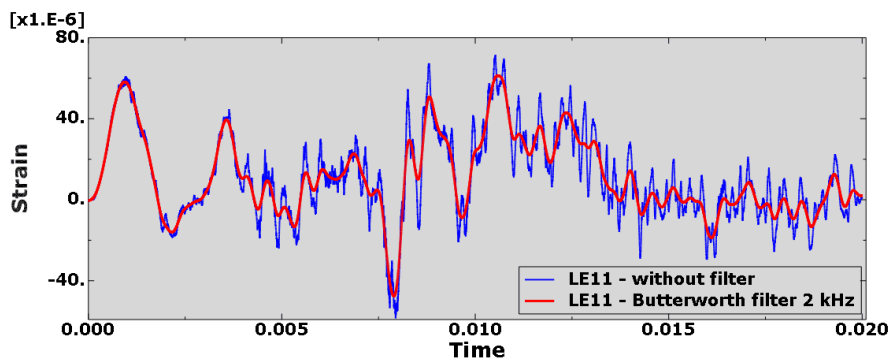


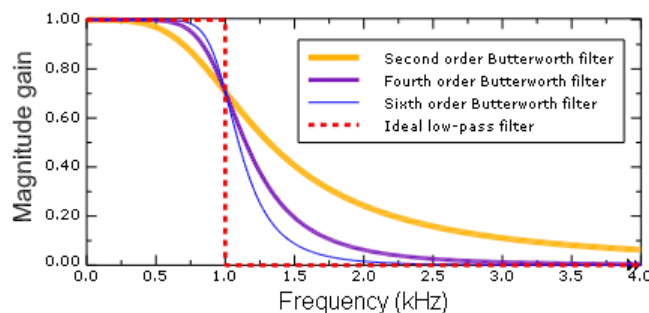
## Abaqus Tips : 利用 Butterworth 濾波器在前處理設定以提取 Field output 之極值

使用 Abaqus/Explicit 求解動態問題時，分析結果常伴隨著高頻雜訊。為了避免雜訊影響結果判斷，會使用濾波器(filter)來過濾高頻雜訊，圖一顯示濾波前後之差異。Abaqus 在前處理及後處理都提供濾波功能，對於 History output 來說，會建議使用者記錄每一個時間增量的結果，到後處理再進行濾波，避免取樣頻率不足導致結果的偏差(aliasing)。然而，Field output 無法在後處理濾波，若是記錄每一個時間增量的結果，容易造成輸出結果檔過大，以及開頭提到的高頻雜訊問題。本文將說明如何利用 Butterworth 濾波器在前處理設定以提取 Field output 之極值。



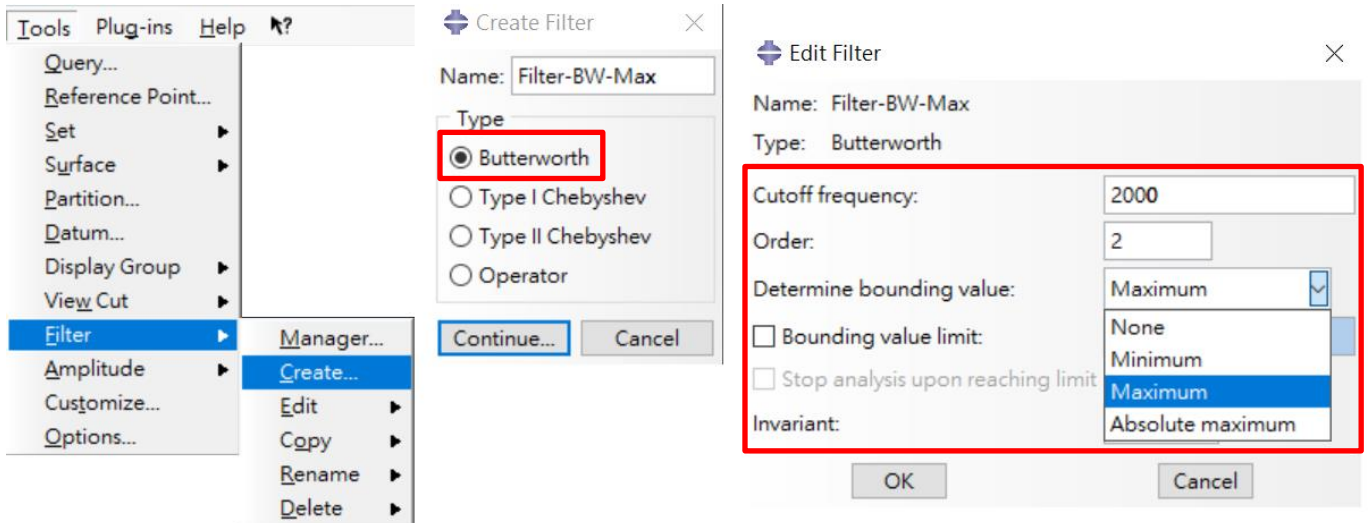
圖一、分析結果濾波前後之差異

無論前、後處理濾波功能，都要設定截止頻濾(cutoff frequency)，濾波器會篩選掉大於截止頻率的訊號。圖二顯示不同階數 Butterworth 濾波器之效果，大於截止頻率的訊號會根據濾波器設定執行折減。使用者依照題目類別或經驗來設定截止頻率，可以先提取結構之自然頻率，根據問題判斷哪一個區間的自然頻率是關注範圍，由此來設定截止頻率。如果是擬靜態問題，一般由最低振態主導結構響應，因此截止頻率可以參考最低振態之自然頻率。



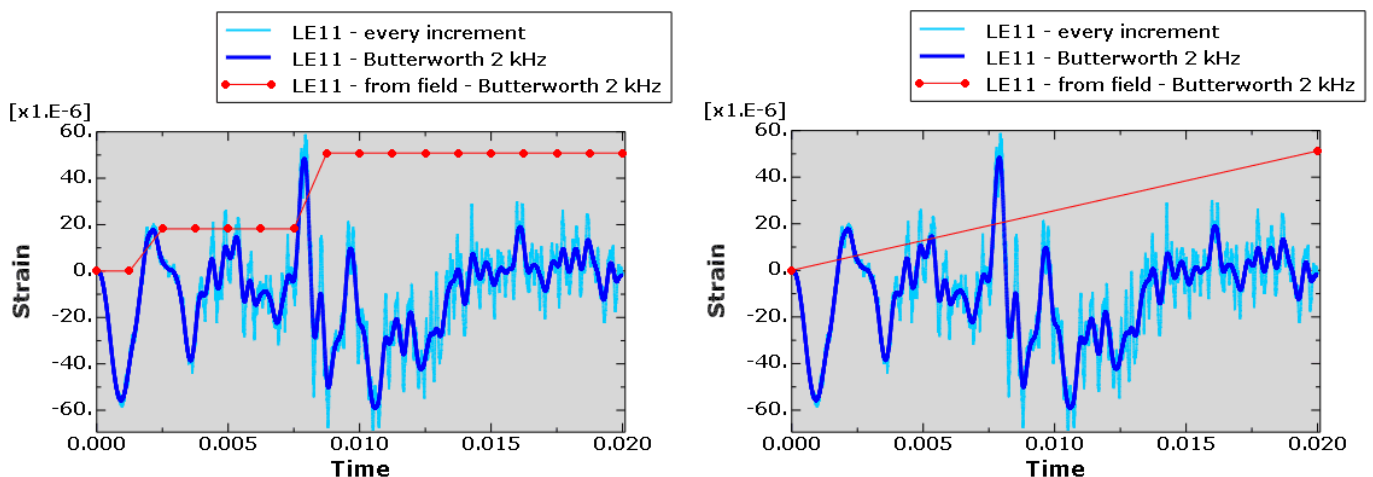
圖二、不同階數之 Butterworth 濾波器

如圖三所示，在 Step 模組底下，從 Menu 中的 Tools 可以找到 Filter 功能，點選 Create 建立 Butterworth 濾波器，依次輸入截止頻率、Butterworth 階數，若 Determine bounding value 選擇 None 僅執行濾波功能，選擇 Minimum、Maximum 則輸出值將記錄歷時中的極小與極大值，而 Absolute maximum 將記錄歷時中的絕對極限值。



圖三、建立 Butterworth 濾波器

如圖四所示，歷時圖中三筆資料分別為原始資料、以 Butterworth 濾波後、以 Butterworth 濾波並開啟 Determine bounding value 選擇 Maximum。左圖為 Field output 中設定輸出頻率為 intervals n=16，開啟 Maximum bounding value 後，輸出值將根據歷時中的極大值調整，記錄該時刻以前變數之極大反應，即便極大值所發生的時間點與輸出時間點不同。右圖為 Field output 中設定輸出頻率為 intervals n=1，會直接記錄歷時中之最大值。因此，透過 Determine bounding value 的設定能夠準確捕捉到分析過程中的峰值反應。



圖四、Determine bounding value 選擇 Maximum 之結果

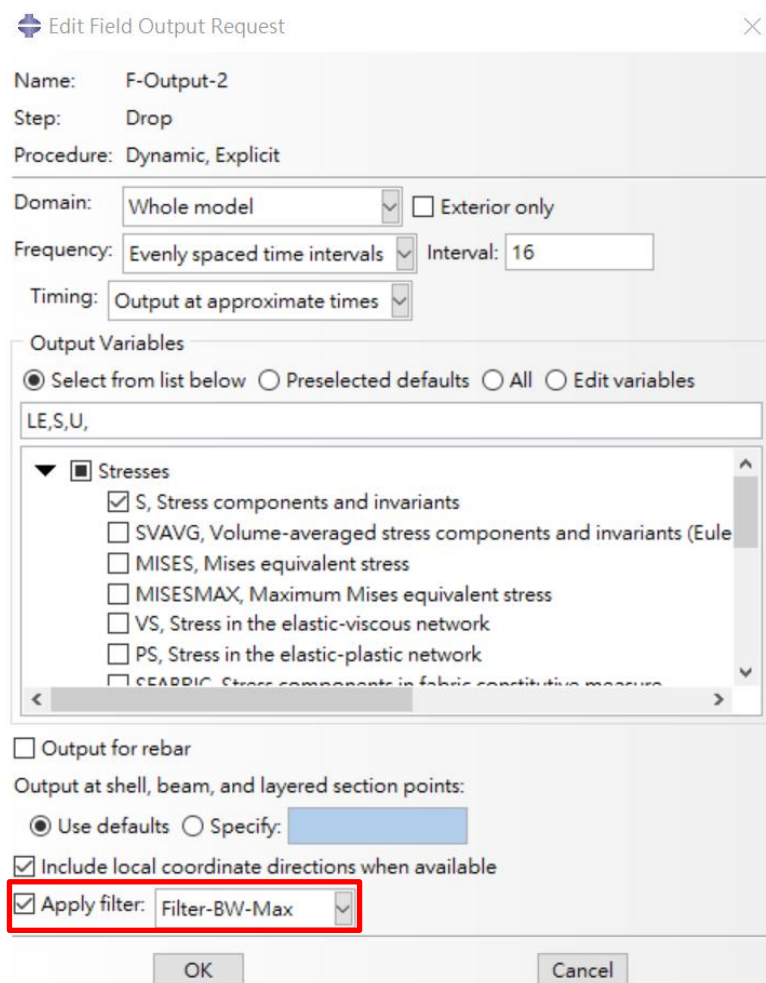
# 士盟科技股份有限公司

濾波器設定中，Invariant 的預設值是 none，可以檢視各方向應力(六個應力分量)、應變(六個應變分量)及位移(三個位移、三個旋轉)。其它變數對應之 Invariant 選項如下表所示，如欲輸出 Mises stress 則需將 Invariant 改為 first，而最大主軸應例 Max principal stress 則須透過 Edit keyword 調整，格式如下：

\*FILTER, TYPE=filter\_type, OPERATOR=operator\_type, LIMIT=value, INVARIANT=FIRST, SECOND, MAXP, INTERMP, or MINP

Category	First invariant	Second invariant	MaxP	IntermP	MinP
All nodal vector output	Magnitude	-	-	-	-
Stress element output	Mises	Press	SP3	SP2	SP1
Logarithmic strain output			LEP3	LEP2	LEP1
Nominal strain output			NEP3	NEP2	NEP1
Thermal strain output			THE3	THE2	THE1

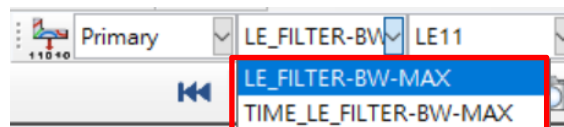
設定完 Field output 之後，將 Apply filter 切換為設定好的 Butterworth 濾波器。



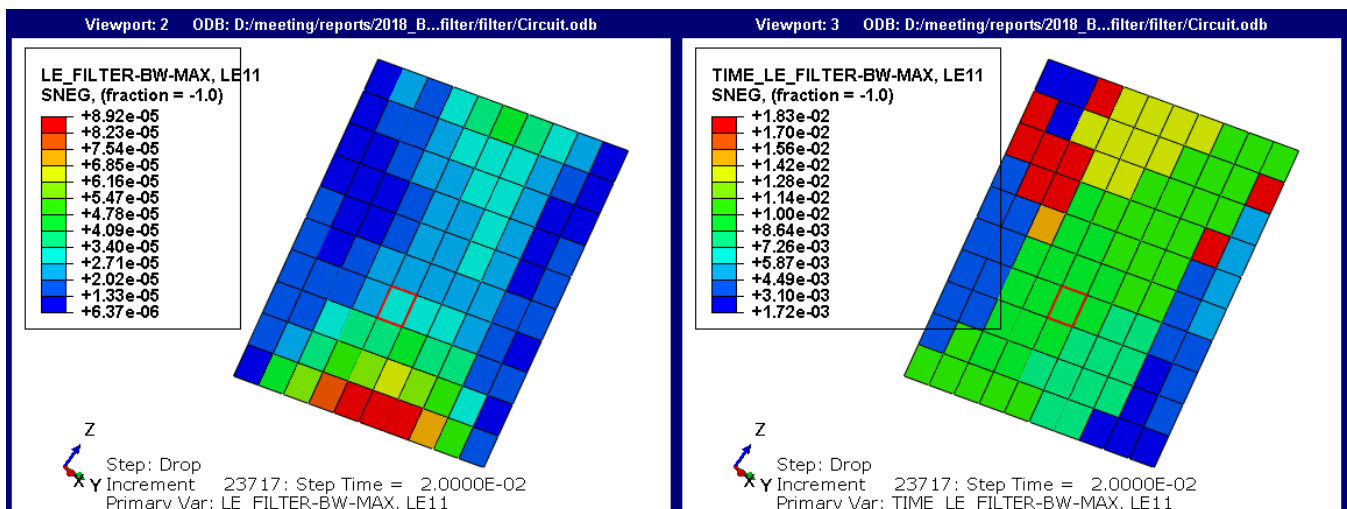
圖五、在 Field output 內選擇濾波器

# 士盟科技股份有限公司

以 Documentation 中的 circuit broad drop test 為例，如圖六所示，設定 Determine bounding value 為 maximum 後，每一個變數在 Field output 內會有兩組輸出，分別為變數極大值與其發生時間。如圖七所示，左邊是對數應變 LE11 各個元素在歷時中的極大值，右邊是對應極大值所發生之時間點。以圖六當中被選取反紅的元素為例，其對數應變 L11 之極大值為  $3.074 \times 10^{-5}$ ，對應發生之時間點為 0.009 秒。此外，應變、應力等變數是由積分點外插後在節點上平均，這些變數的對應時間也記錄在積分點上，判斷結果時應參考積分點，避免外插後得到之結果產生誤差，例如極大值所發生之時間超出整體分析時間。



圖六、同一變數的兩組輸出資料



圖七、應變極大值與對應發生之時間

由以上結果知道，預設情況下，Field output 記錄了每一個元素不同變數的反應歷時，能夠藉由濾波器功能來過濾大於截止頻率之高頻雜訊。如果關注重點是結構反應之極大、極小值，可以在濾波器設定中使用 Determine bounding value 功能，得到的結果是各元素所經歷的極大、極小反應，以及對應發生之時間點，如圖七所示，通常會將兩組結果並列，觀察變數極大值與其發生時間。

文 · 應用工程師 鄭鈞 Adam