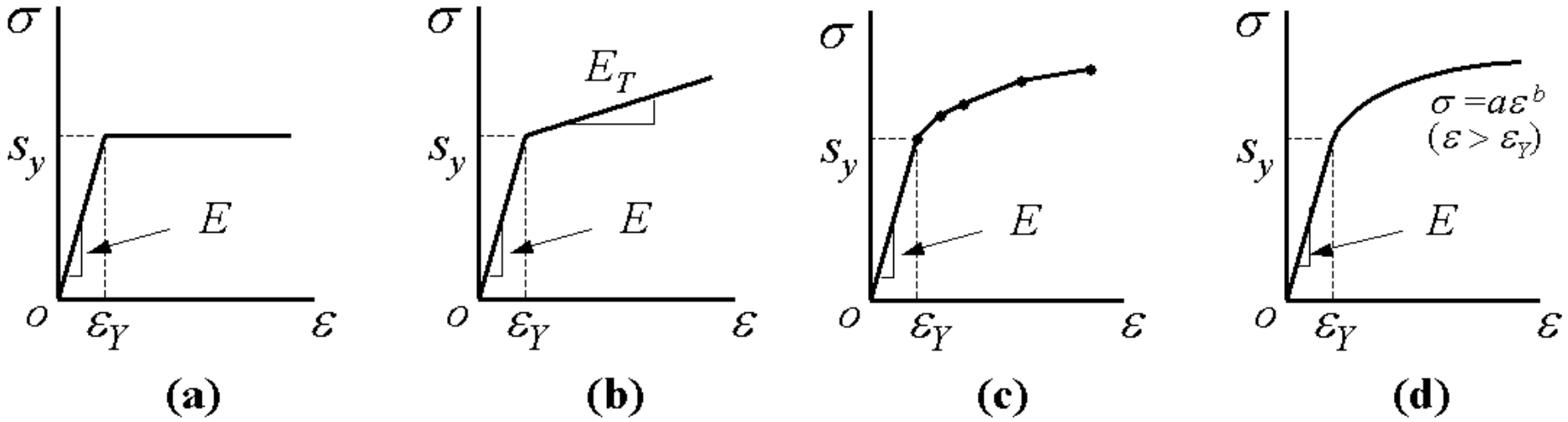
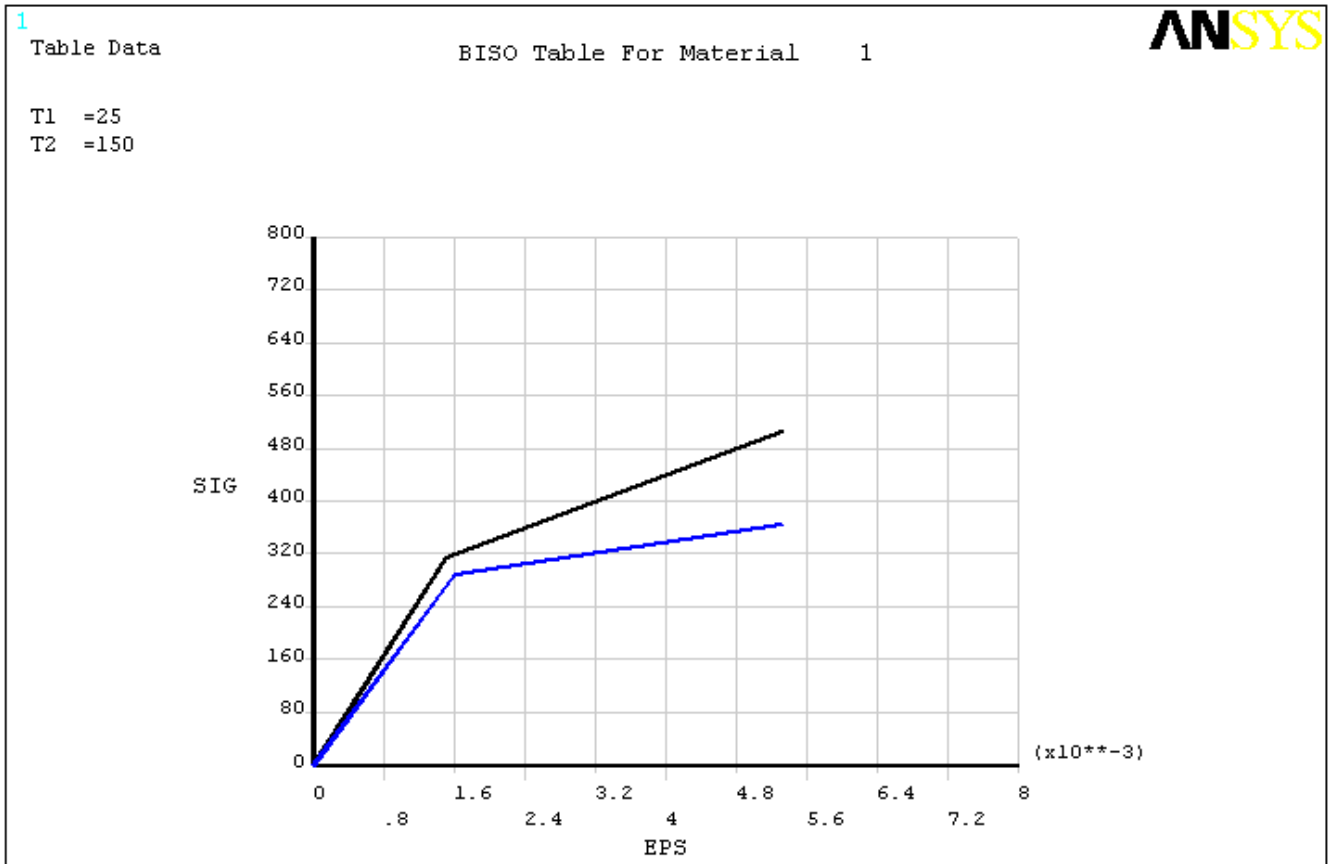
材料非線性(geometric nonlinearity)

- 下圖是經由材料拉伸試驗得到的彈塑性應力應變曲線，相對的在數學解析或有限元素分析上，有以下幾種應力應變曲線模式：**(a)**彈性-完全塑性**(elastic perfectly-plastic)**；**(b)**雙線性**(bi-linear)**；**(c)**多線段**(multi-linear)**；**(d)**塑性曲線，以上四種曲線如下圖所示



不同溫度之應力應變曲線

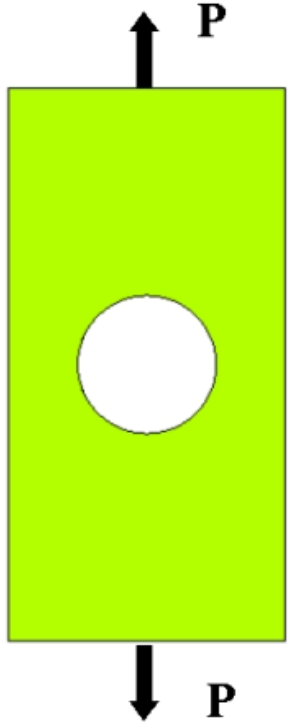
- **ANSYS**可以允許對於不同溫度下，加入數條**BISO**之應力應變曲線，方法如下：




```
/PREP7

MPTEMP,1,25

MPTEMP,2,150
MPDATA,EX,1,,210000
MPDATA,EX,1,,180000
MPDATA,PRXY,1,,0.3
MPDATA,PRXY,1,,0.3

TB,BISO,1,2,2,
TBTEMP,25
TBDATA,,315,50000,,,,
TBTEMP,150
TBDATA,,290,20000,,,,

TBPLOT
```

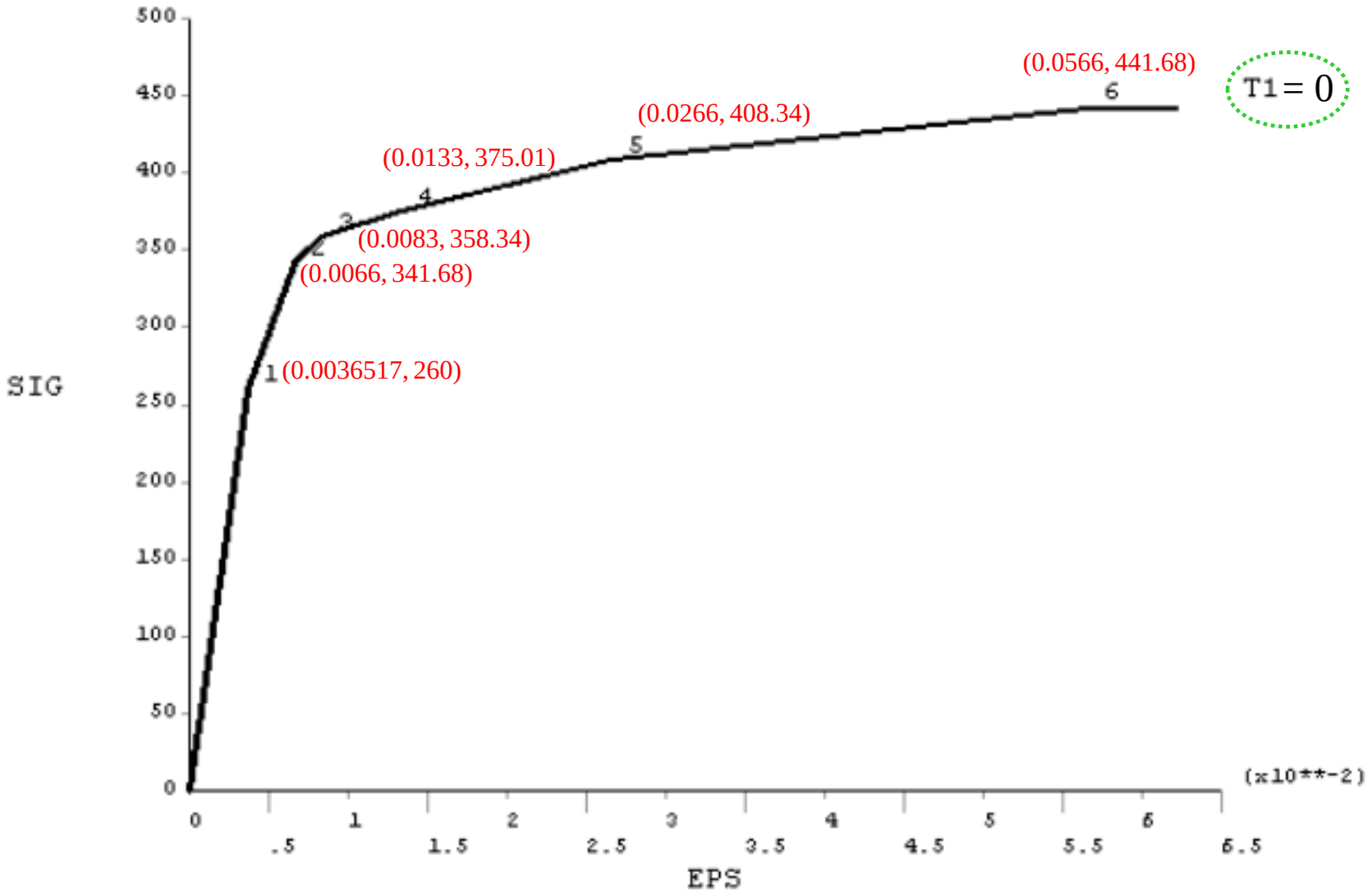
含圓孔薄板分析

- 本例題的實驗數據是採用自文獻，為一含圓孔平板之彈塑性應力分析。如右圖之鋁板，長寬為**900x450mm**，厚**2mm**，中央含一直徑**225mm**之圓孔，受集中力**P=147000N**。鋁板材料性質為:楊氏模數**E=71200MPa**，普松比**v=0.31**，降伏強度S_y**=260MPa**，真應力應變曲線原為一實際曲線，經**MISO**之多直線段簡化且輸入**ANSYS**後，如下頁所示。本例分析單位：**mm**、**N**、**MPa**。

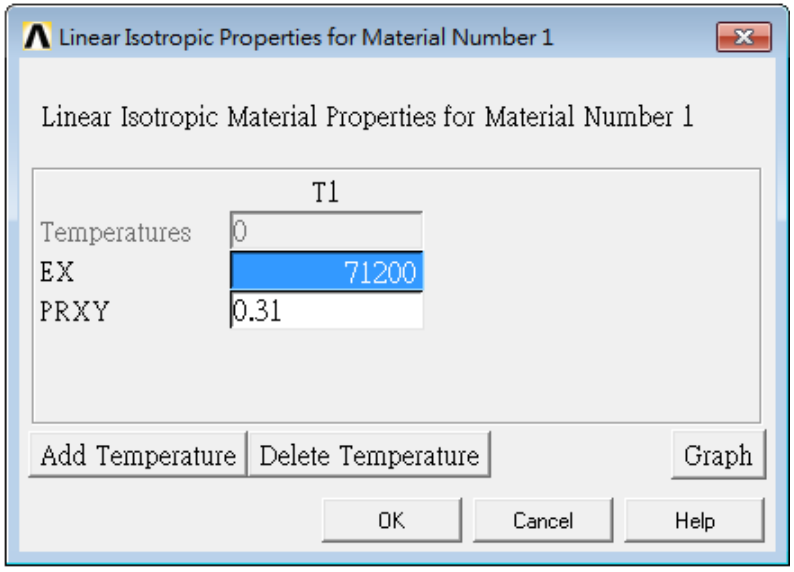


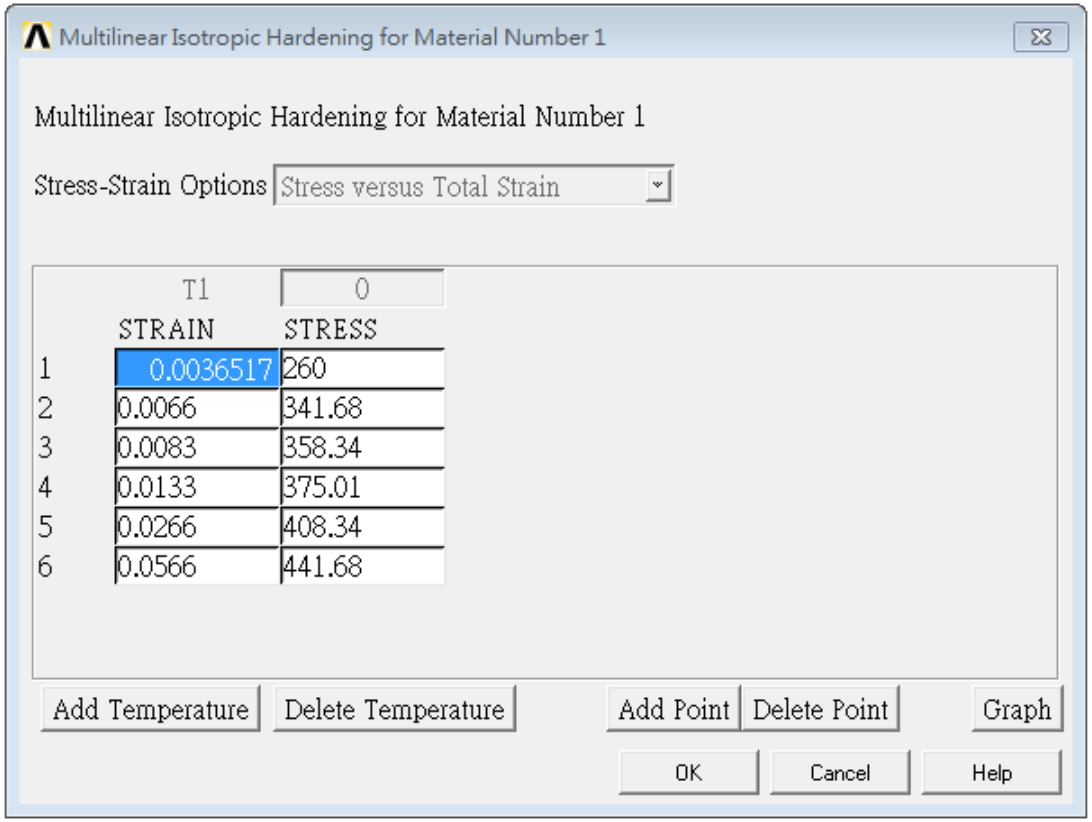
真應力應變曲線(應力單位：MPa)

“攝氏0度”代表不管模擬之溫度為幾度，均以唯一設定的多線性模型來分析



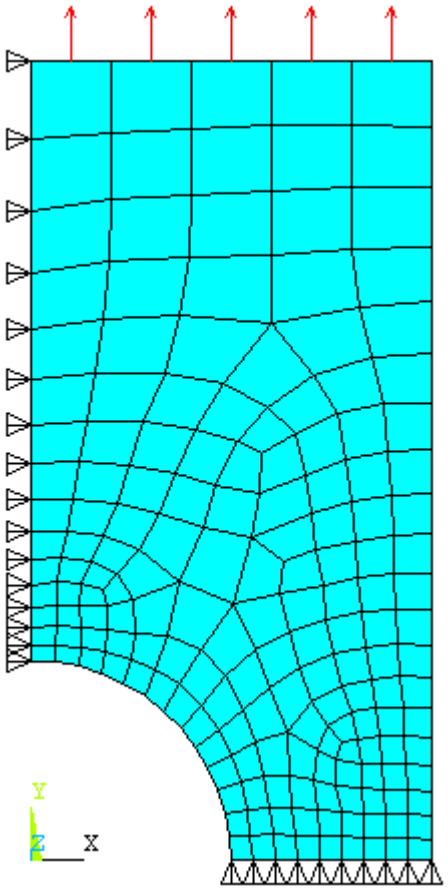
ANSYS 設定之MISO 多線性曲線





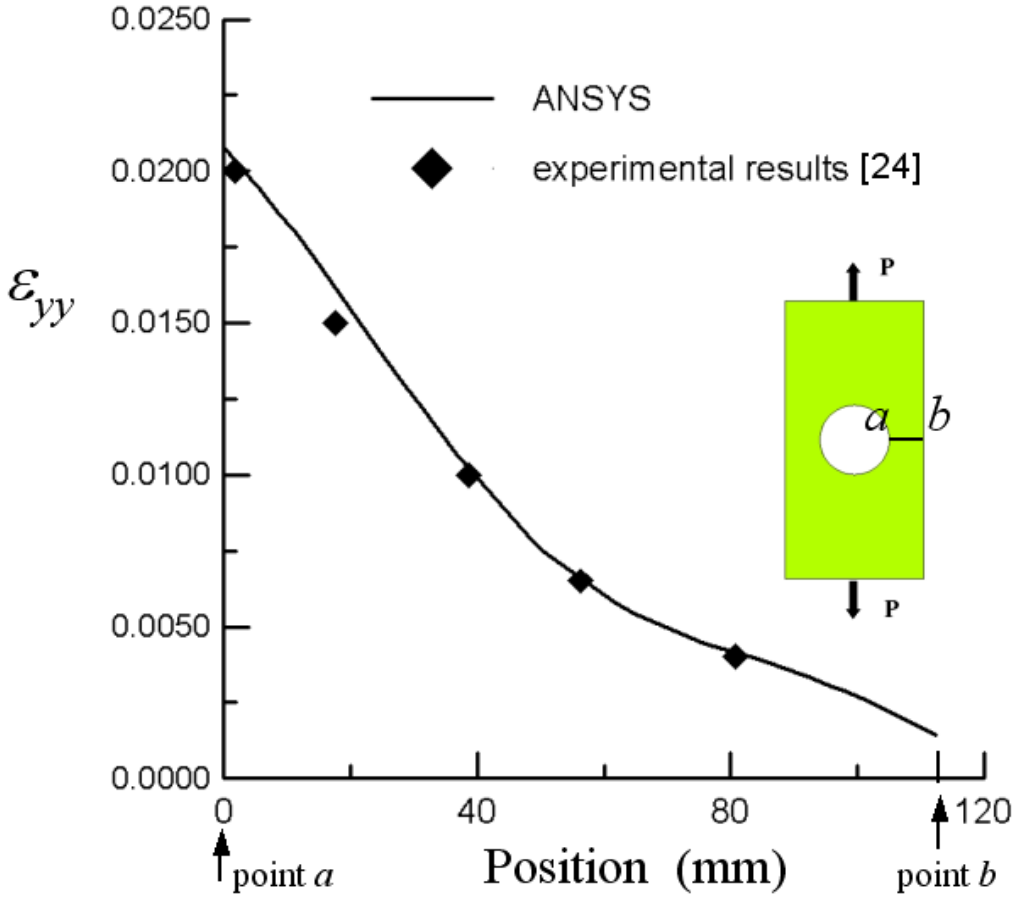
有限元素模型與邊界條件

- 假設集中力**P**均勻作用於邊界，因此可將其轉換為一拉應力 σ =147000/(450×2)= 163.33 MPa。



結果與討論

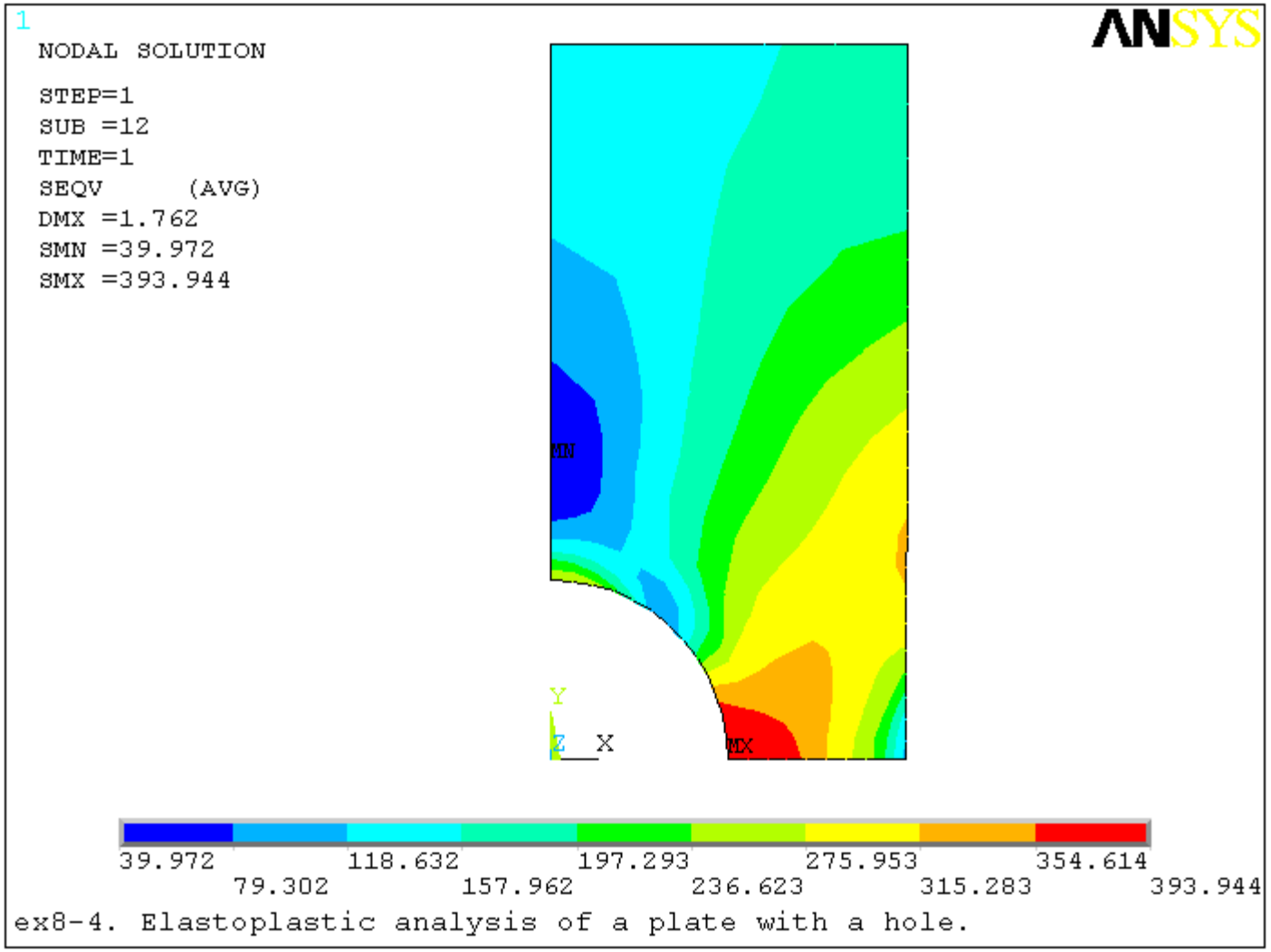
- 下圖為**ANSYS**總應變 ε_{yy} 計算結果與文獻中之實驗值比較，兩者分析結果十分接近。



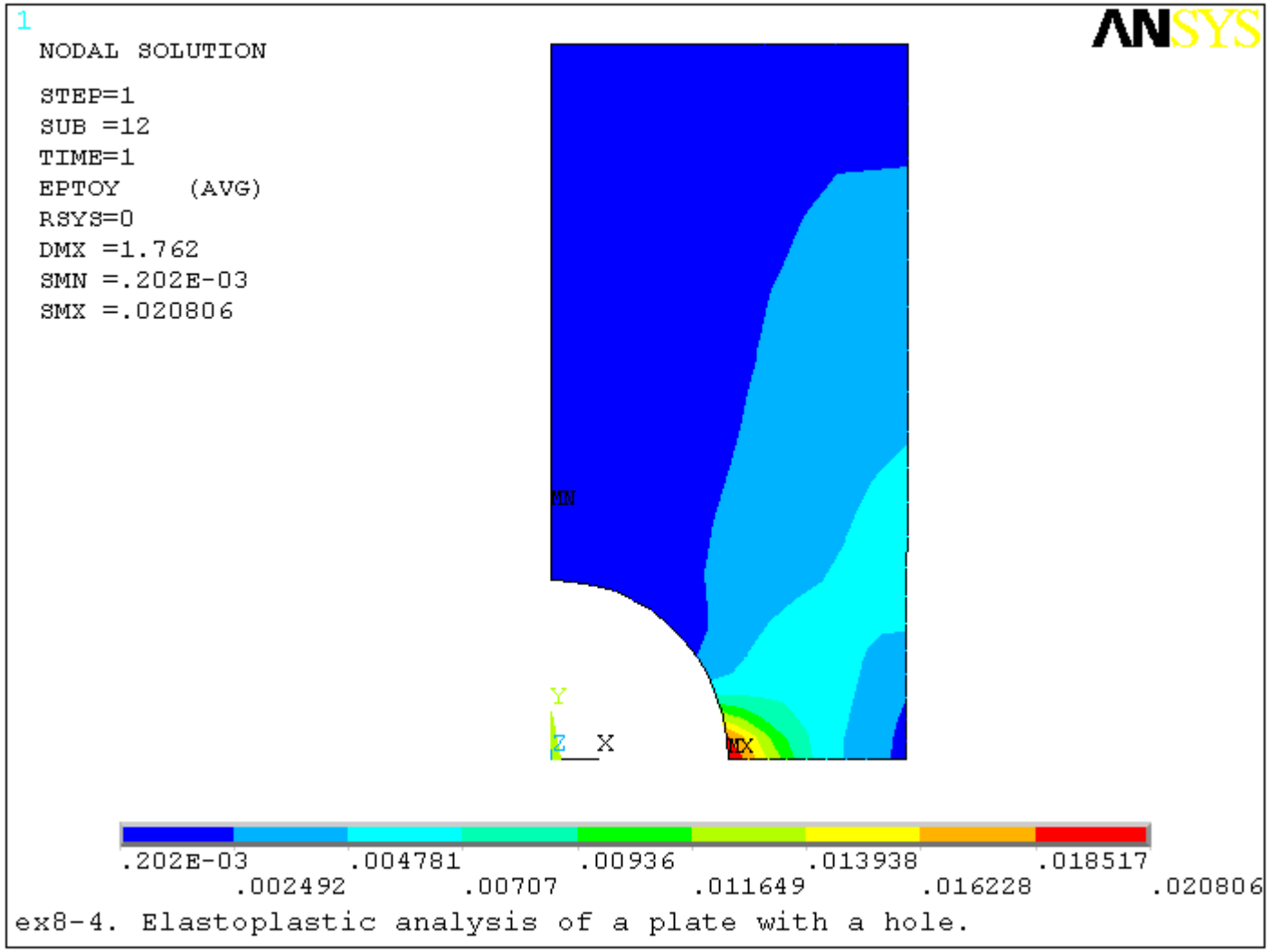
I. Doltsinis, Elements of Plasticity – Theory and Computation. UK: WIT Press, 2000.

von Mises 等效應力(SEQV)分布(MPa)

- 應力超過降伏強度(S_y=260 MPa)的區域均為塑性區。



y方向總應變 ε_{yy} (EPTOY)分布



y方向塑性應變 ε_{pyy} (EPPLY)分布