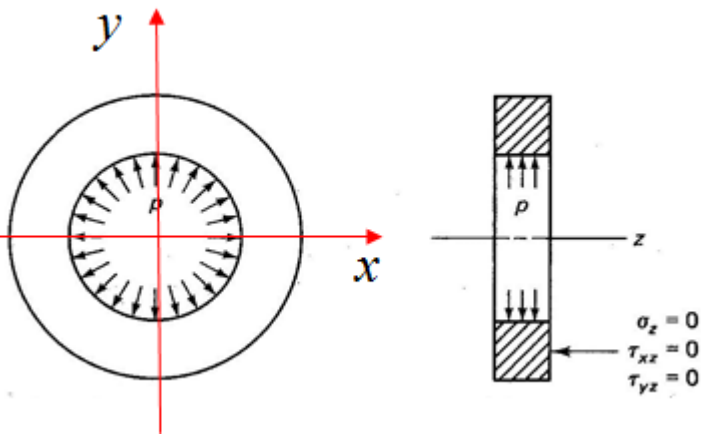


Analysis of 2D Structural Solids

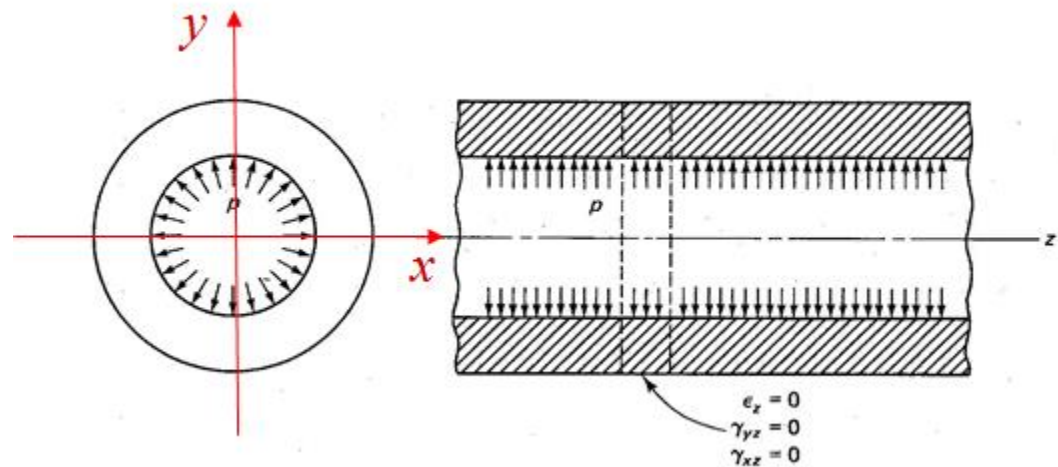
A thin planar body



plane stress

$$\sigma_{zz} = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$$

A long body of uniform cross section

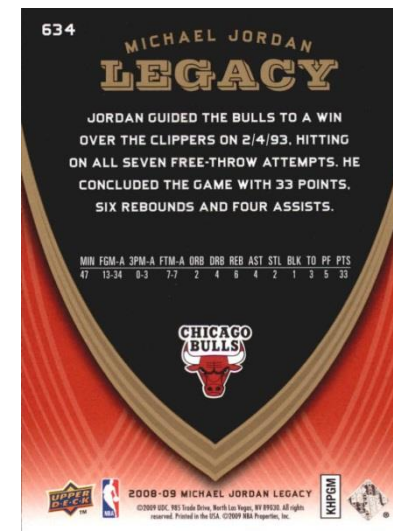
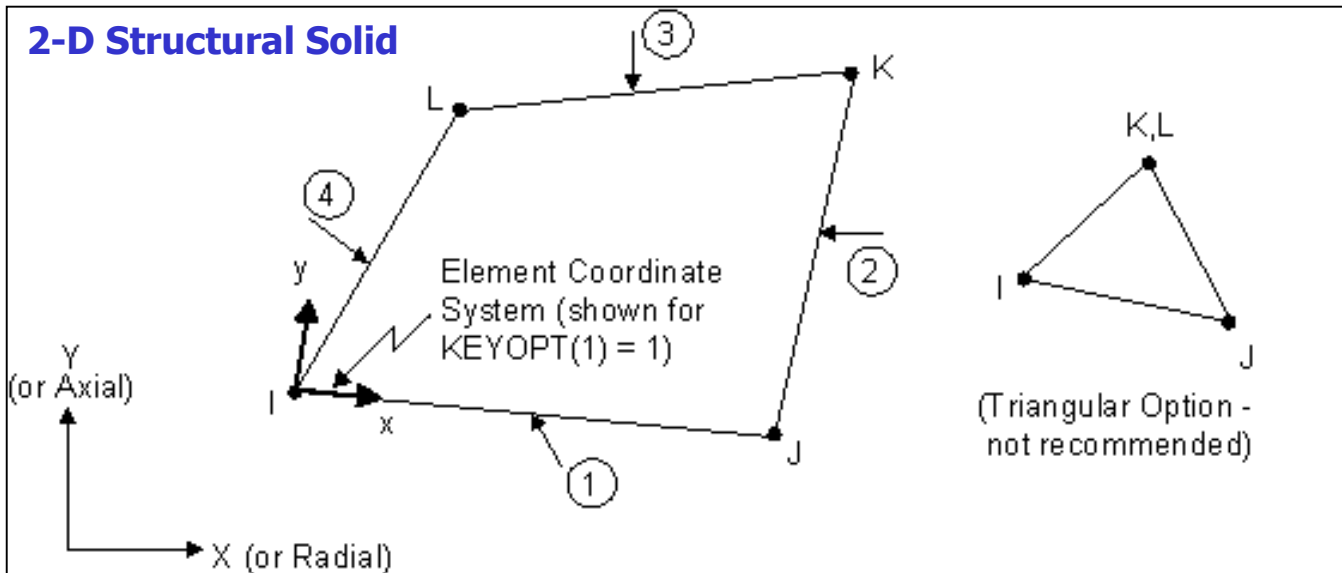


plane strain

$$\epsilon_{zz} = \gamma_{xz} = \gamma_{yz} = 0$$

PLANE42 元素描述

Legacy element





PLANE42 輸入資料

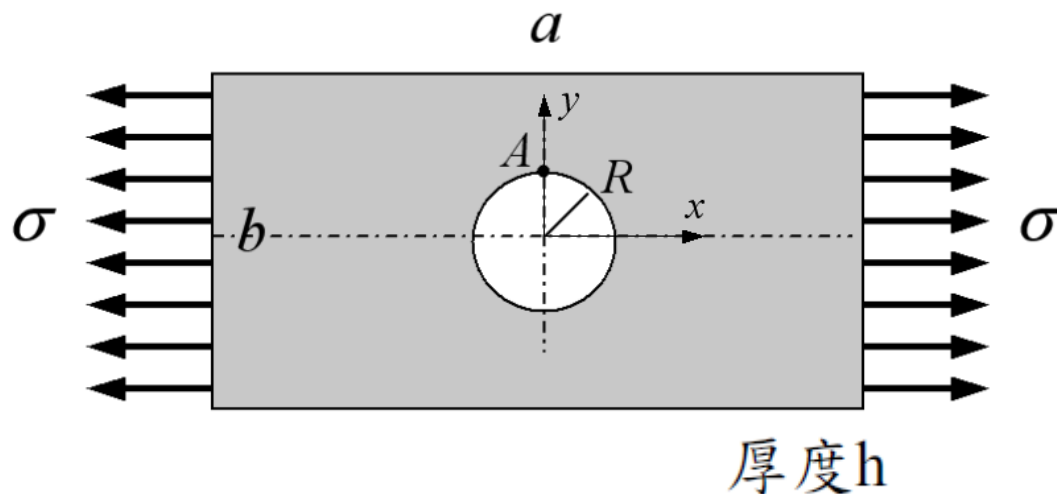
Element Name	PLANE42
Nodes	I, J, K, L
Degrees of Freedom	UX, UY
Real Constant	None, if KEYOPT (3) = 0, 1, 2 Thickness, if KEYOPT (3) = 3
Material Properties	EX, NUXY, GXY, ALPX, DENS, DAMP, etc.
Surface Loads	Pressure: face 1 (J-I), face 2 (K-J), face 3 (L-K), face 4 (I-L)
Body Loads	Temperature -- T(I), T(J), T(K), T(L)
Special Features	Plasticity, Creep, Stress stiffening, Large deflection, Large strain, etc.
KEYOPT(1)	Key for element coordinate system: 0 -- Element C.S. is parallel to the global C.S. 1 -- Element C.S. is based on the element I-J side
KEYOPT(2)	Key to include extra shapes: 0 -- Include extra displacement shapes 1 -- Suppress extra displacement shapes
KEYOPT(3)	0 -- Plane stress 1 -- Axisymmetric 2 -- Plane strain 3 -- Plane stress with thickness input

含圓孔平板應力分析

❖ ANSYS範例5-4：平面應力元素分析

❖ 圖5.19為一含圓孔的平板，長寬為 **$a=300\text{mm}$** 和 **$b=100\text{mm}$** ，厚度 **$h=2\text{mm}$** ，圓孔半徑 **$R=20\text{mm}$** ，其楊氏模數 **$E=210\text{GPa}$** ，普松比 **$\nu=0.3$** ，受拉應力 **$\sigma=2\text{MPa}$** 作用，試求**A**點的應力。分析單位系統採用：**mm、N、MPa**。

❖ 本例使用**PLANE42**二維平面元素來模擬



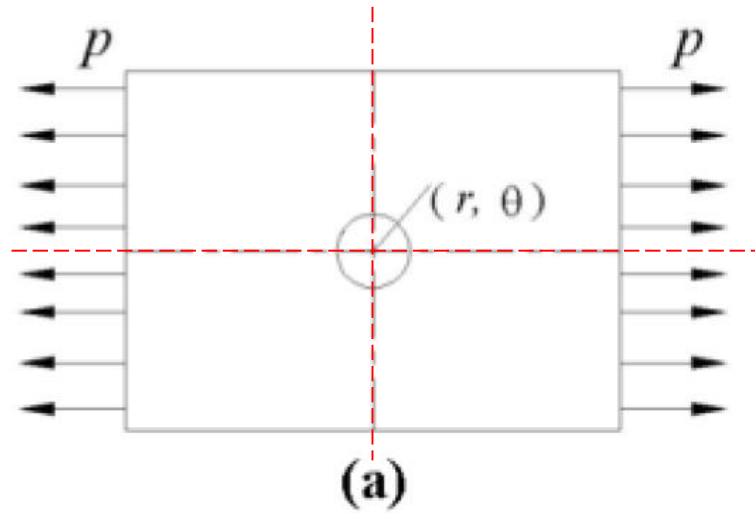
$$\sigma = \frac{P}{bh}$$

$$h \ll a$$

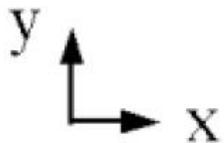
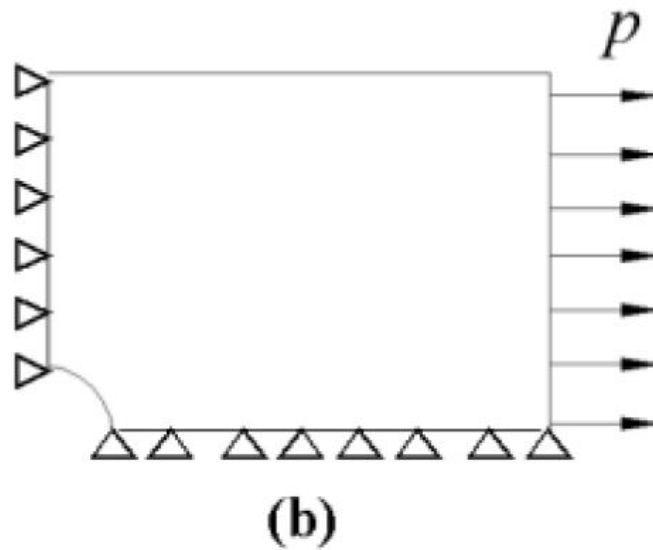
$$h \ll b$$

plane stress

對稱模型



$$\sigma = \frac{P}{bh}$$





○ 指令說明◀◀

CYL4, *XCENTER*, *YCENTER*, *RAD1*, *THETA1*, *RAD2*, *THETA2*, *DEPTH*

此指令可以建立的幾何形狀有幾種：

- | | |
|------------|------------|
| 1. 圓形的面積 | 2. 圓柱體 |
| 3. 圓形中空的面積 | 4. 圓形中空的體積 |
| 5. 扇形的面積 | 6. 扇形的體積 |

XCENTER, *YCENTER*: 中心座標位置，所參考的座標系統是工作平面 (Working Plane 於後說明)。

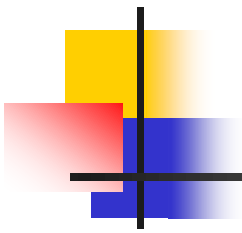
RAD1: 圓的半徑。

THETA1: 畫扇形時的起始的角度。

RAD2: 畫中空圓或扇形時，第二個圓的半徑。

THETA2: 畫扇形時的終止的角度。

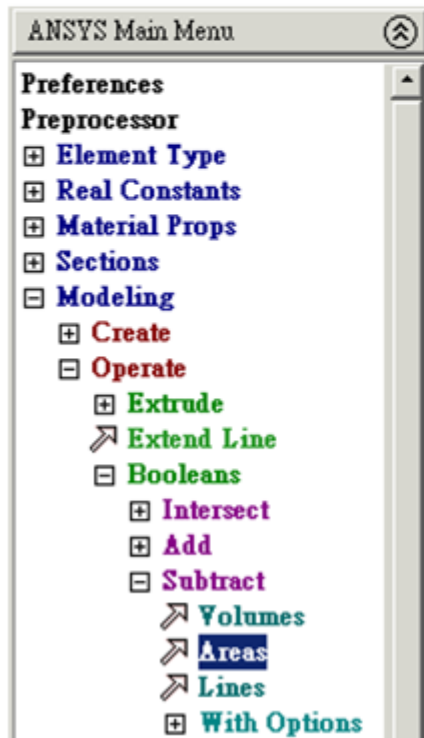
DEPRH: 體積的深度。



Area Subtraction



Main Menu: Preprocessor > Modeling > Operate > Subtract > Areas



○ 指令說明◀◀

ASBA, *NA1*, *NA2*, , *KEEP1*, *KEEP2*

將兩面積。

NA1: 表示第一個面積的標號，*NA* 可為 ALL、P 或 Component。

NA2: 表示第二個面積的標號，ALL 表示除了使用於 *NA1* 的面積外的所有面積，亦可使用 Component。

KEEP1: 表示是否保留原始面積 1。

KEEP2: 表示是否保留原始面積 2。

另線段相減使用 **LSBL**，體積相減使用 **VSBV**。



○ 指令說明◀◀

ASEL, *Type*, *Item*, *Comp*, *VMIN*, *VMAX*, *VINC*, *KSWP*

面積的選擇指令。

Type：選取的邏輯，S 表示 From Full，R 表示 Reselect，A 表示 Also Select，U 表示 Unselect，ALL 表示 Select All，NONE 表示 Select None，INVE 表示 Invert，預設為 S。

Item：選取的方式，AREA 代表以輸入編號的方式選取，EXT 表示選取體積的表面積，其餘參數省略，MAT、TYPE、REAL、ESYS 均為使用元素屬性編號來選取，LOC 則表示使用座標位置選取，預設為 AREA，為 P 時其餘參數省略。

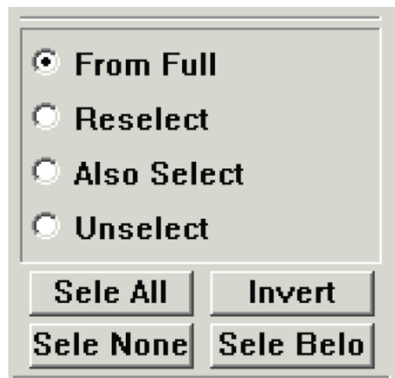
Comp：當 *Item*=LOC 時，可為 X、Y、Z，用來指定使用的軸，其餘此參數皆省略。

VMIN, *VMAX*, *VINC*：根據 *Item*，輸入編號或座標位置。*VMIN* 可為 Component 名稱。

KSWP：設定使否亦選取面積層級以下的物件、節點及元素，1 為是 0 為否，預設為 0。

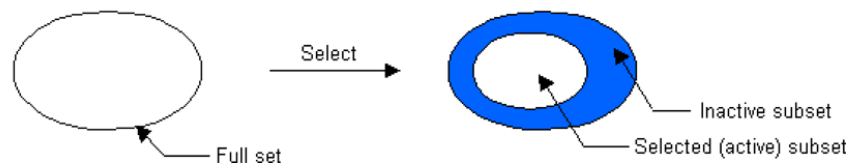
物件選擇指令的使用方式及參數都是相同的，其他指令為 **VSEL**、**LSEL**、**KSEL**、**NSEL** 及 **ESEL**。

select 的邏輯選項



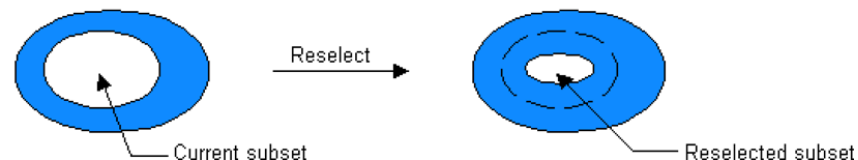
- From Full :

從全部的物件裡去選取物件。



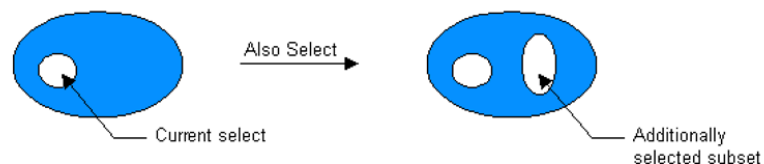
- Reselect :

從上一次選好的子集合(Subset)物件中再選取物件。



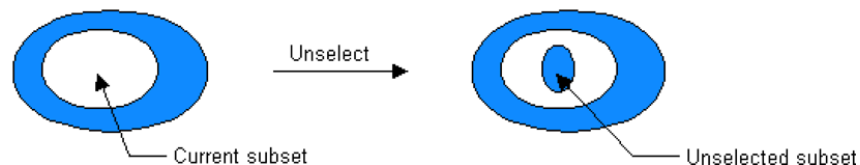
- Also Select :

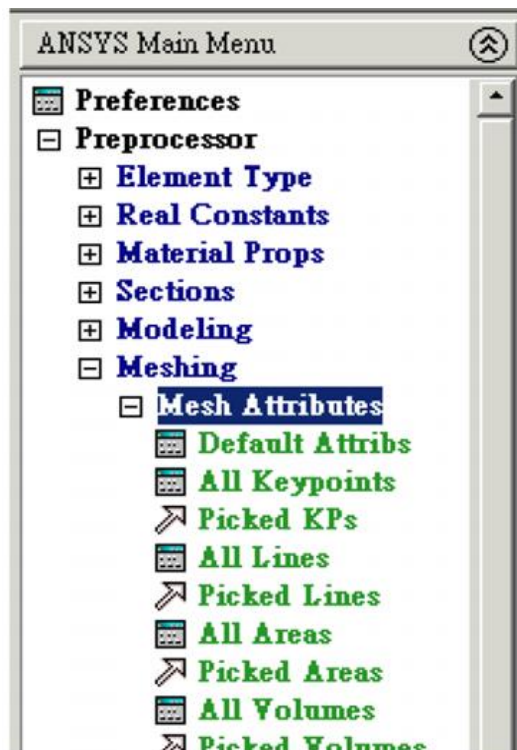
包含上一次選好的子集合(Subset)物件，再從全部物件裡再選取其他物件。



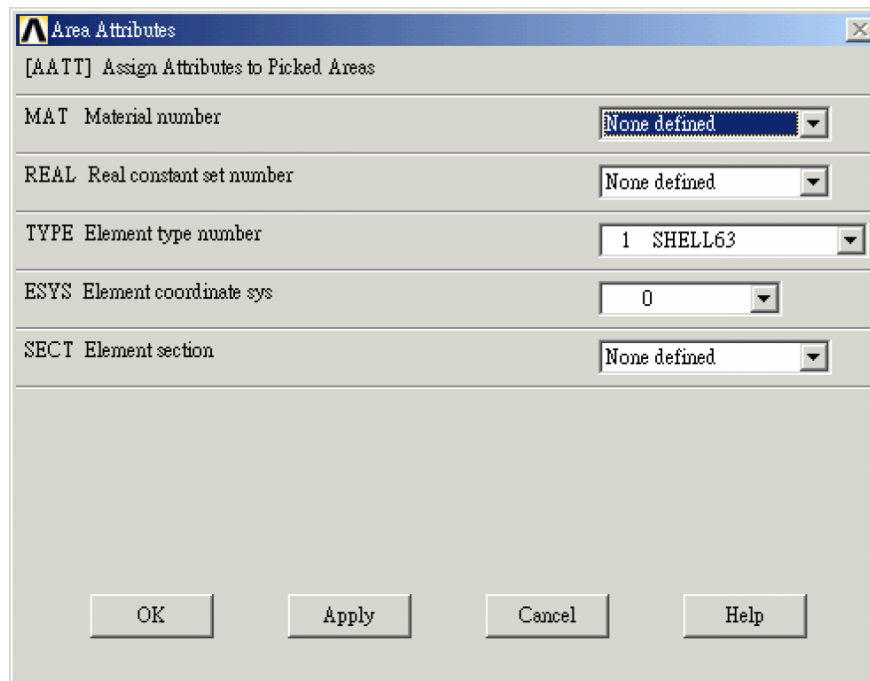
- Unselect :

將所選取的物件視為不選擇的物件。





元素屬性設定選單



○ 指令說明

AATT, **MAT**, **REAL**, **TYPE**, **ESYS**

指定元素屬性至面積。

MAT：材料性質編號。

REAL：元素的特性參數編號。

TYPE：元素種類編號。

ESYS：元素座標系統，預設為卡式座標系統，不用設定。

相關指令還有 **KATT**, **LATT**, **VATT**。

○ 指令說明 <<

LESIZE, *NL1*, *SIZE*, *ANGSIZ*, *NDIV*, *SPACE*, , , , *KYNDIV*

於線段上設定元素大小。

NL1：線段的編號，可為 ALL、P 或 Component 名稱。

SIZE：元素大小。

ANGSIZ：角度的大小。弧線時可以角度大小指定分割的數量。

NDIV：線段分割數量。

SPACE：分割的方式。

KYNDIV：是否允許設定被更動，0 或 No 表示不行，1 或 Yes 表示可以。

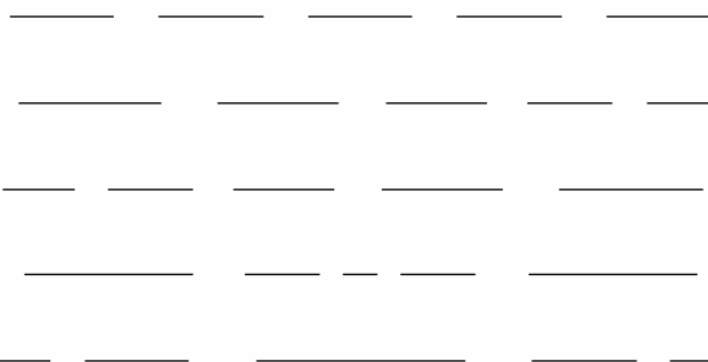
不指定 Space(預設)

0<Space<1

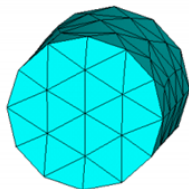
Space>1

-1<Space<0

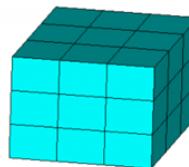
-1<Space



Volume free mesh



Volume mapped mesh



Free Mesh 和 Mapped Mesh 比較表

Free Mesh	Mapped Mesh
<ol style="list-style-type: none">面積的網格使用三邊形元素或三邊形與四邊形元素聯用。體積的網格，只能使用四面體元素。可快速的產生有限元素模型，可處理複雜的實體模型。元素及節點的數量都會很多。體積的網格，只能使用 higher-order(10 個節點)的元素，因此 DOF 的總數會變大，計算時間會拉長。可使用一些局部網格加密的工具，如 Refine。	<ol style="list-style-type: none">面積的網格使用四邊形元素。體積的網格使用的是六面體元素。需要的元素和節點較少。允許使用 Lower-order 的元素，所以 DOF 的總數較少。實體模型的形狀必須符合某些限制，且分割的設定也有限定。當實體模型較複雜時，需分割模型，有時會很難處理。無法使用 Refine 的功能於體積的網格。

○ 指令說明

MSHKEY, KEY

設定使用 Free Mesh 或是 Mapped Mesh。

KEY: 0 表示使用 Free Mesh, 1 表示使用 Mapped Mesh, 2 表示當無法使用 Mapped Mesh 時，就使用 Free Mesh，不過設定此選項時，Smart Size，就會設為 Off。預設為 0，ANSYS 會根據使用的元素種類產生適當的網格。

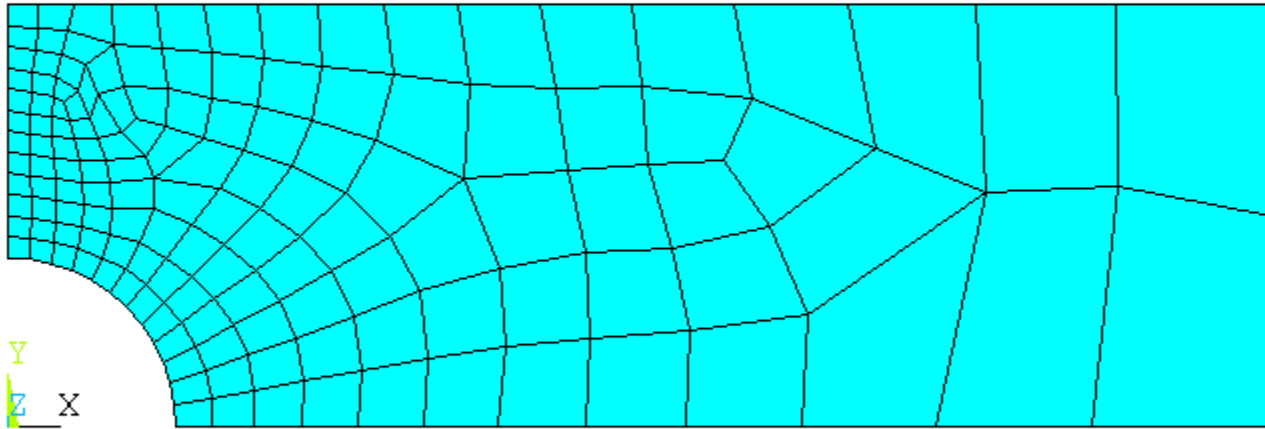
使用者也可以強迫控制 ANSYS 所產生的元素形狀，比如說將四邊形元素強迫退化成三角形，或是將六面體元素退化為四面體，元素是否可以退化使用，可看元素的 On-line Help，在一般情況下並不建議如此使用，因為這樣會造成元素的多個端點集中於同一個節點，容易有問題發生。

ANSYS 有限元素模型

1

ELEMENTS

ANSYS 7.0



ex5-4a. Plate with a hole

○ 指令說明◀◀

PLNSOL, *Item*, *Comp*, *KUND*

圖示連續的分析結果資料。

Item：所欲圖示的資料，見表格 3.4-1。

Comp：資料的次選項，見表格 3.4-1。

KUND：如指令 **PLDISP** 的用法。

表 3.4-1 PLNSOL 可繪出的資料

Item	Comp	說明
U	X,Y,Z, SUM	各方向的位移量和位移向量
ROT	X, Y, Z, SUM	各方向的旋轉位移和旋轉位移向量
S	X, Y, Z, XY, YZ, XZ	各方向的應力或剪應力
S	1, 2, 3	主應力
S	EQV, INT	von Mises 或 Intensity
EPTO	X, Y, Z, XY, YZ, XZ	各方向應變或剪應變
	1, 2, 3	主應變
	EQV, INT	von Mises 或 Intensity
TEMP		溫度

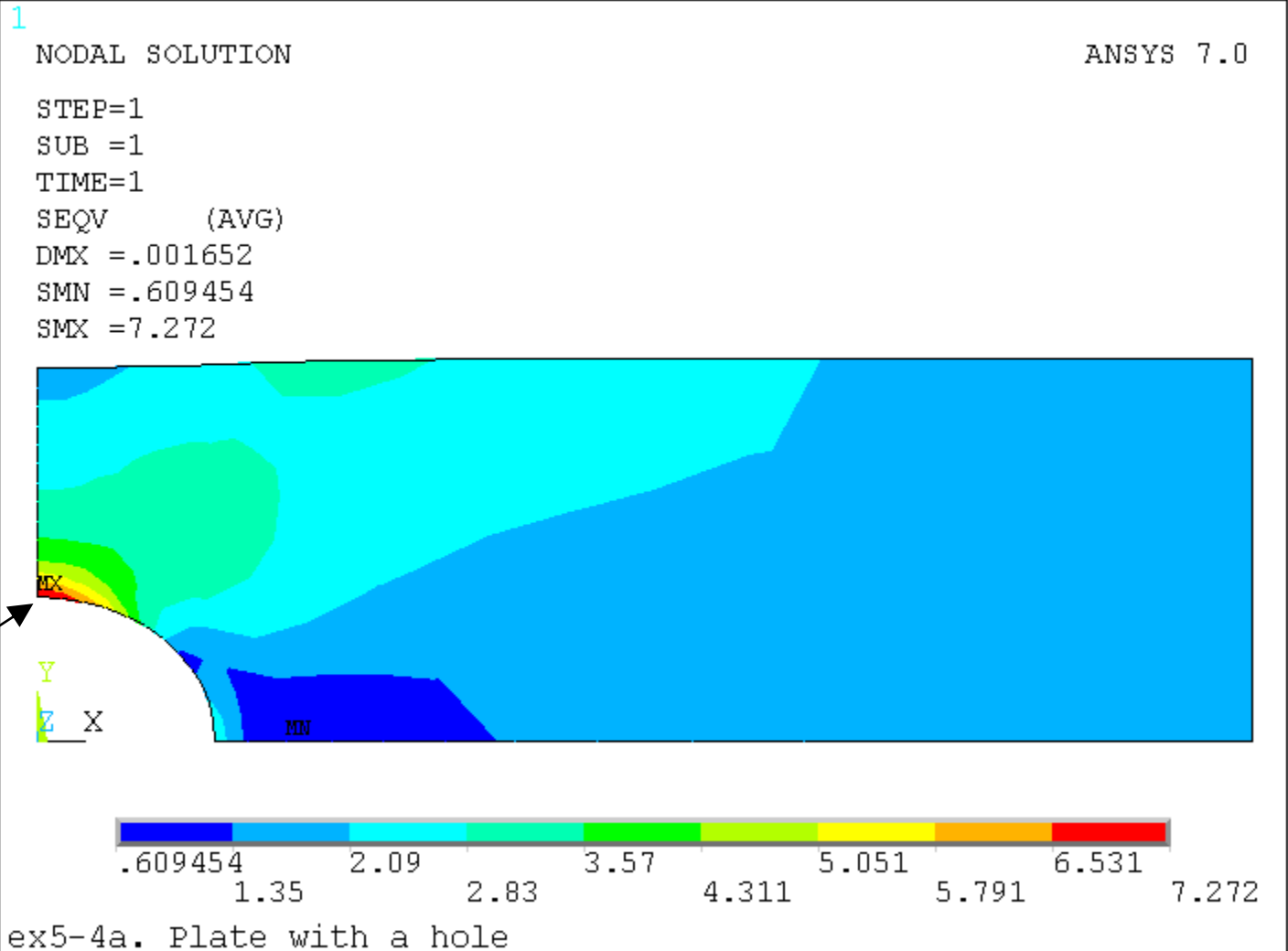
可顯視的資料相當多種，在此僅介紹結構分析中較常用的部分。

PLESOL, *Item*, *Comp*, *KUND*

圖示非連續的分析結果資料。

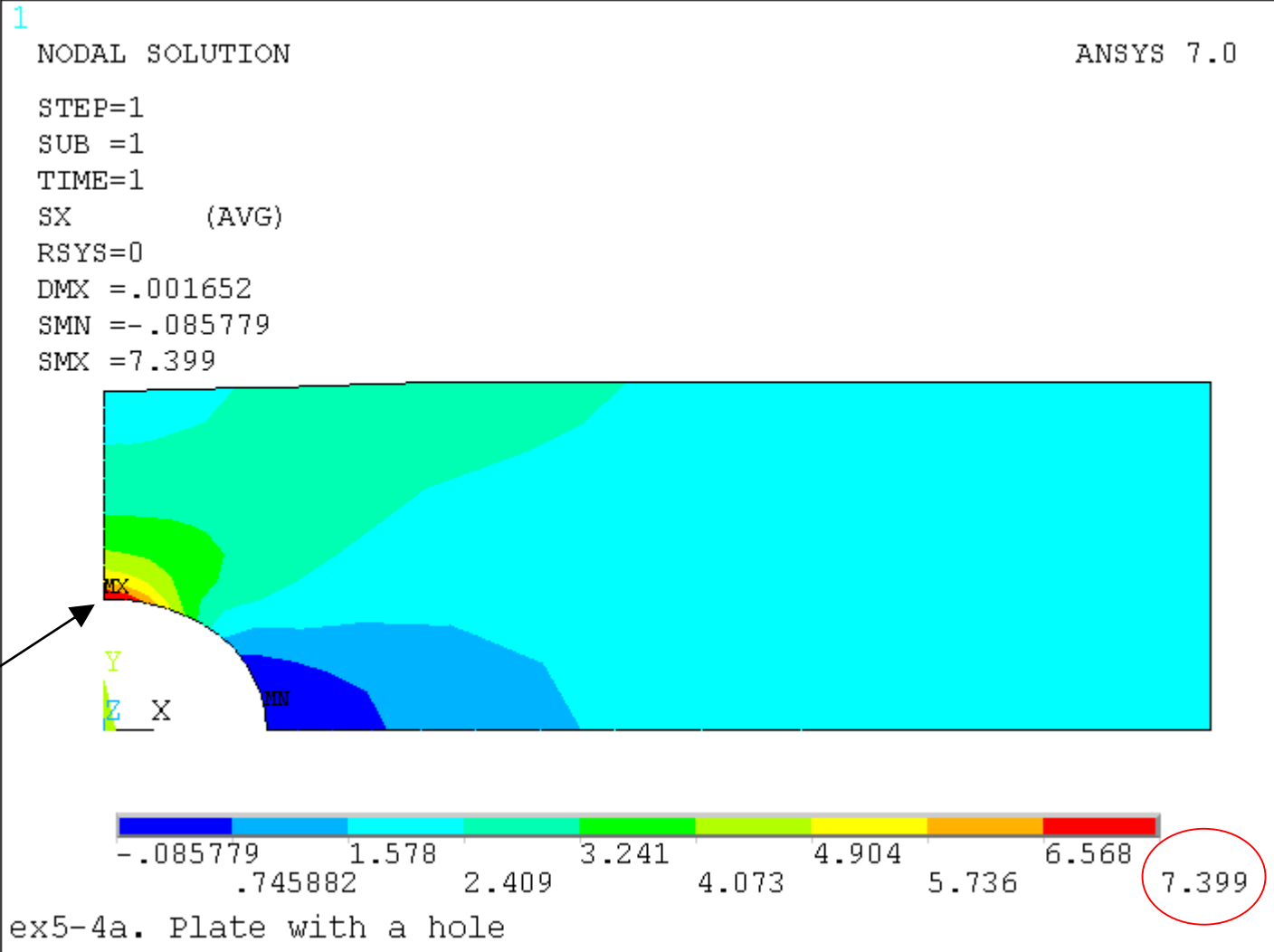
指令的應用方式與 PLNSOL 同。

分析結果之von Mises(SEQV)應力圖



應力集中

應力 σ_x (SX) (MPa)





❖ 如上圖，應力 σ_x 最大值發生於**A**點，為
 $\sigma_x = 7.399 \text{ MPa}$ 。

❖ 根據文獻的表(亦可查閱其他應力分析或機械設計書籍)可查到本例的應力集中因子為 **$K_t = 2.26$** ，依據應力公式(**σ_{\max}** 即為**A**點的 σ_x 應力)：

$$\sigma_{\max} = K_t \sigma_{\text{nom}}$$

$$\sigma_{\text{nom}} = \frac{\sigma h b}{(b - 2R)h} = \frac{\sigma b}{b - 2R}$$

❖ 所以

$$\sigma_{\max} = K_t \frac{\sigma b}{b - 2R} = (2.26) \frac{(2)(100)}{100 - 40} = 7.5333 \text{ MPa}$$

應力集中因子 K_t

$$\sigma_{\max} = K_t \sigma_{\text{nom}} = K_t \left[\frac{P}{(b-2R)h} \right]$$

查表: $d = 2R$, $d/b = 0.4$, $K_t = 2.26$

採自: R.C. Juvinall,
Engineering considerations of stress, strain, and strength,
 McGraw-Hill, 1967.
 R.E. Peterson, *Stress concentration design factors*, John
 Wiley & Sons, 1953.

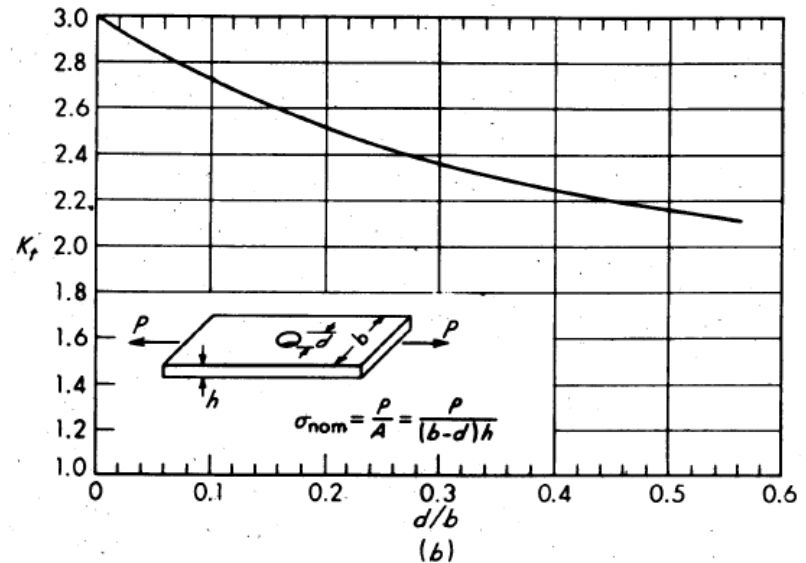
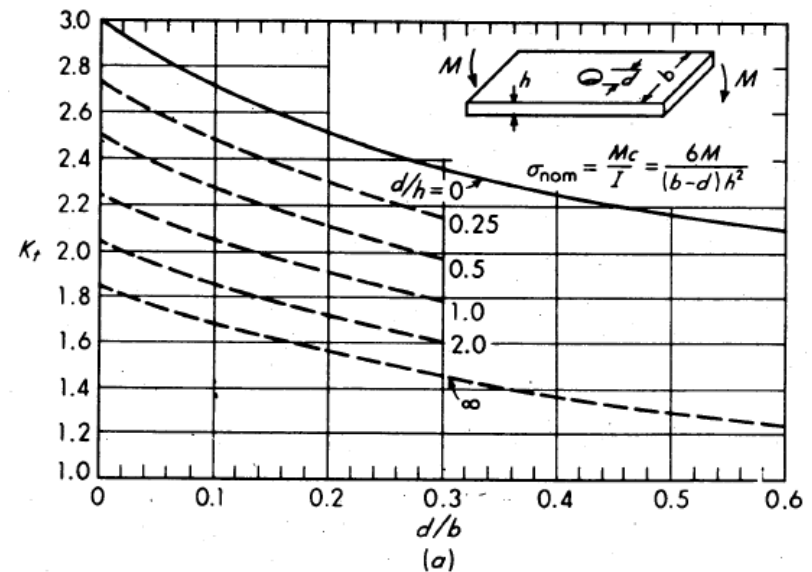


Fig. 13.12 Plate with central hole (a) bending; (b) axial load [11].

應力 σ_y (SY) (MPa)

1

NODAL SOLUTION

ANSYS 7.0

STEP=1

SUB =1

TIME=1

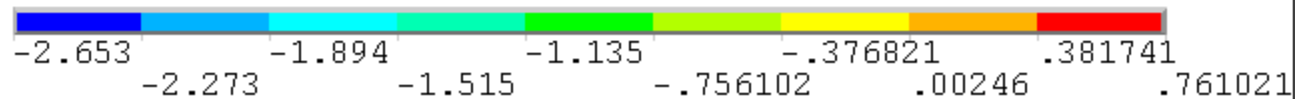
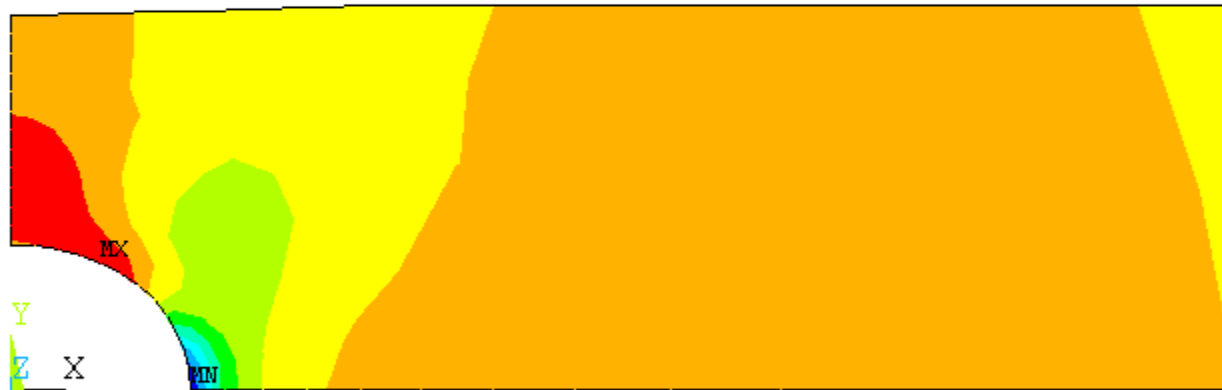
SY (AVG)

RSYS=0

DMX =.001652

SMN =-2.653

SMX =.761021



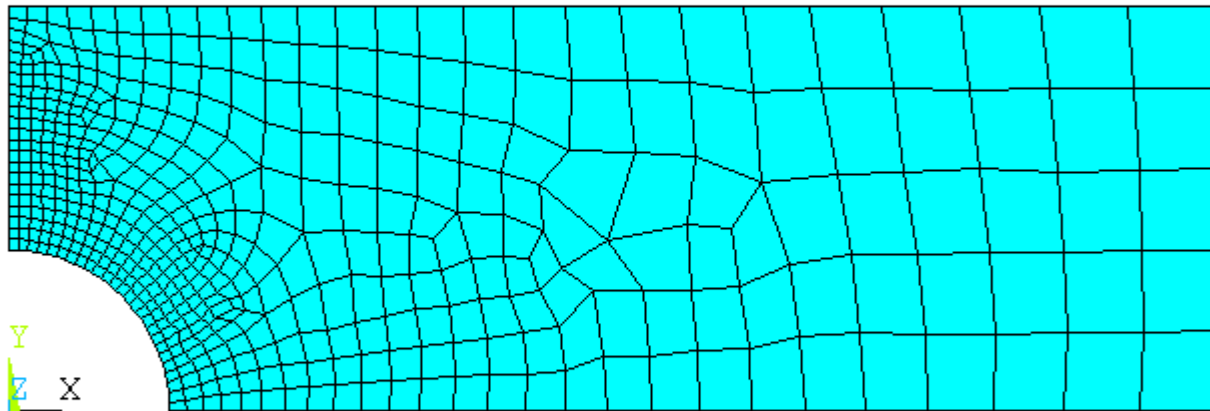
ex5-4a. Plate with a hole

圓孔周圍網格細分的有限元素模型

1

ELEMENTS

ANSYS 7.0



ex5-4b. Plate with a hole (refined mesh)

應力 σ_x (SX) (MPa)

1

NODAL SOLUTION

ANSYS 7.0

STEP=1

SUB =1

TIME=1

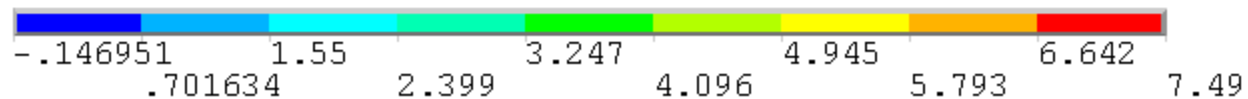
SX (AVG)

RSYS=0

DMX =.001654

SMN =-.146951

SMX =7.49

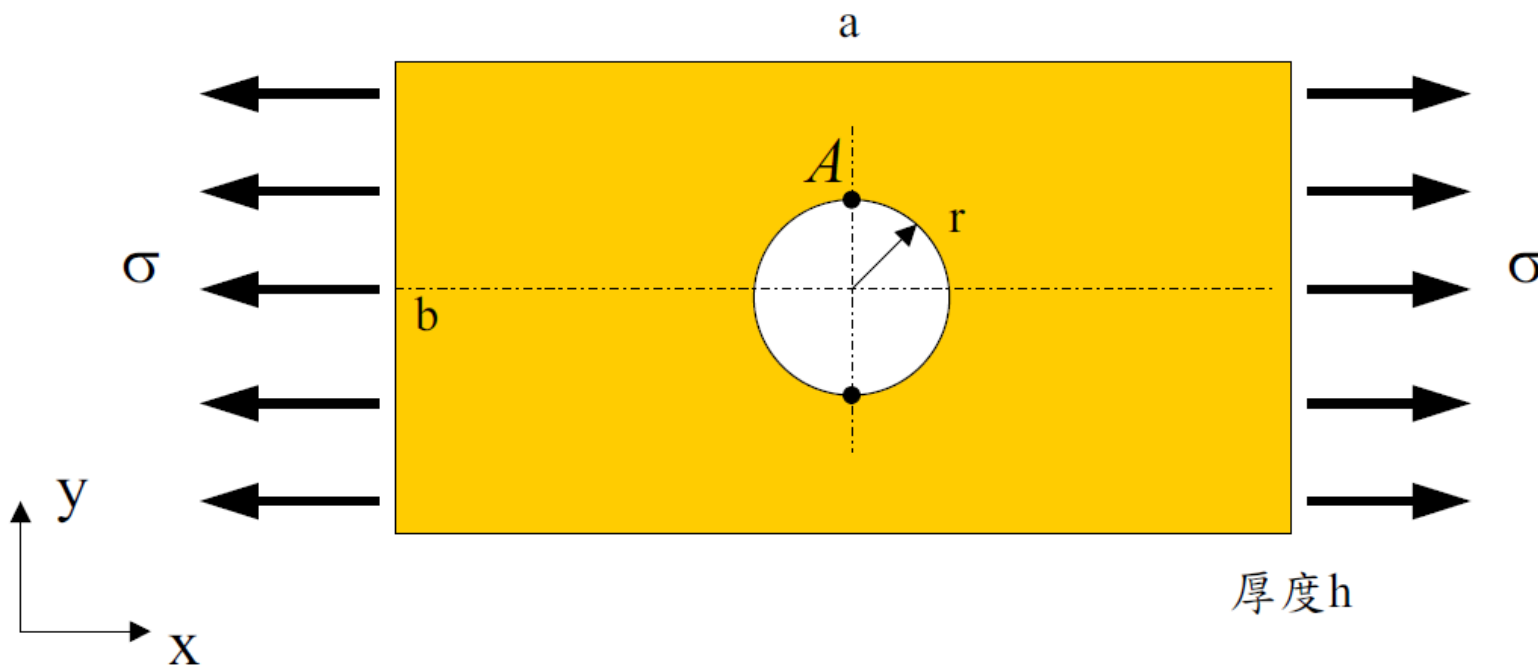


ex5-4b. Plate with a hole (refined mesh)

練習

- 試著自行改變不同尺寸. 利用講義的應力集中因子圖表, 先以手算求出應力值, 再執行ANSYS分析, 比較兩者答案.

含圓孔平板 $b=150\text{ mm}$, $r=12\text{ mm}$, $a=200\text{ mm}$, 厚度 $h=0.3\text{ mm}$,
總力 $P=200\text{ N}$.



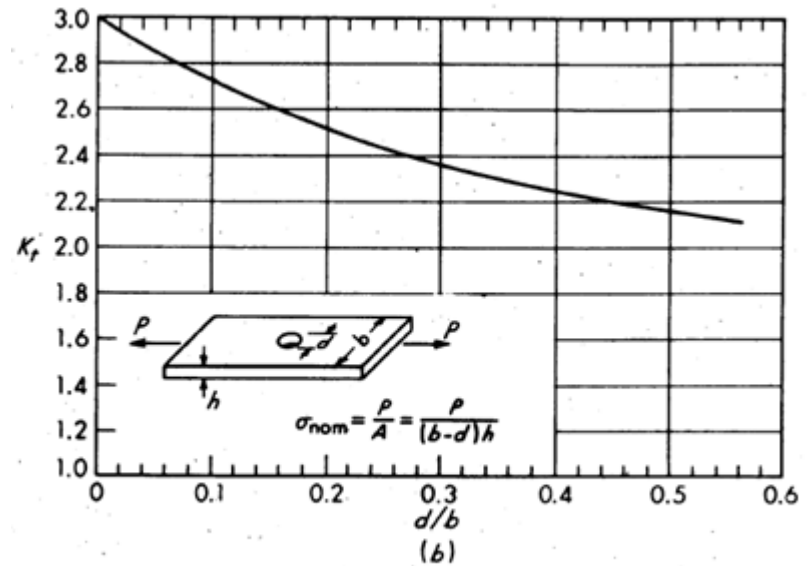


Fig. 13.12 Plate with central hole (a) bending; (b) axial load [11].

查表: $d = 2r$, $d/b = 0.16$, $K_t = 2.6$

$$\sigma = \frac{P}{bh} = \frac{200}{(0.15)(0.0003)} = 4444444.444 \text{ Pa} = 4.444444444 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} = K_t \sigma_{nom} = K_t \frac{\sigma b}{b - 2r} = (2.6) \frac{(4444444.444)(0.15)}{0.15 - 0.024} = 13.7566137 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} = K_t \sigma_{nom} = K_t \frac{\sigma h b}{(b - 2r)h} = K_t \frac{P}{(b - 2r)h} = (2.6) \frac{200}{(0.15 - 0.024)(0.0003)} = 13.7566137 \text{ MPa}$$