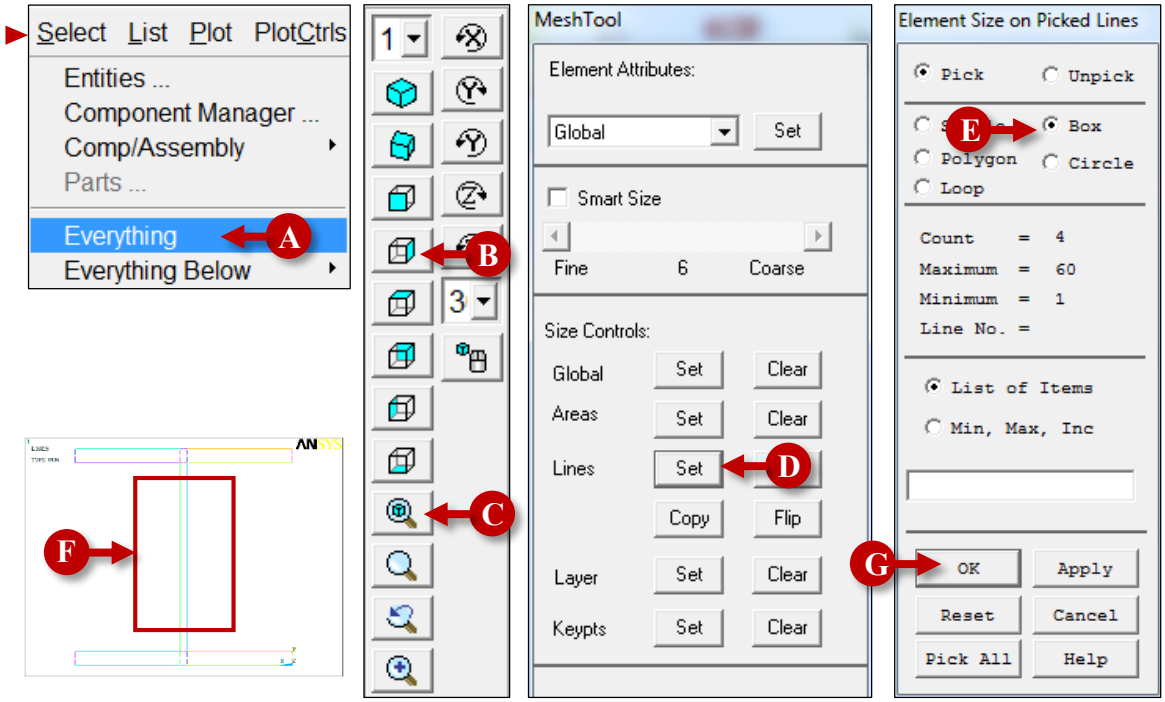
Lines: Sets> (Box)> (يتم رسم مستطيل لتحديد الخطوط الشاقولية للجسد)>

NDIV No. of Element Divisions = **10** (عدد القطع على امتداد الخط)

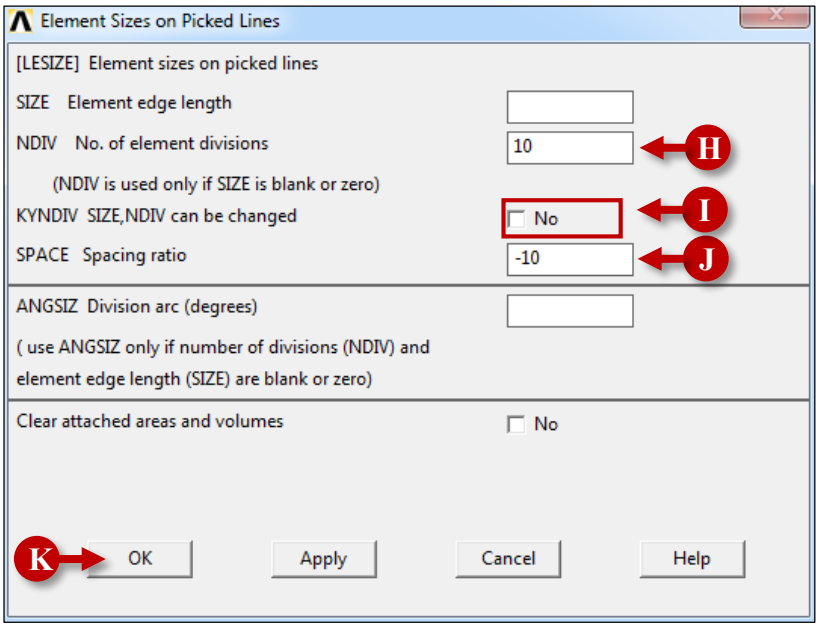
SIZE,NDIV No. Can be Changed = **NO** (عدم السماح بتغيير عدد قطع التقسيم)

SPACE Spacing Ratio = **-10** (نسبة التباعد)

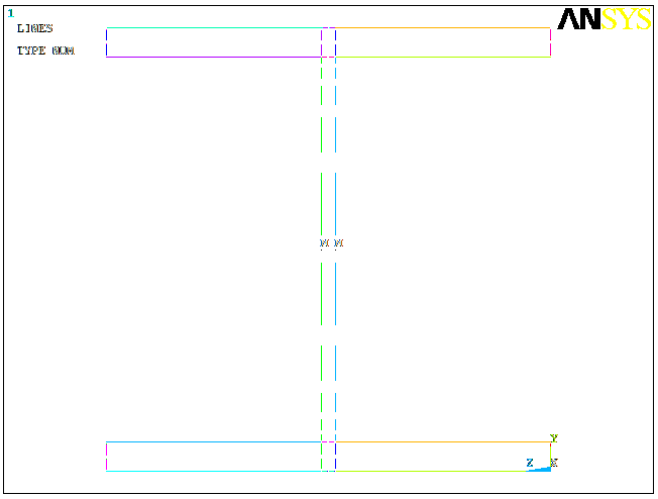
>OK



الشكل (4-216-a): تحديد عدد تقسيمات الخطوط الشاقولية في جسد الجائز، وبأبعاد متزايدة



الشكل (4-216-b): تحديد عدد تقسيمات الخطوط الشاقولية في جسد الجائز، وبأبعاد متزايدة



الشكل (4-217): تقسيمات الخطوط الشاقولية في جسد الجائز

- **ملاحظة (1):**

في الخيار (Spacing Ratio) الموجود ضمن النافذة المبينة في الشكل (4-216-b) فإن:

- الإشـــارة الموجبة (+) أمام الرقم: تعني وجود طرف للخط (المراد تقســـيمه) يكون فية قياس القطع صغير ويتزايد هذا القياس باتجاه الطرف الأخر من الخط.
- الإشـــارة الســـالبة (-) أمام الرقم: تعني وجود طرفين متماثلين يقعان في بداية ونهاية الخط بحيث يكون قياس القطع فيهما متماثل ويتغير هذا القياس باتجاه وسط الخط.
- مقلوب الرقم (مثلاً "1/10" بدلاً من "10"): يؤدي إلى عكس جهة التزايد، حيث يصـــبح التزايد يبدأ من الطرف الأخر للخط في حال كانت الإشـارة موجبة، أما في حالة الإشـارة السـالبة فيتغير قياس القطع الموجودة في الطرفين المتماثلين.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

كما هو موضح في الشكل (4-218).

الشكل (4-218): تأثير كل من لإشارة السالبة ومقلوب العدد في (Spacing Ratio) على شكل التزايد في التقسيمات

13-4- تحديد عدد تقسيمات الخطوط الأفقية في الجناحين السفلي والعلوي:

سيتم تقسيم الخطوط الأفقية في الجناحين السفلي والعلوي إلى (5) أجزاء في كل طرف من الجناح، من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-219):

13-4- Preprocessor> Meshing > Mesh Tools>

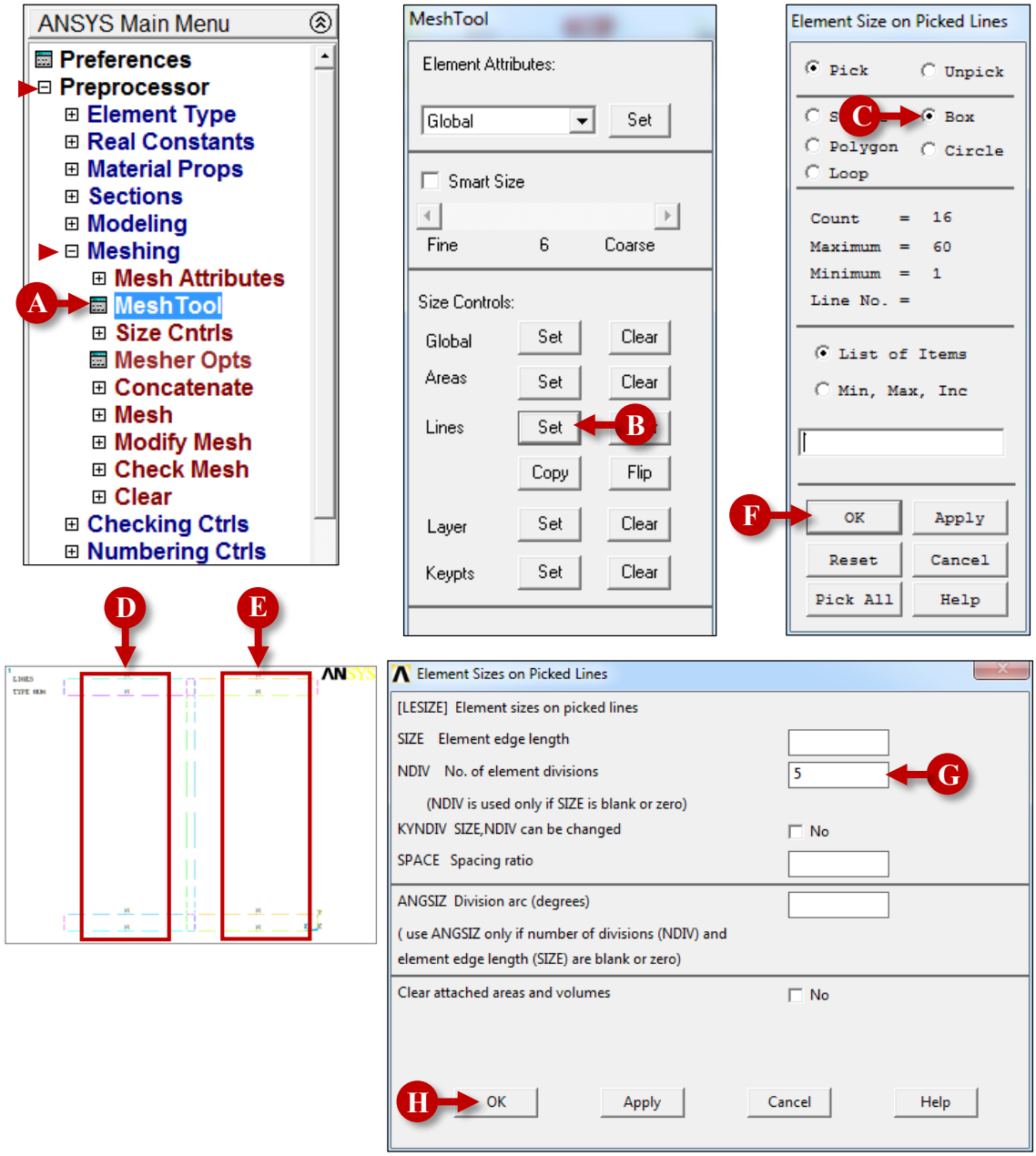
Lines: Sets> (Box)> (يتم رسم مستطيل لتحديد الخطوط الشاقولية للجسد)>

NDIV No. of Element Divisions = **5** (عدد القطع على امتداد الخط)

SIZE,NDIV No. Can be Changed = **NO** (عدم السماح بتغيير عدد قطع التقسيم)

SPACE Spacing Ratio =☐ (نسبة التباعد)

>OK



الشكل (4-219): تحديد عدد تقسيمات الخطوط الأفقية في الجناحين السفلي والعلوي

14- تنفيذ التقسيم:

يتم ضبط إعدادات التقسيم وإعطاء الأمر بتنفيذ هذا التقسيم، من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-220):

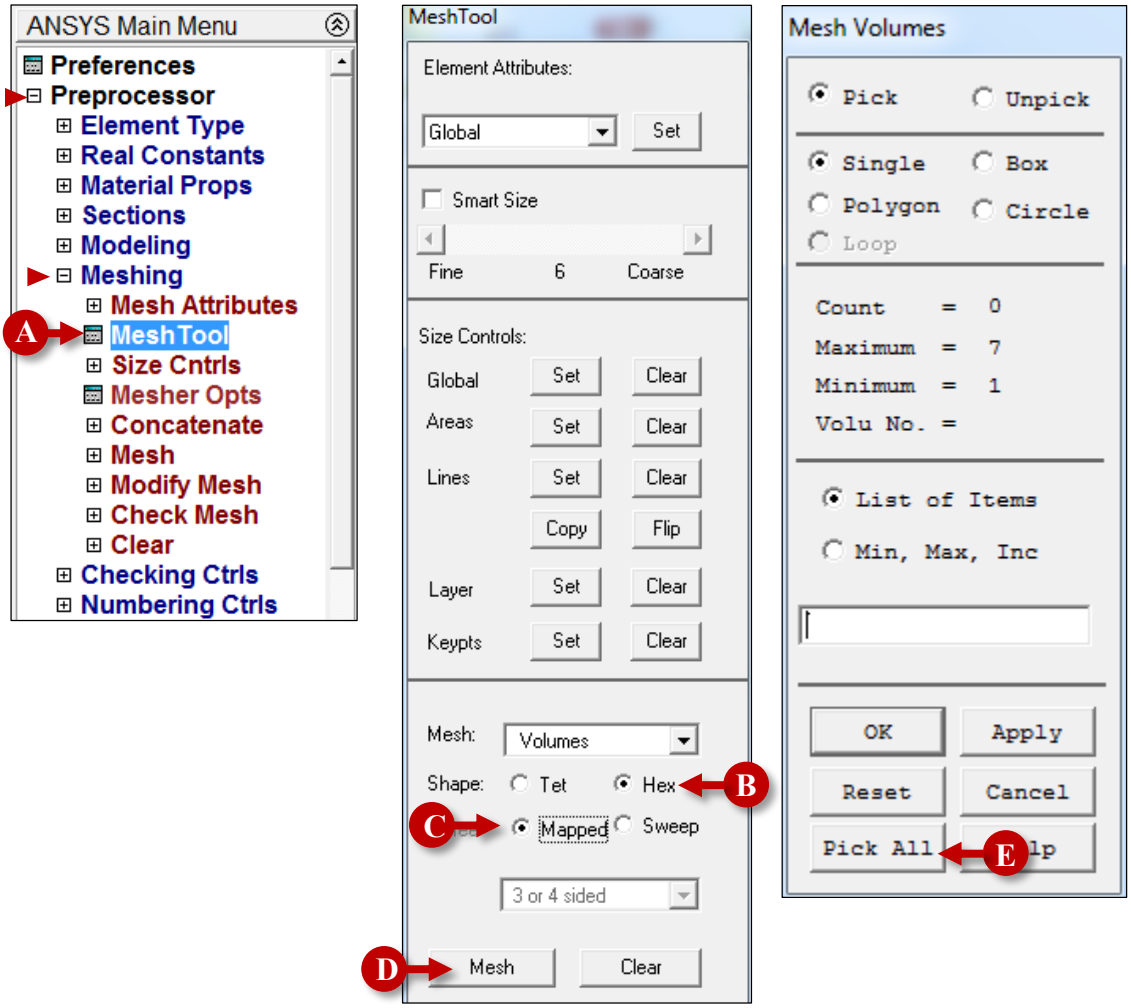
14-1. Preprocessor> Meshing > Mesh Tools>

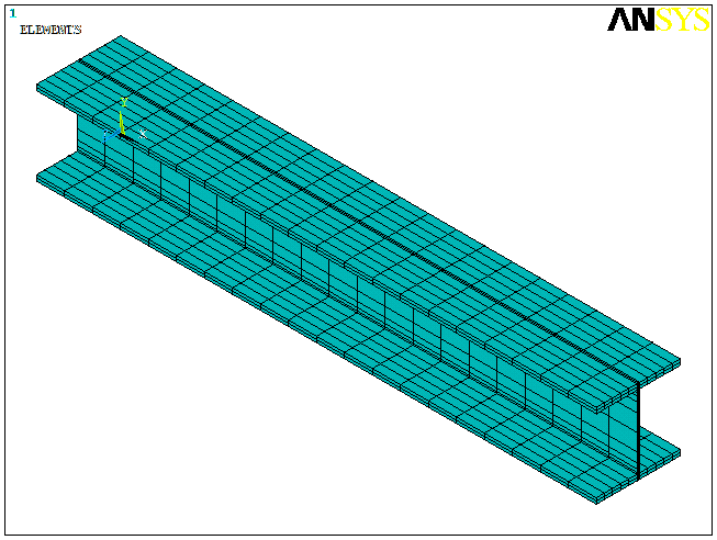
Mesh: Volumes

Shape: Hex-Mapped>Mesh> (Pick All)

2. **Isometric View**

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com





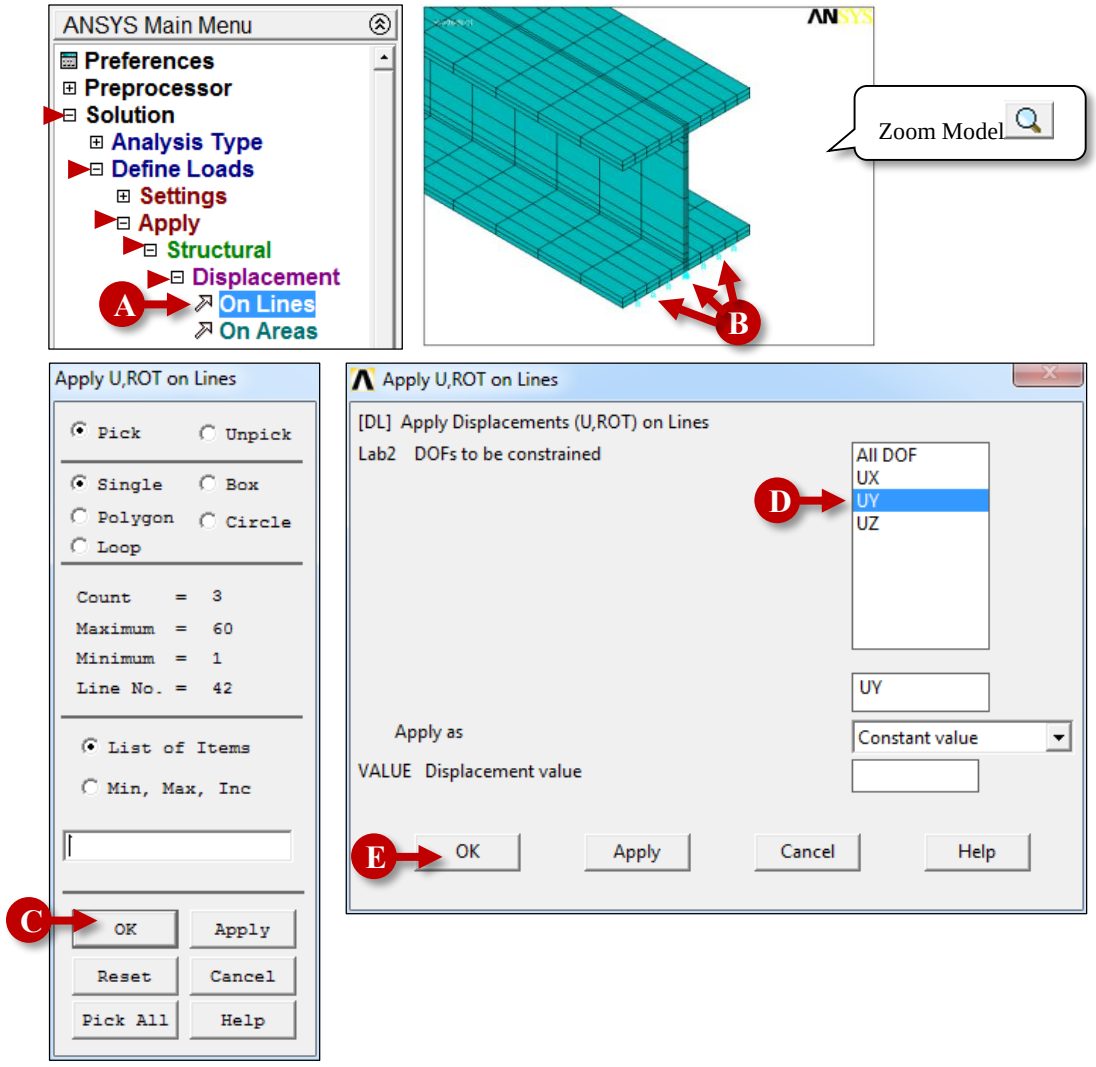
الشكل (4-220): تنفيذ التقسيم

15- تخصيص المساند:

يتم تخصيص المساند بالإستعانة بالخطوط (Lines)، من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-221) و(4-222):

15-1. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Lines >
> (يتم اختيار الخط السفلي من الطرف البعيد عن مبدأ الإحداثيات)> UY> OK

2. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Lines >
> (يتم اختيار الخط السفلي من الطرف القريب عن مبدأ الإحداثيات)> All DOF> OK

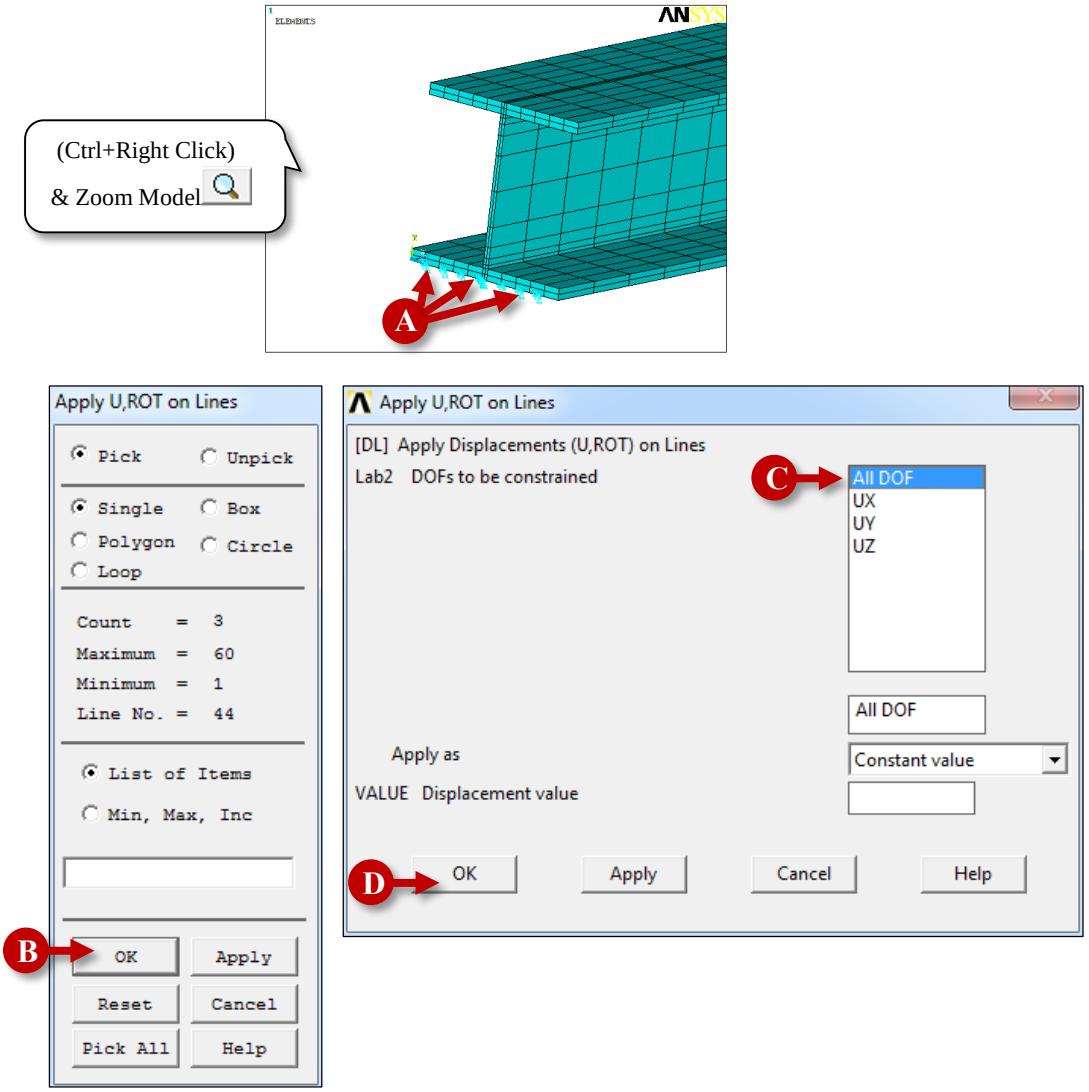


الشكل (4-221): تطبيق الإستناد المنزلق على طرف الجانز الفولاذي البعيد عن مبدأ الإحداثيات

- **ملاحظة (1):**

من الشكل (4-221) السابق والذي يبين المساند نلاحظ بأن المساند تتبع للخط (وليس للعقد) لأنها غير مرسومة أسفل كل عقدة.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-222): تطبيق الإستناد الثابت على طرف الجائز الفولاذي القريب من مبدأ الإحداثيات

16- تطبيق الحمولة:

سـيتم تطبيق حمولات شـاقولية تبلغ قيمتها (100 N/mm^2) موزعة بانتظام على السـطح العلوي للجناح العلوي في الجائز، من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-223):

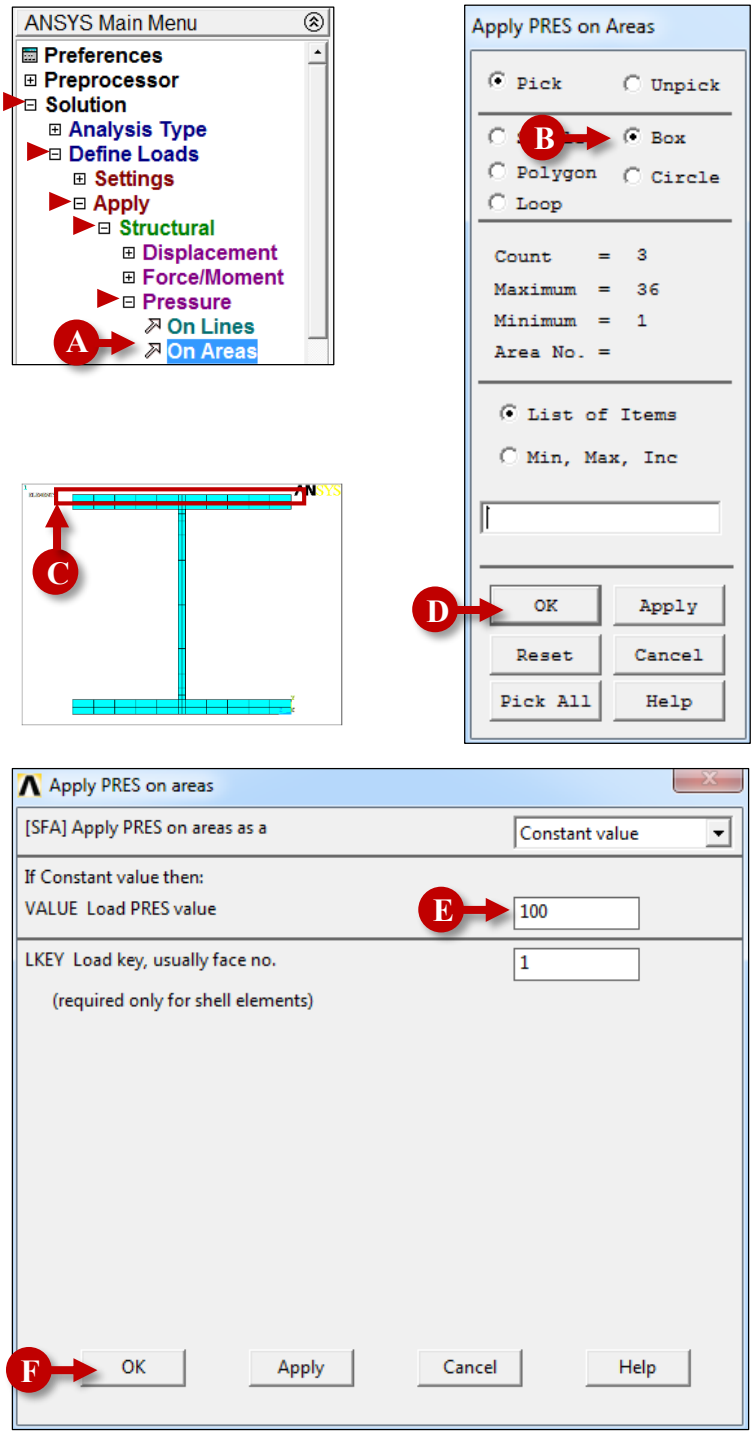
16-1. Right View

2. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Pressure> On Areas >

>Box> (يتم رسم مستطيل يحدد الخطوط الأفقية العلوية من الجناح العلوي)>

VALUE Load PRES Value = **100** (N/mm^2) (قيمة الحمولة)

> OK



الشكل (4-223): تطبيق الحمولة

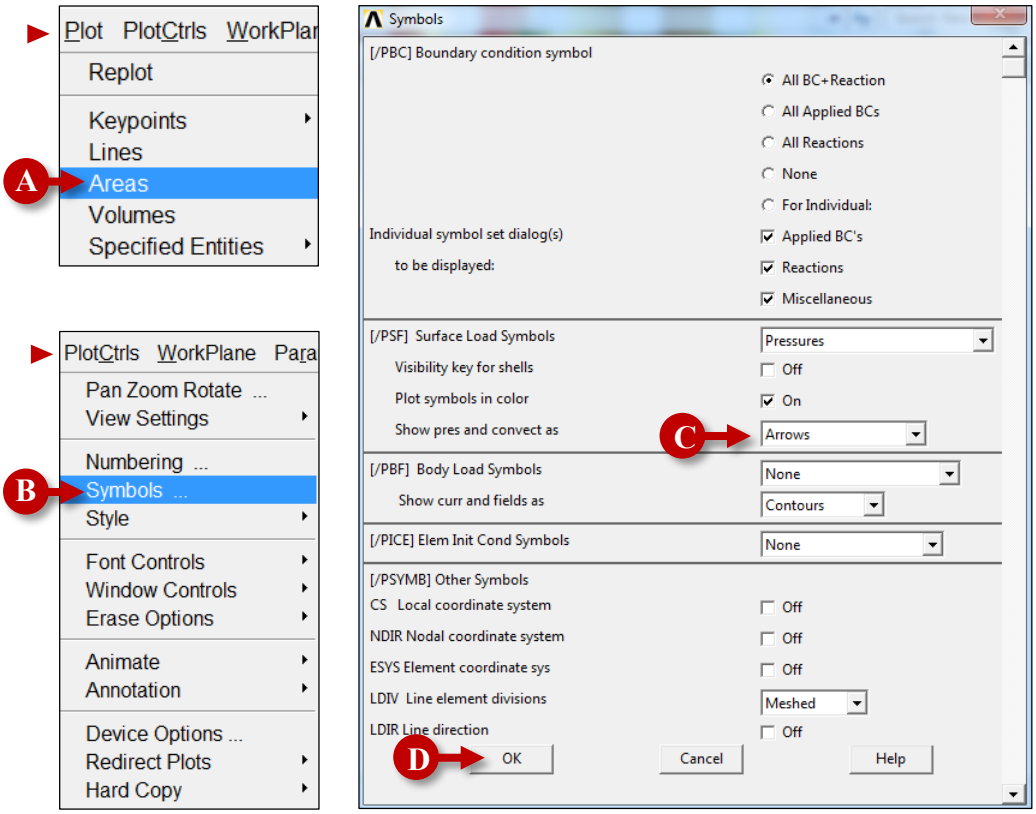
17- معاينة جهة الحمولة في الواجهة الرسومية:

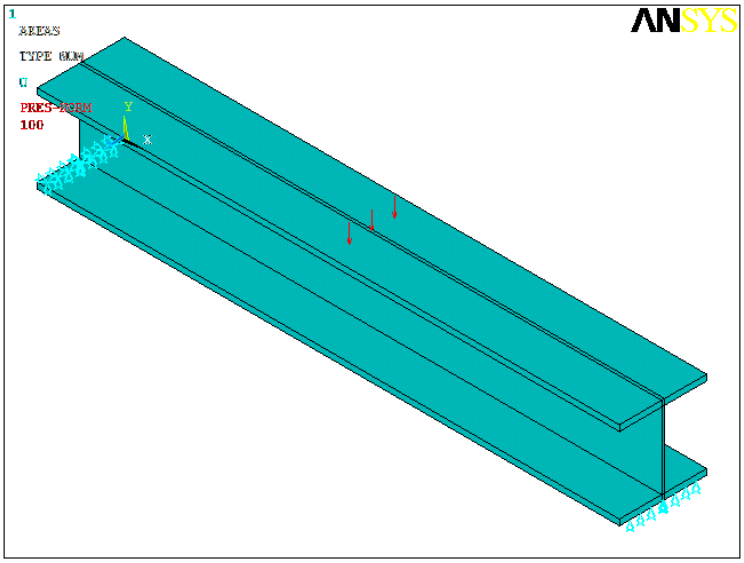
تتم معاينة جهة الحمولة الموزعة بانتظام والمطبقة على المساحات في الواجهة الرسومية للتأكد من اتجاه تطبيق الحمولة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-224):

17-1. Plot>Areas

2. PlotCtrls> Symbols…> Show Pres and Convect as= **Arrows**

>OK





الشكل (4-224): معاينة جهة حمولة الضغط المطبقة في الواجهة الرسومية

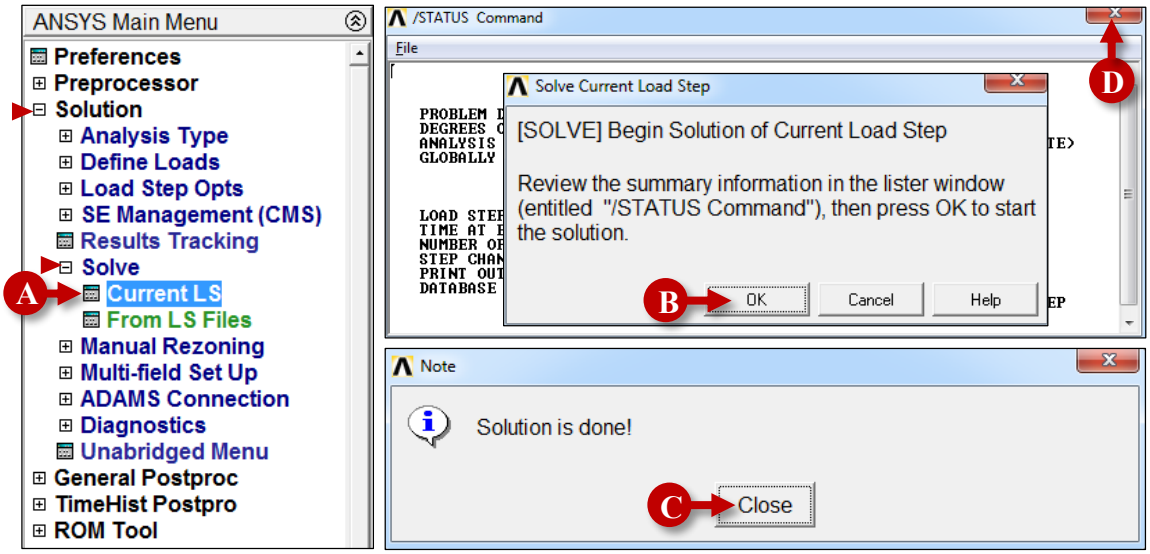
18- بدء التحليل الأول:

سـيتم إجراء عمليتي تحليل (التحليل الأول يأخذ الحمولة المطبقة الكلية فقط، أما التحليل الثاني فسيتم فيه التحكم بإعدادات التحليل بحيث يمكن معاينة مراحل تطور الإجهادات مع زيادة الحمولة).

يتم البدء بعملية التحليل من خلال الأمر(Solve) الموضح في الشكل (4-225)، من خلال المسار التالي:

18- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

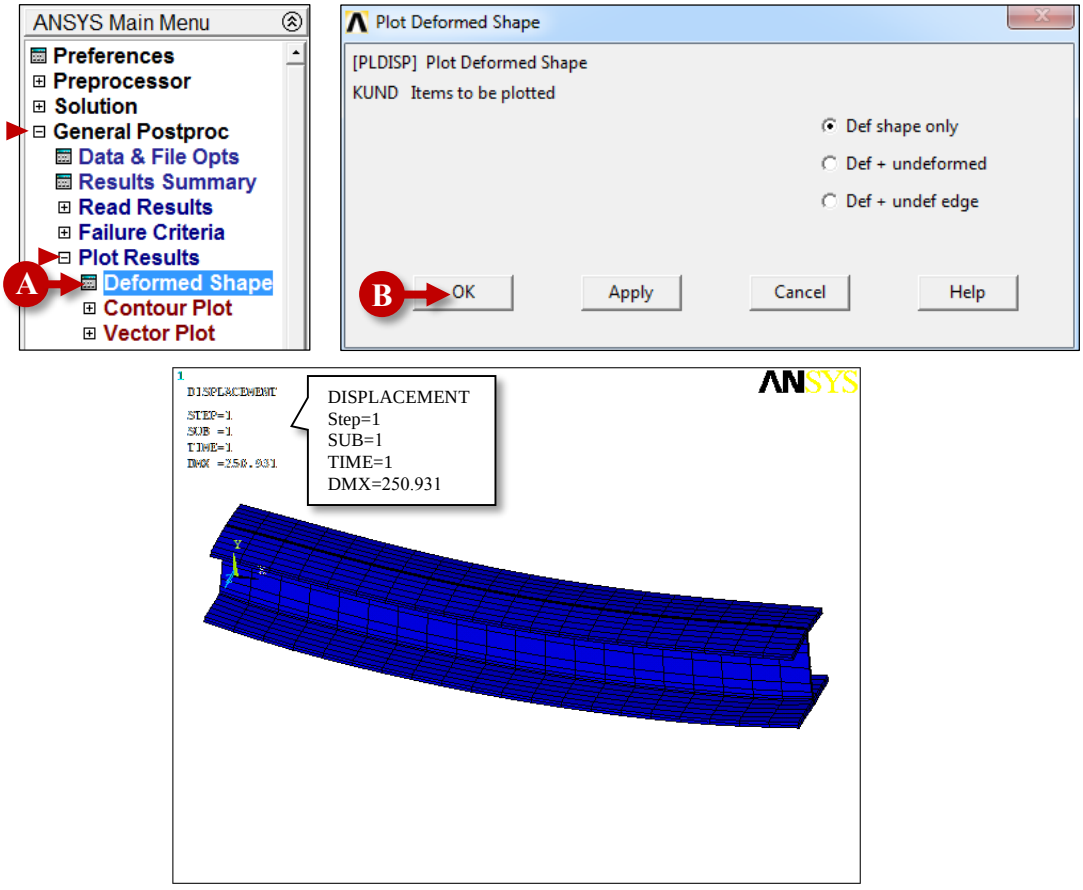


الشكل (2-225): بدء التحليل

19- معاينة الشكل المشوه:

تتم معاينة الشكل المشوه من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-226):

19- General Postproc> Plot Results> Deformed Shape> OK



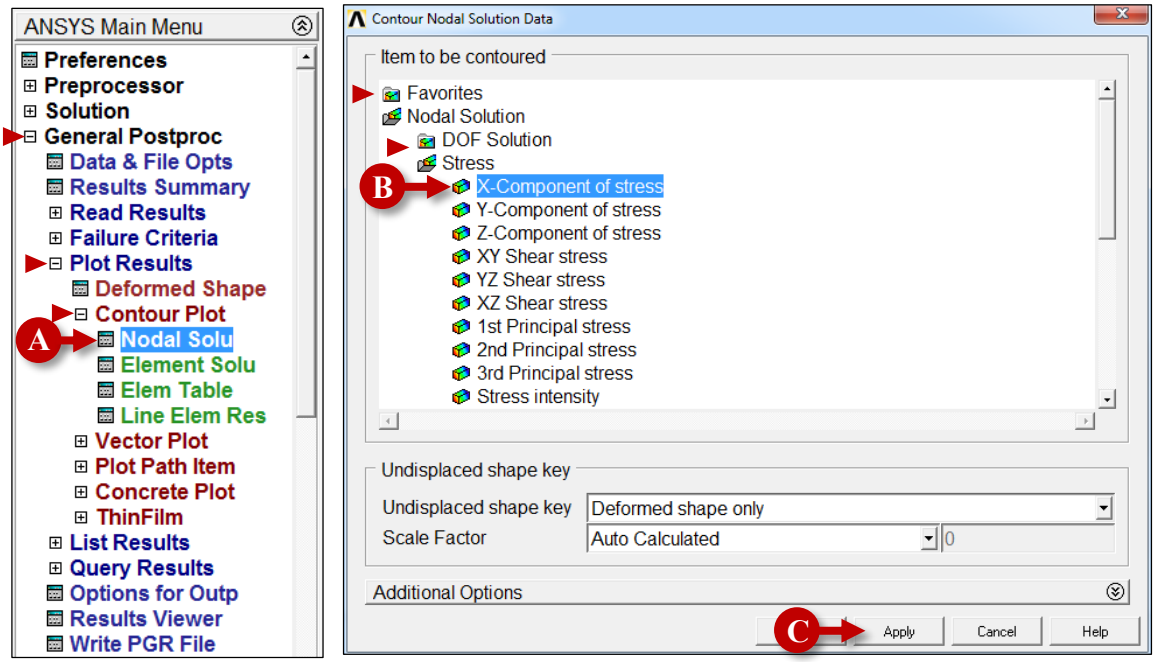
الشكل (4-226): معاينة الشكل المتشوه

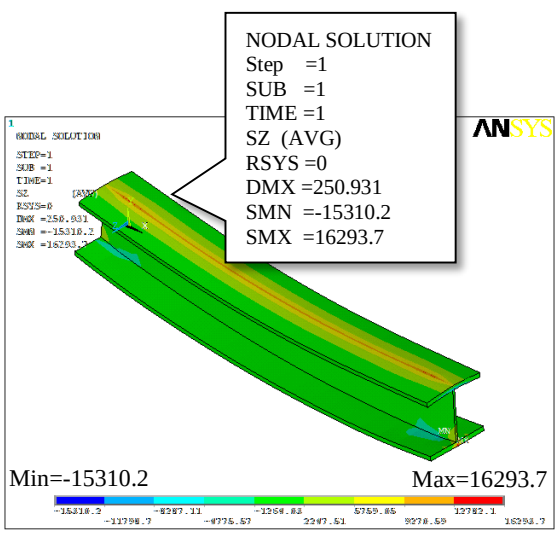
20- معاينة الإجهادات:

تتم معاينة مخطط إجهادات (X-Component of Stress) و(Z-Component of Stress) من خلال المسار التالي و الموضح في الشكلين (4-227) و(4-228):

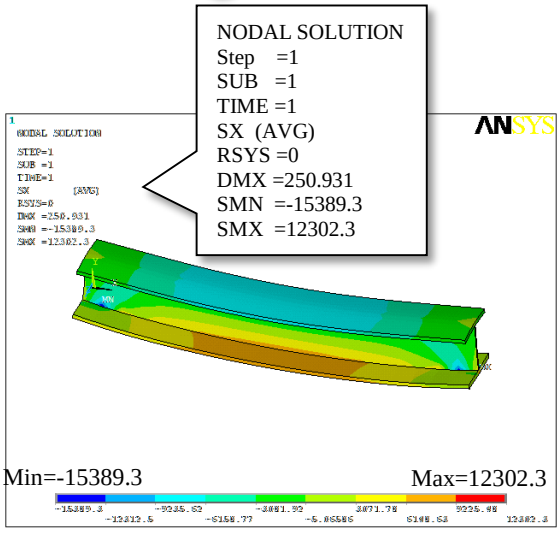
20- General Postproc> Plot Results> Contour Plot>Nodal Solu>

- **Stress> X-Component of Stress>Apply**
- **Stress> Z-Component of Stress >OK**





الشكل (4-228): مخطط الإجهادات باتجاه المحور (Z)



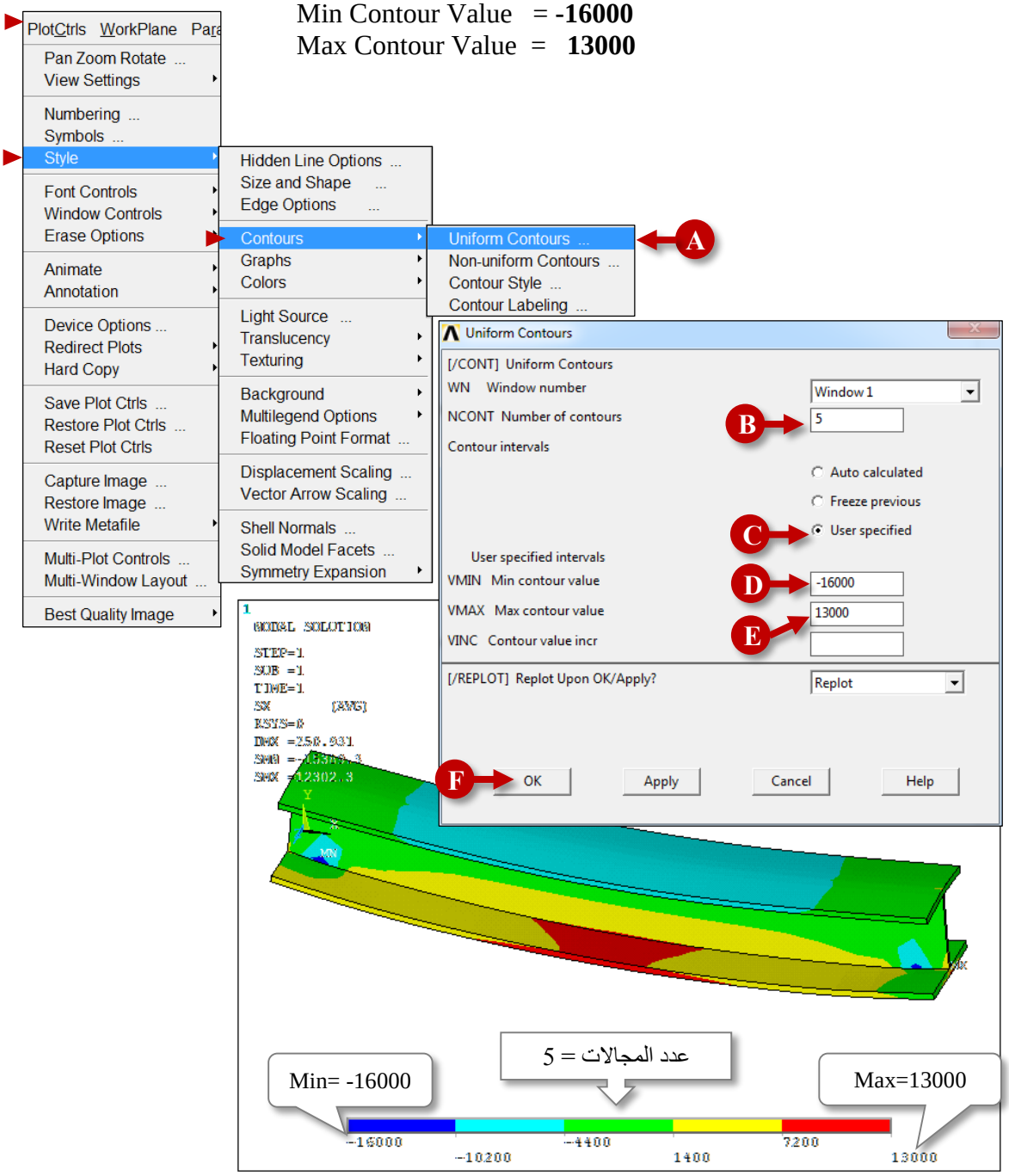
الشكل (4-227): مخطط الإجهادات باتجاه المحور (X)

21- التحكم بخطوط الكونتور:

يمكن التحكم بعدد مجالات، والقيم الحدية لخطوط الكونتور من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-229):

21- PlotCtrls> Style> Contours> Uniform Contours

Number of Contours = **5**
Contour Intervals = **User Specified**
Min Contour Value = **-16000**
Max Contour Value = **13000**

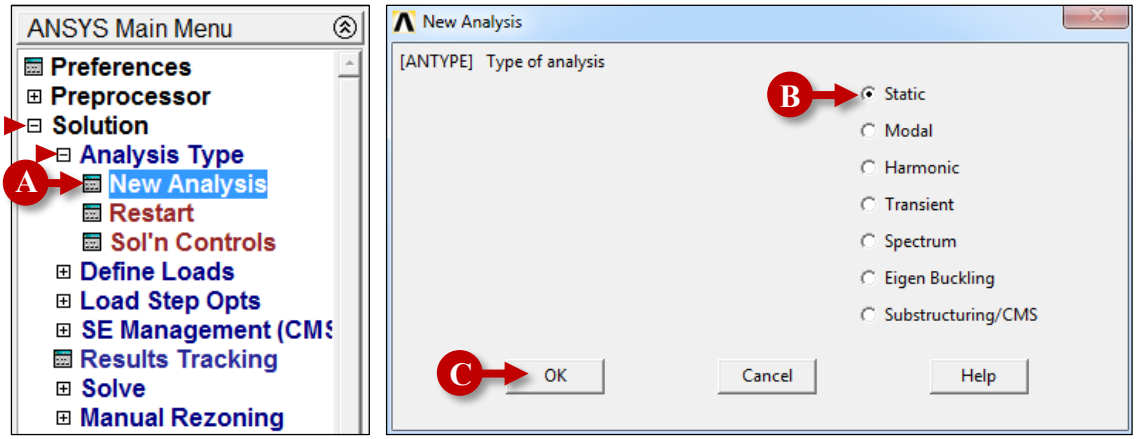


الشكل (4-229): التحكم بعدد مجالات، وحدود خطوط الكونتور لمخطط الإجهادات باتجاه المحور (X)

22- إعادة تحديد نوع التحليل (تمهيداً للتحليل الثاني):

يتم إعادة تحديد نوع التحليل قبل القيام بعملية تحليل جديدة (كي لا يتم أخذ أثر التحليل السابق بالحسبان) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-230):

22- Solution> Analysis Type> New Analysis Type> Static



الشكل (4-230): إعادة تحديد نوع التحليل

23- ضبط إعدادات خيارات التحليل الثاني:

نجعل عدد الثواني في نهاية التحليل يســـاوي الحمولة الكلية المطبقة أي (100)، وبالتالي فإن كل ثانية تقابل واحدة الحمولة، تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-231):

23- Solution> Analysis Type> Sol'n Controls>

- Basic:

Small displacement static

Time at end of load step = **100** (الزمن النهائي عند تطبيق كامل الحمولة)

Automatic Time Stepping = **Prog Chosen**

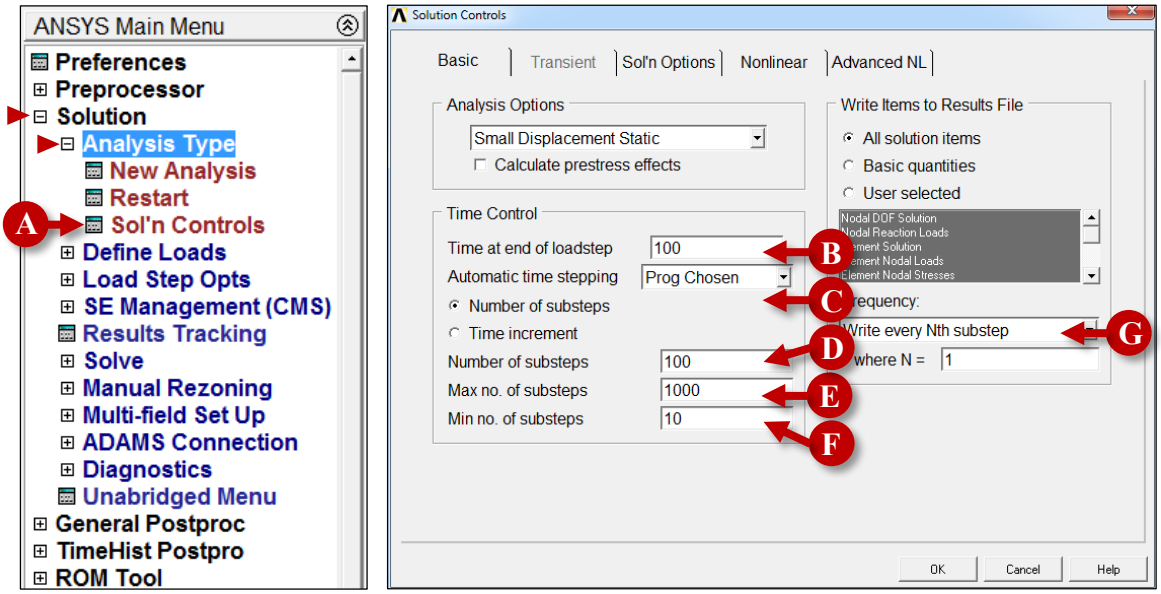
Number of Substeps:

Number of Substeps = **100** (عدد الخطوات الجزئية لمراحل تزايد الحمولة)

Max No. of Substeps = **1000** (العدد الأعظمي لمراحل تزايد الحمولة)

Min No. Time Step = **10** (العدد الأصغري لمراحل تزايد الحمولة)

Frequency= **Write every Nth substep** (عرض النتائج في كل مرحلة تحميل)



الشكل (4-231): ضبط إعدادات خيارات التحليل

24- بدء التحليل الثاني:

يتم البدء بعملية التحليل من خلال الأمر(Solve) من خلال المسار التالي:

24- Solution> Solve> Current LS> OK> Close

عند انتهاء الحل يعطي البرنامج رسالة (Solution is Done).

25- معاينة الإجهادات:

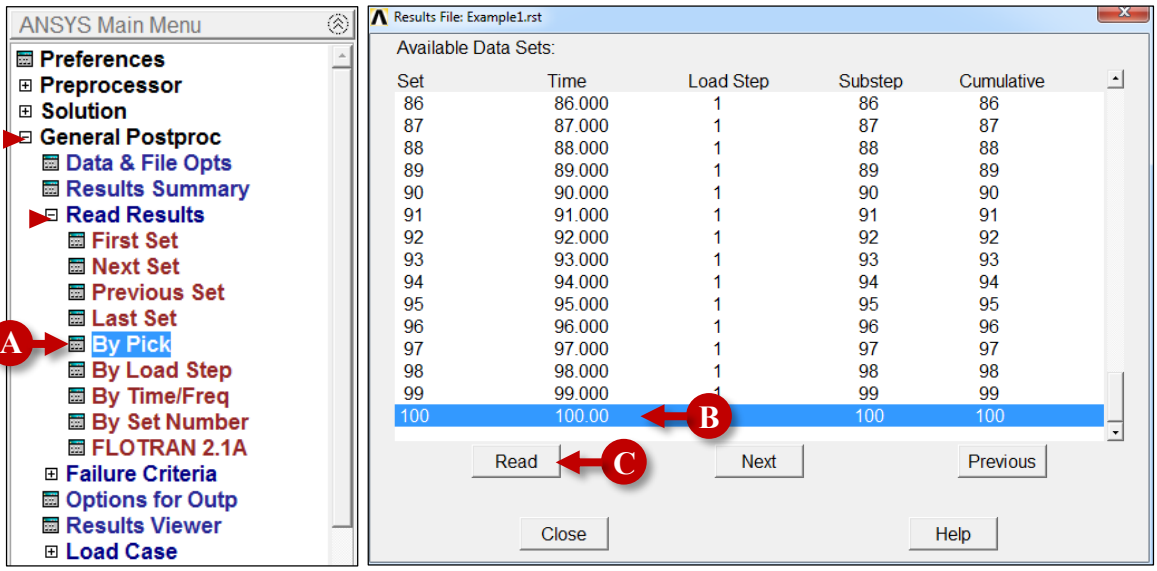
يتم في البداية تحديد خطوة التحميل المراد قراءة النتائج بالنسـبة لها، ثم يتم تحديد نوع الإجهادات، تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-232):

25-1. General Postproc> Read Results> By Pick> Time=100> Read> Close

2. General Postproc> Plot Results> Contour Plot>Nodal Solu>
Stress> X-Component of Stress

3. General Postproc> Read Results> Next Set>

4. Plot> Replot



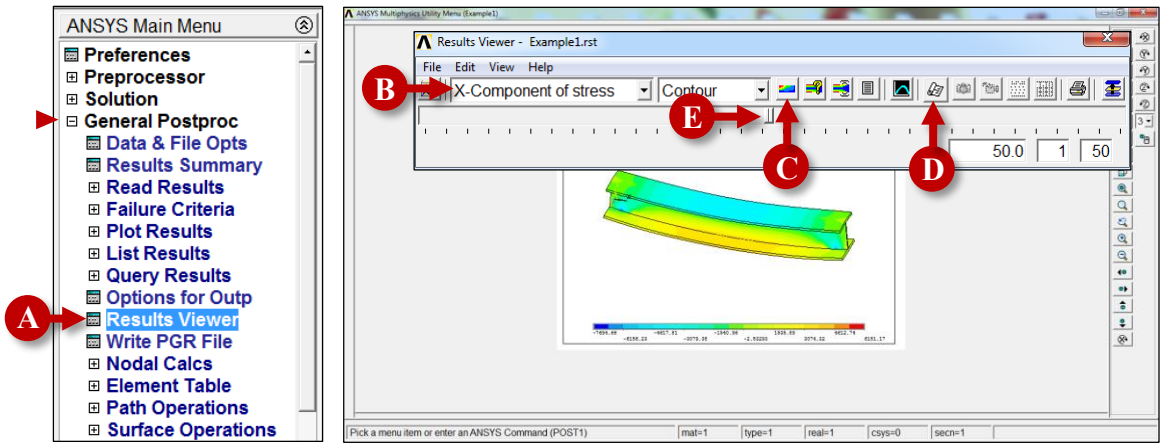
الشكل (4-232): تحديد خطوة التحميل المراد قراءة النتائج بالنسبة لها

26- معاينة النتائج باستخدام (Results Viewer):

يمكن معاينة النتائج باستخدام (Results Viewer) حيث تكون خلفية النموذج بلون أبيض، ويمكن التحكم بسهولة أكبر بالخطوات الجزئية للحمولة، من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-233):

26- General Postproc> Results Viewer>
>Nodal Solu>Stress> X-Component of Stress
> Plot Results
> Report Generator Mode >OK

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-233): معاينة الإجهادات باستخدام (Results Viewer)

نهاية المثال السادس

7-4 المثال السابع:

نمذجة عقدة جائز عمود (Joint)

عقدة مؤلفة من جائز ظفري وعمود موثوق من طرفيه العلوي والسـفلي، يبلغ طول الجائز الظفري (1m)، وارتفاع العمود الكلي (3m)، تخضـــع هذه العقدة لحمولة الوزن الذاتي فقط، والمطلوب نمذجة هذه العقدة، ومعاينة التشوهات والإجهادات باستخدام التحليل الستاتيكي، ثم باستخدام التحليل النمطي، حيث:

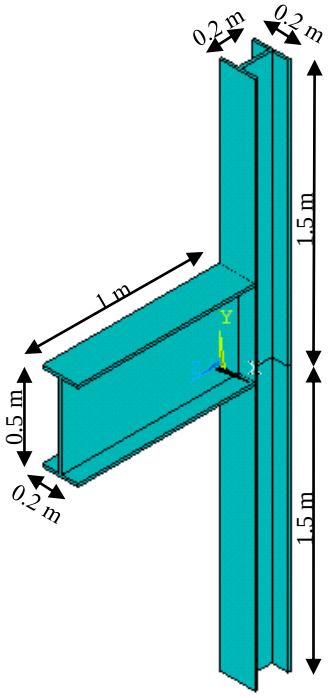
$$E = 200 \times 10^6 \ KN/m^2$$

$$\nu = 0.3$$

$$\text{الكثافة} = 7.8271 \ Ton/m^3$$

$$\text{تسارع الجاذبية} = 9.81 \ m/sec^2$$

العمود	الجائز	الأبعاد	
3	1	L (m)	الطول الكلي
0.2	0.5	H (m)	ارتفاع المقطع
0.2	0.2	B (m)	عرض الجناح
0.015	0.016	tf (m)	سماكة الجناح
0.018	0.0204	tw (m)	سماكة الجسد



الشكل (4-234): عقدة (الجائز_العمود) مع الأبعاد

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

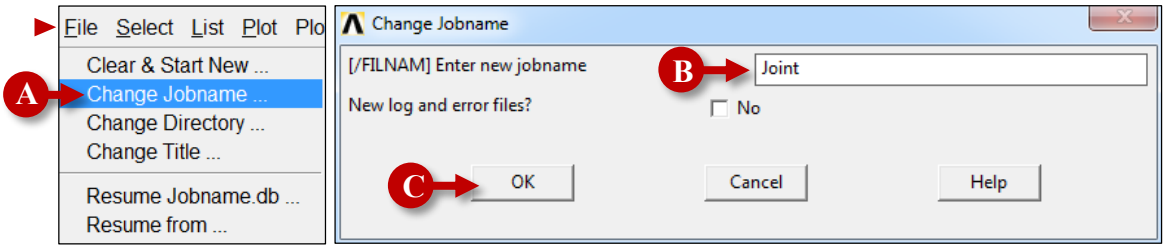
- ✓ نمذجة مقطع (I) إنطلاقاً من النقاط الرئيسية (Keypoint).
- ✓ نمذجة العقدة (Joint).
- ✓ تعريف الجاذبية الأرضية (Gravity).
- ✓ إجراء مقطع في الجائز باستخدام (Capped Hidden).

❖ **خطوات الحل:**

1- تسمية الملف:

يمكن تسمية الملف من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-235):

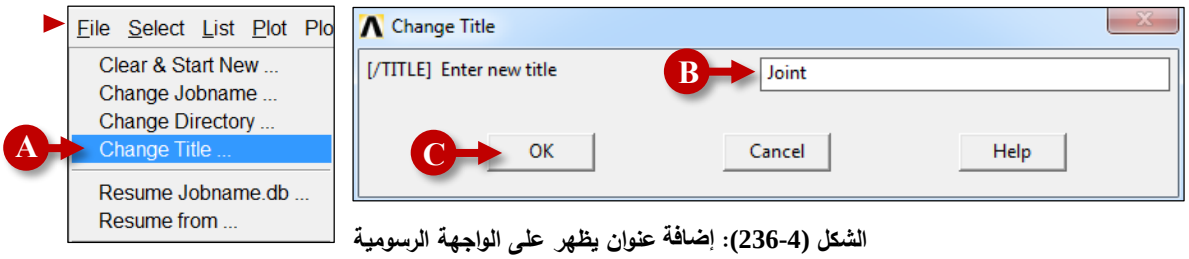
1-1. File> Change Jobname…> Enter New Jobname = **Joint** >OK



الشكل (4-235): تسمية الملف

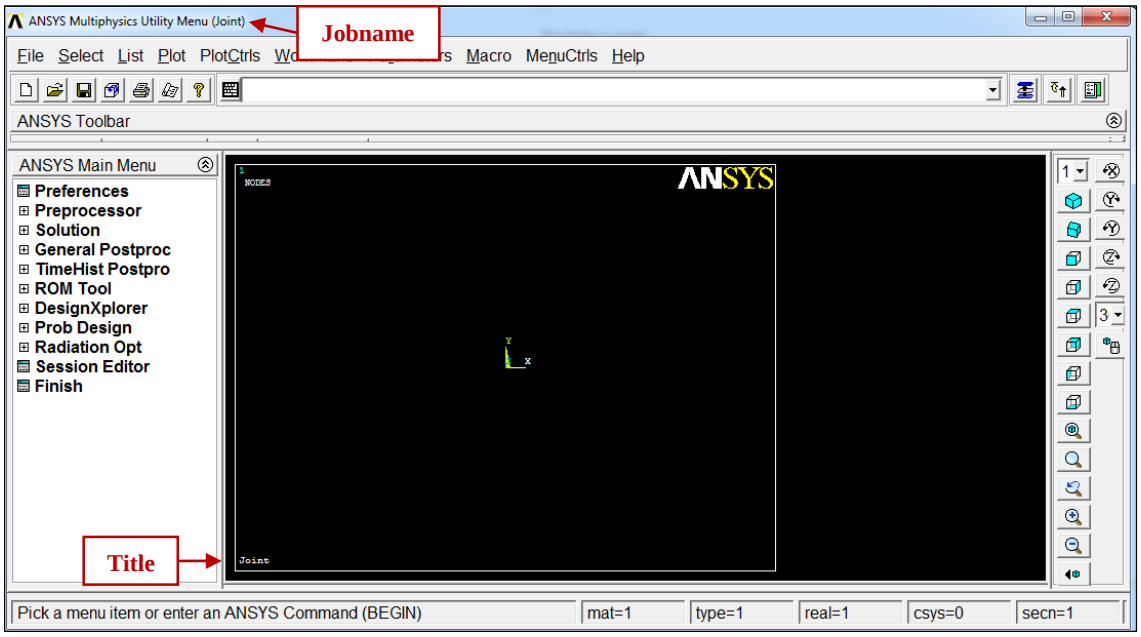
كما يمكن إضـــافة عنوان يظهر على الواجهة الرســـومية من خلال المســـار التالي والموضـــح في الشـــكل (236-4):

2. File> Change Title…> Enter New Title = **Joint** >OK



الشكل (4-236): إضافة عنوان يظهر على الواجهة الرسومية

ويوضـــح الشـــكل (4-237) موقع ظهور كل من اســـم الملف (Jobname) والعنوان (Title) على واجهة البرنامج.



الشكل (4-237): موقع ظهور اسم الملف والعنوان على واجهة البرنامج

كما يمكن تحديد مكان حفظ الملف من خلال المسار التالي:

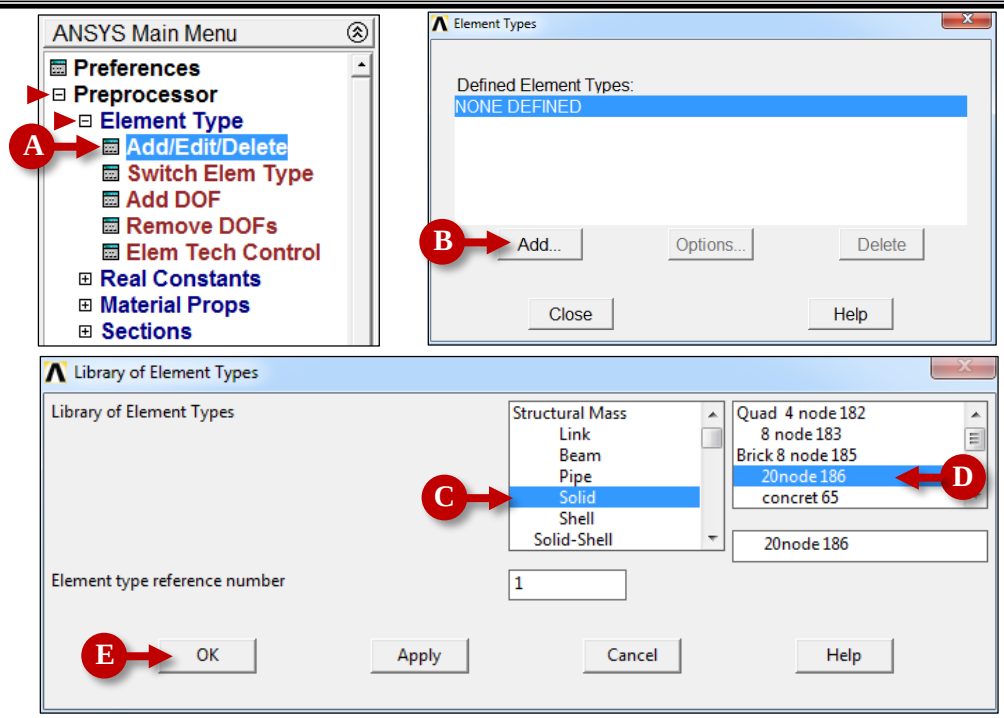
3. File> Change Directory…>

> (ثم يتم تحديد الموقع المراد حفظ الملف ضمنه)> **OK**

2- تحديد العناصر المستخدمة:

سيتم تحديد العنصر (Solid186) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-238):

2- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Solid> 20node 186 > OK >Close



الشكل (4-238): تحديد العنصر

3- تعريف خصائص المادة المستخدمة:

يتم تعريف خصائص المادة المستخدمة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-239):

3- Preprocessor> Material props> Material models>

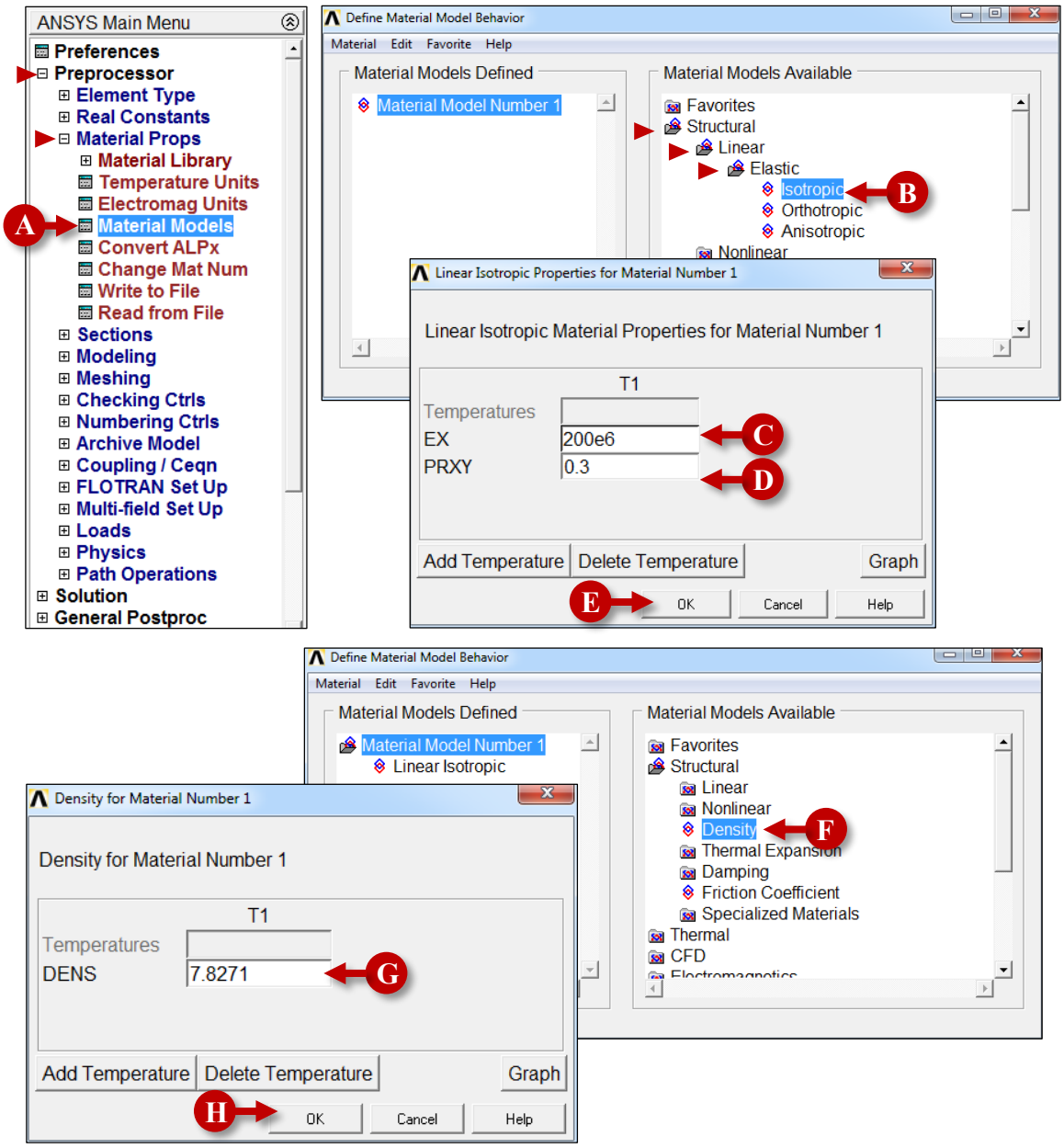
- **Structural>Linear> Elastic> Isotropic**

EX = **200e6** (KN/m^2) (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون للفولاذ)

- **Structural>Density>**

DENS = **7.8271** (Ton/m^3) (كثافة الفولاذ)



الشكل (4-239): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون والكثافة للمادة المستخدمة

4- نمذجة الجائز:

للحصـول على الشـكل المطلوب لعقدة (الجائز _ العمود) سـيتم أولاً نمذجة الجائز وفق الخطوات الثلاثة التالية، حيث يقع مقطع الجائز في المستوي (XY) ويقع محوره الطولي باتجاه المحور (Z):

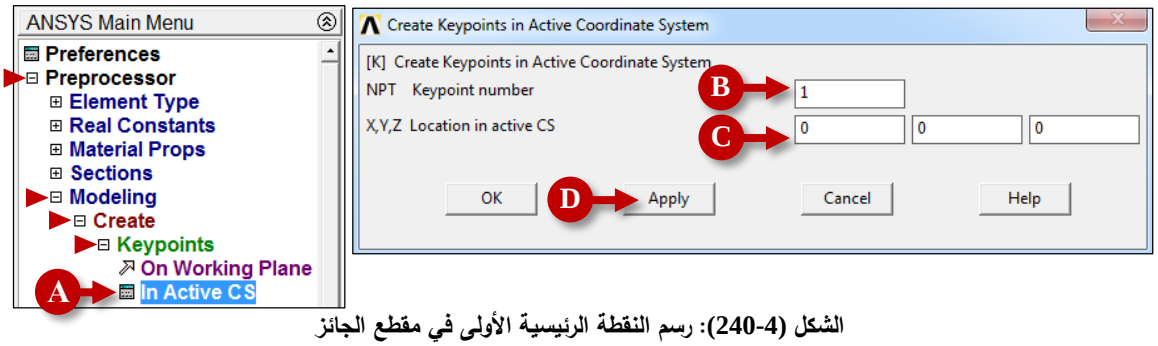
4-1 رسم النقاط الرئيسية في مقطع الجائز:

يتم رسـم النقاط الرئيسـية في مقطع الجائز ذي الشـكل (I) من خلال المسـار التالي والموضـح في الشكل (4-240):

4-1- Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> In Active CS>

NPT Keypoint Number = **1** (اسم النقطة)

(إحداثيات النقطة) X, Y, Z Location in Active CS = **0 , 0 , 0** > **Apply**

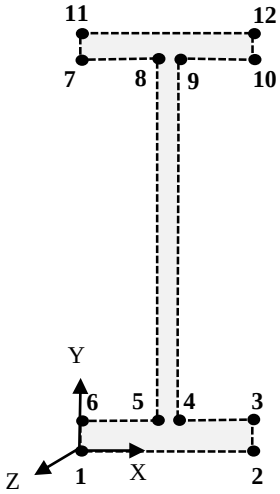


الشكل (4-240): رسم النقطة الرئيسية الأولى في مقطع الجائز

ثم يتم رسم باقي النقاط وفق الجدول (4-8) التالي والموضحة في الشكل (4-241).

الجدول (4-8): رسم النقاط الرئيسية في مقطع الجائز

Keypoint Number	X (m)	Y (m)	Z (m)	
1	0	0	0	> Apply
2	0.2	0	0	> Apply
3	0.2	0.016	0	> Apply
4	0.1102	0.016	0	> Apply
5	0.0898	0.016	0	> Apply
6	0	0.016	0	> Apply
7	0	0.484	0	> Apply
8	0.0898	0.484	0	> Apply
9	0.1102	0.484	0	> Apply
10	0.2	0.484	0	> Apply
11	0	0.5	0	> Apply
12	0.2	0.5	0	> OK



الشكل (4-241): أرقام النقاط الرئيسية في مقطع الجائز

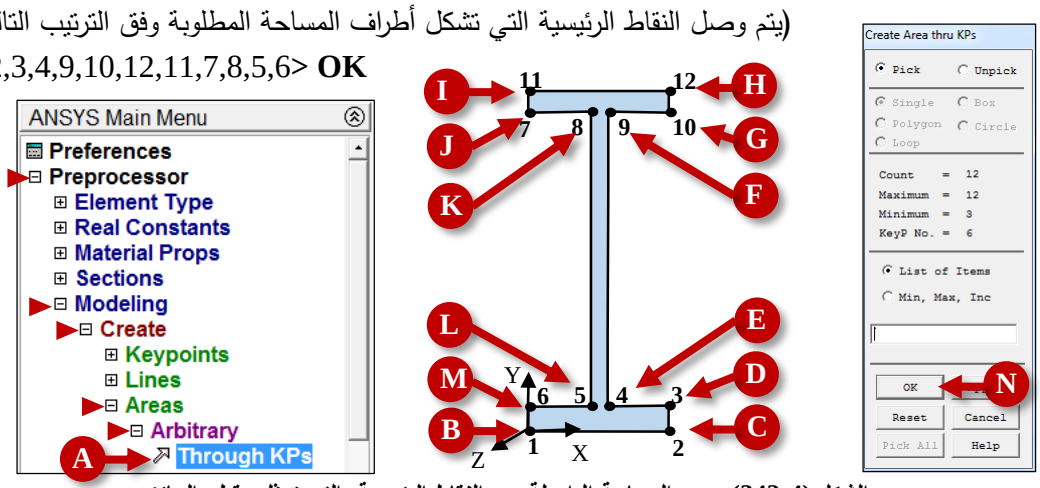
4-2 رسم المساحة الواصلة بين النقاط الرئيسية والتي تمثل مقطع الجائز:

يتم رسم المساحة الواصلة بين النقاط الرئيسية والتي تمثل مقطع الجائز من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-242):

4-2- Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Arbitrary> Through KPs>

(يتم وصل النقاط الرئيسية التي تشكل أطراف المساحة المطلوبة وفق الترتيب التالي) >

> 1,2,3,4,9,10,12,11,7,8,5,6> **OK**



الشكل (4-242): رسم المساحة الواصلة بين النقاط الرئيسية والتي تمثل مقطع الجائز

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

4-3 إنبثاق المقطع لتوليد حجم الجائز:

يتم إجراء إنبثاق للمساحة التي تمثل المقطع العرضي للجائز من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-243):

4-3-1. Preprocessor> Modeling> Operate> Extrude> Areas> Along Normal>

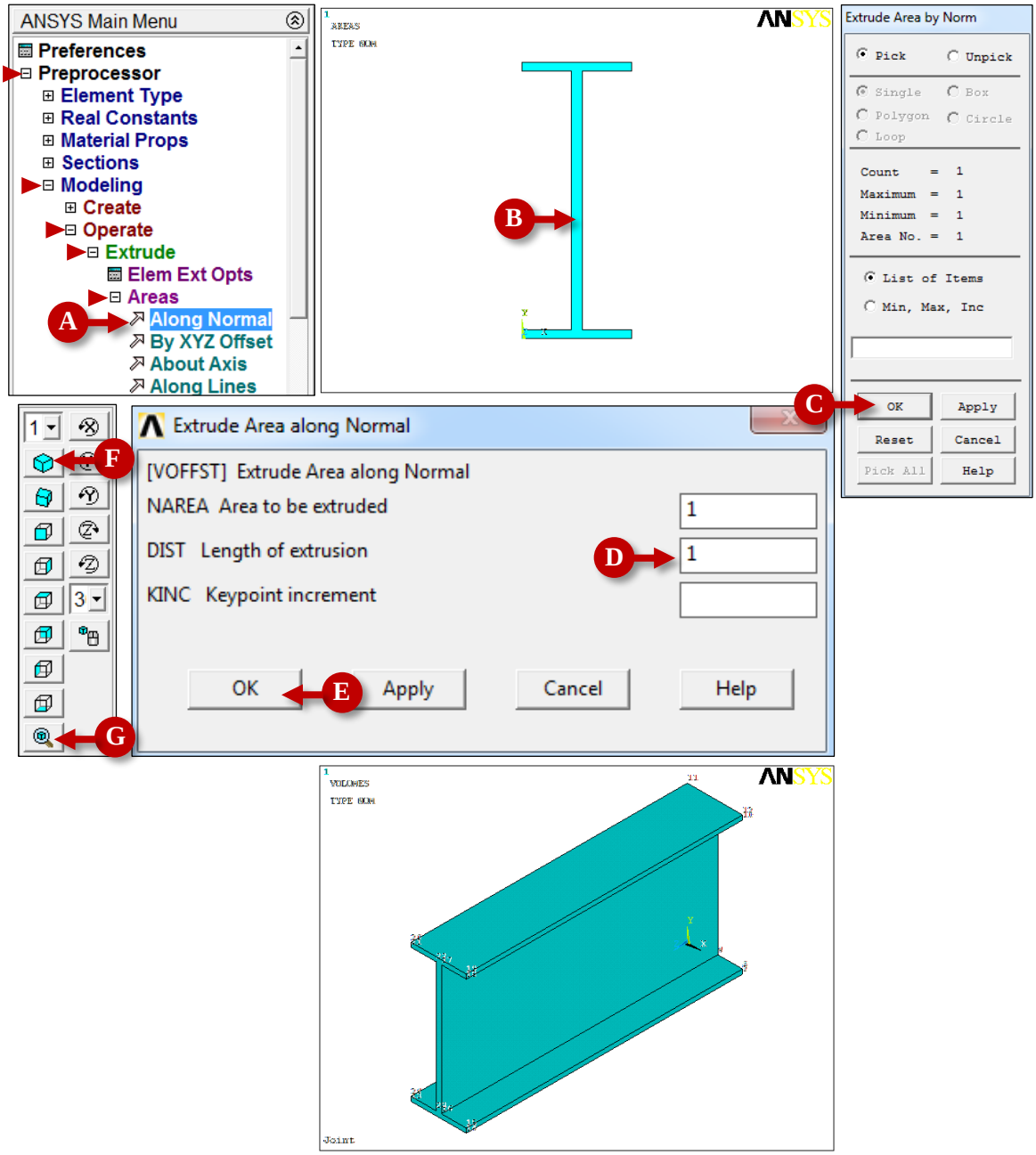
> OK >(يتم النقر على المساحة التي تم إنشاؤها)

Area to be Extruded = **1** (رقم المساحة التي سوف يصدر عنها الإنبثاق)

Length of Extrusion = **1** (m) (طول الإنبثاق والذي يمثل طول الجائز)

> Apply

2. Isometric View



الشكل (4-243): إجراء إنبثاق لمقطع الجائز

وبالتالي يتضـــاعف عدد النقاط الرئيســـية (Keypoints) ليصـــبح لدينا (24) نقطة، متوضـــعة في المقطع الأمامي والمقطع الخلفي من الجائز.

5- نمذجة العمود:

تتم نمذجة العمود في عقدة (الجائز _ العمود) وفق الخطوات الثلاثة التالية حيث يقع مقطعه في المستوي (XZ) ويقع محوره الطولي باتجاه المحور الشاقولي (Y):

5-1 رسم النقاط الرئيسية في مقطع العمود:

يتم رسم النقاط الرئيسية في المقطع العرضي للعمود من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-244):

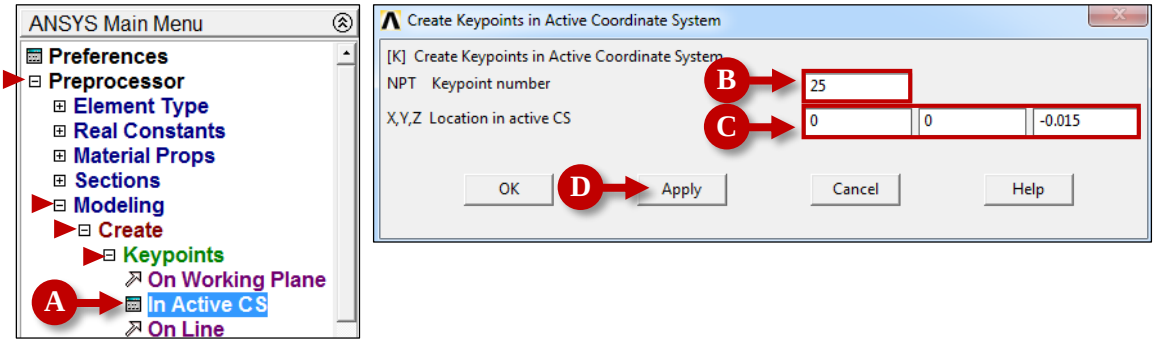
5-1- Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> In Active CS>

NPT Keypoint Number = **25** (اسم النقطة)

X, Y, Z Location in Active CS = **0 , 0 , -0.015** (إحداثيات النقطة)

> Apply

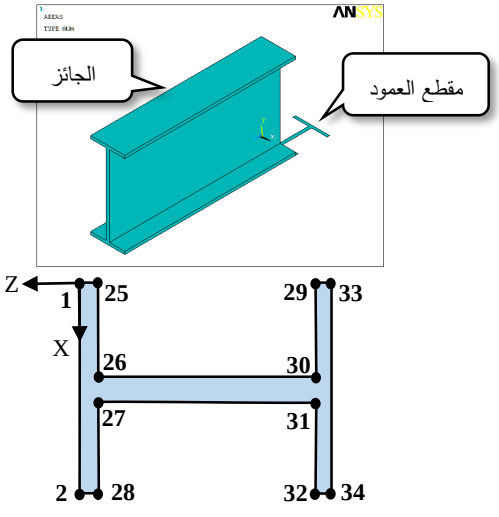
ثم يتم رسم باقي النقاط وفق الجدول (4-9) التالي والموضحة في الشكل (4-245).



الشكل (4-244): رسم النقطة الرئيسية الأولى في مقطع العمود

الجدول (4-9): رسم النقاط الرئيسية في مقطع العمود

Keypoint Number	X (m)	Y (m)	Z (m)	
25	0	0	-0.015	> Apply
26	0.091	0	-0.015	> Apply
27	0.109	0	-0.015	> Apply
28	0.2	0	-0.015	> Apply
29	0	0	-0.185	> Apply
30	0.091	0	-0.185	> Apply
31	0.109	0	-0.185	> Apply
32	0.2	0	-0.185	> Apply
33	0	0	-0.2	> Apply
34	0.2	0	-0.2	> OK



الشكل (4-245): أرقام النقاط الرئيسية في مقطع العمود

5-2 رسم المساحة الواصلة بين النقاط الرئيسية في مقطع العمود:

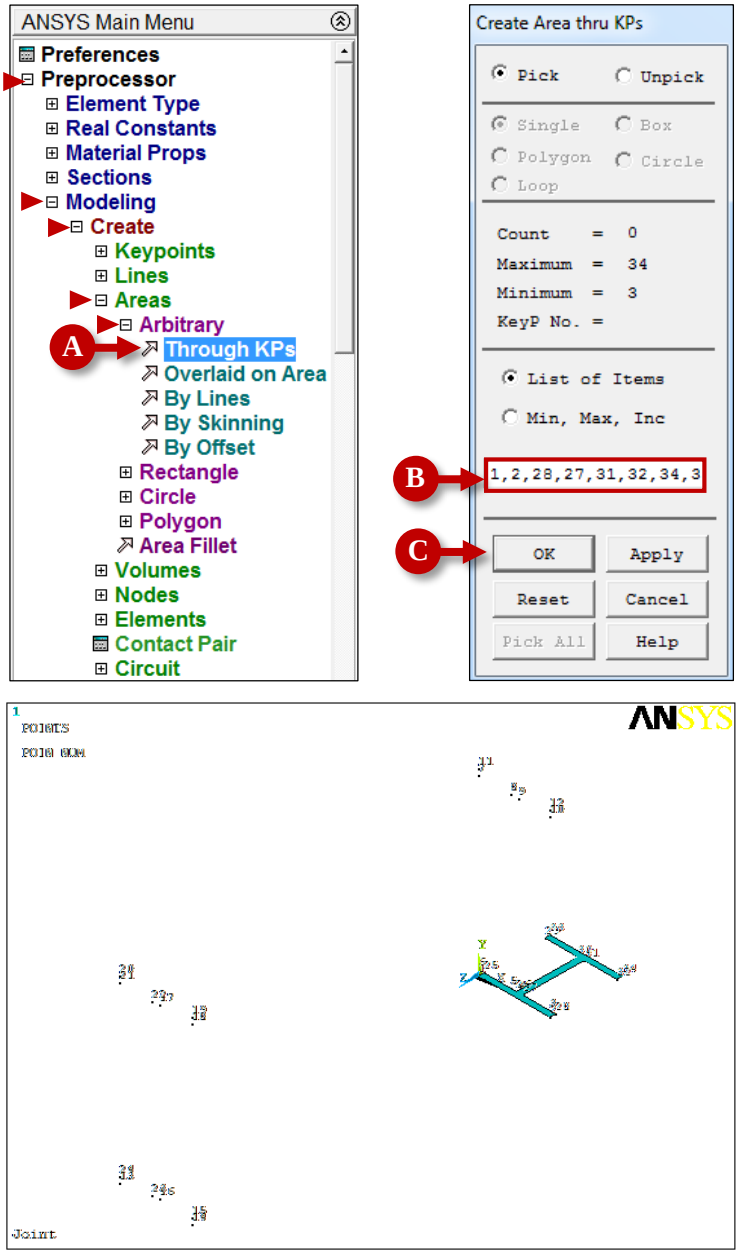
يتم إنشاء المساحة الواصلة بين النقاط الرئيسية والتي تمثل مقطع العمود من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-246):

5-2- Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Arbitrary> Through KPs>

(يتم وصل النقاط الرئيسية التي تشكل أطراف مساحة مقطع العمود أو يمكن كتابتها وفق الترتيب التالي) >

>1,2,28,27,31,32,34,33,29,30,26,25

>OK



الشكل (4-246): رسم المساحة الواصلة بين النقاط الرئيسية في مقطع العمود

5-3 إنبثاق مساحة المقطع لتوليد حجم العمود:

يتم إجراء إنبثاق للمساحة التي تمثل المقطع العرضي للعمود على مرحلتين (نحوى الأسفل ثم نحو الأعلى)، من خلال المسارات التالية والموضحة في الشكلين (4-247) و(4-248):

5-3-1. Plot> Areas

2. Preprocessor> Modeling> Operate> Extrude> Areas> Along Normal>

(يتم النقر على مساحة المقطع العرضي للعمود والتي تم إنشاؤها) > **OK** >

Area to be Extruded = **15** (رقم المساحة التي سوف يصدر عنها الإنبثاق)

Length of Extrusion = **-1.5** (m) (طول الإنبثاق نحو الأسفل)

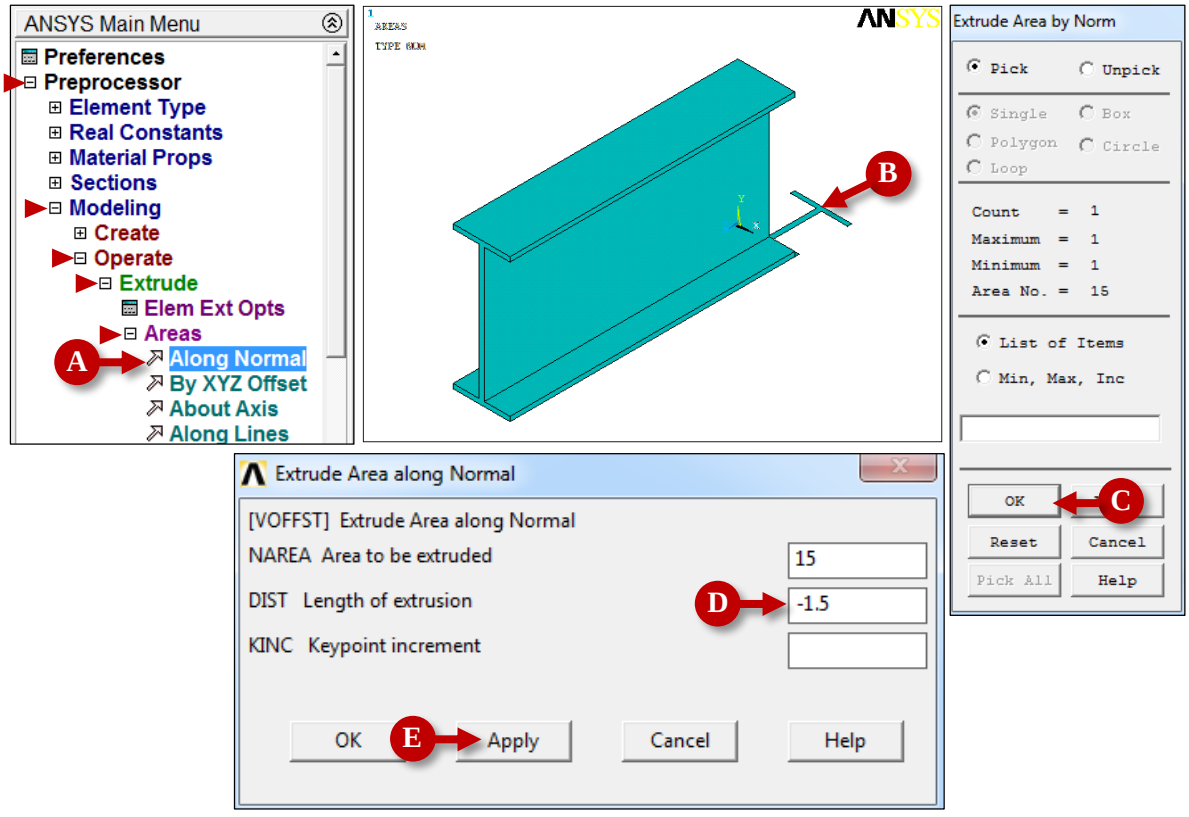
> **Apply**

(يتم النقر على مساحة المقطع العرضي للعمود التي تم إنشاؤها) > **OK** >

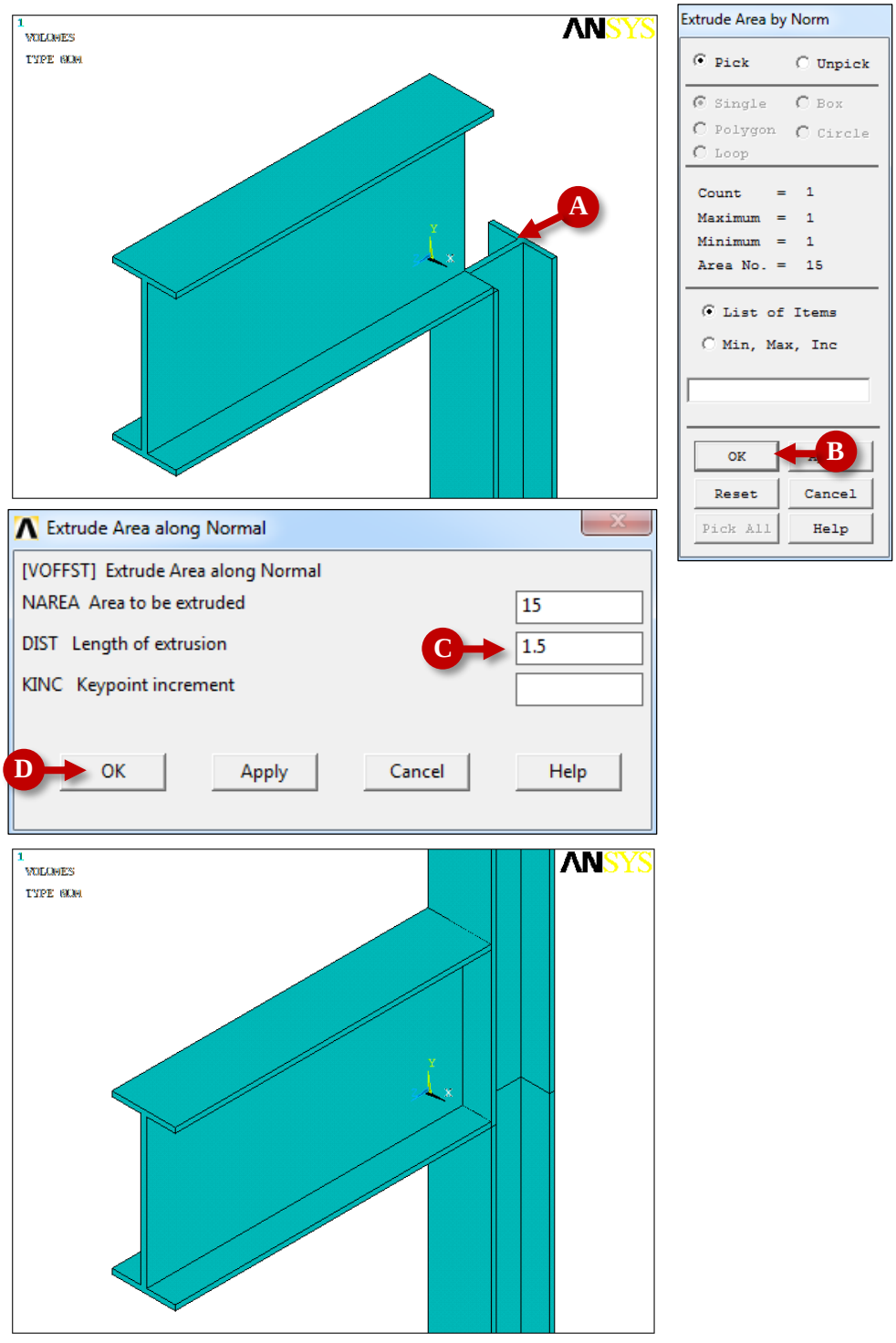
Area to be Extruded = **15** (رقم المساحة التي سوف يصدر عنها الإنبثاق)

Length of Extrusion = **1.5** (m) (طول الإنبثاق نحو الأعلى)

>**Ok**



الشكل (4-247): إنبثاق مقطع العمود نحو الأسفل

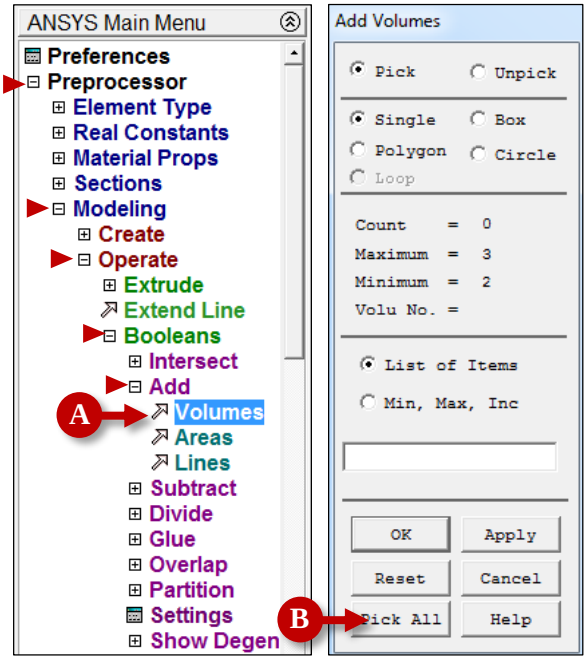


الشكل (4-248): إنبثاق مقطع العمود نحو الأعلى

6- دمج الحجوم:

يتم دمج جميع الحجوم التي تم الحصـول عليها من خلال المسـار التالي والموضـح في الشـكل (4-249):

6- Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Add> Volumes> (Pick All)



الشكل (4-249): دمج الحجوم

7- تقسيم النموذج:

يتم تحديد الطول الأعظمي لطرف العنصر المساحي بـــ (0.1) ثم يتم تقسيم النموذج بشكل مثلثي (Tet) وحر (Free) ، تتم هذه العمليات من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-250):

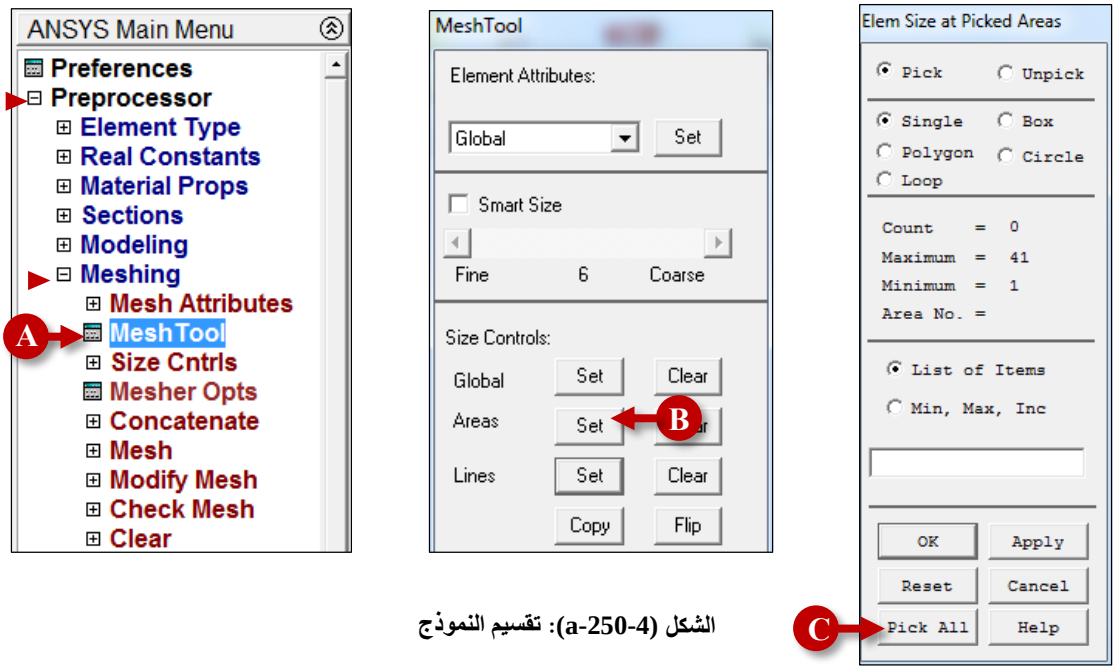
7- Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

- Areas :**Set** > (Pick All)

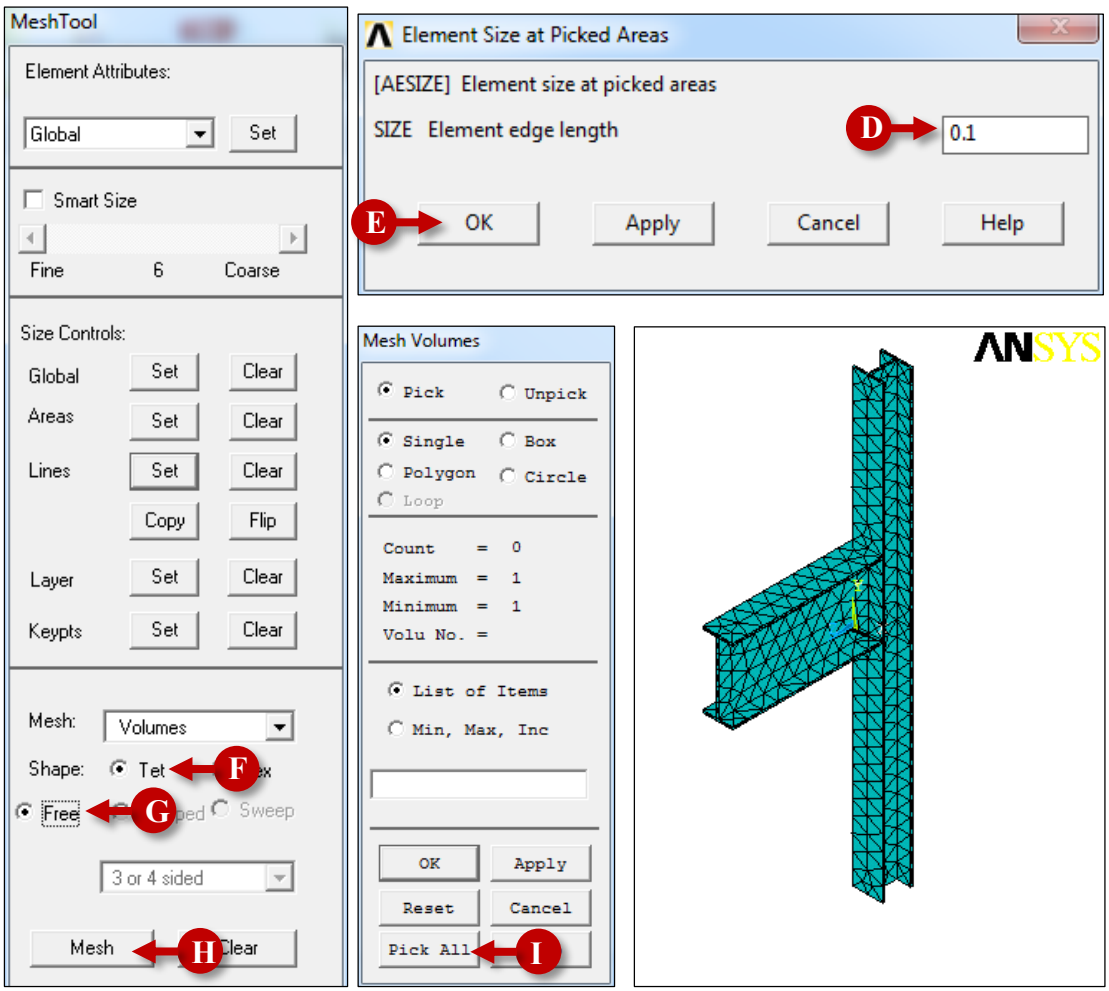
SIZE Element Edge Length = **0.1** (الطول الأعظمي لحرف العنصر)

>OK

- Mesh: **Volumes : Tet - Free > Mesh > Pick All >Close**



الشكل (4-250-a): تقسيم النموذج



الشكل (4-250-b): تقسيم النموذج

8- تخصيص المساند:

إن العمود موثوق من طرفيه العلوي والسفلي، ويتم تخصيص الاستناد الموثوق من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-251):

8-1. Right View

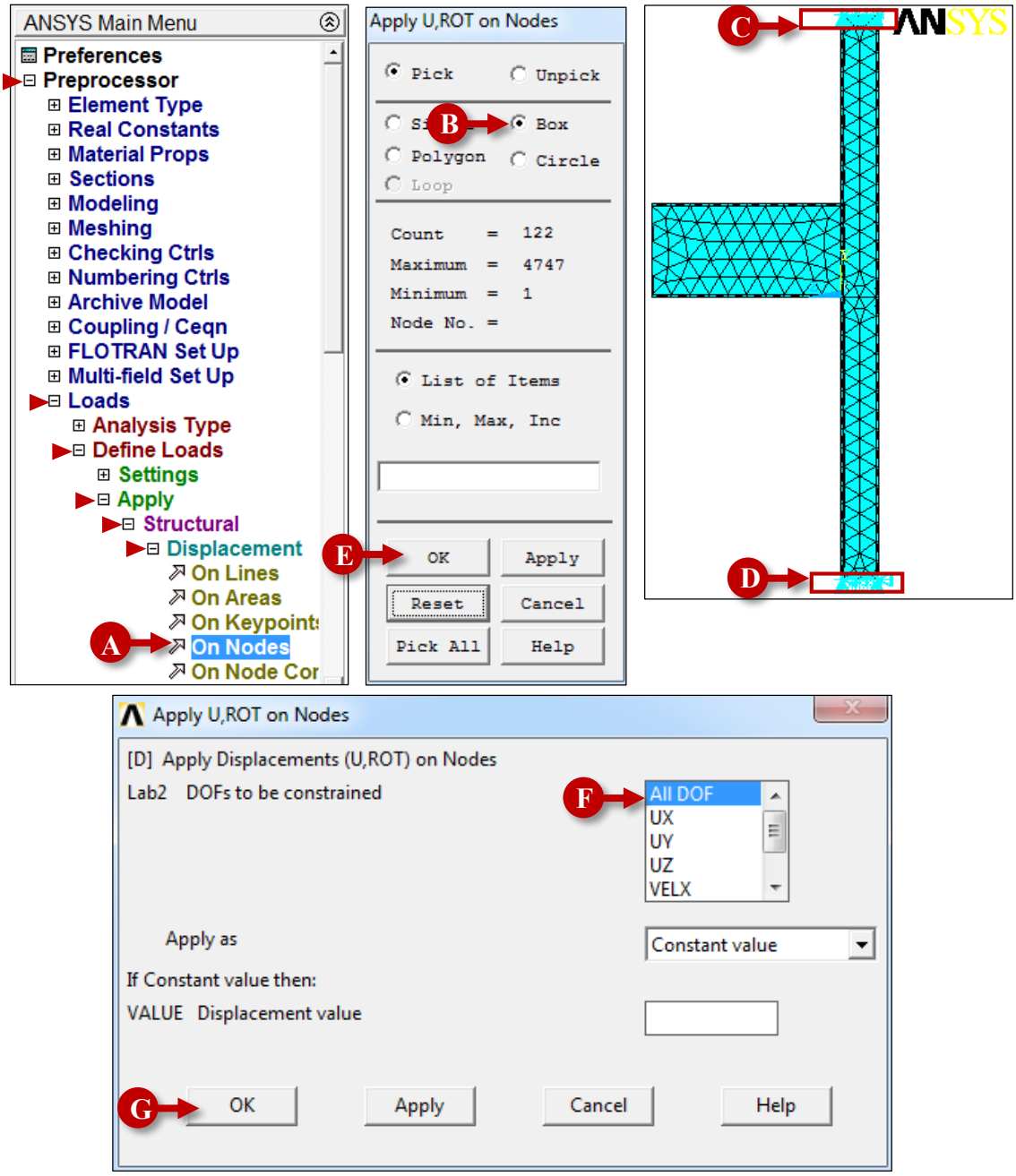
2. 2. Preprocessor> Loads > Define Loads> Apply> Structural>Displacement> >On Nodes>

> Box> (يتم تحديد صف العقد أسفل العمود، ثم صف العقد أعلى العمود كما هو مبين في الشكل(4-251))

> OK

>LAB2 DOFs to be Constrained = **All DOF** (تثبيت كافة الانتقالات والدورانات)

> OK



الشكل (4-251): تخصيص المساند

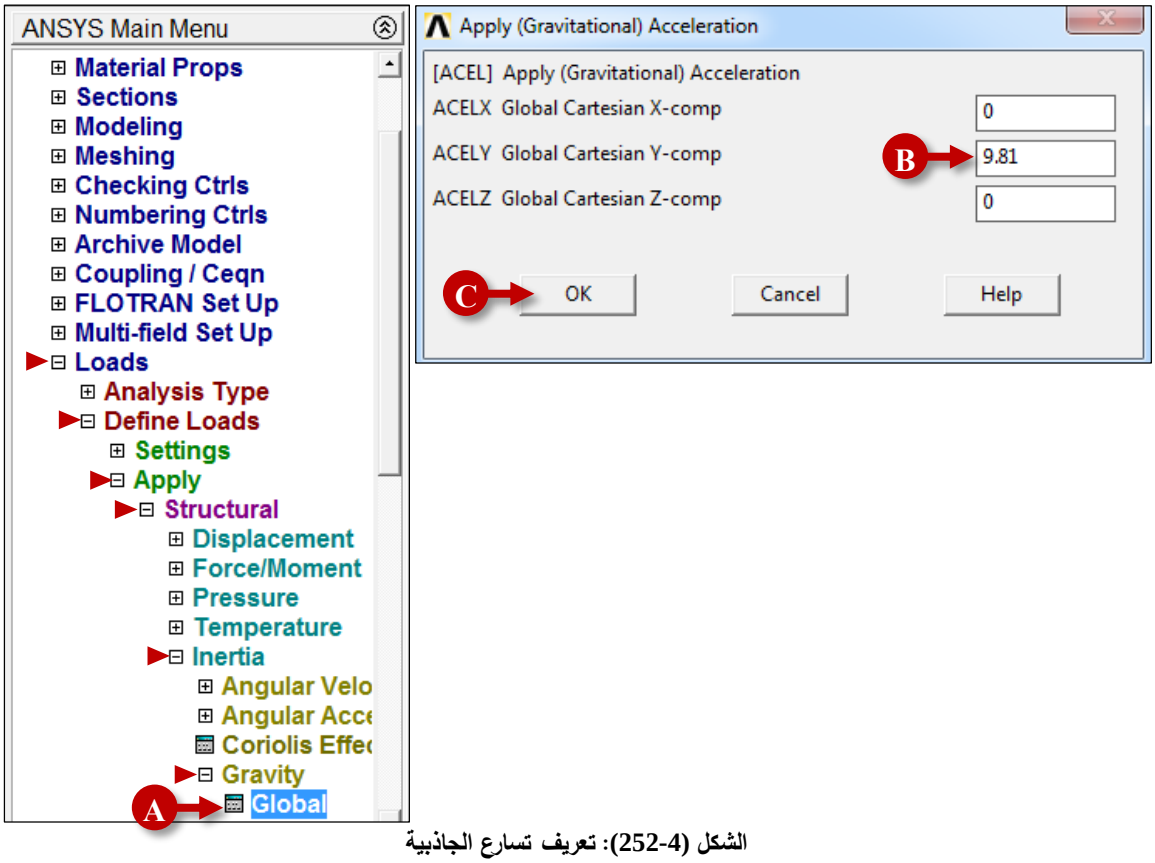
9- تعريف تسارع الجاذبية:

من أجل أن يتم أخذ الوزن الذاتي بالحسبان نقوم بتعريف تسارع الجاذبية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-252):

9- Preprocessor> Loads > Define Loads> Apply> Structural> Inertia> Gravity> Global>

> Global Cartesian **Y**-Comop= **9.81** (تسارع الجاذبية باتجاه المحور "Y")

> OK



الشكل (4-252): تعريف تسارع الجاذبية

ملاحظات:

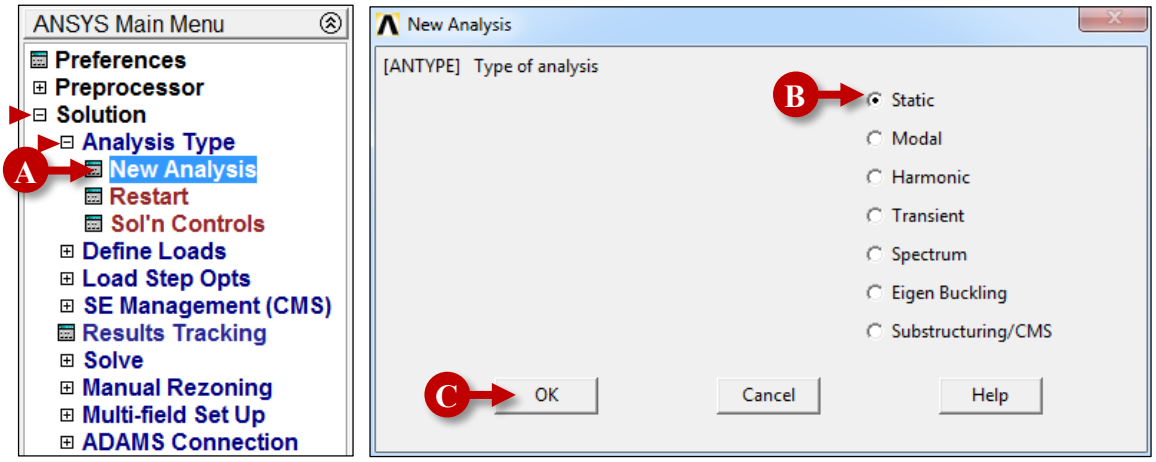
- يجب الإنتباه إلى أنه حتى لو كانت الأبعاد المدخلة هي بواحدة (mm) فإن الجاذبية يجب أن تتبع واحدة (m) ويعود السبب إلى أنه يجب أن تكون كل من واحدات التسارع (m/sec2) والكتلة (ton) متجانسة وذلك من أجل الحصول على واحدة القوة (KN).
- تشير القيمة الموجبة للتسارع باتجاه المحور (Y) إلى أن الجاذبية الأرضية (Gravity) هي بالإتجاه السالب للمحور (Y).
- يجب أن يتم ظهور سهم بلون أحمر على الواجهة الرسومية وباتجاه المحور (Y) للدلالة على أنه قد تم تعريف الجاذبية باتجاه المحور (Y).

10- تحديد نوع التحليل الأول:

سيتم تعريف مرحلتي تحليل، تهدف المرحلة الأولى إلى معاينة التشوه والإجهادات الناتجة عن التحليل الستاتيكي (Static)، بينما تهدف المرحلة الثانية إلى معاينة التشوه الناتج عن التحليل النمطي (Model)، حيث يخضع النموذج في كلا الحالتين لتأثير وزنه الذاتي فقط.

يتم تحديد نوع التحليل الستاتيكي (Static) الأول من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-253):

10- Solution> Analysis Type> New Analysis Type> Static



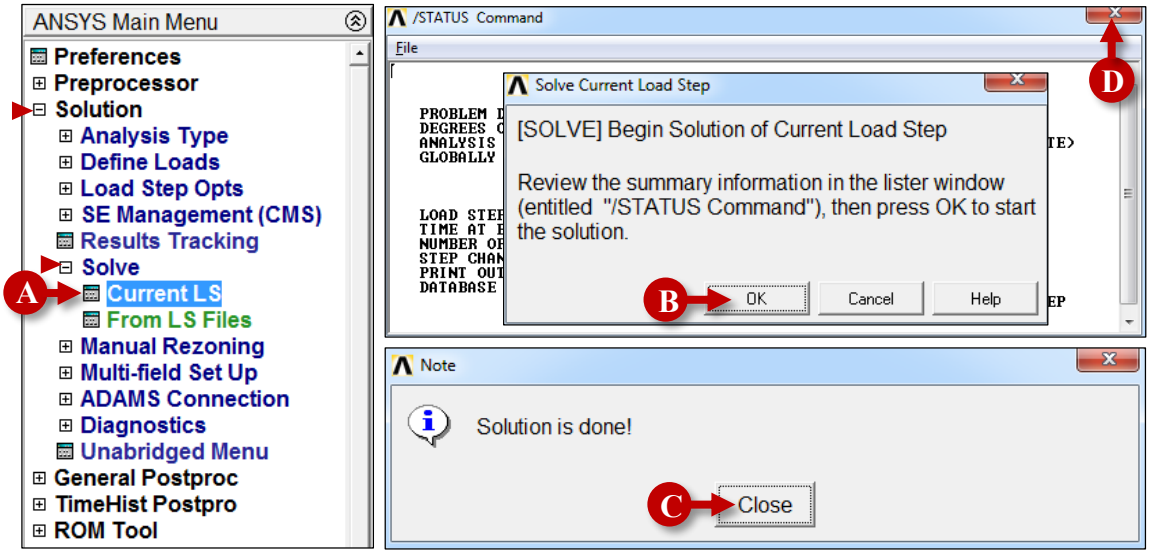
الشكل (4-253): تحديد نوع التحليل الأول (Static)

11- بدء التحليل:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر(Solve) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-254):

11- 1. Solution> Solve> Current LS> OK> Close

2. Plot> Replot



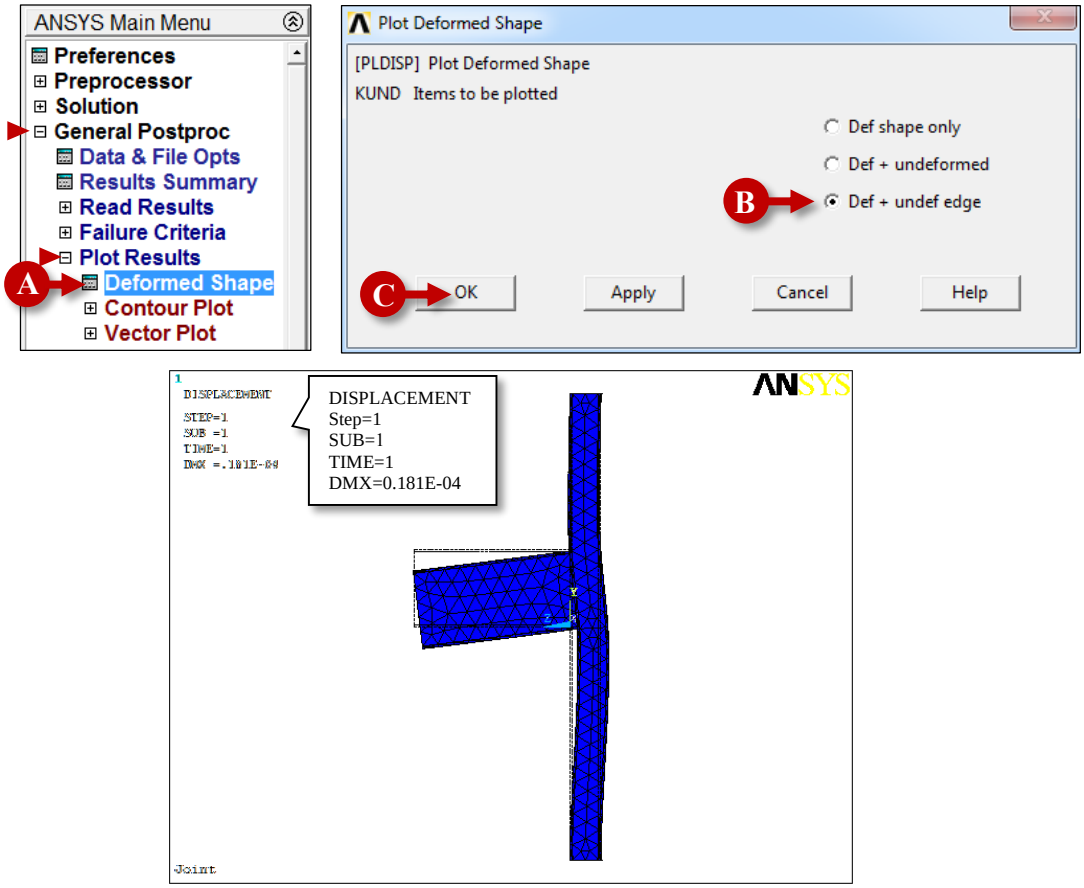
الشكل (4-254): بدء التحليل الأول

12- معاينة النتائج الناتجة عن التحليل الأول:

12-1 معاينة الشكل المتشوه:

تتم معاينة الشكل المشوه من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-255):

12-1- General Postproc> Plot Results> Deformed Shape> Def + undef Edge > OK



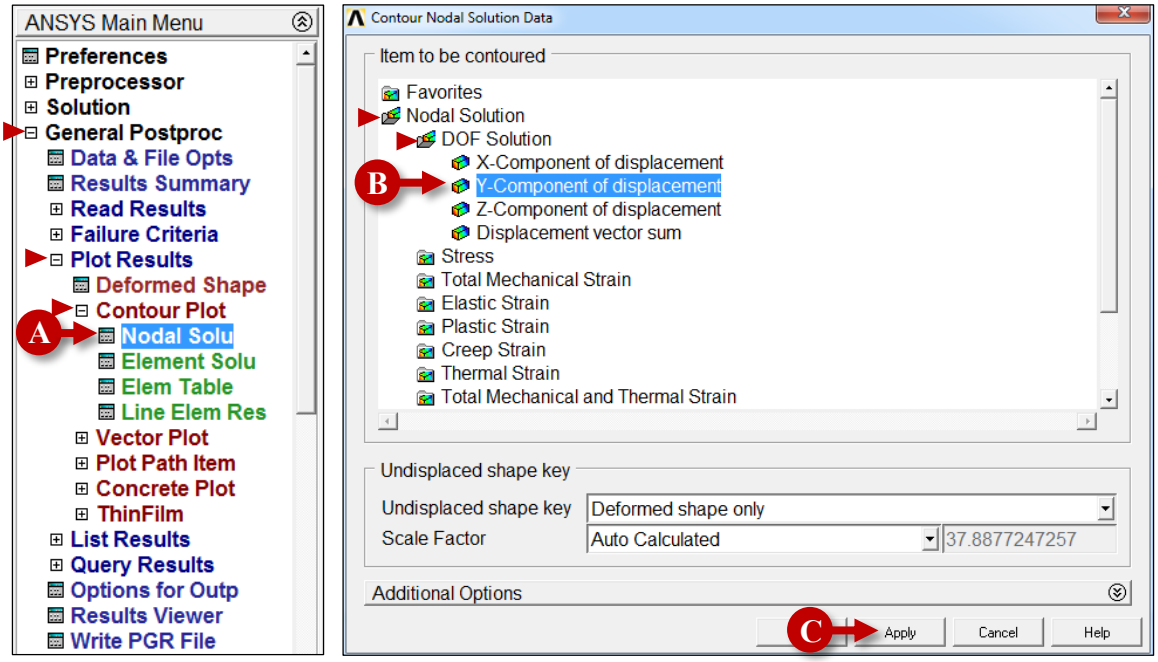
الشكل (4-255): معاينة الشكل المتشوه

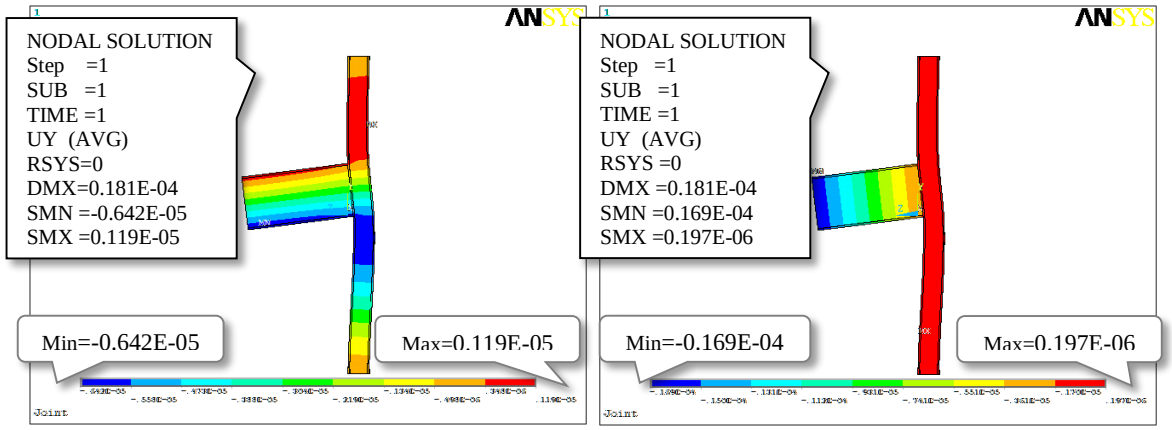
12-2 معاينة مخططات الإنتقالات:

تتم معاينة مخططات الإنتقالات من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-256):

12-2- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu> DOF Solution>

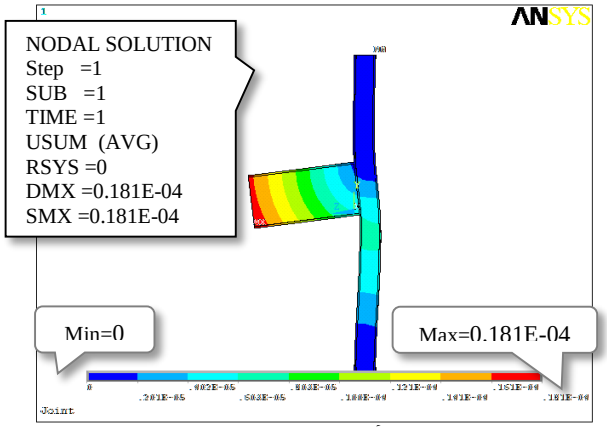
- **Y-Component of Displacement > Apply**
- **Z-Component of Displacement > Apply**
- **Displacement Vector Sum > Ok**





ب. الإنتقالات بالإتجاه (Z)

أ. الإنتقالات بالإتجاه الشاقولي (Y)



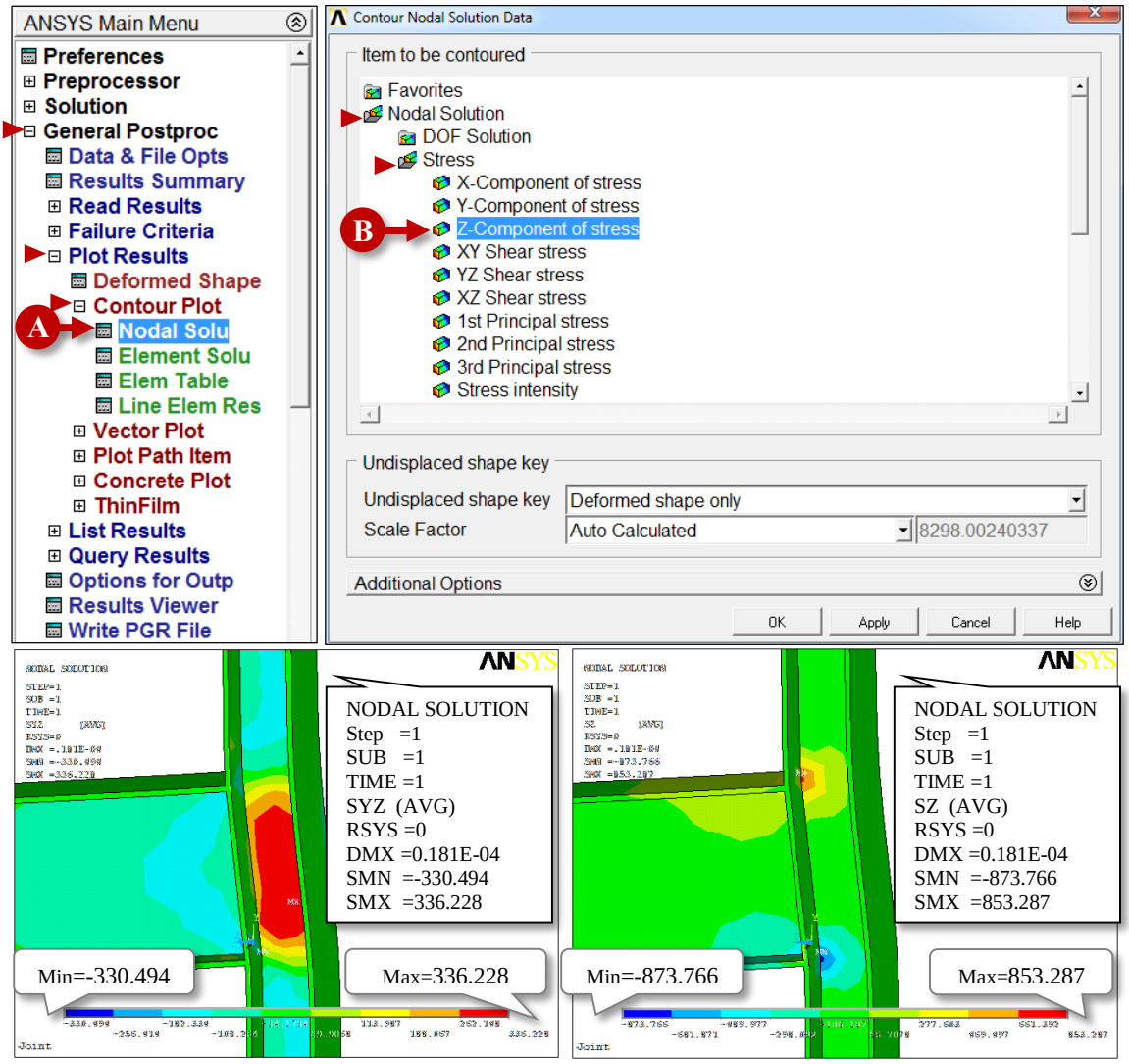
الشكل (4-256): معاينة مخططات الإنتقالات

12-3 معاينة مخططات الإجهادات:

تتم معاينة مخطط الإجهادات الناظمية (SZ) والقصـية (YZ- Shear) من خلال المسـار التالي والموضح في الشكل (4-257):

12-3- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu> Stress>

- **Z- Stress> Apply**
- **YZ- Shear Stress> OK**



a. الإجهادات بالإتجاه (Z) b. إجهادات القص (YZ- Shear)

الشكل (4-257): معاينة مخططات الإجهادات

نلاحظ بأن الإجهادات باتجاه المحور (z) تأخذ قيمها الأعظمية في مناطق الإتصـال العلوية والسـفلية بين الجائز والعمود، وتكون قيمتها موجبة (شـد) في منطقة الإتصـال العلوية، وسـالبة (ضـغط) في منطقة الإتصال السفلية كما هو موضح في الشكل (4-257-a).

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

4-12 إجراء قطع (Cut) في الجائز لمعاينة مخططات الإجهادات داخله:

يتم أولاً وضـع المحاور المؤقتة في الموقع المطلوب ثم يتم إجراء القطع، تتم هذه العملية من خلال الخطوات التالية والموضحة في الشكلين (4-258) و(4-259):

12-4-1. Plot> Elements

2. Right View

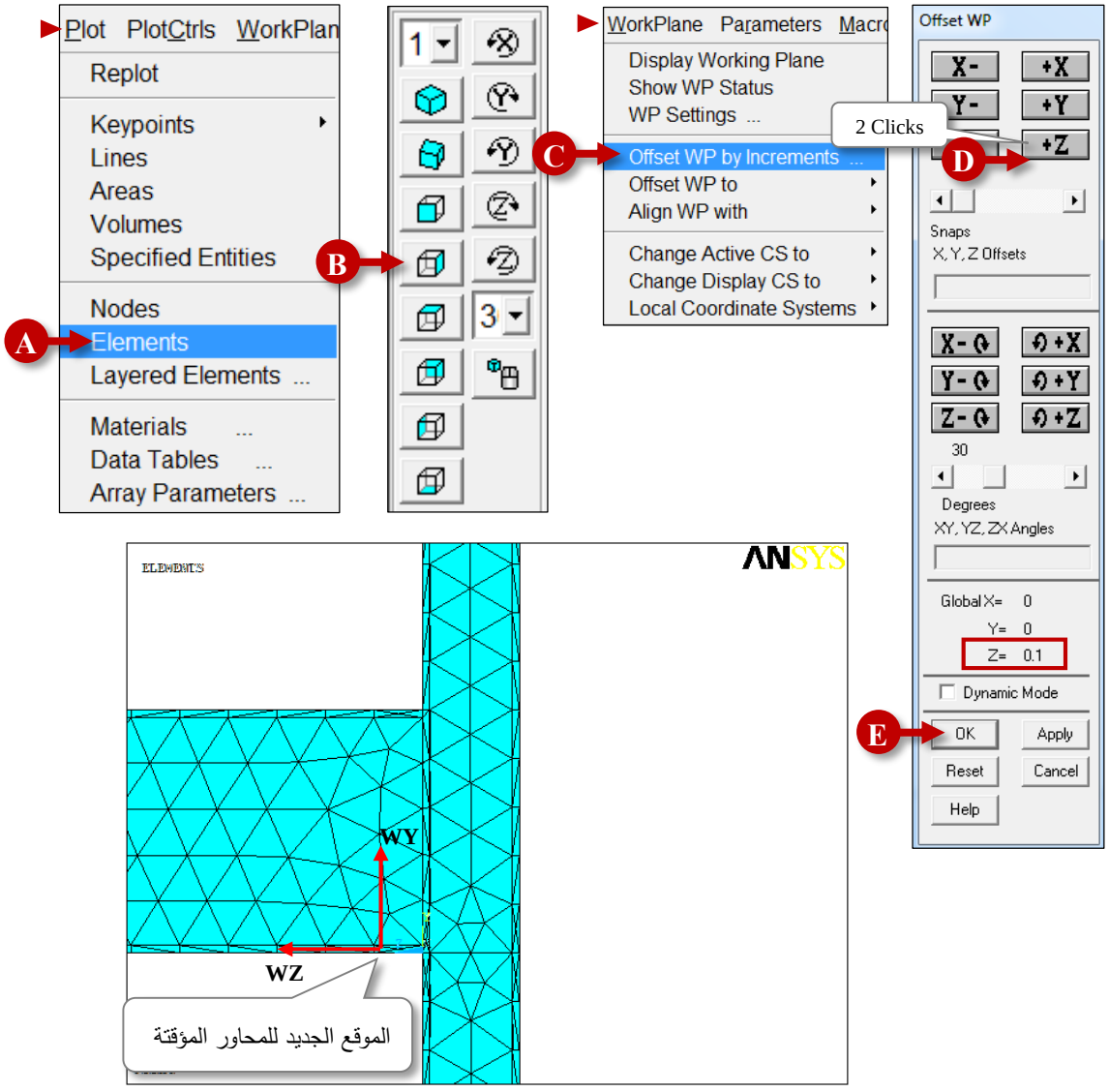
3. Work Plane> Offset WP by Increments>

+Z> (نقرتين بزر الماوس الأيسر)

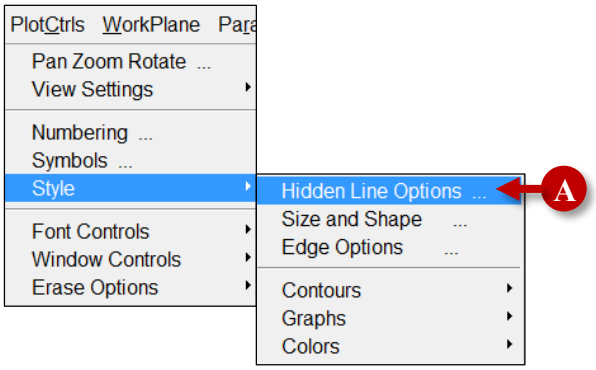
نلاحظ بأنه قد أصبحت: Global Z = **0.1** (m)

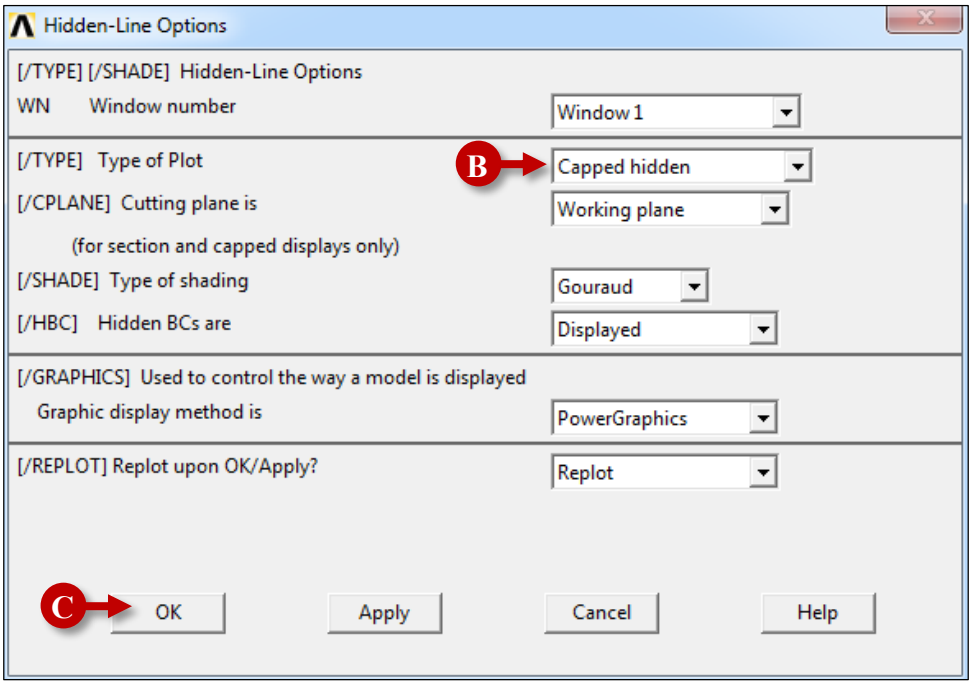
4. PlotCtrls> Style> Hidden Line Option…>

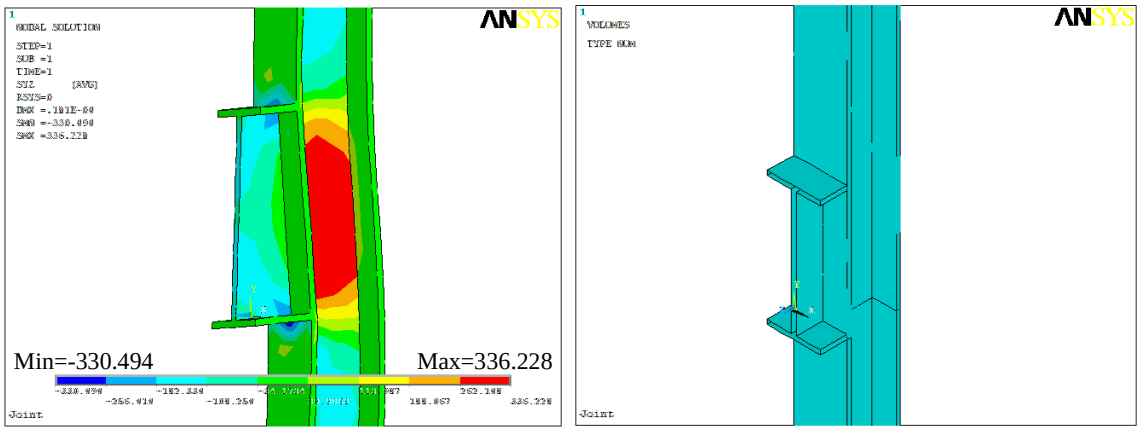
Type of Plot= **Capped Hidden**



الشكل (4-258): تحديد مقدار انزياح المحاور المؤقتة







مخطط إجهادات القص (YZ- Shear) النموذج بعد إجراء القطع

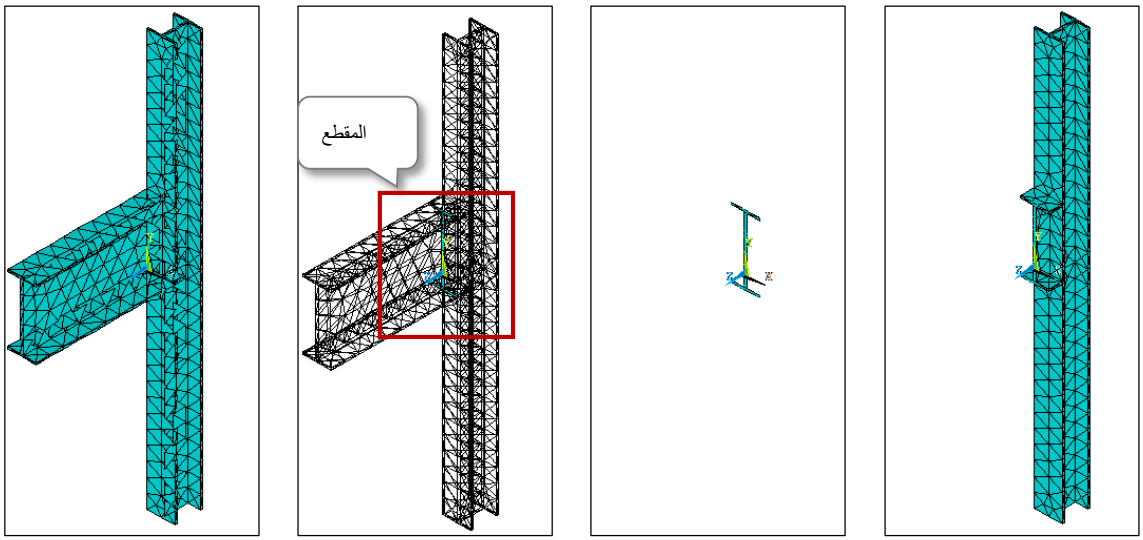
الشكل (4-259): النموذج بعد إجراء القطع

- **ملاحظة (1):**

يوضح الشكل (4-260) بعض أنواع خيارات الإظهار (Type of Plot) في نافذة (Hidden Line Option) حيث:

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

- **Capped Hidden:** يؤدي إلى إخفاء القســـم الموجب من المحور (z) والإحتفاظ بباقي النموذج الموجود في القسم السالب من المحور.
- **Section:** إظهار المقطع فقط في المستوي (XY) من المحاور المؤقتة أو المحاور العامة.
- **Q-Slice Z-Buffer:** إظهار المقطع في المستوي (XY) مع الحواف المحيطية للعناصر.
- **Non-hidden:** إظهار كامل النموذج.

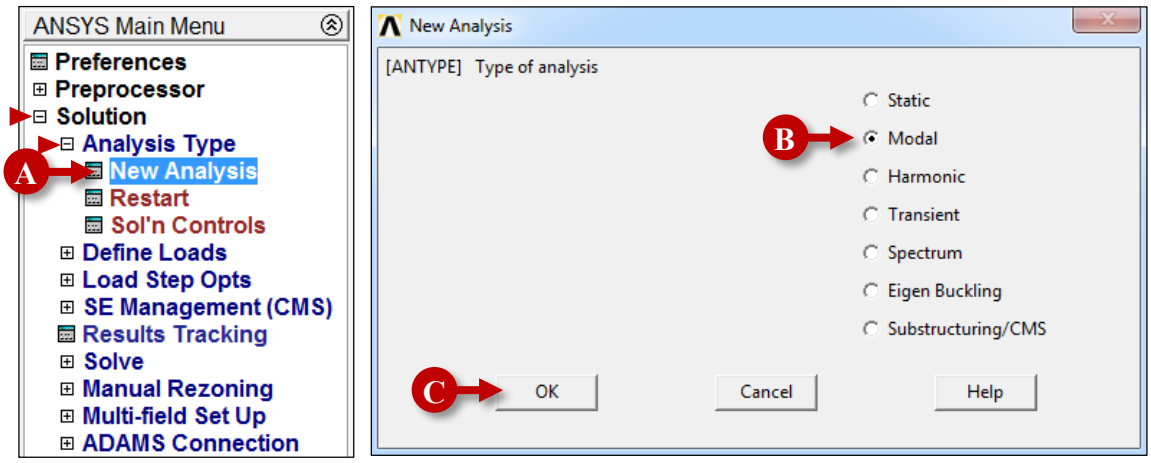


الشكل (4-260): خيارات الإظهار (Type of Plot) في نافذة (Hidden Line Option)

13- تحديد نوع التحليل الثاني (Model):

يتم تحديد نوع التحليل باعتباره نمطي (Model) من خلال المســار التالي والموضــح في الشــكلين (4-261) و(4-262):

13- 1. Solution> Analysis Type> New Analysis Type> Model



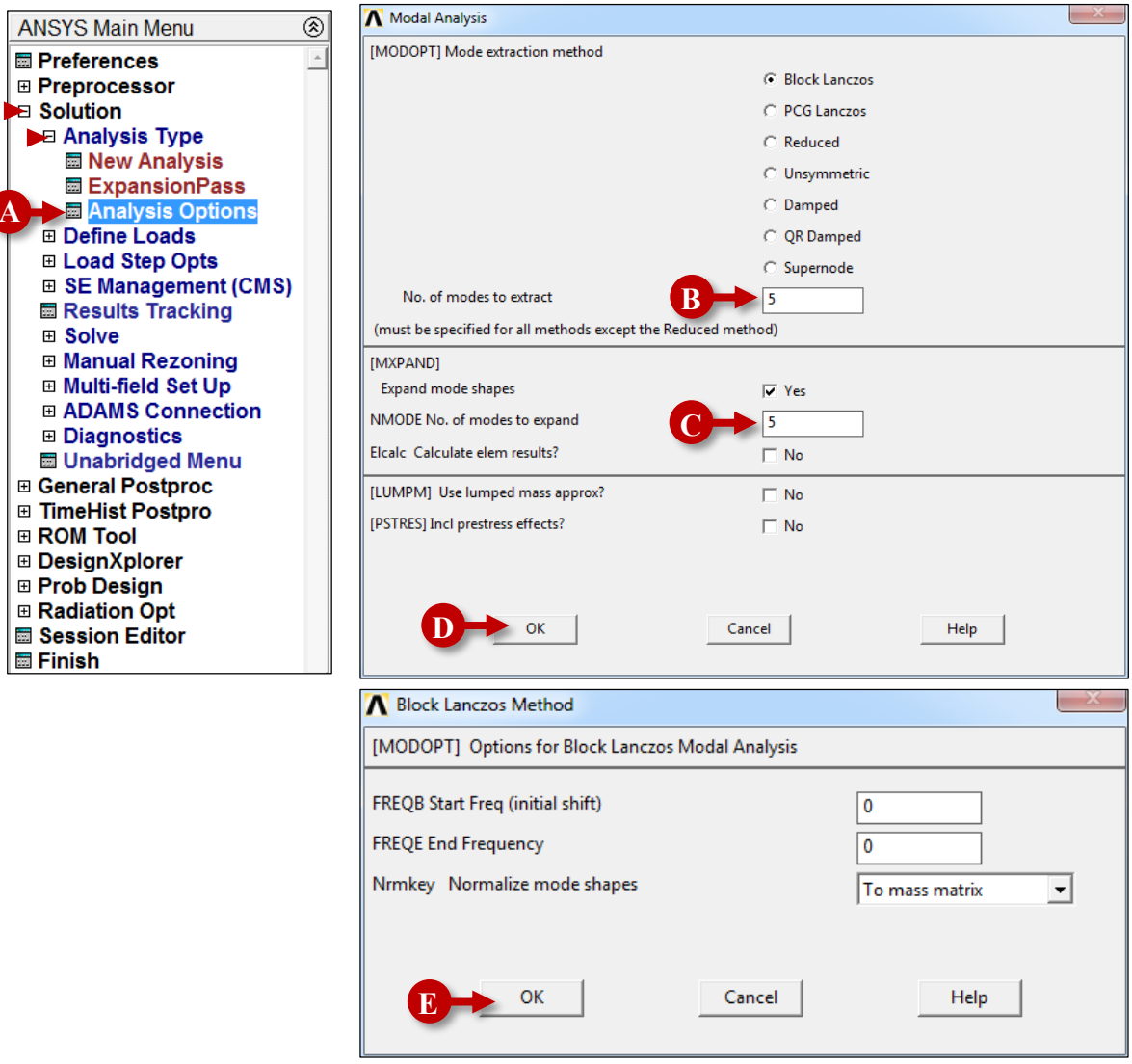
الشكل (4-261): تحديد نوع التحليل الثاني (Model)

2. Solution> Analysis Type> Analysis Options>

No. of Modes to Extract = **5** (عدد الأنماط المستخرجة)

NMODE. of Modes to Expand = **5** (عدد الأنماط التي يمكن استعراضها)

OK> OK

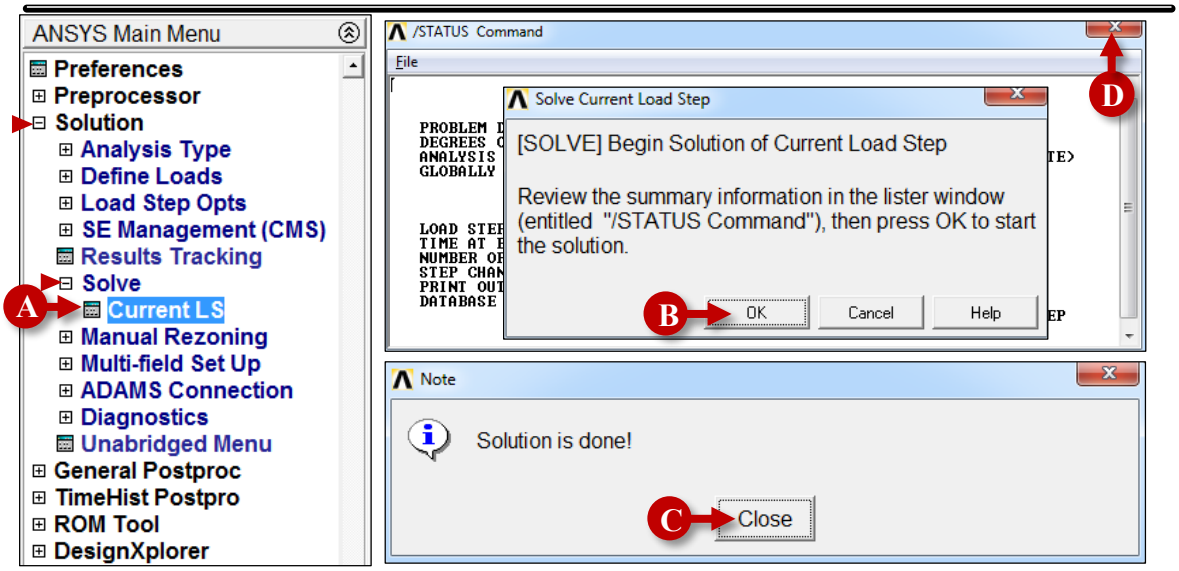


الشكل (4-262): ضبط إعدادات التحليل النمطي

14- بدء التحليل الثاني:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر (Solve) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-263):

14- Solution> Solve> Current LS> OK> Close



الشكل (4-263): بدء التحليل الثاني

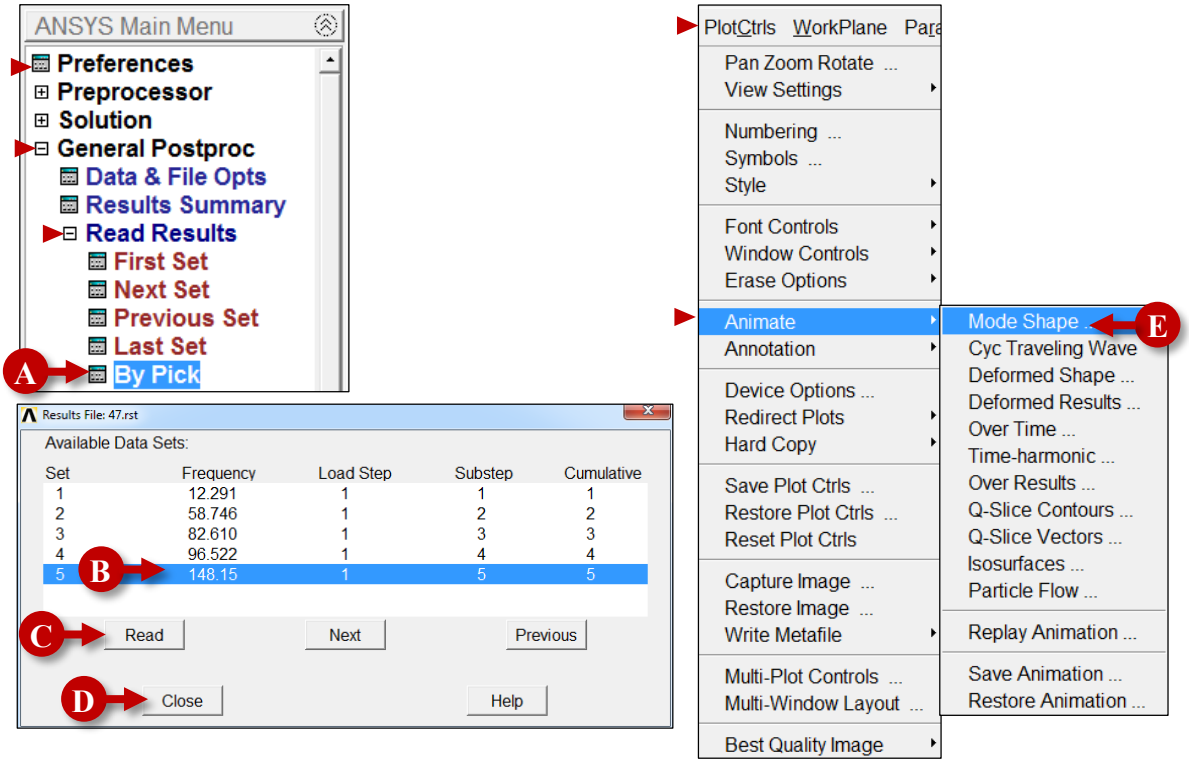
15- معاينة النتائج من أجل نمط:

يمكن معاينة النتائج من خلال اختيار رقم النمط المراد معاينة النتائج بالنسبة له من خلال التبويب (General Postproc> Read Results)، تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-264) و(4-265):

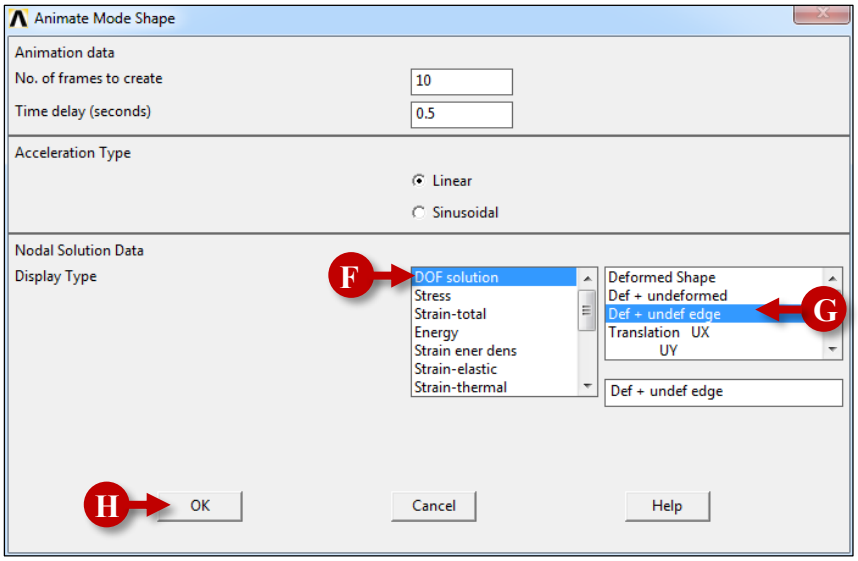
15-1.Right View

2. General Postproc> Read Results> By Pick> (5) > Read

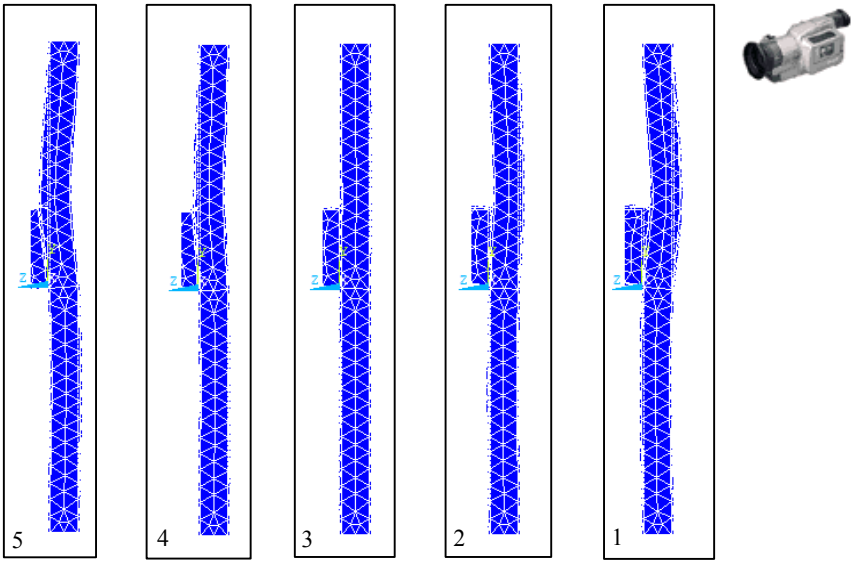
3. PlotCtrls> Animate> Mode Shape…>



الشكل (4-264-a): تحديد نوع المعاينة



الشكل (4-264-b): تحديد نوع المعاينة



الشكل (4-265): معاينة مراحل التشوهات في نمط محدد (لقطات من الفيديو)

- -

نهاية المثال السابع

8-4 المثال الثامن:

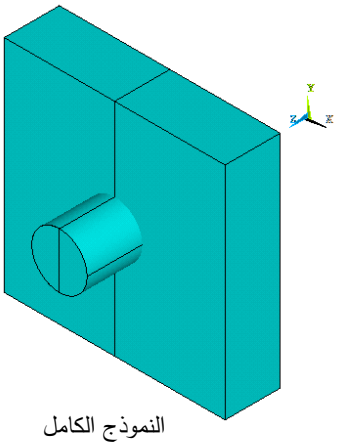
دراسة حالة تماس (Contact)

وتد فولاذي يقع في فتحة دائرية موجودة في وسط مكعب، كما هو في الشكل (4-266)، طول الوتد (L_P=2.5 inch)، ونصف قطره (r_P=0.5 inch)، أبعاد المكعب الكامل (4×4 inch)، وسماكته (1 inch) ونصف قطر الفتحة الدائرية فيه (r_C=0.49 inch)، المكعب موثوق من جانبيه الشاقوليين، والمطلوب نمذجة ربع الشكل فقط بالإستفادة من التناظر، وتعريف مرحلتي تحليل، تهدف المرحلة الأولى إلى معاينة الإجهادات الناتجة عن التداخل، أما المرحلة الثانية فتهدف إلى معاينة الإجهادات وضغط التماس والقوى المكافئة الناتجة عن سحب الوتد من المكعب.

- **ملاحظة (1):**

يتم تسخين المكعب لتوسيع قطر الفتحة ثم يتم إدخال الوتد وبعد ذلك يتم التبريد فتتولد قوى ناتجة عن فرق القطر بين فتحة المكعب والوتد، ثم يتم سحب الوتد.

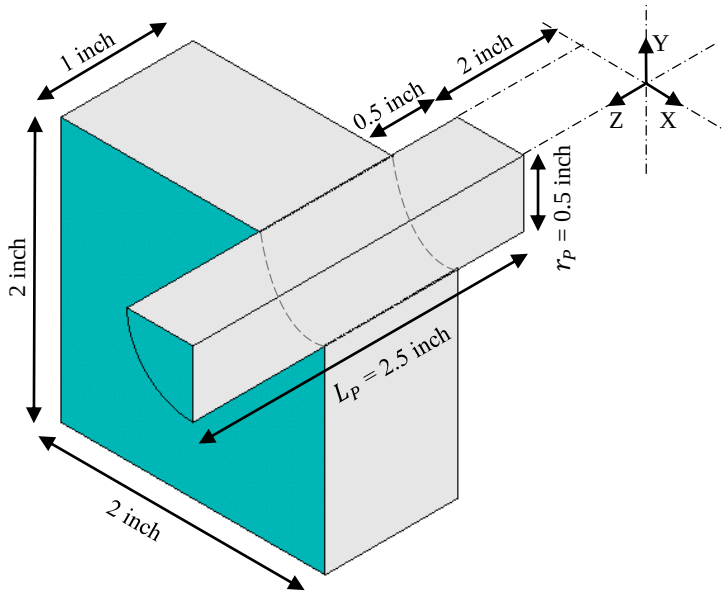
$$E = 36 \times 10^6 \ Pound/inch^2$$
$$\nu = 0.3$$



النموذج الكامل

❖ **الهدف من المثال:** معرفة طريقة:

- ✓ تعريف سطحي التماس (Contact Pair).
- ✓ الإستفادة من مبدأ التناظر (Symmetry).
- ✓ قراءة نتائج مرحلتي التحليل.
- ✓ معاينة إجهادات سطح التماس.



الشكل (4-266): شكل ربع النموذج وأبعاده

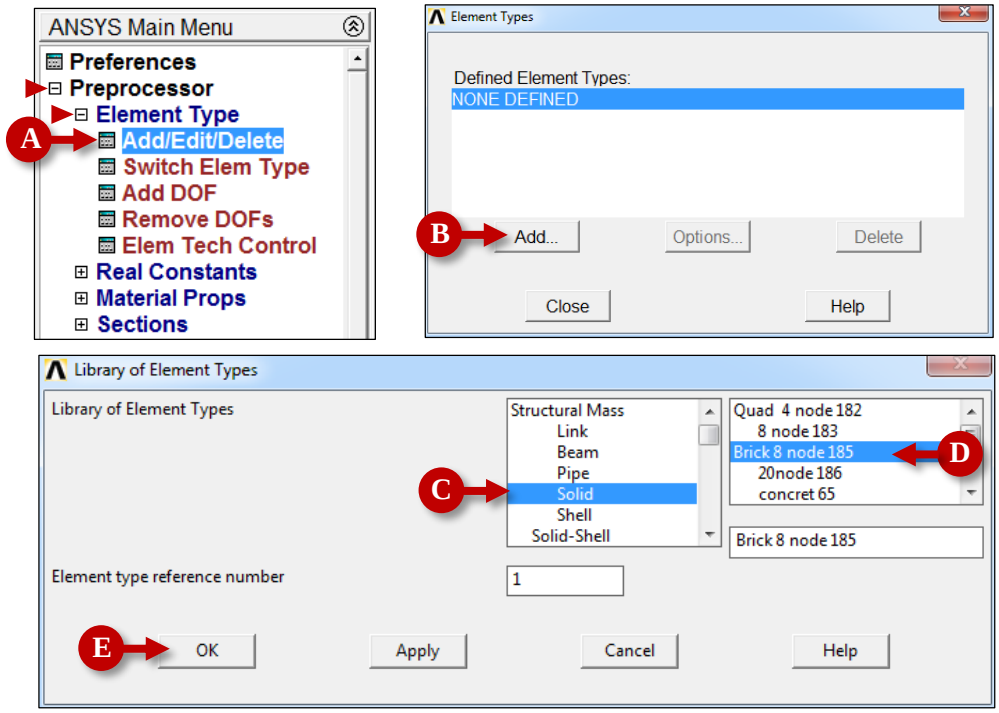
Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

❖ **خطوات الحل:**

1- تحديد العناصر المستخدمة:

سيتم تحديد العنصر (Solid185) من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-267):

1- Preprocessor> Element type> Add/Edit/Delete> Add: Solid> Brick 8node 185 > >OK> Close



الشكل (4-267): تحديد العنصر

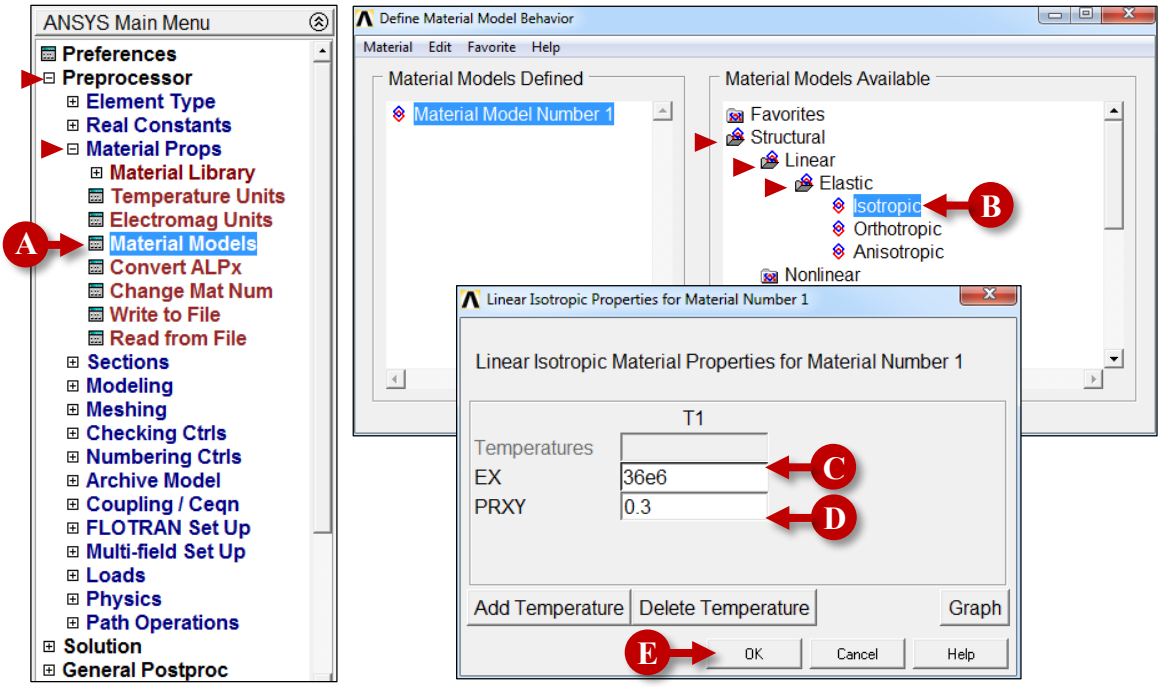
2- تعريف خصائص المواد المستخدمة:

يتم تعريف خصائص المادة المستخدمة من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-268):

2- Preprocessor> Material props> Material models> Structural>Linear> Elastic> > Isotropic

EX = **36e6** $(Pound/inch^2)$ (معامل مرونة الفولاذ)

PRXY = **0.3** (معامل بواسون للفولاذ)



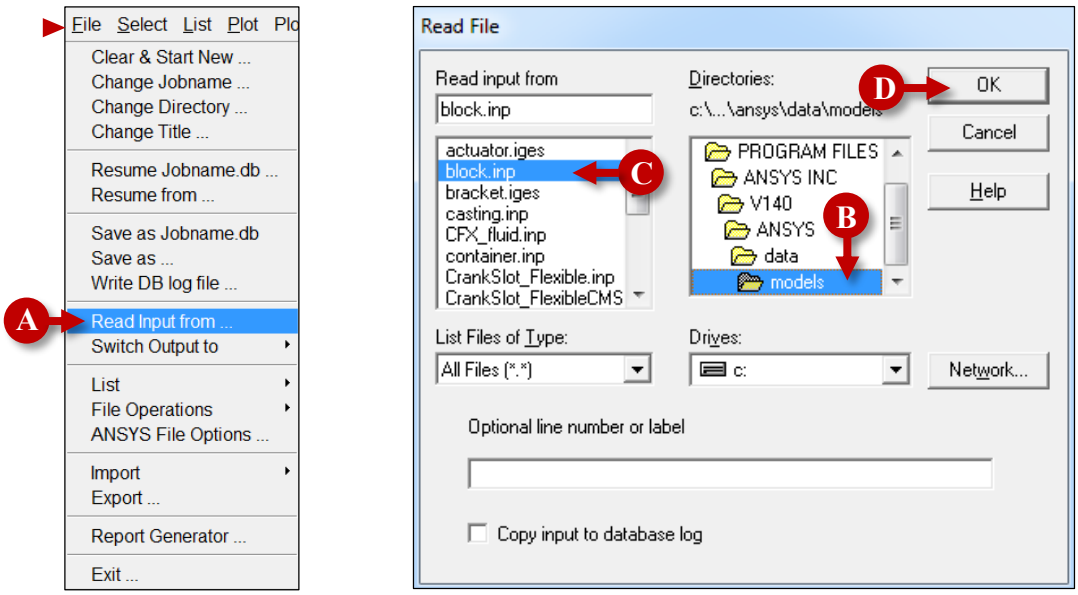
الشكل (4-268): تعريف معامل المرونة ومعامل بواسون للمادة المستخدمة

3- فتح ملف النموذج (الموجود ضمن البرنامج):

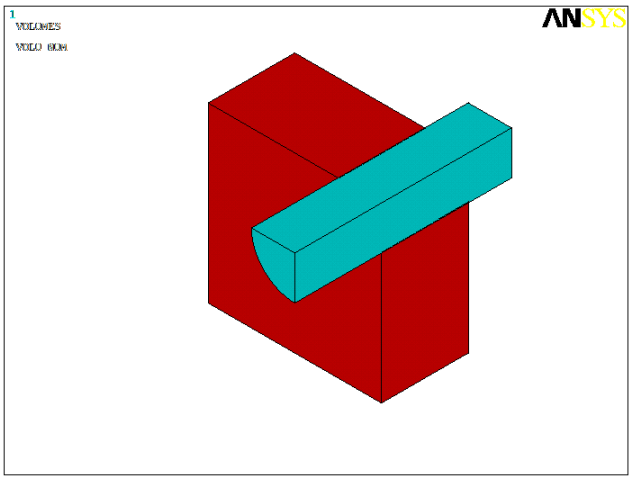
نظراً لأن المثال موجود ضـــمن برنامج (ANSYS) لذلك يتم فتح الملف من خلال اتباع المســـار التالي والموضح في الشكلين (4-269) و(4-270):

3- File>Read Input from…>

C:/ > Program Files> Ansys Inc> V140> ANSYS> data> models> block.inp



الشكل (4-269): فتح ملف النموذج (الموجود ضمن البرنامج)



الشكل (4-270): شكل ربع النموذج

4- تقسيم النموذج:

سيتم فقط تقسيم الخطين الأفقي والشاقولي في الطرف الأمامي للوتد إلى (3) قطع، وتقسيم الخط القوسي في الطرف الأمامي للمكعب إلى (4) قطع، كما هو مبين في الشكل (4-271)، أما باقي الخطوط فيتم تقسيمها من قبل البرنامج. تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-271):

4- Preprocessor> Meshing> Mesh Tool>

1. Lines :**Set >**

   >(يتم تحديد الخطين الأفقي والشاقولي في الطرف الأمامي للوتد، كما هو مبين في الشكل)> OK

   NDIV No. of Element Divisions = **3** (عدد القطع)

   SIZE,NDIV can be changed = **No** (عدم تغيير عدد القطع)

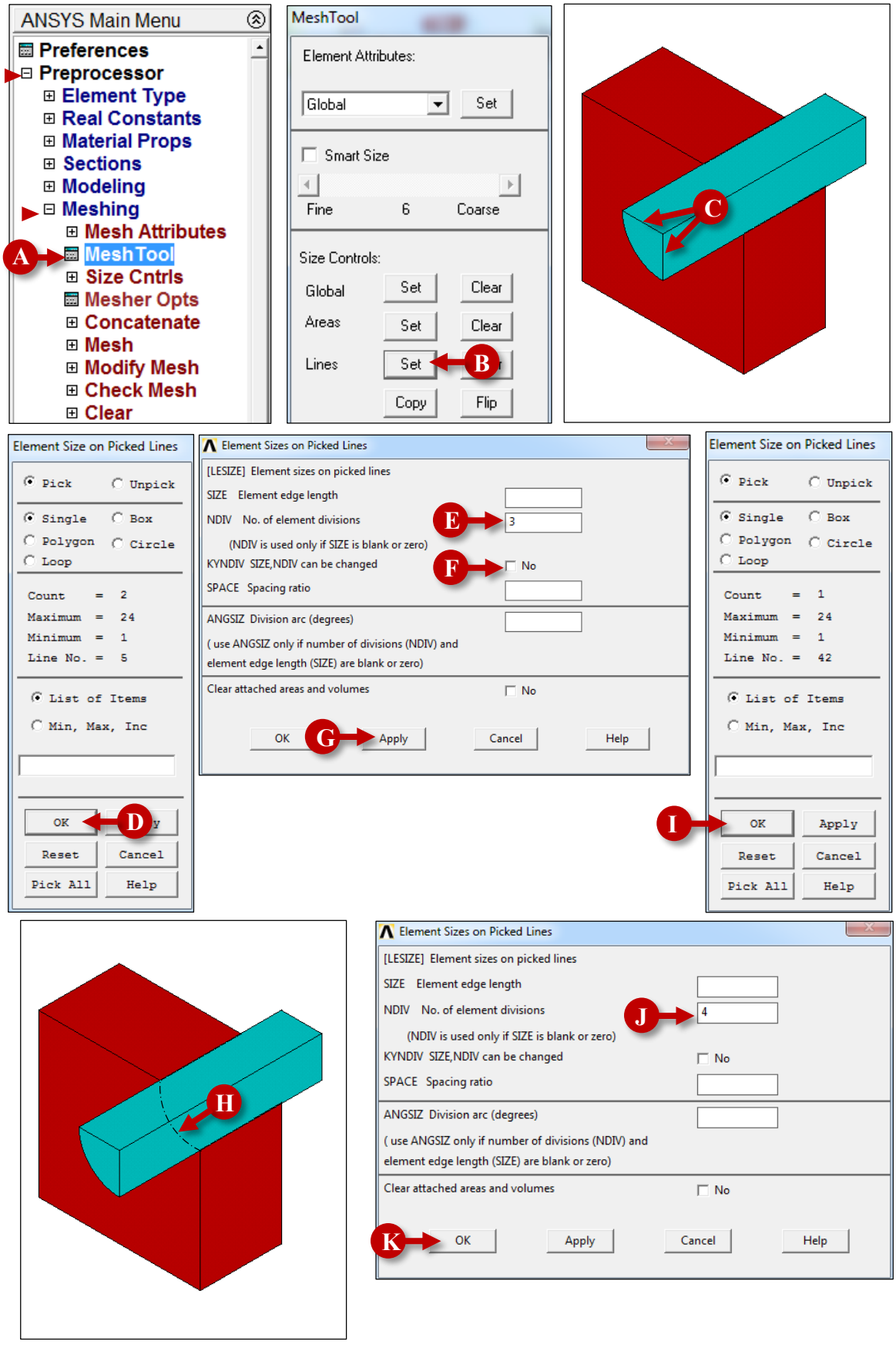
   >Apply

   - >(يتم تحديد تحديد الخط القوسي في الطرف الأمامي للمكعب)>

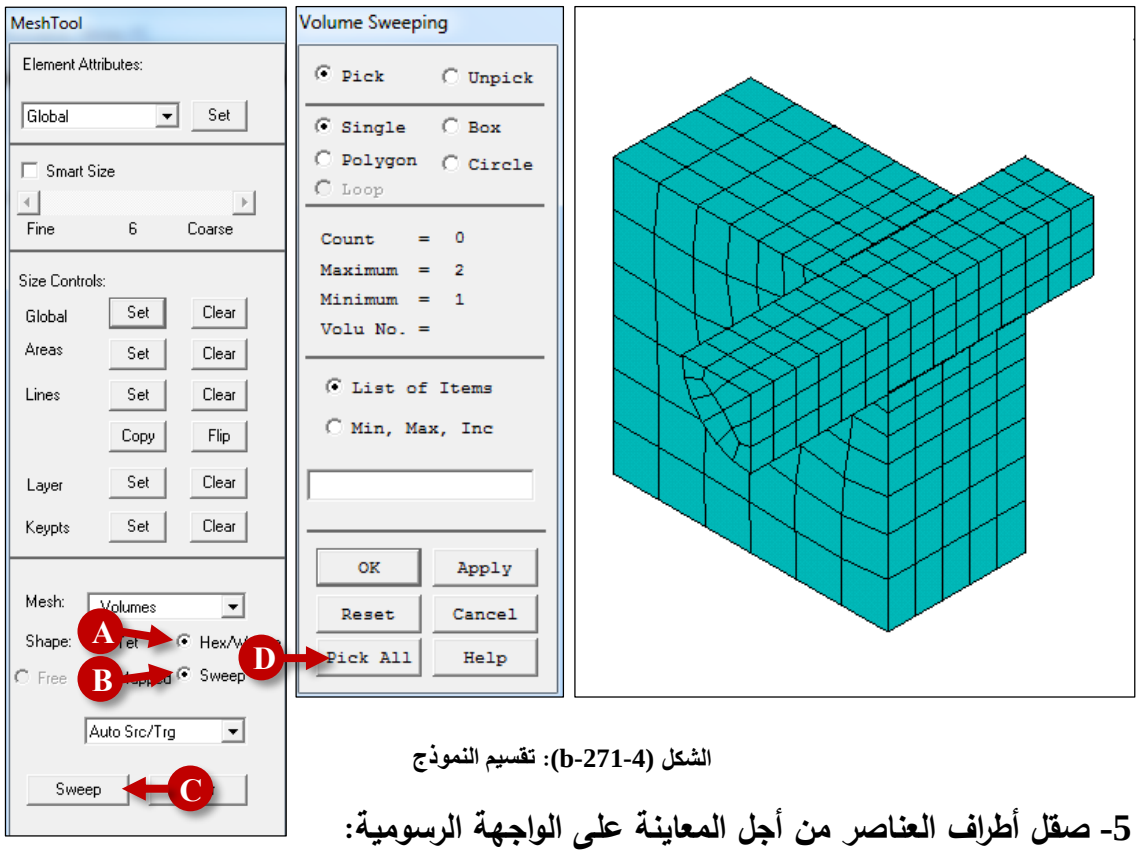
     NDIV No. of Element Divisions = **4** (عدد القطع)

     >OK

2. Mesh: **Volumes** : **Hex** /Wedge - **Sweep > Sweep > Pick All**



الشكل (4-271-a): تقسيم النموذج



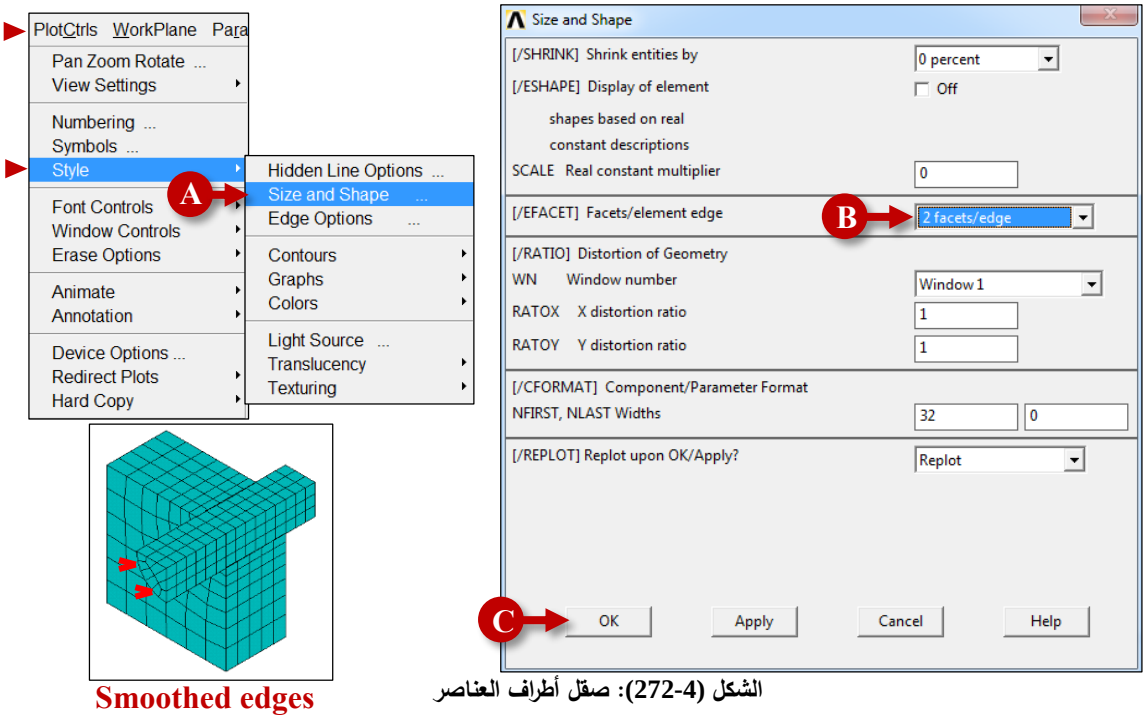
الشكل (4-271-b): تقسيم النموذج

5- صقل أطراف العناصر من أجل المعاينة على الواجهة الرسومية:

من أجل معاينة الخطوط القوسية بشكل أوضح على الواجهة الرسومية يمكن تحديد عدد الخطوط المستقيمة التي يتألف منها الخط القوسي من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-272):

5- PlotCtrls> Style> Size and Shape…>

Facets/Element Edge= **2 Facets/ Edge** (قسمين لكل حرف في العنصر)



الشكل (4-272): صقل أطراف العناصر

6- تعريف سطحي التماس (Contact Pair):

يتألف سطحي التماس (Contact Pair) من سطحين هما:

1- السطح الهدف (Target Surface): ويمثل عادةً السطح الثابت أو السطح ذو التقسيمات الأخشن، وفي هذا المثال يمثل السطح الهدف السطح المقعر من "المكعب".

2- سطح التماس (Contact Surface): وهو الذي يتحرك وينتقل على السطح السابق، وفي هذا المثال يمثل السطح المحدب من "الوتد".

تتم هذه العملية من خلال المسار التالي والموضح في الأشكال (4-273)، (4-274)، (4-275)، (4-276)، (4-277)، (4-278):

6-1. Preprocessor> Modeling> Create> Contact Pair> Contact Wizard >

1) Target Surface = **Areas** (السطح الهدف: مساحات)

   Target Type = **Flexible** (نوع السطح الهدف: مرن)

   Pick Target…> (يتم تحديد **السطح المقعر من المكعب**، كما هو مبين في الشكل)

   > OK>Next

2) Contact Surface = **Areas** (سطح التماس: مساحات)

   Contact Element Type = **Surface-to-Surface** (نوع عنصر التماس: سطح_سطح)

   Pick Contact …> (يتم تحديد **السطح المحدب من الوتد**، كما هو مبين في الشكل)>

   > OK

   >Next>

3) Material ID = **1**

   Coefficient of friction = **0.2**

   Optional settings…

4) Normal penalty stiffness =**0.1**

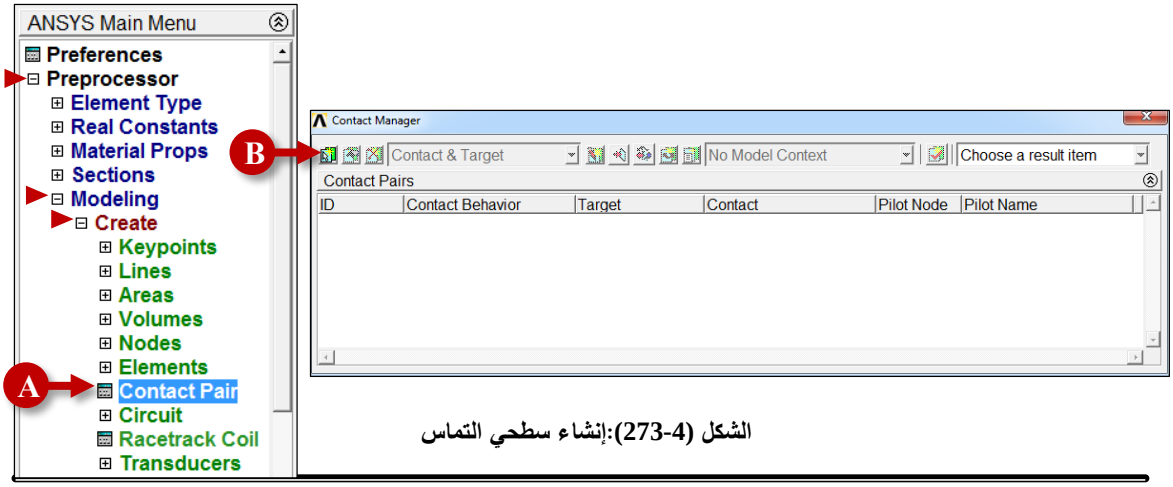
5) **Friction** (tab) >

   Stiffness matrix= **Unsymmetric**

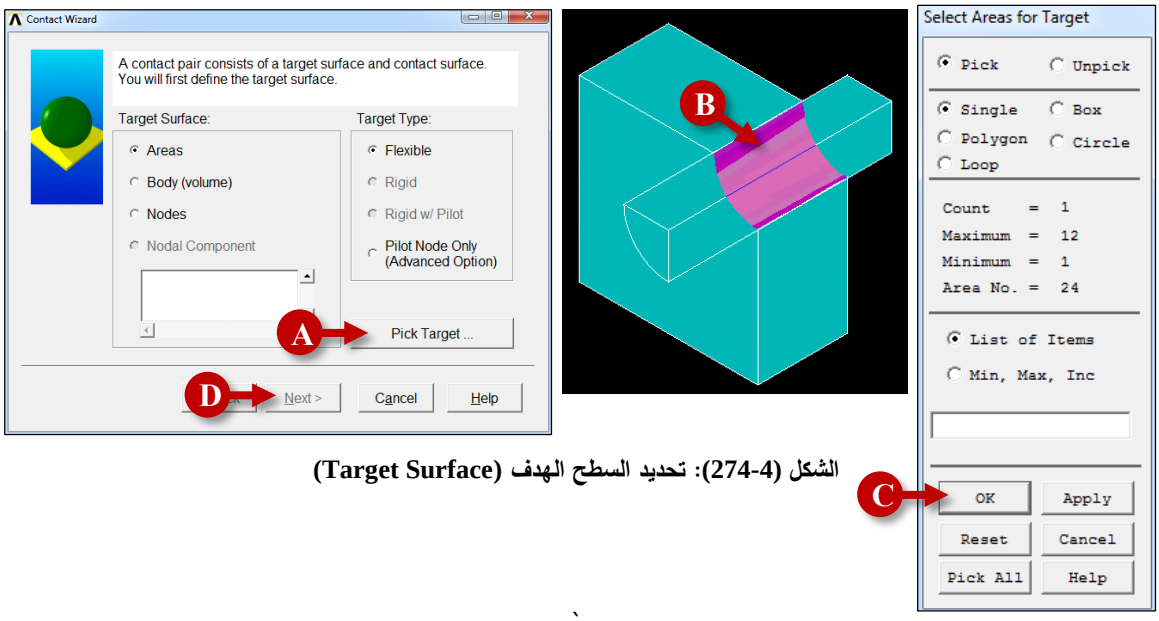
   >OK> Create> Finish> Close

2. Plot> Areas

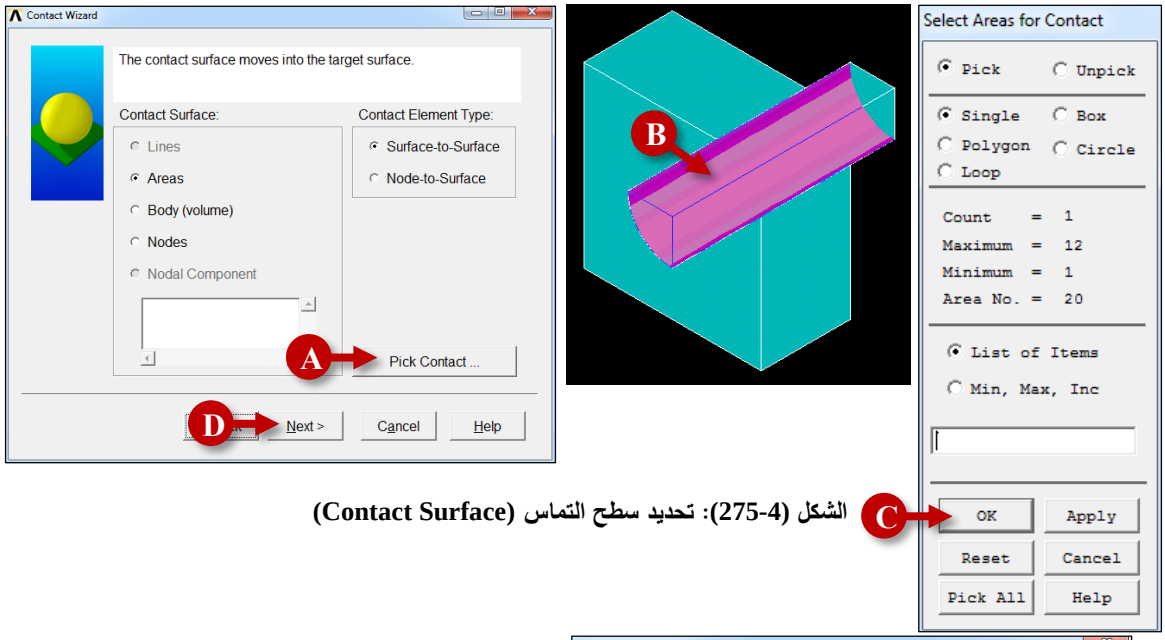
3. Toolbar>SAVE_DB



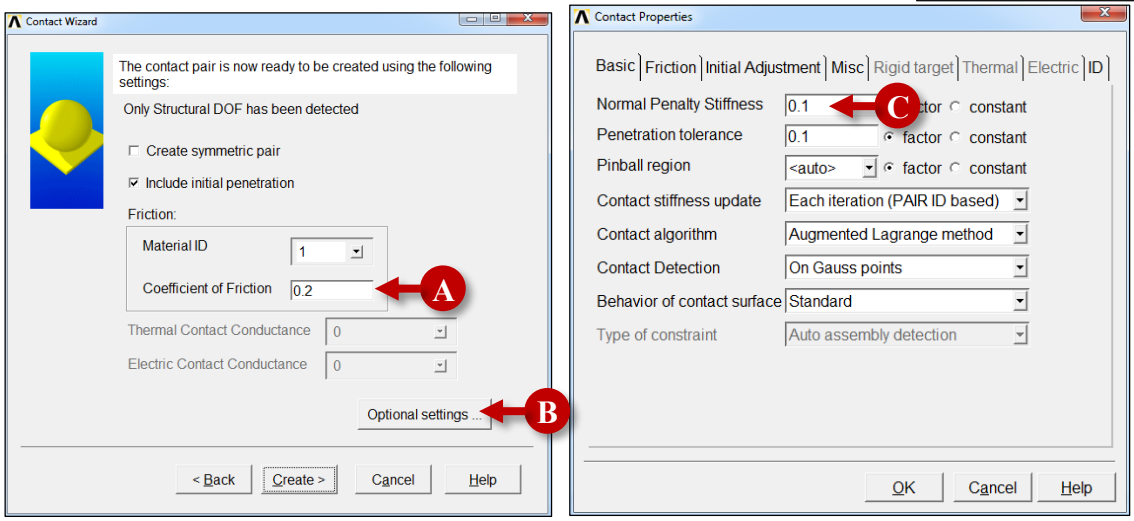
الشكل (4-273):إنشاء سطحي التماس



الشكل (4-274): تحديد السطح الهدف (Target Surface)

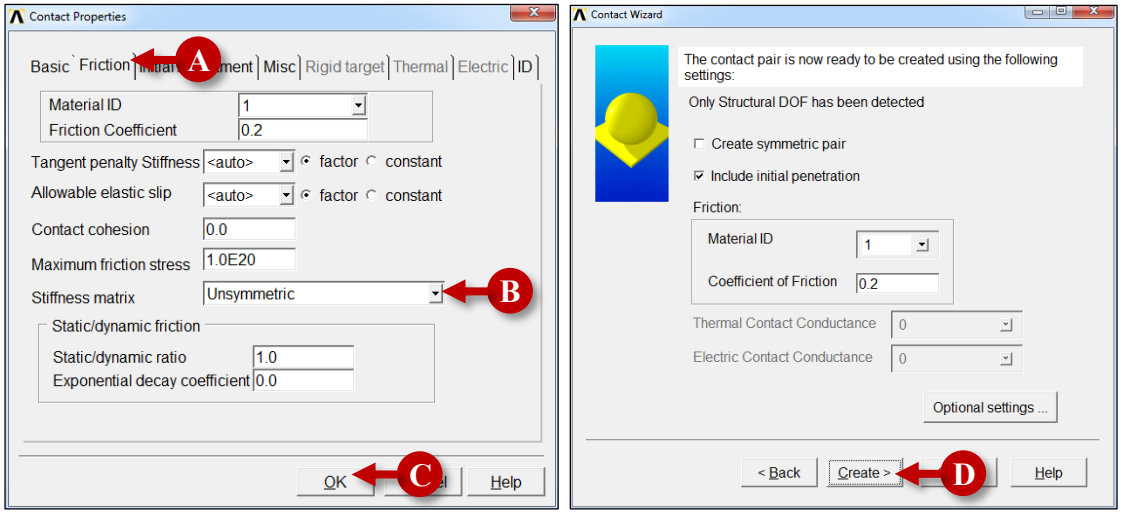


الشكل (4-275): تحديد سطح التماس (Contact Surface)

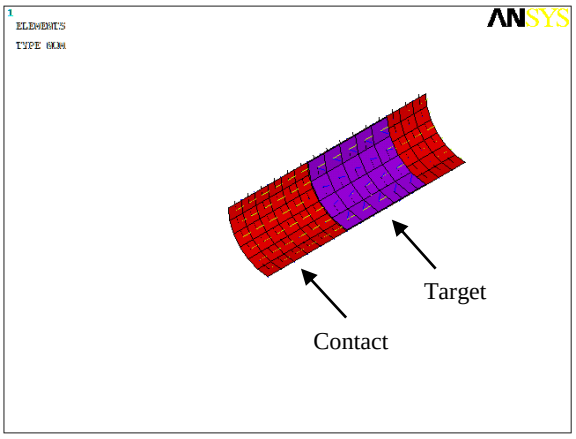


الشكل (4-276): تحديد معامل الإحتكاك (Coefficient of friction) والمعامل (Normal penalty stiffness)

Eng. Mutaz Hussein
E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo
E-mail: seffo1@yahoo.com



الشكل (4-277): تحديد شكل مصفوفة الصلابة (Stiffness matrix) وإنشاء سطحي التماس

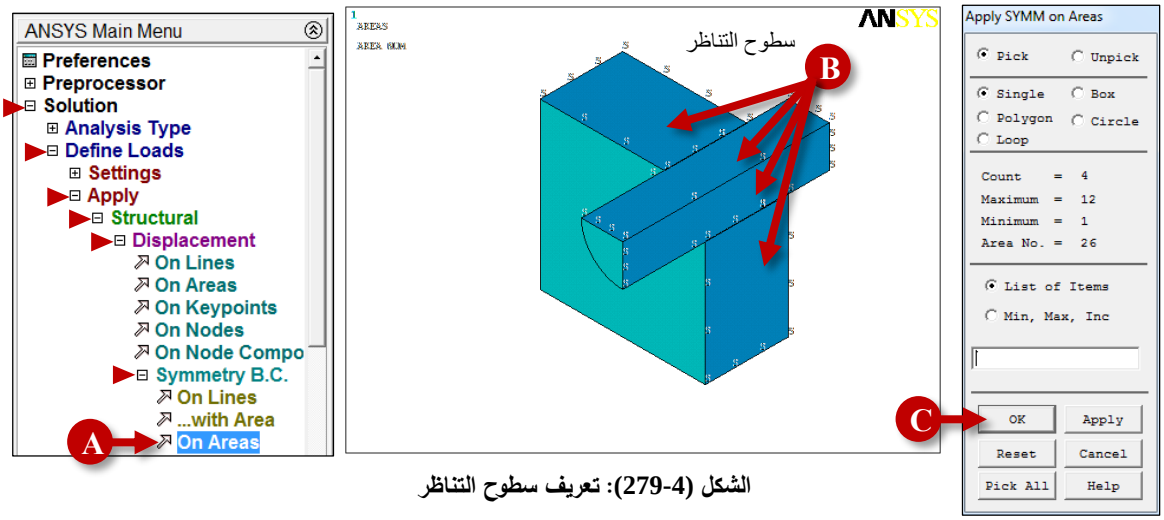


الشكل (4-278): سطحي التماس

7- تعريف سطوح التناظر:

يتم تعريف سطوح التناظر من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-272):

7- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> Symmetry B. C.> On Areas> (يتم تحديد سطوح التناظر كما هو مبين في الشكل) >OK



الشكل (4-279): تعريف سطوح التناظر

8- تخصيص الوثاقة:

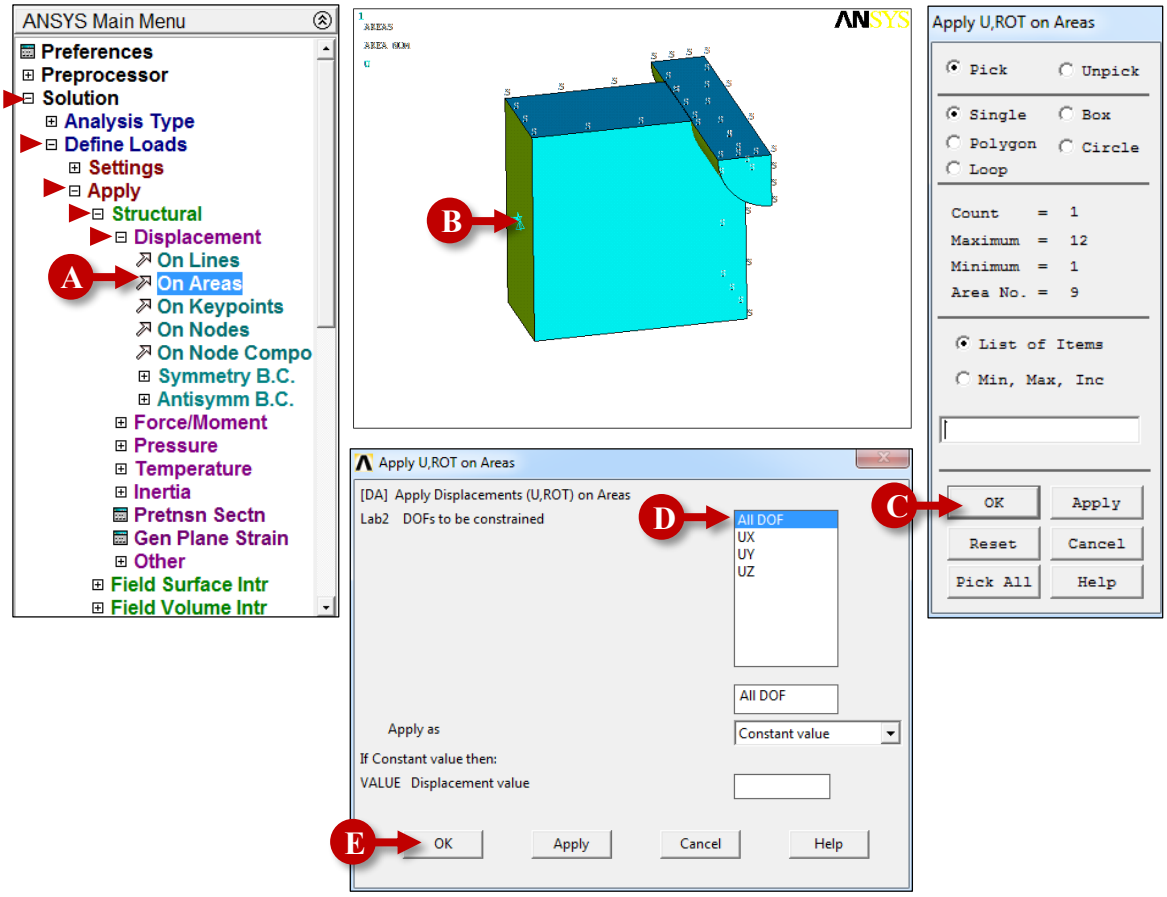
يتم تخصيص الإستناد الموثوق على المساحة الجانبية الواقعة في الطرف الأيسر من المكعب وفق الخطوات التالية والموضحة في الشكل (4-280):

8- Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Areas>

> (يتم تحديد السطح الجانبي من المكعب كما هو مبين في الشكل)> OK>

>LAB2 DOFs to be Constrained = **All DOF** (تثبيت كافة الانتقالات والدورانات)

> OK



الشكل (4-280): تخصيص الوثاقة

9- تعريف المرحلة الأولى من التحليل (مرحلة التداخل فقط قبل سحب الوتد):

سيتم تعريف مرحلتي تحليل، تهدف المرحلة الأولى إلى معاينة الإجهادات الناتجة عن التداخل (التماس بين الوتد والمكعب قبل سحب الوتد)، علماً بأن نصف قطر الوتد أكبر من نصف قطر التقعر الموجود في المكعب،بينما تهدف المرحلة الثانية إلى معاينة الإجهادات، وضغط التماس، والقوى المكافئة الناتجة عن سحب الوتد من المكعب.

Eng. Mutaz Hussein E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
Dr. Mohmmad Seffo E-mail: seffo1@yahoo.com

9-1- إعداد خيارات التحليل:

نجعل عدد الثواني الكلية يساوي (100) ويتم التحليل بخطوة واحدة ، تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-281):

9-1-1. Solution> Analysis Type> Sol'n Controls>

- Basic:

Large displacement static

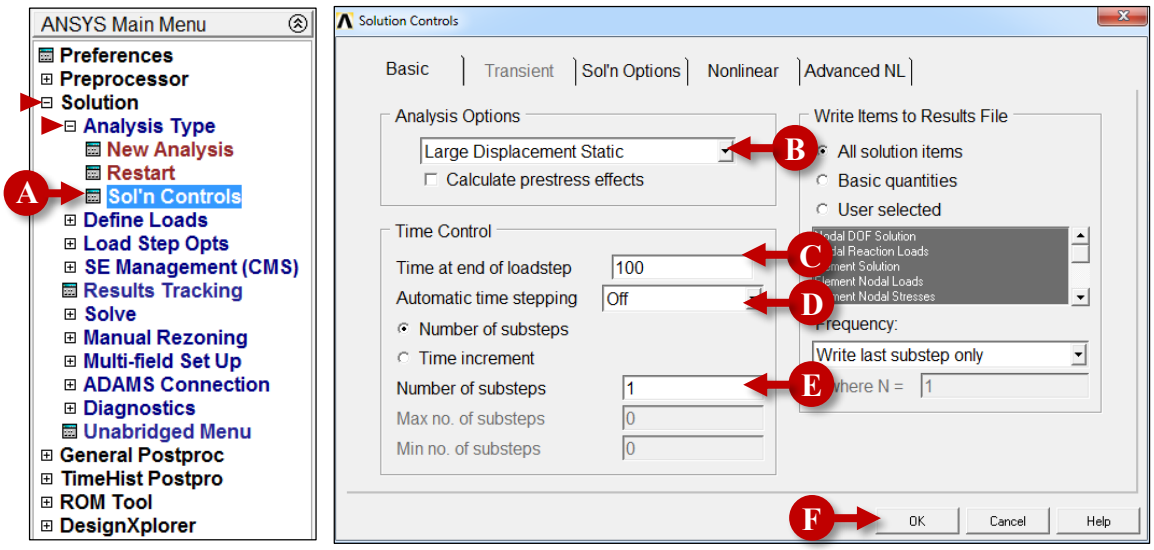
Time at end of load step = **100** (الزمن النهائي عند تطبيق كامل الحمولة)

Automatic Time Stepping = **Off**

Number of Substeps:

Number of Substeps = **1** (عدد الخطوات الجزئية لمراحل تزايد الحمولة)

2. Toolbar>SAVE_DB.



الشكل (4-281): ضبط خيارات التحليل في المرحلة الأولى

9-2- بدء تحليل المرحلة الأولى:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر(Solve) وفق المسار التالي:

9-2-1. Solution> Solve> Current LS> OK> Close

عند انتهاء الحل يعطي البرنامج رسالة (Solution is Done) .

2. Plot> Replot

سيتم معاينة الإجهادات الناتجة عن التداخل فقط (قبل سحب الوتد) في هذه المرحلة من التحليل فيما بعد.

10- تعريف المرحلة الثانية من التحميل (مرحلة سحب الوتد):

10-1- تخصيص الإنتقالات:

سيتم أولاً تحديد جميع العقد الواقعة على السطح الأمامي من الوتد، ثم سيتم تطبيق مقدار انتقال أكبر من الطول المتبقي للوتد الي كان (1.5inch) وبالتالي سنطبق انتقال مقداره (UZ=1.7 inch) على

هذه العقد، تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-282):

10-1-1. Select> Entities…>

Nodes> By Location> Z coordinates= 4.5 > From Full > Apply> Plot> OK

2. Solution> Define Loads> Apply> Structural> Displacement> On Nodes>

>Pick All>

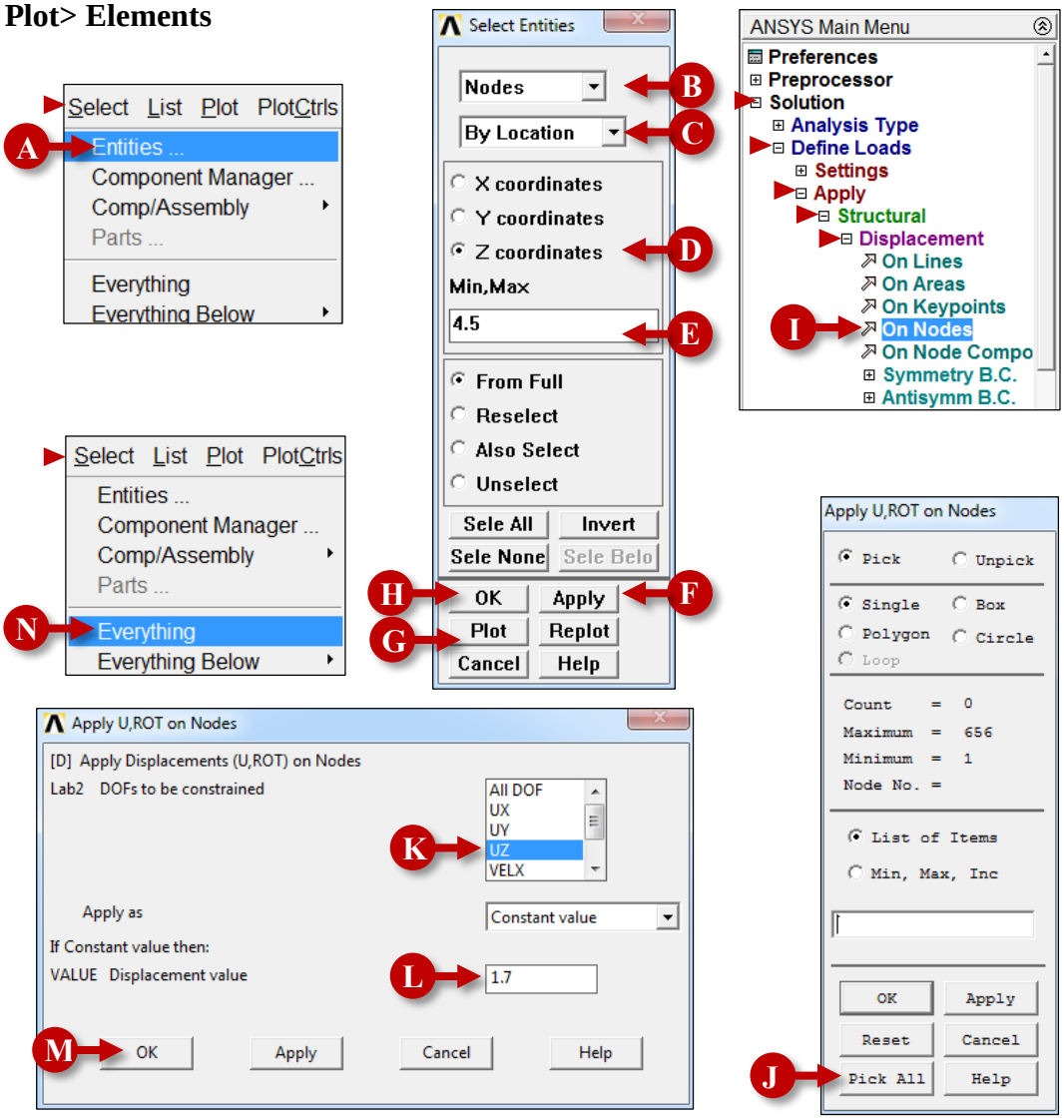
LAB2 DOFs to be Constrained = **UZ** (اتجاه محور الانتقال)

VALUE Displacement Value = **1.7** (Inch) (قيمة الانتقال مع الانتباه للإشارة)

> OK

3. Select> Everything

4. Plot> Elements



الشكل (4-282): تخصيص الإنتقال في العقد الواقعة على السطح الأمامي من الوتد

10-2- إعداد خيارات التحليل للمرحلة الثانية:

نجعل عدد الثواني الكلية للمرحلة الثانية يساوي (200) ويتم التحليل بعدة خطوات تحميل جزئية ، تتم العملية من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-283):

10-2-1. Solution> Analysis Type> Sol'n Controls>

- Basic:

Large displacement static

Time at end of load step = **200** (الزمن النهائي عند تطبيق كامل الحمولة)

Automatic Time Stepping = **On**

Number of Substeps:

Number of Substeps = **100** (عدد الخطوات الجزئية لمراحل تزايد الحمولة)

Max No. of Substeps = **10000** (العدد الأعظمي لمراحل تزايد الحمولة)

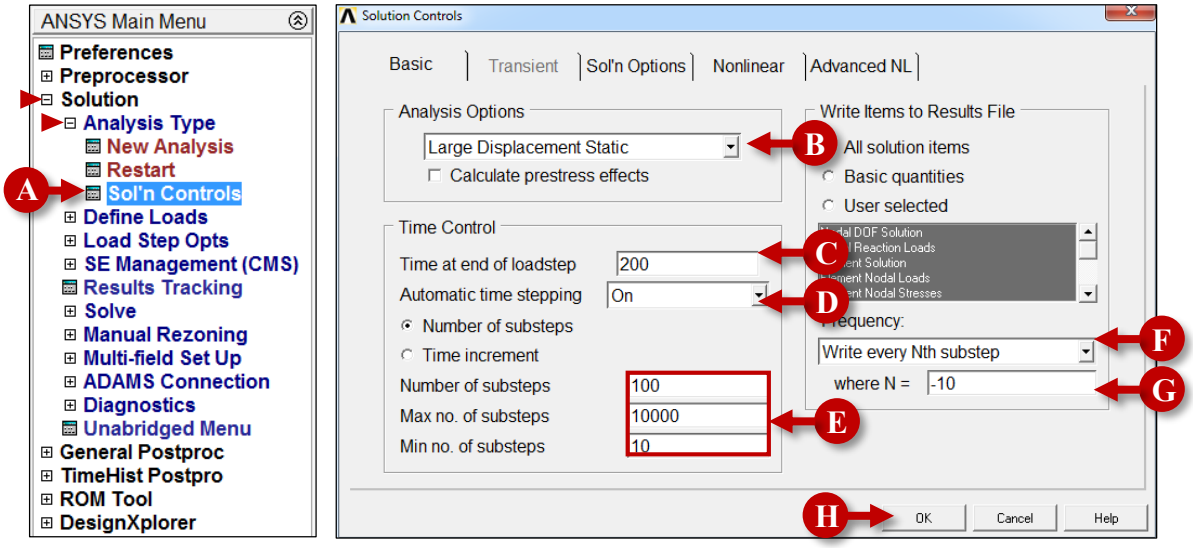
Min No. Time Step = **10** (العدد الأصغري لمراحل تزايد الحمولة)

Frequency= **Write every Nth substep** (عرض النتائج في كل عدد معين من مرحلة تحميل)

Where N = **-10**

>OK

2. Toolbar>SAVE_DB.



الشكل (4-283): ضبط خيارات التحليل في المرحلة الثانية

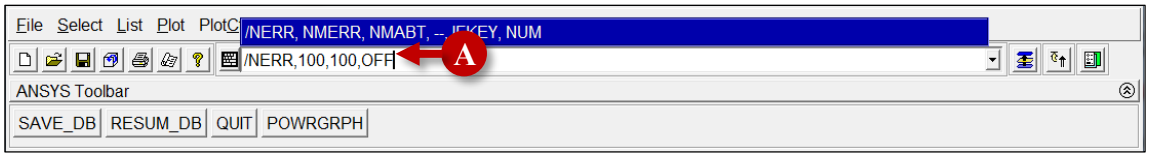
- **ملاحظة (2):**

قد تظهر بعض رسائل التحذير عند تحليل المرحلة الثانية من التحميل بشكل نوافذ منبثق على الواجهة الرئيسية، ولكن هذا الرسائل لن تمنع البرنامج من استكمال التحليل. ولكن يجب الإدراك بأن البرنامج يعرض فقط أول (5) رسائل على الواجهة الرئيسية، وبالتالي إذا حدثت رسائل تحذير أخرى فإنها لن تظهر على الواجهة الرئيسية، ولا حتى النافذة التي تدل على انتهاء عملية التحليل (Solution is Done).

لضمان ظهور نافذة إنتهاء التحليل يُنصح بتغيير الإعدادات التي تتحكم بعدد الرسائل التي يتم معاينتها على الواجهة الرئيسية وتغير هذا العدد من (5) ليصبح (100) مثلاً، وذلك من خلال كتابة الأمر البرمجي التالي والذي تتم كتابته في سطر الأوامر البرمجية كما هو موضح في الشكل (4-284):

/NERR,100,100,OFF >(ENTER)

وهذا يضمن أيضاً عدم إغلاق البرنامج في حال صادف رسالة تحذير خلال التحليل.



الشكل (4-284): كتابة الأمر البرمجي الذي يحدد عدد رسائل التحذير المسموح ظهورها

10-3- بدء تحليل المرحلة الثانية:

يتم البدء بعملية التحليل باستخدام الأمر(Solve) وفق المسار التالي:

10-3-1. Solution> Solve> Current LS> OK> Close

عند انتهاء الحل يعطي البرنامج رسالة (Solution is Done) .

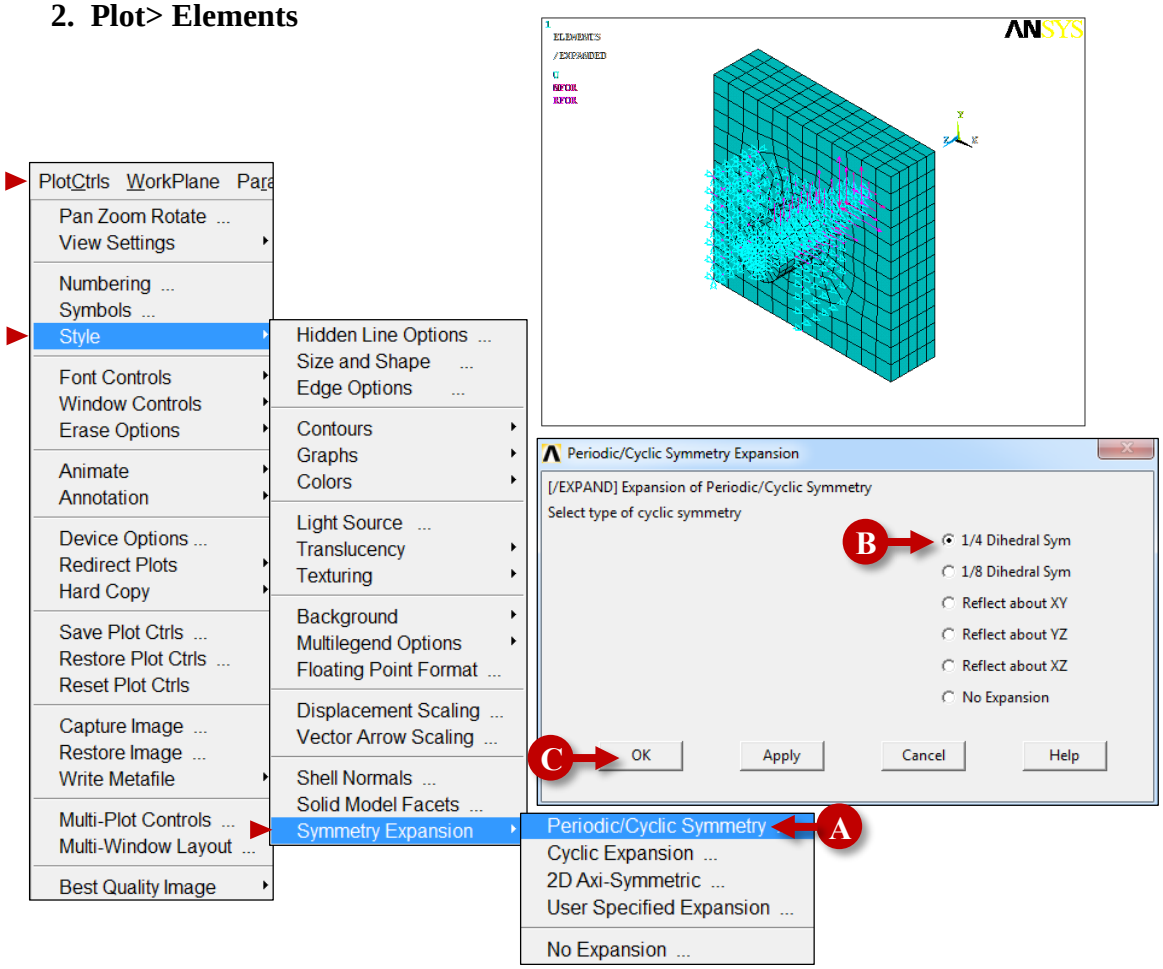
2. Plot> Replot

11- معاينة كامل النموذج:

يمكن الإنتقال من معاينة ربع النموذج إلى معاينة كامل النموذج من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-283):

11-1. Plot Ctrls> Style> Symmetry Expansion > Periodic/Cyclic Symmetry…>
> 1/4 Dihedral Sym > OK

2. Plot> Elements



الشكل (4-285): معاينة النموذج بشكل كامل

- **ملاحظة (3):**

الربع الذي تمت نمذجته يقع في الربع الثالث في المستوي (XY) والمحور (Z) هو محور تناظر لكامل الشكل.

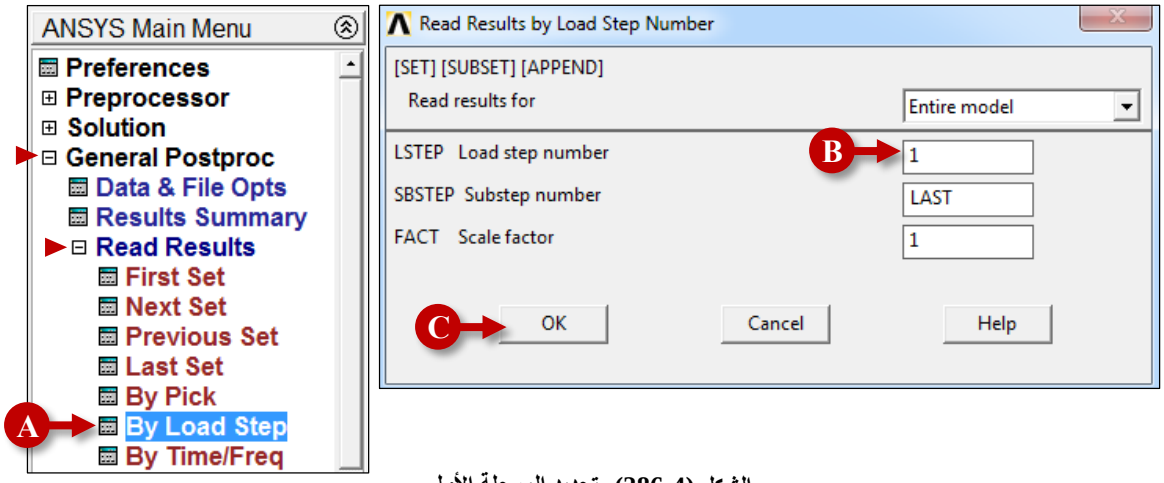
12- تحديد المرحلة الأولى لمعاينة الإجهادات تحت تأثير التداخل:

يتم تحديد المرحلة الأولى من التحليل من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-286):

12- General Postproc> Read Results> By Load Step>

Load step number = **1** (تحديد المرحلة الأولى)

>OK

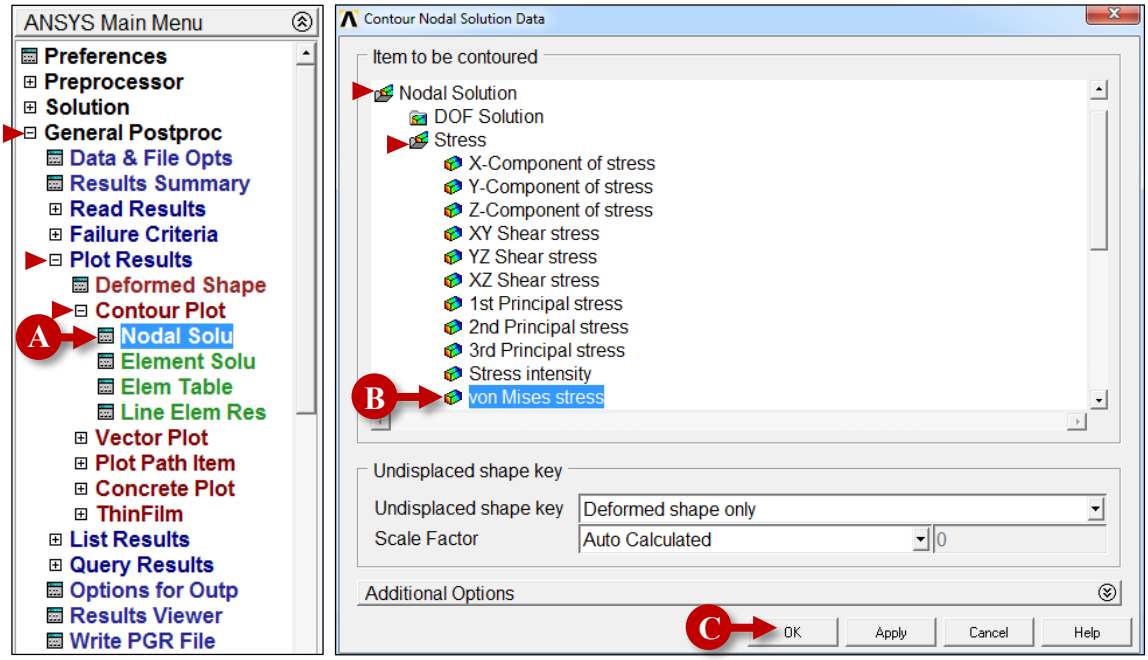


الشكل (4-286): تحديد المرحلة الأولى

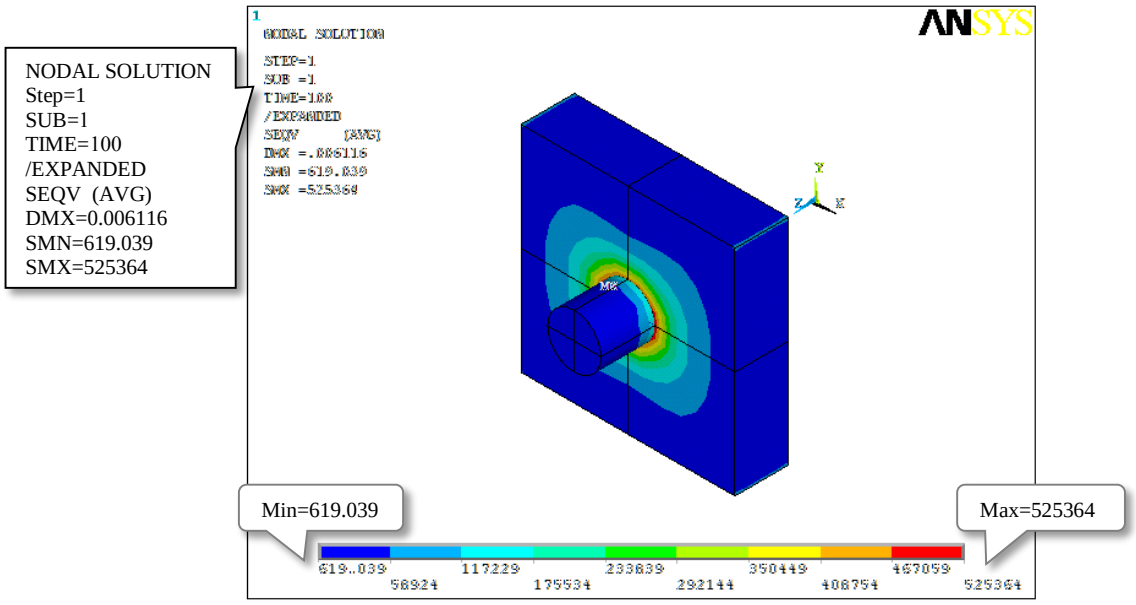
13- معاينة مخطط إجهادات (Von Mises) في المرحلة الأولى:

تتم معاينة مخطط إجهادات (Von Mises) من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-287) و(4-288):

13- General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>
> Stress> Von Mises Stress > OK



الشكل (4-287): تحديد إجهادات (Von Mises) في المرحلة الأولى لمعاينتها



الشكل (4-288): إجهادات الضغط (Von Mises) في المرحلة الأولى

14- معاينة الضغط الوسطي على سطح التماس في الوتد:

ســـتتم المعاينة عند زمن معين وهو (time=120)، والذي يقع ضـــمن المرحلة الثانية، بعد ذلك نختار سطح التماس فقط حيث يتم تحديده من خلال (Select> Entities…<) وفقاً لرقم العنصـر التعريفي المشكل له وهو (174) حيث أن اسم سطح التماس هو (conta174)، وأخيرا يتم معاينة الضـغط الوسـطي على هذا السطح.

تتم هـذه العمليـات وفق الخطوات التـاليـة والموضـــحـة في الأشـــكـال (4-289) و(4-290) و(4-291) و(4-292):

14-1. General Postproc> Read Results> By Time/Freq>

Value of Time or Freq = **120**

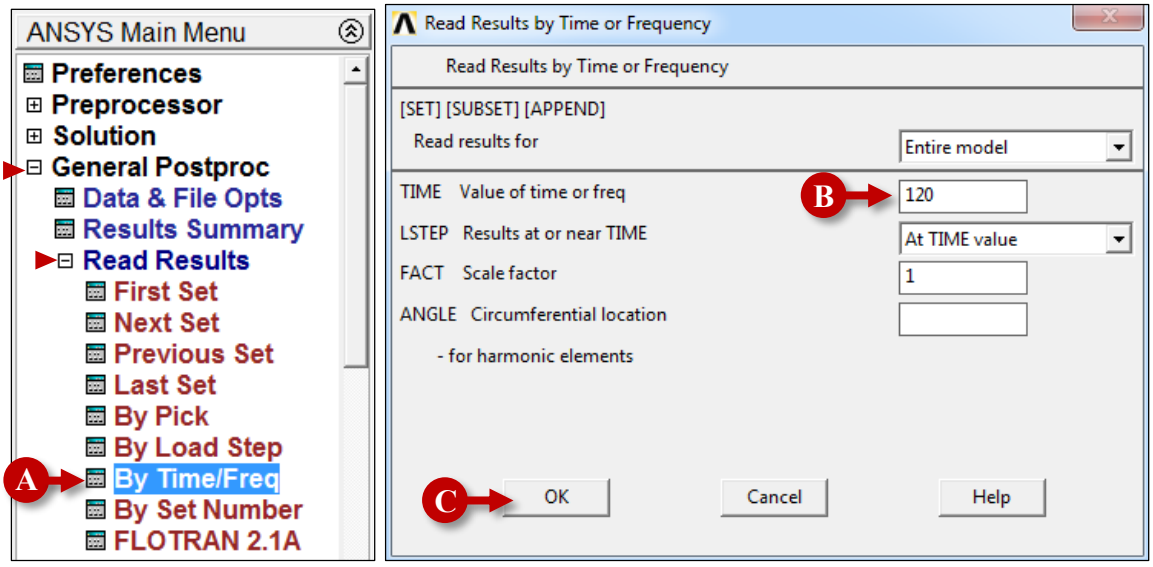
>OK

14-2. Select> Entities…>

Elements> By Elem Name> Element Name = **174** > **From Full** > Apply> Plot> OK

14-3. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>

Contact> Contact Pressure> OK

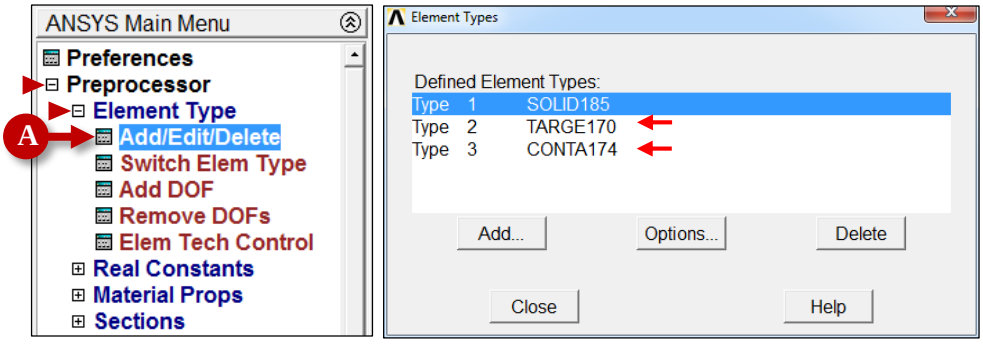


الشكل (4-289): تحديد الزمن

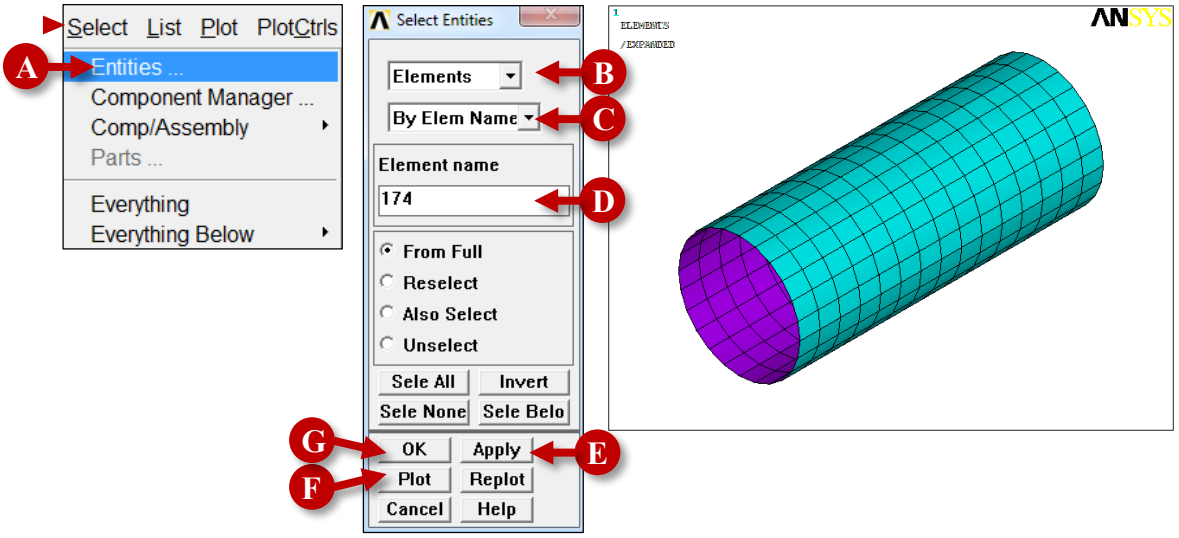
- **ملاحظة (4):**

يشير الرقم (174) إلى عنصر التماس (Conta174)، حيث يتشكل كل من العنصرين (Conta174) و (Targe170) بشكل تلقائي بعد تعريف سطحي التماس (Contact Pair) ، ويمكن التأكد من وجودهما من خلال المسار التالي والموضح في الشكل (4-290).

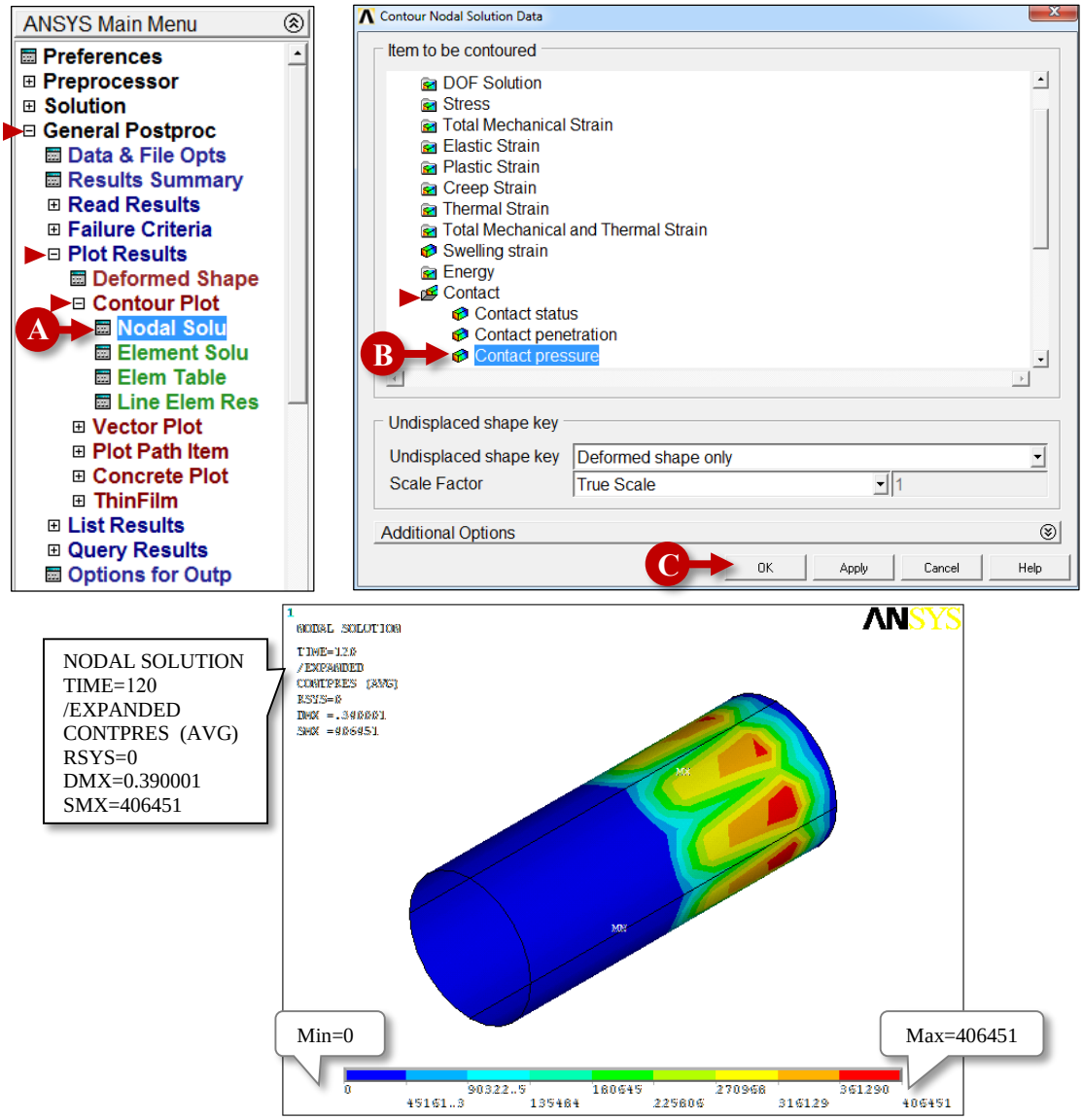
- **Preprocessor>Element type> Add/Edit/Delete**



الشكل (4-290): التأكد من تشكل عنصري سطح التماس (Targe170) و (Conta174)



الشكل (4-291): تحديد عنصر سطح التماس (Conta174)



الشكل (4-292): معاينة إجهادات الضغط الناتجة عن التماس أثناء السحب

15- معاينة مخطط إجهادات (Von Mises) في نهاية المرحلة الثانية:

يتم معاينة مخطط إجهادات (Von Mises) في نهاية المرحلة الثانية من التحليل من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-293) و(4-294):

15-1. Select> Everything>

2. Plot>Elements

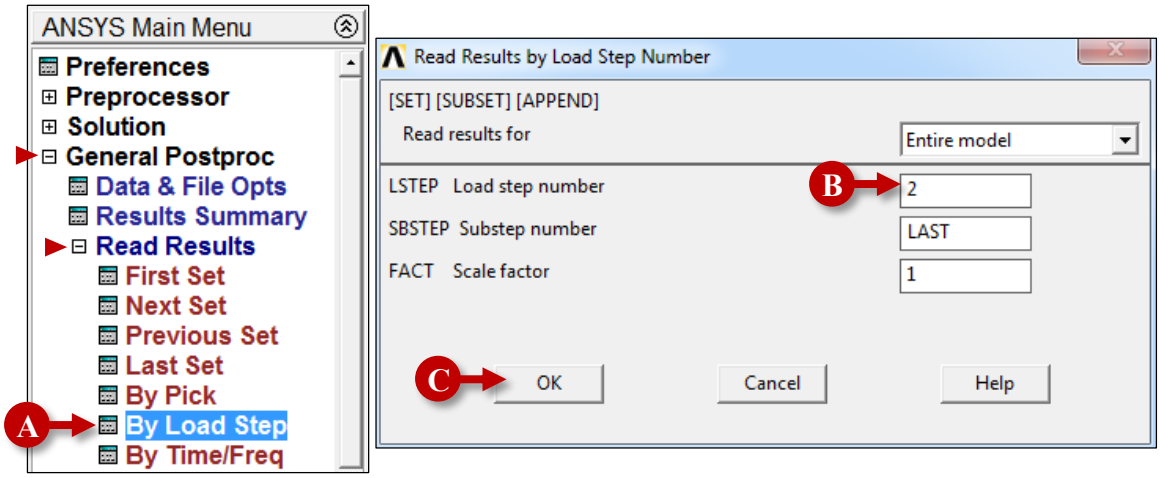
3. General Postproc> Read Results> By Load Step>

Load step number = **2** (تحديد مرحلة التحميل الثانية)

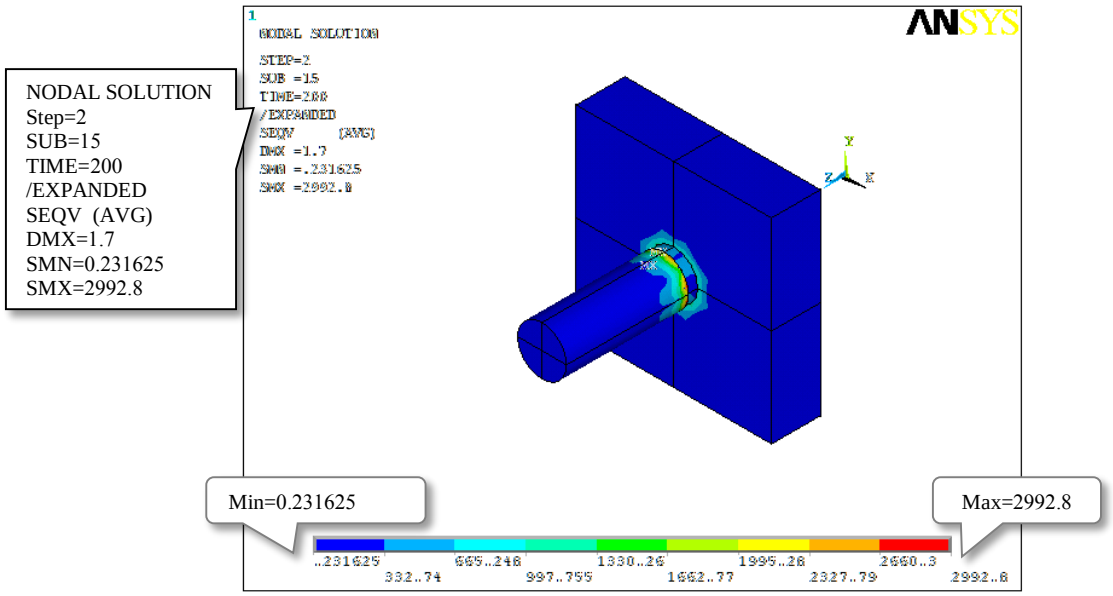
>OK

4. General Postproc> Plot Results> Contour Plot> Nodal Solu>

> Stress> Von Mises Stress > OK



الشكل (4-293): تحديد المرحلة الثانية



الشكل (4-294): معاينة مخطط إجهادات (Von Mises) في نهاية المرحلة الثانية

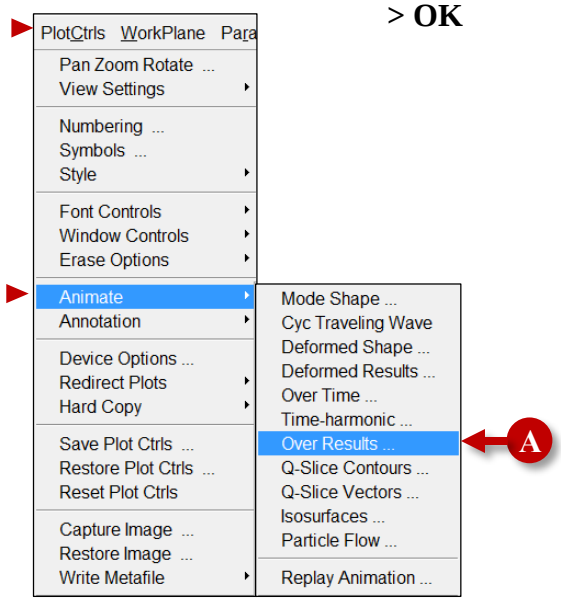
- **ملاحظة (5):** نلاحظ من الشكل (4-294) وجود إجهادات متبقية في نهاية الوتد.

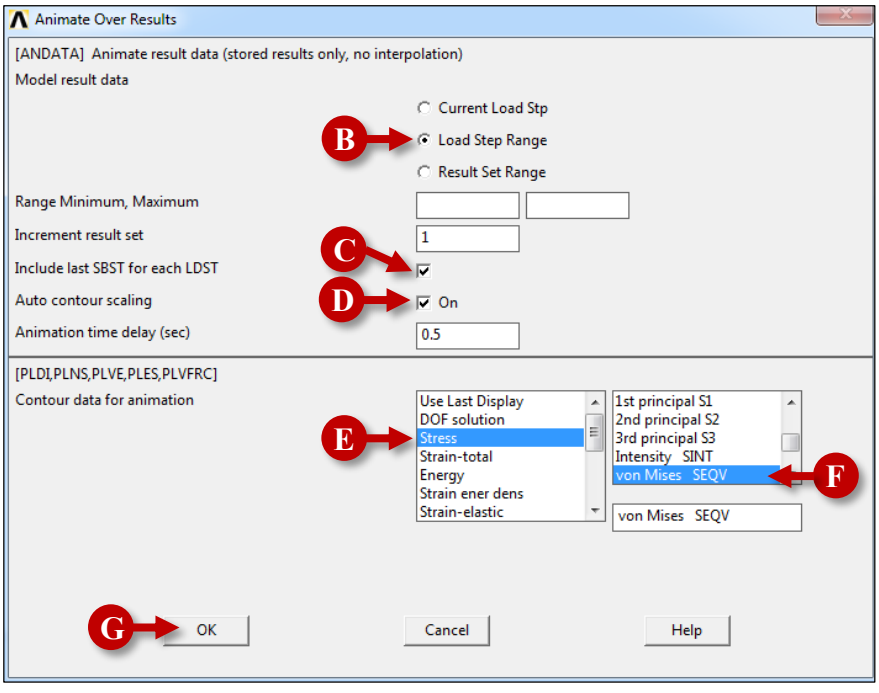
16- معاينة مخطط تغير إجهادات (Von Mises) بشكل فيديو (Animate):

يمكن معاينة مخطط تغير إجهادات (Von Mises) بشكل فيديو (Animate) من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-295) و(4-296)، مع اختيار الخيار (over Results) حيث لا يأخذ الإجهادات المتبقية:

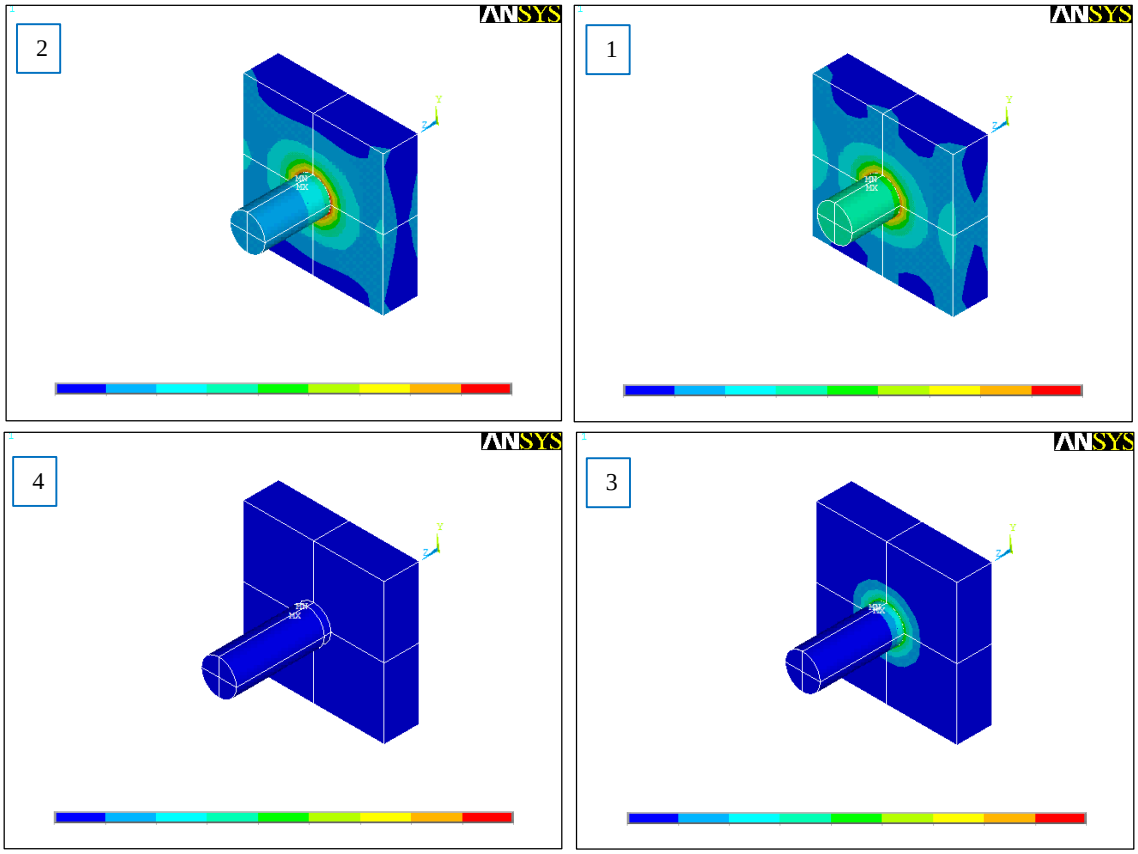
16- Plot Ctrls> Animate> Over Results

Model result data = **Load Step Range**
Include last SBST for each LDST=**(Check)**
Auto contour scaling = **On**
Contour data for animation = **Stress- von Mises SEQV**
> OK





الشكل (4-295): إعداد خصائص المعاينة بشكل (Animate)

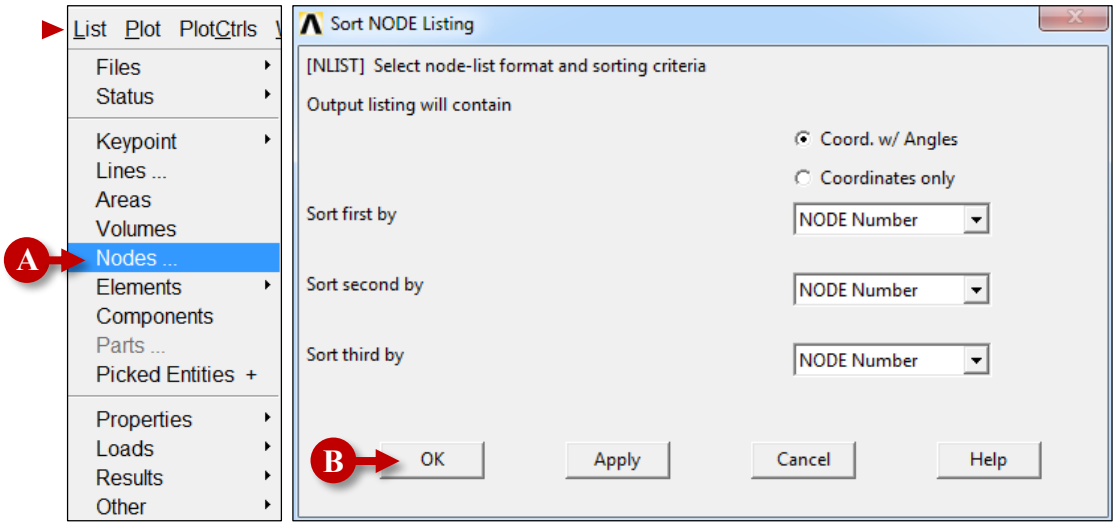


الشكل (4-296): معاينة مخطط تغير إجهادات (Von Mises) بشكل فيديو (Animate)

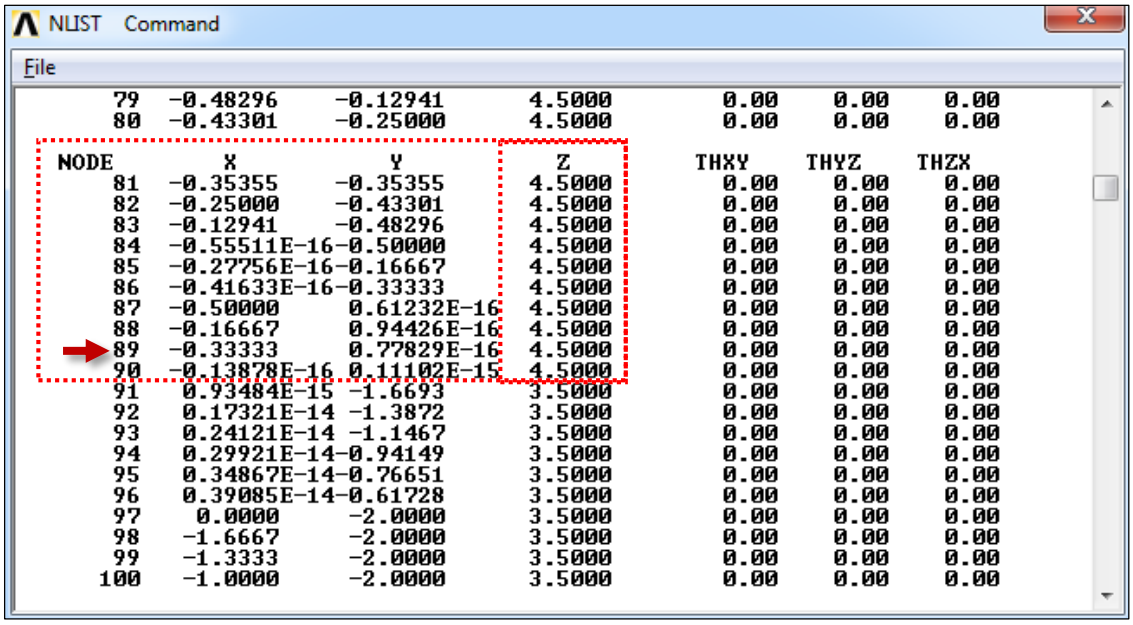
17- الحصول على قوى ردود الأفعال في إحدى عقد الوتد خلال المرحلة الثانية:

يتم أولاً تحديد بعض أرقام العقد وفقاً لإحداثياتها على المحور (Z) بحيث تقع على بعد (4.5) كما هو موضح في الشكل (4-297) وذلك باتباع المسار التالي:

17-1. List> Nodes> OK> (الحصول على رقم عقدة بحيث تكون احداثياتها على المحور Z تساوي 4.5)



الشكل (4-297-a): معاينة أرقام العقد وإحداثياتها



NODE	X	Y	Z	THXY	THYZ	THZX
79	-0.48296	-0.12941	4.5000	0.00	0.00	0.00
80	-0.43301	-0.25000	4.5000	0.00	0.00	0.00
81	-0.35355	-0.35355	4.5000	0.00	0.00	0.00
82	-0.25000	-0.43301	4.5000	0.00	0.00	0.00
83	-0.12941	-0.48296	4.5000	0.00	0.00	0.00
84	-0.55511E-16	-0.50000	4.5000	0.00	0.00	0.00
85	-0.27756E-16	-0.16667	4.5000	0.00	0.00	0.00
86	-0.41633E-16	-0.33333	4.5000	0.00	0.00	0.00
87	-0.50000	0.61232E-16	4.5000	0.00	0.00	0.00
88	-0.16667	0.94426E-16	4.5000	0.00	0.00	0.00
89	-0.33333	0.77829E-16	4.5000	0.00	0.00	0.00
90	-0.13878E-16	0.11102E-15	4.5000	0.00	0.00	0.00
91	0.93484E-15	-1.6693	3.5000	0.00	0.00	0.00
92	0.17321E-14	-1.3872	3.5000	0.00	0.00	0.00
93	0.24121E-14	-1.1467	3.5000	0.00	0.00	0.00
94	0.29921E-14	-0.94149	3.5000	0.00	0.00	0.00
95	0.34867E-14	-0.76651	3.5000	0.00	0.00	0.00
96	0.39085E-14	-0.61728	3.5000	0.00	0.00	0.00
97	0.0000	-2.0000	3.5000	0.00	0.00	0.00
98	-1.6667	-2.0000	3.5000	0.00	0.00	0.00
99	-1.3333	-2.0000	3.5000	0.00	0.00	0.00
100	-1.0000	-2.0000	3.5000	0.00	0.00	0.00

الشكل (4-297-b): معاينة أرقام العقد وإحداثياتها، بهدف تحديد رقم عقدة تكون احداثياتها على المحور (Z) تساوي (4.5)

ثم يتم إظهار النموذج بشـــكل حجمي ومعاينة تغير ردود الأفعال في إحدى عقد الوتد من خلال المسار التالي والموضح في الشكلين (4-298) و(4-299):

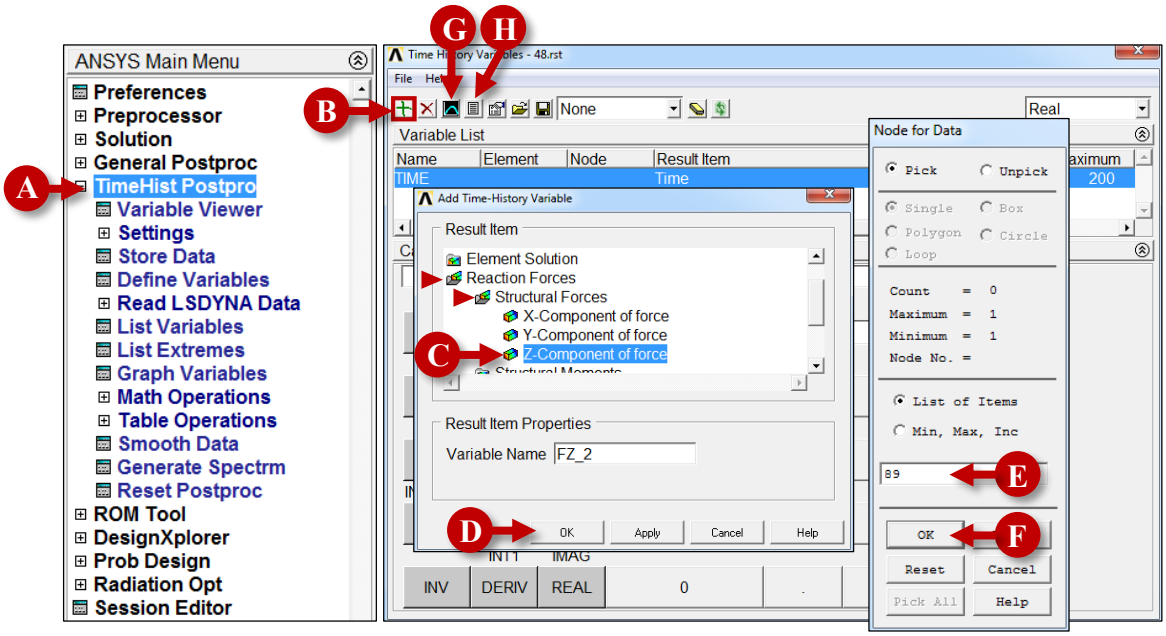
2. **Plot> Volumes**
3. **TimeHist Postpor>**

Add > Reaction Forces> Structural Forces> Z-Component Force>OK

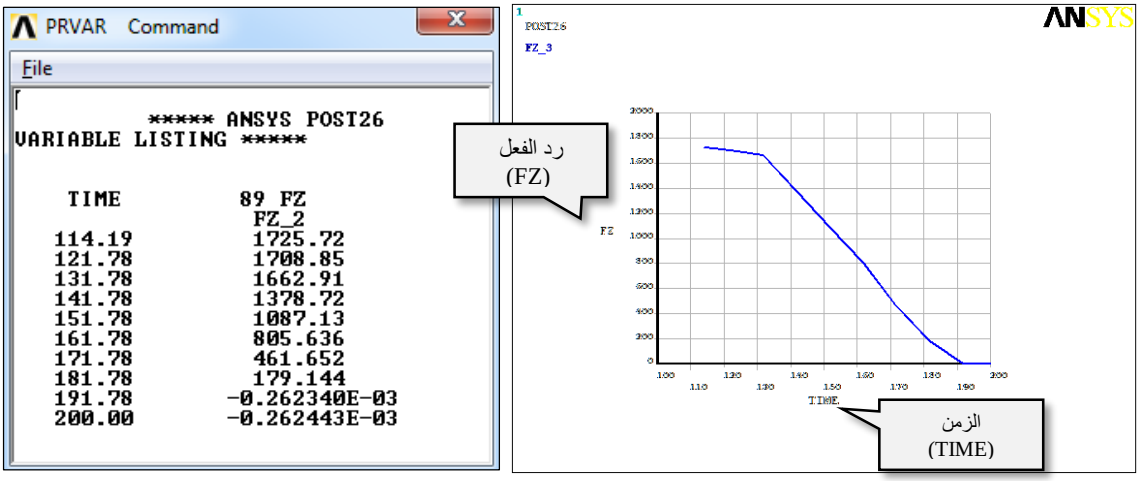
> (يتم اختيار عقدة تقع السطح الأمامي للوتد بحيث تكون إحداثياتها 4.5 ولتكن العقدة ذات الرقم 89) > > Next> OK

>Graph Data (معاينة البيانات من خلال مخطط)

>List Data (معاينة البيانات الرقمية)



الشكل (4-298): تحديد رد الفعل (FZ)



الشكل (4-299): معاينة تغير رد الفعل (FZ) في العقدة ذات الرقم (89) مع الزمن تخطيطياً و رقمياً

نلاحظ بأن قوة رد الفعل (Fz) تكون كبيرة في بداية إنتقال الوتد، وتتناقص مع زيادة الإنتقال (بسبب تحطم الروابط بين سطحي التماس) إلى أن تصبح معدومة تقريباً عند إنفصال الوتد عن المكعب.

نهاية المثال الثامن

مراجع ذات صلة

REFERENCES

[1] م. سامر عقيل ، 2009 – تعلم برنامج Ansys.

[2] د.م. محمد خرمندة ، 2011 – التصميم بمساعدة الحاسوب، منشورات جامعة حلب.

[3] ERDOGAN MADENCI; IBRAHIM GUVEN, 2006- The Finite Element Method and Applications in Engineering Using Ansys. *University of Arizona*.

[4] ANSYS Tutorials. 2001- *University of Alberta*

[5] ANSYS Tutorials, Release 14- Documentation for ANSYS.

[6] www.youtube.com

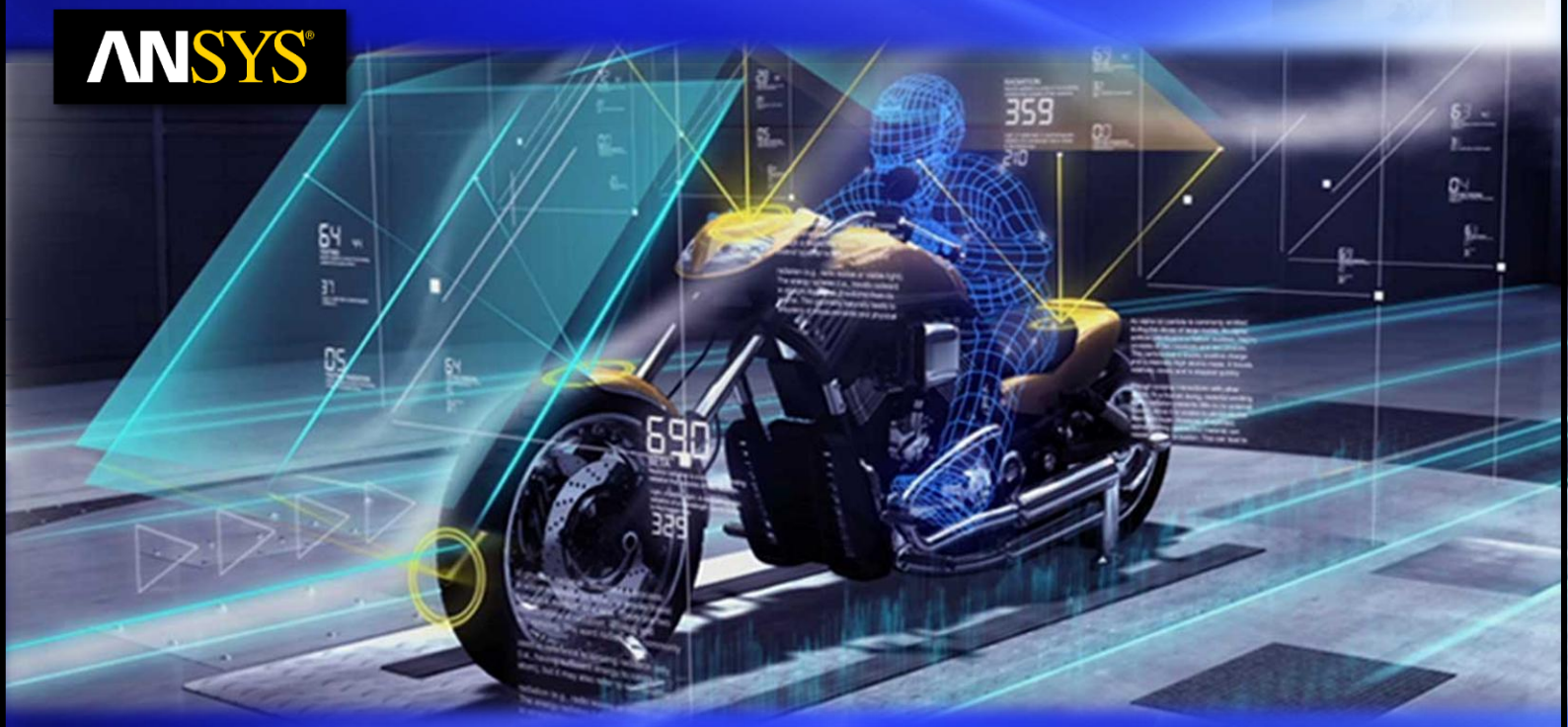
[7] MADENCI E; GUVEN I, 2006-The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS-XVI, 686, P463.

م. معتز حسين

- باحث دكتوراه في الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب.
- حاصل على شهادة الماجستير في الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب –عام 2015.
- معيد في قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب – منذ عام 2008.
- الخريج الأول في قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب – دفعة عام 2007.
- حاصل على شهادة البكالوريوس في الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية - جامعة حلب – عام 2007

د.م. محمد صفو

- أستاذ ميكانيك الإنشاءات بقسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة حلب.
- حاصل على شهادة الدكتوراه في الهندسة المدنية باختصاص (ميكانيك الانشاءات- بيتون مسبق الاجهاد)
  DOCTORAT-INSA - TOULOUSE – FRANCE - 1987
- حاصل على شهادة دبلوم الدراسات المعمقة
  DEA-INSA - TOULOUSE – FRANCE - 1984
- حاصل على شهادة البكالوريوس في الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية - جامعة حلب – عام 1976



E-mail: motazmotaz6@hotmail.com
E-mail: seffo1@yahoo.com