

## 光纖模組零件之長週期擺動受力分析

張淑佩  
矽碼科技

### 摘要

此光纖模組產品 (Techer) 的設計目的是避免使用者在更換光纖時直接以手污染到光纖，並且需透過 SFF 協會規定的測試規範—在承受 45 N 的重量下，對轉軸施予頻率為每分鐘 15~20 次，擺幅 45 度角的長週期擺動測試而不能發生斷裂或脫勾的狀況。透過結構分析軟體 Abaqus 能夠有效率地預估此長週期的擺動受力，同時考慮自然頻率重力因素差異性，進而提供合適設計方向。

**關鍵字：**SFF 協會、長週期擺動、Abaqus、自然頻率、重力

### 一、緒論

矽碼公司成立於民國 79 年，專注於 Audiojack、USB.....等連接器之研發，為一股票上市公司，於 93 年導入商用有限元素分析軟體 Abaqus 進行連接器的結構強度分析，96 年導入模流分析軟體，97 年導入高頻分析軟體，為連接器的設計提供研發驗證分析，以期縮短產品研發時程，並提供品質保證。在 101 年，我公司開始從傳統連接器跨越至另一新興產業，成為“光纖模組零件”供應商，這次是專門為供應應用在高速聲音、影像及資訊傳輸為主的光纖通訊元件與次系統的業者做分析研究，而這些產品多半是應用在網路傳輸、儲存、無線傳輸以及網路電視等不同領域，本案例利用 ABAQUS 評估是否能通過 SFF 協會的測試規範，同時驗證結構在考慮自然頻率與重力的狀況下進行差異比較分析，進而提供合適的設計方向。

### 二.分析方法:

#### 2.1 測試規範說明

##### 2.1.1 Test Procedure

With the connector secured as shown in the following figures, apply the “L” (load) to the end of the tether.

##### 2.1.1 45 Degree Rotational Stress Setup

With the “L” (load) hanging from end of tether, rotate the part per test condition A about the Y axis (as specified by end user). Rotate the part 5 rotations each

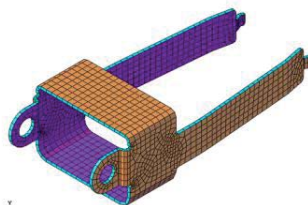
direction at a speed of 10 to 20 rotations per minute.  
Condition A: +/-45 Degrees Rotation

#### 2.2 分析步驟

##### 2.2.1 建構有限元素幾何模型

為了加速分析時間，元件 A 採用實體薄殼(continuum shell Element)SC8R，元件 B 為複雜的塑膠射出幾何，因採用二階四面體元素 C3D10M。

元件 A:SC8R

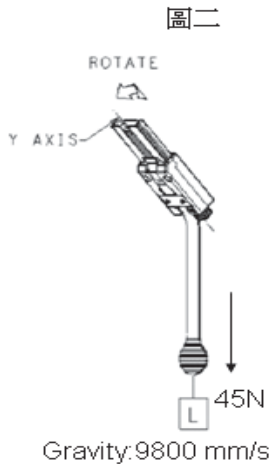


元件 B: C3D10M



##### 2.1.2 組裝:

元件 A 與元件 B 呈 45 度角如圖二。



### 2.1.3 分析步

首先在元件 B 的圓環下方施加 4.5 kg 的質量點，在負 Y 方向施加重力負載，待其達到穩定平衡狀態後，施予元件 A 軸向的正負 45 度旋轉，頻率為 1 分鐘 20 次，可換算為 3 秒鐘的擺動週期，旋轉方式如圖一。

根據經驗，只要物體運動週期大於物體的第一自然頻率的倒數(也就是週期)的 10 倍以上，即可視為靜態分析，反之則必須用動態分析，而本案例經過自然頻率分析可得到第一自然頻率為 1.79 Hz，換算其週期為 0.559 秒，若將週期增加為 7 倍也就是 3.9 秒，是否可視為靜態分析?(驗證如後)但本案例之擺動週期為 3 秒，顯示其動態行為不可忽略，應採用動態分析。在一般的狀態下大部份的使用者會採用顯式求解器 Abaqus/Explicit 進行動態問題求解，但在週期超過 1 秒以上的長週期動態分析中，使用顯式求解器進行分析需要花費大量的計算時間，並不符合計算效率。因此嘗試使用隱式動態求解方式(dynamic, implicit)來進行本案例的求解。

Abaqus 自 6.10 EF 版開始對 dynamic, implicit code 作了一系列的改進，主要可分為 Transient fidelity、Moderate dissipation 與 Quasi-static 三種 application，說明如下—

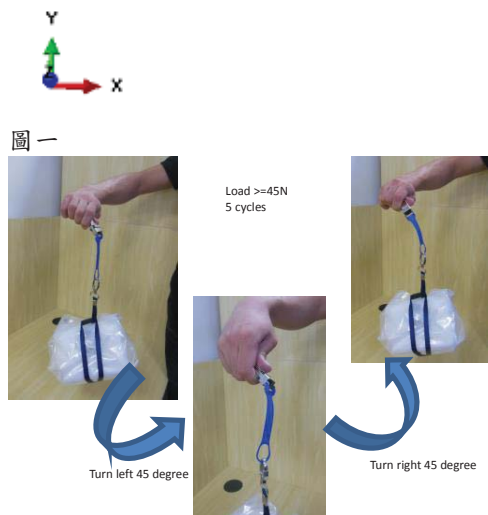
Transient fidelity applications，盡量減少模型能量因數值計算所造成的消散狀況，能準確預估結構的振動響應。

Moderate dissipation applications，能考

慮模型因進行塑性或者因阻尼所造成的能量消散，通常用於低頻的動態分析，並且能夠處理大多數的接觸問題。

Quasi-static applications，加入了慣性力效應求解靜態問題，能夠避免在 static, general 求解接觸問題時所遇到的剛體位移與動態不穩定效應，能夠順利求解本案例施加重力負載的狀況。

因此我們建立 3 個分析模型進行比較，第一個模型使用 dynamic implicit, moderate dissipation application，為方便後續描述，簡稱為隱式動態分析；第二個模型仍然使用 dynamic implicit, moderate dissipation，但將週期增加為 7 倍，簡稱為動態加長週期分析，第三個模型使用 implicit, quasi static application，簡稱為準靜態分析。



### 2.1.4 組成元件與材料性質

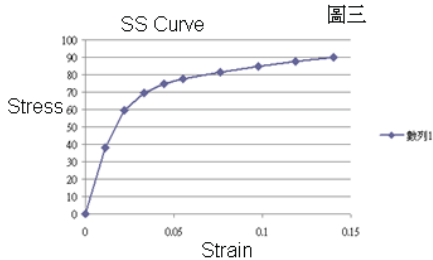
元件 A: SUS301-3/4H

元件 B: PA66

本案例的有限元素模型所採用的相關材料性質如表一所示，整體假設為均值，等向性材料。

表一

Youngs Modulus(MPa)	3450
Enlogation (%)	14%
Yield Stress(MPa)	90



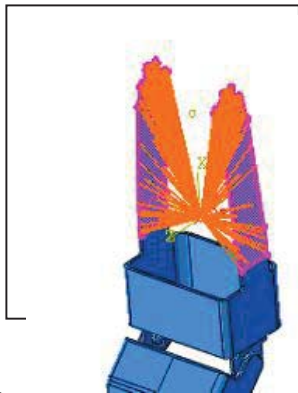
圖五

### 2.1.5 元件組合與交互作用

Abaqus 無論在隱式分析與顯示分析均能設定通用接觸(general contact)，隱式分析對於大多數的接觸狀態均能順利求解，並且可節省人為判斷所造成的遺漏與錯誤，因此在本案例中僅定義一組通用接觸對。

### 2.1.6 邊界條件與負載設定

圖四以 Kinematic coupling 做拘束設定，以傳遞轉動力矩與負載 拘束 6 個自由度。



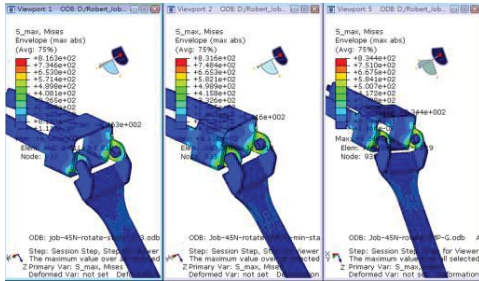
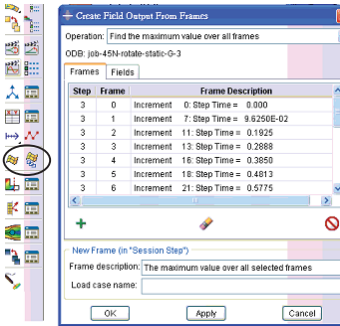
圖五以 Continuum Distributing coupling 做拘束設定，以提供負載 拘束 UR1, UR2, UR3 3 個自由度。

於圓環下方 coupling 點施加質量 4.5 kg，如圖二所示。在第 1 個分析步施加重力負載，而後續的分析步皆使重力負載持續作用。Boundary condition 定義後續分析步的徑度，隱式動態與動態週期加長在 boundary condition 設定方式一樣。(dynamic implicit) 設重力加速度 9800mm/s，物件質量設 0.0045918ton(45N/9.8/1000)，在鐵件中心設一 RP 點，以 RP 點為軸心做左右 45 度旋轉，在 step 1,2,3 在 UR1 設徑度 0.7854(45 度角/180\*3.1416)，第 2 model(動態加長週期) 設定方式一樣，在 amp 1 設 frequency/time 0.75，amplitude 設 1 表示在時間 0.75sec，角度在 1\*0.785，amp2 設 frequency/time 0,1.5，amplitude 1，-1，表示在 step 2 時間 0 時，位置在 0.785。當時間在 1.5sec，位置在 -0,785。amp3，frequency/time 0.75，amplitude -1，0 表示在 step3 當時間為 0 時位置在 -0.785，當時間 0.75 時，位置位於 0。兩者唯一差別在 step 時間，隱性動態 step1 設 0.75，step2 設 1.5，step3 設 0.75，週期加長則設為 step11.925(1/1.79=0.55sec/次，0.55\*7/2)，step2，3.85(0.55\*7)，step3 1.925。靜態：因為為 ramp，所以不用加入 amplitude，在 step 1 0.785 step 2 回到 0，step3 -0.785 step4 回到 0。在 step 1~step4 各設 1.925。

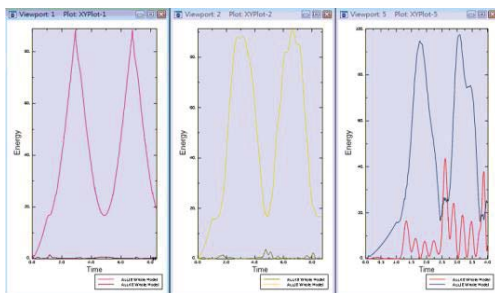
### 三.結果與討論

使用 create Field Output From Frames 的功能，可以輕易地擷取增量步結果內的每一個元素的最大值，直接合成為一張圖片檔，讓用戶可以直接判斷結果的最大反應，其中靜態分析的最大應力為 816 MPa，動態加長週期分析的最大應力為 831 MPa，動態分析的最大應力為 834 MPa，動態分析的應力值

最大。



靜態分析由於使用 dynamic, implicit, Qusai static 分析步會考慮慣性力，因此仍需注意動能與內能比，若比例太高則需要增加 time period，本案例將 time period 設定為結構週期的 7 倍，使得動能位能比為 1%；加長週期為 7 倍的動態分析，其動能與內能比為 3.8%；不加長週期的動態分析，其動能與內能比為 25%。



因此總結如下：週期大於自然頻率倒數的 7 倍，可以用靜態分析，相反，若週期小於自然頻率倒數 7 倍，可以用動態分析。這個題目，週期為自然頻率倒數的 3 倍，則需要用 Dynamic implicit (moderate dissipation) 分析。

#### 四. 未來展望

此類似旋轉的題目，一般會馬上用 Dynamic explicit 來求解，但根據以上的驗證手法，是可以 dynamic implicit (moderate dissipation) 分析，不需要用到 dynamic explicit 計算時效上與 dynamic implicit 差異很大，也因為擺動週期為 3 sec/rotate，並不適合以靜態求解。

#### 五. 參考文獻

- [1]. DS.SIMULIA “Abaqus/CAE User's Guide”
- [2]. DS.SIMULIA “Abaqus Analysis User's Guide”
- [3]. DS.SIMULIA “Advanced Explicit lecture”
- [4]. DS.SIMULIA “Abaqus analysis Introduction”
- [5]. F.J. Harewood “Comparison of the implicit and explicit finite element methods using crystal plasticity” Computational Materials Science 39 (2007) 481–494