

## GPS 球頭之插拔力與扭力之擬靜態分析

施並昌, 張奕文

廣達電腦股份有限公司 產品設計中心

### 摘要

本文使用有限元素法探討以explicit模擬準靜態的方式分析standard難以收斂的GPS(塑膠/橡膠)球頭的插拔力與扭力問題, 並比較不同加載速度、mass scaling等對分析結果的影響且探討相關的衍生性問題, 最後與standard分析結果及實驗結果相比對。

**關鍵字：**擬靜態分析

### 一、緒論

GPS 系統中常見的結構問題便是插拔力與扭力, 關係到其使用性如何。而 GPS 球頭常用的材料多為塑膠或橡膠, 尤其是在進行橡膠球頭的 standard 分析時, 常會發生因非線性材料的大變形與點對面接觸造成的收斂性不佳的情況; 而 ABAQUS 的 explicit 的主要功能除了模擬高速衝擊以外, 因收斂性佳, 因此亦可以用以求解動能比率較低的擬靜態問題, 而本文目的便是以 explicit 的方式解決該問題, 並嘗試以不同的 mass scaling 以及加載速度, 期能節省運算成本並確保結果的真確性。

### 二、explicit 擬靜態分析

Explicit 原本是設計用來模擬瞬態的問題, 也就是主要以慣性力主導的問題為主, 且不會有收斂性的問題, 而當我們在這類題目不斷增加載入時間, 將會發現其慣性力造成的動能與內能的比率逐漸減小, 直到增加到第一振態周期的 10 倍以上時, 如此一來便可確保為擬靜態分析。而解決了收斂問題之後, 最好還要能減少分析時間, 因此可以作適度的質量放大(mass scaling), 但須注意其造成動能會放大的問題, 造成結果失真。

### 三、模型建立與分析

#### 1. 有限元素模型

以下模型主要分為塑膠球頭與橡膠球頭, 其中塑膠球頭元素為 C3D10M, 橡膠球頭元素

為 C3D8H(用於 standard)或 C3D8I(用於 explicit)。

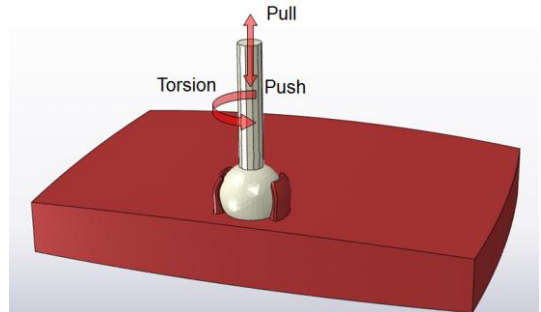


圖 1. 插拔力與扭力加載方向(位移控制)

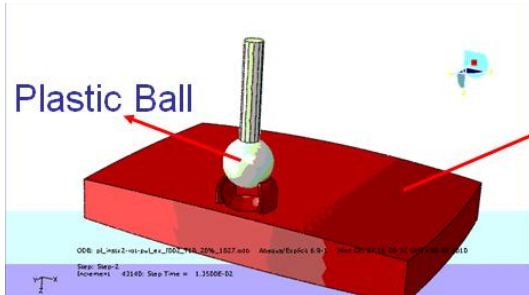
#### 2. 分析流程

- (1) 先以 standard 求解塑膠球頭之插拔與扭力分析→收斂成功。
- (2) 再以 standard 求解橡膠球頭之插拔與扭力分析, 並嘗試使用 unsymmetric 與 soft contact 等幫助收斂的方式→收斂失敗。
- (3) 準備以 explicit 作擬靜態求解, 先求解其第一次插入力, 分別以加載時間 20 倍、10 倍以及 5 倍第一振態週期作分析, 而 mass scaling 則從無到 10%、20% 及 100% 作分析, 期能找出計算時間較短且有效的解。
- (4) 從上述排列組合選擇適當的分析法求解塑膠/橡膠球頭之插拔與扭力分析。
- (5) 將分析結果與 standard 結果及實驗結果比較。
- (6) 後續問題探討。

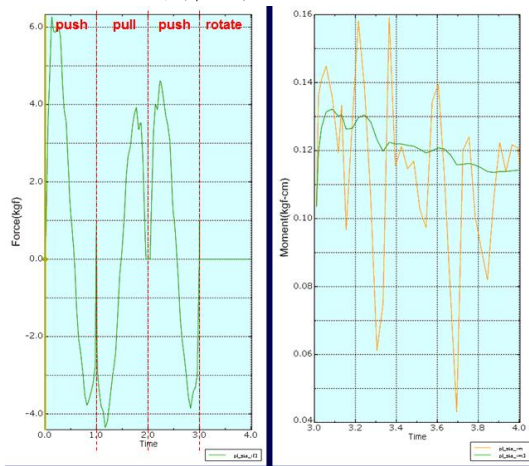
### 四、分析結果

#### 1. 塑膠球頭分析結果

##### (1) 塑膠球頭模型



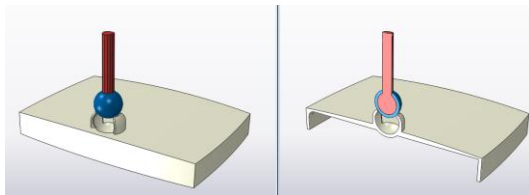
##### (2) push → pull → push → rotate 之 standard 分析結果



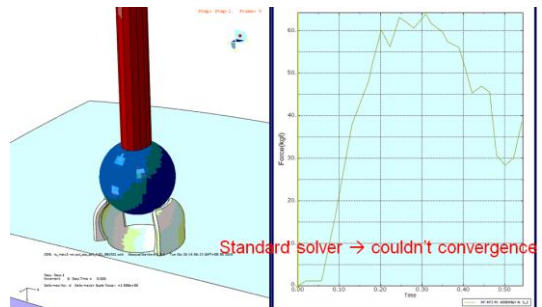
其中，push 會執行 2 次的原因是因為通常球頭使用上可能會插拔好幾次，因此實際的插入力應該是指從第 1 次插入造成局部材料降伏之後的第 2 次插入力為準；同理，橡膠球頭的分析亦是以第 2 次插入力為準。

#### 2. 橡膠球頭分析結果

##### (1) 橡膠球頭模型

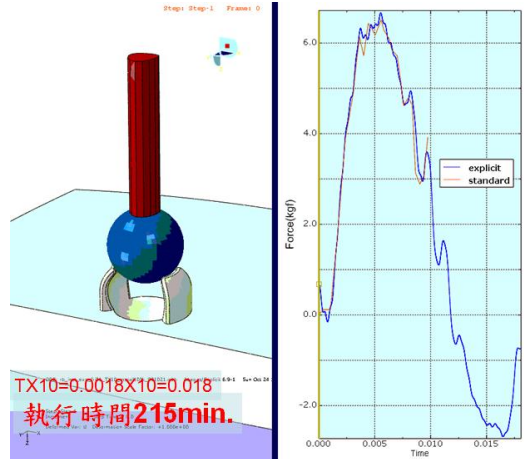


##### (2) push → pull → push → rotate 之 standard 分析結果 → 在 step1 之 push 階段即無法收斂

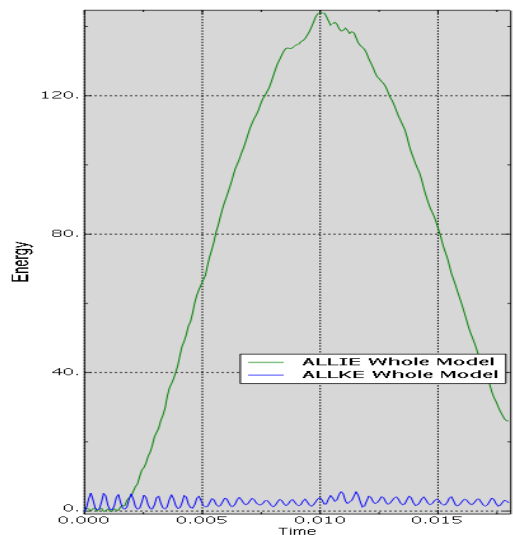


(3) 以下分別以加載時間 20 倍、10 倍以及 5 倍第一振態週期而 mass scaling 則從無到 10%、20% 及 100% 單純對球頭插入作分析，經觀察各種結果，發現 10 倍週期及 20% mass scaling 即能得到準確且分析時間較短的擬靜態結果

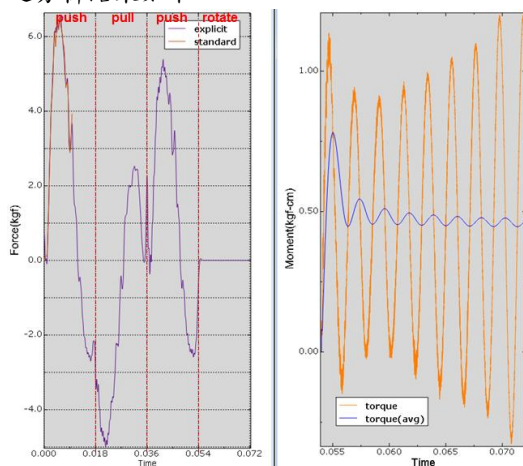
##### a. 10 倍週期且 20% mass scaling explicit 擬靜態插入力與 standard 結果對照



##### b. IE/KE 圖



(4)將 explicit 擬靜態方式套入  
push→pull→push→rotate 的過程作計算  
之分析結果如下



## 五、結論與未來展望

1. 就 explicit 擬靜態分析法，可知分析結果的準確性取決於加載時間，通常加載時間愈長則動能比率愈小，準確性愈高，但若為了節省計算時間而使用 mass scaling 則又會造成動能比率增加，因此加載時間與 mass scaling 的取捨是個問題；就本題目而言 10 倍週期且 20% 的 mass scaling 是不錯的選擇，如此則分析時間較短且又兼顧準確性。
2. 此方式可用於 standard 難以收斂的題目，如接觸多且複雜、材料較軟或大變形等題型。