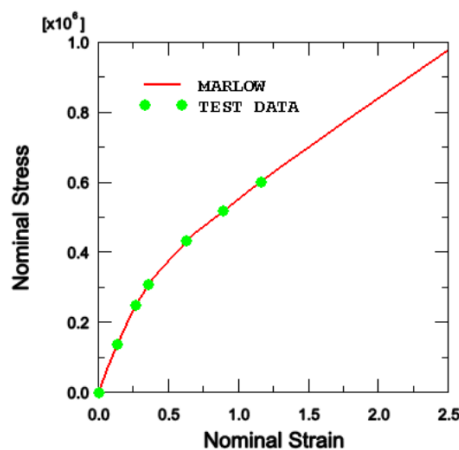


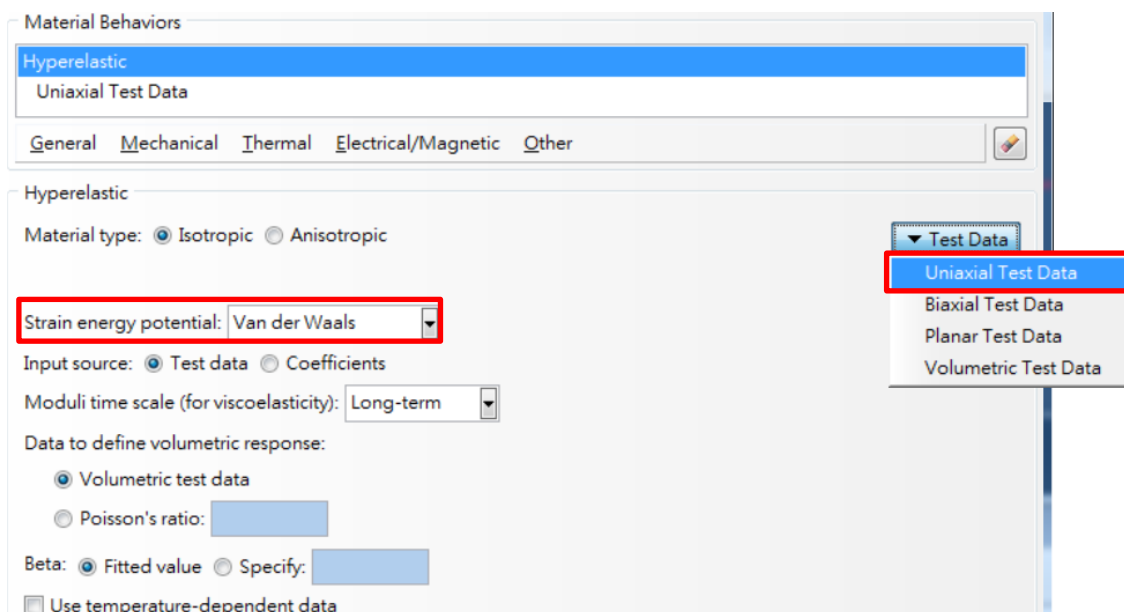
## Abaqus Tips : 以超彈性材料模型描述拉伸與壓縮行為

超彈性(Hyperelastic)模型通常用來描述橡膠材料之機械行為。一般而言，只有單一組實驗數據(如單軸拉伸)時，建議採用 Marlow 模型來擬合實驗數據，如圖一所示，Marlow 模型能夠良好地貼近實驗數據，但缺點是使用實體元素進行分析時，Uniaxial Test Data 內不能輸入單軸壓縮數據，無法完整地將單軸壓縮行為納入考量。此外，使用 Marlow 模型時，須確認實驗數據對應正確的 deviatoric response，例如單軸拉伸數據對應到 uniaxial 選項。

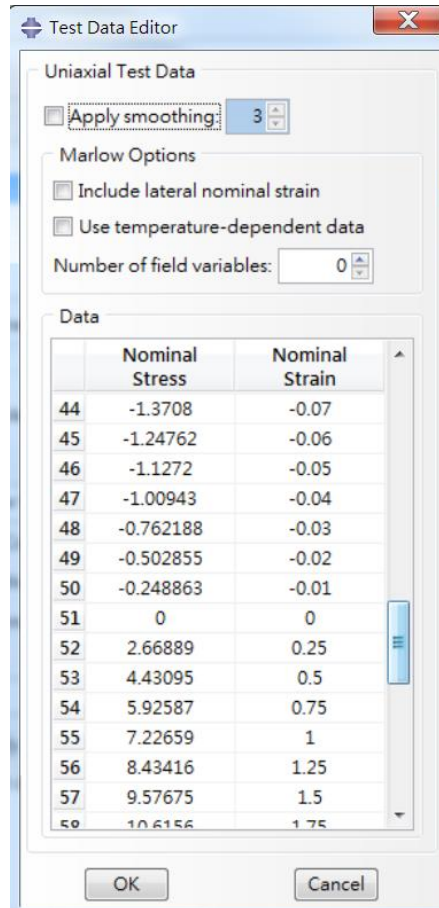


圖一、採用 Marlow 模型擬合材料參數

除了 Marlow 模型外，其他模型皆能在 Uniaxial Test Data 內同時輸入單軸拉伸及單軸壓縮數據，若使用者有一組以上的實驗數據(如單軸拉伸及單軸壓縮)時，建議採用 Ogden 或 Van der Waals 模型來擬合實驗數據，如圖二及圖三所示。

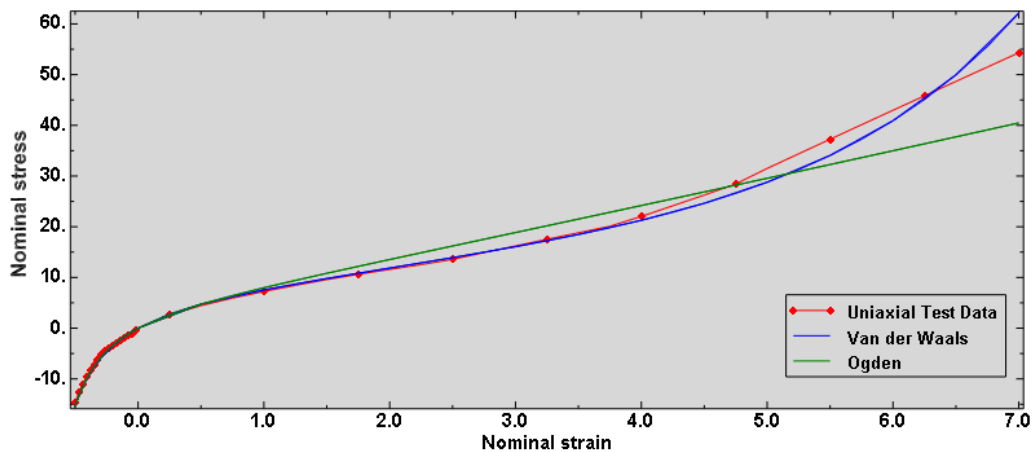


圖二、從 Test Data 內選擇 Uniaxial Test Data



圖三、在 Uniaxial Test Data 內輸入單軸拉伸及單軸壓縮數據

分別以 Van der Waals 與 Odgen(n=2)模型擬合單軸拉伸及單軸壓縮數據，並與實驗數據進行比較，如圖四所示，在小應變範圍內，兩種模型在拉伸與壓縮之工程應力應變曲線都很接近實驗數據。然而，使用不同模型進行擬合時，必須利用 Evaluate 功能偵測穩定區間，用來判斷適用範圍，如圖五所示，避免使用時超出穩定區間造成誤差。



圖四、兩種模型與實驗數據之比較

Material: TREL

Job Name: TREL\_4

Van Der Waals

HYPERELASTICITY - VAN DER WAALS STRAIN ENERGY FUNCTION

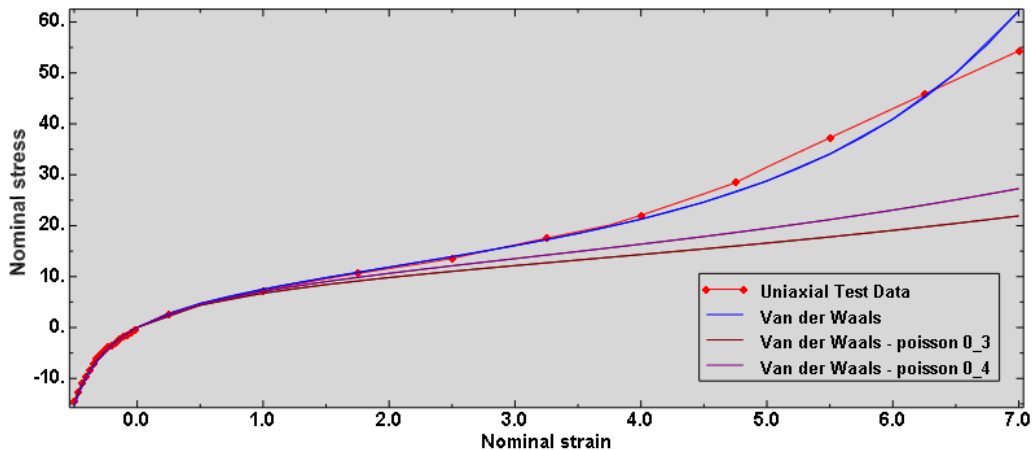
MU	LAMBDA_M	A	BETA	D
4.72960694	12.1200023	0.222611526	0.00000000	7.616144794E-01

STABILITY LIMIT INFORMATION

UNIAXIAL TENSION:	STABLE FOR ALL STRAINS	
UNIAXIAL COMPRESSION:	UNSTABLE AT A NOMINAL STRAIN LESS THAN	-0.9864
BIAXIAL TENSION:	UNSTABLE AT A NOMINAL STRAIN LARGER THAN	7.5800
BIAXIAL COMPRESSION:	STABLE FOR ALL STRAINS	
PLANAR TENSION:	STABLE FOR ALL STRAINS	
PLANAR COMPRESSION:	STABLE FOR ALL STRAINS	
VOLUMETRIC TENSION:	STABLE FOR ALL VOLUME RATIOS	
VOLUMETRIC COMPRESSION:	STABLE FOR ALL VOLUME RATIOS	

圖五、利用 Evaluate 功能測試穩定區間

圖二的設定頁面中有一個選項是關於體積響應(volumetric response)，如果沒有輸入體積數據或蒲松比，系統會默認在 Abaqus/Standard 求解器下蒲松比為 0.5，而在 Abaqus/Explicit 求解器下蒲松比為 0.475。為了比較不同蒲松比之擬合效果，使用 one element test 進行分析，結果如圖六所示，在小應變範圍內，不同蒲松比在拉伸與壓縮行為之差異不大，但是隨著應變增加，模型所描述之工程應力應變曲線與實驗數據之誤差會逐漸放大，使用上須注意合理的範圍，避免影響模擬的準確性。若誤差過大，需要對材料參數進行調整，可以利用 Isight 內的 data matching 功能，幫助使用者有效率地擬合出適當的材料性質。



圖六、不同蒲松比之工程應力應變曲線