

# I-DEAS 中的接觸分析(Contact Analysis)與功能介紹(上)

謝坤昌 陳焜燦 江林穎

## 前言

接觸(Contact)問題在實際工程應用中是極為廣泛且常見的問題，但現有的固體力學或結構領域的電腦輔助分析模擬軟體中，除了泛用型的有限元素分析軟體有提供此方面的功能外，一般整合性的 CAD/CAE/CAM 軟體卻較少提供此分析功能，使用者遇到此問題時，除了直接藉助泛用型的有限元素軟體來進行分析，另外較常用的方法，即是將分析模型利用 CAD 或前處理軟體將其模型建立完成或資料準備完畢後，再輸出至有限元素分析軟體進行計算，此兩種類型軟體在使用及相容性皆可滿足使用者要求時，不失為一種可行的分析模式，但如進行接觸分析時，除考量建立分析模型的便利性與精準性外，尚需能兼顧前後處理程式與解處理程式的整合性，如此對於使用者而言，會是一個較好的分析工作模式，而 I-DEAS 即提供了接觸問題的整合性分析環境。

## 接觸分析

接觸力學這門學科可以說是自 1882 年起，由赫芝 (H. Hertz) 發表了它的經典論文「論彈性固體的接觸」而開始的，然而直到二十世紀初，由於受到鐵路、船用減速齒輪及滾動接觸軸承工業的促進，接觸理論的進展才在文獻中出現。Hertz 理論侷限於無摩擦表面及理想彈性固體，近幾十年裏，接觸力學的研究主要發展是與消除這些限制有關。這包括如何適當處理接觸物體交界面處的摩擦，以及將彈性理論以更符合實際的方式推廣到滑動接觸及滾動接觸。

## I-DEAS 接觸分析操作流程

在對於接觸理論發展歷史有初步的介紹後，接續討論如何使用 I-DEAS 來進行接觸分析，在此處以教學手冊中的 Contact Analysis 範例來進行操作說明(詳細步驟，使用者可參考 I-DEAS Help 系統中的 Tutorials 之 Simulation 項目中之 Contact Analysis)，在該範例中，學習的重點是的是如何定義接觸面(Contact Surface)、進行接觸分析的求解以及分析結果的檢查。

該範例是以 35mm 相機電子閃光燈(Electrical Flash)的元件為分析對象，欲計算其接觸力大小，元件大小尺寸其正視圖如圖 1.所示(單位為 mm)，元件深度為 2mm 如圖 2.所示，該分析模型原為上下分開兩元件，為其便利模型建立與不使用元件組立(Assembly)

模組，來構建分析模型，可將圖 2 所示的中間連接部分，選取後刪除之，即成為圖 3.所示的上下兩個元件。在此需特別說明的是：圖 3.所示的兩個元件，圖形視窗顯示的是兩個分開的元件，但在 I-DEAS 系統中卻仍是屬於單一元件的，在本範例雖然以單一元件的形式來進行接觸分析與說明，但在實際進行工程問題時，接觸分析往往是兩個以上的元件之間的作用關係，而非單一元件所構成的分析模型，故需要利用 I-DEAS 系統中的組立(Assembly)模組來定義兩個以上元件的關係，此方面會另文再說明之。至此使用者

可以利用 Master Modeler 模組中的  (連續直線構建、尺寸標註、修改、擠製、刪除與元件命名)等圖像功能來構建如圖三所示的分析模型外觀。

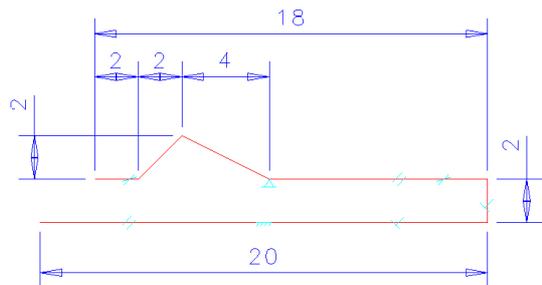


圖 1. 照相機閃光燈元件分析模型尺寸(正視圖)

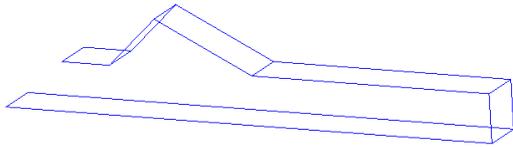


圖 2. 照相機閃光燈元件分析模型(立體圖)

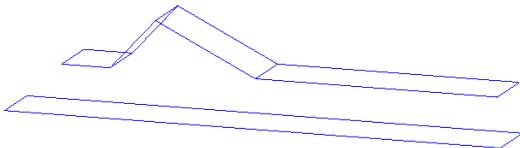


圖 3. 照相機閃光燈元件接觸分析模型(上下件)

接續使用 Boundary Conditions(邊界條件)模組中的

 (構建有限元素分析模型)圖像功能，並在其對話框勾選 Geometry Based Analysis Only(分析只以模型幾何為基礎)選項，因接觸元素的自動建立是以模型幾何與元素網格數目為依據，而非完全依隨後建立的元素網格或節點為基礎，而未勾選此選項，接觸元素亦可以建立，只是在有限元素分析模型的元素網格及邊界設定，如有時以幾何尺寸為基礎、如有時以元素節點為依據，極容易造成模型建立的混淆，所以建議使用者，在進行接觸分析時，盡量以相同基礎來構建分析模型，至於分析模型建立的種類與區別，使用者可參考 I-DEAS Finite Element Modeling User's Guide 或電腦輔助設計雜誌第 165 期 I-DEAS 有限元素法中的元素網格構建模式與功能介紹一文。

以接觸分析在 I-DEAS 系統而言，其接觸分析的功能選項設定，大部分是以一般靜態分析的設定為基礎步驟，只是其中必須再額外進行接觸分析的功能設定，如：接觸集合設定、接觸元素預覽、接觸條件集合選項中加入邊界條件集合、輸出選項設定與計算參數設定等功能，其流程大致可如圖 4.所示(圖中以英文表示的項目，為 I-DEAS Simulation 中的工作模組)

，在當分析模型的幾何實體模型建立完成與確定建立有限元素分析模型型態後，使用者可在 Boundary Condition 工作模型開始進行接觸分析集合的設定，在

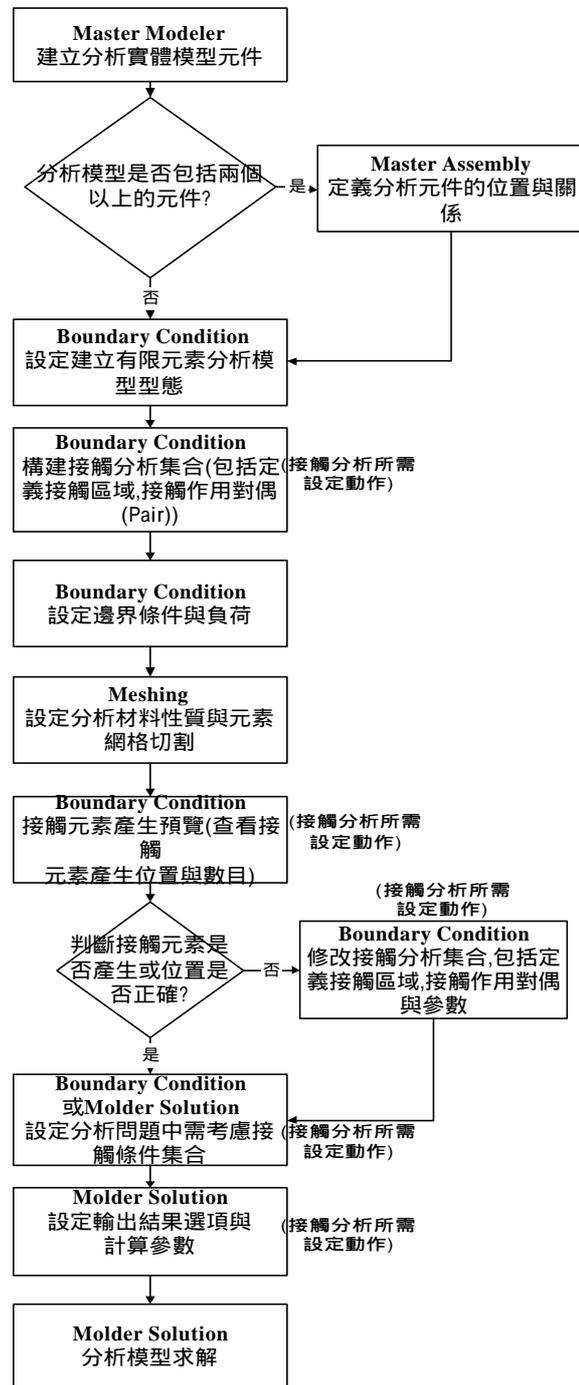


圖 4. I-DEAS 接觸分析模型的設定流程

此中需進行的工作包括：可能或欲考量接觸區域的選定、接觸分析對偶(Pair)的設定(因為接觸條件的進行為兩個不相連卻可能相互碰觸的兩個區域，所以需指

定哪兩個區域為其相對應的接觸區域、摩擦係數的設定與接觸對偶的搜尋距離(因當指定兩個不同名稱及區域的為接觸對偶時，尚需指定一個搜尋距離，I-DEAS 系統方才可在兩區域之間以小於或等於的距離自動來產生接觸元素)，接續進行邊界、負荷、材質等條件設定與產生元素網格後，再回到接觸條件的設定對話框中，即可預覽其接觸元素產生的位置與數目；在 I-DEAS 系統中的接觸元素的產生是由系統自動產生，而直接應用於分析計算中，但使用者可根據接觸條件設定對話框中的預覽功能，來判斷接觸元素在分析計算中的產生，是否為使用者所預期的狀況，或者因為之前的設定有所問題，而未能正確產生。

當接觸元素預覽無誤後，則需在邊界條件集合中，選取接觸條件集合，設定在進行計算時需考慮接觸條件，若無選取接觸條件集合，則在進行計算時，系統僅能以一般的靜態問題來處理，而與接觸分析無關；當使用者進入 Molder Solution 工作模型時，尚可設定計算結果的輸出選項及計算參數或疊代次數等選項。

## 接觸分析條件設定

當在 Boundary Condition 工作模組進行建立有限元素分析模型型態設定後，選取  (定義分析模型的接觸條件) 圖像功能，即開始正式進行分析模型中的接觸元素及其相關性質的設定，當按下此圖像時即會出現如圖 5. 所示的對話框，其中有兩個選項分別為摩擦係數與整體搜尋(Global Search)距離設定，此處的摩擦係數為庫倫(Coulomb)摩擦，可依實際狀況給定，但若有無設定摩擦係數與負荷條件的接觸分析狀況，對於疊代計算時間與次數都會有相當的影響；使用者在按下圖 5. 中的預覽(Preview) 鍵後，I-DEAS 系統會自動將定義的接觸面間的接觸元素位置與數量，分別顯示於圖形與提示視窗中，接觸元素與一般元素的在 I-DEAS 系統顯示型態為如圖 6. 所示。(使用者必須完成接觸條件設定與元素網格切割後，此功能方有作用)。

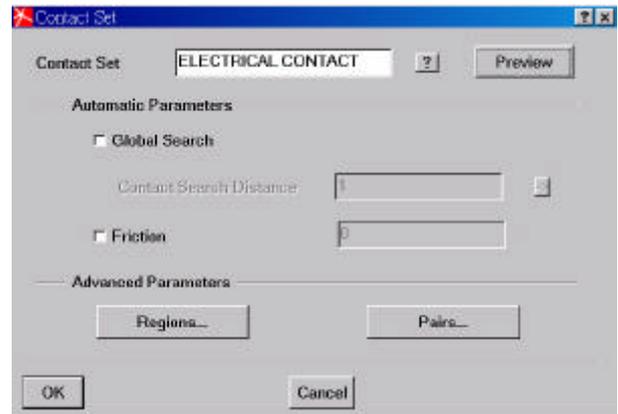


圖 5. 接觸分析功能設定對話框

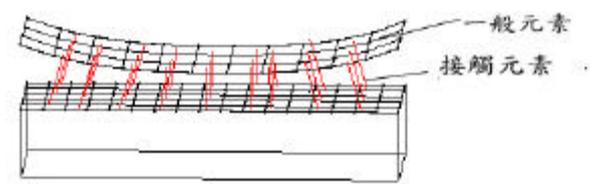


圖 6. I-DEAS 系統中的接觸元素顯示形式

在接觸分析模型中，使用者所必須定義的兩個動作分別為分析模型接觸區域(Regions)與對偶(Pairs)關係設定，當按下圖 5. 中的 Regions 鍵後隨後會出現如圖 7. 所示的對話框，使用者可在此對話框中，可進行分析模型中的接觸區域選取、命名及刪除等工作；在本範例中分別選取上下兩接觸區域如圖 8. 及 9. 所示，且分別命名兩接觸區域為 MOVING CONTACT、STATIONARY CONTACT，當接觸區域選定完畢後，使用者可以發現在元件選取接觸區域均會有黃色  符號，此即代表該區域已設定為接觸作用定義區域。

回到圖 5. 所示的對話框，再按下 Pairs 鍵後，隨即會出現如圖 10. 的 Contact Pair 功能對話框，使用者可在此對話框中，依之前所選取並定義命名的接觸區域，設定其接觸關係，如任兩殼元素區域、任兩實體元素區域或任一殼元素區域及實體元素區域為一接觸對偶關係，並設定局部接觸對偶的摩擦係數與其接觸元素產生的局部搜尋距離；在此對話框中，使用者可根據分析模型需要，在此設定一組或多組接觸對偶。

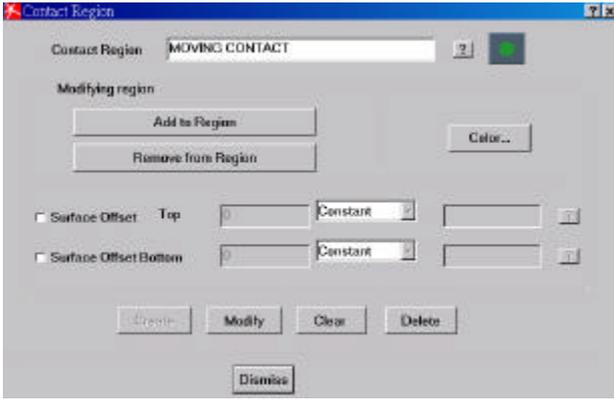


圖 7. Contact Region 功能對話框

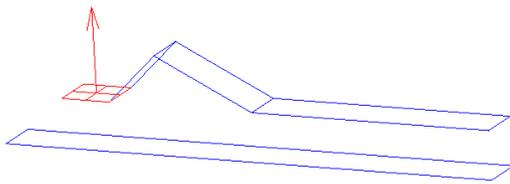


圖 8. 接觸對偶中的 MOVING CONTACT(上方元件)

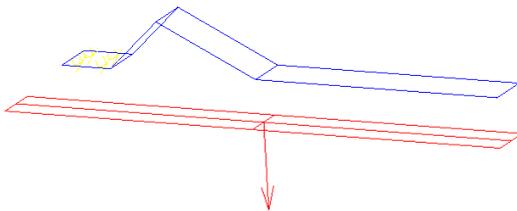


圖 9. 接觸對偶中的 STATIONARY CONTACT(下方元件)

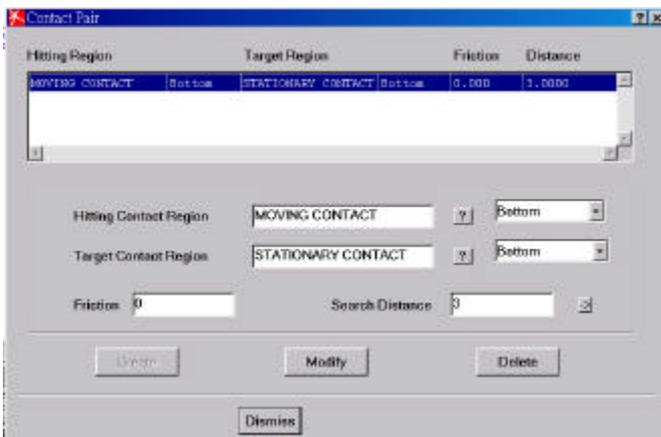


圖 10. Contact Pair 功能對話框

在此需特別提出的須注意地方是：在定義兩曲面的接觸對偶關係時，指定區域為殼元素網格，需注意殼元素有頂、底面之區別，換言之；在定義兩接觸殼元素網格時需要合理的上下對應，即是 I-DEAS 系統並無法在殼元素網格產生區域幫使用者自動去判別殼元素的底面(bottom)或者頂面(top)何者為接觸作用面，所以需在此對話框中將此關係設定正確，否則 I-DEAS 系統可能無法自動產生接觸元素於此接觸對偶中。如以本範例而言，因為此分析模型所採用的元素為殼元素，所以必須特別考慮此點，當點選圖 10.對話框中的接觸對偶設定選項時，圖形視窗中如.的元件會出現箭頭圖形如圖 8.或圖 9.所示，圖中的箭頭所指方向代表該處的殼元素的頂面方向，而從圖 8.與圖 9.的箭頭判斷，其接觸元素對偶應該指定成為兩區域殼元素的底面為其接觸作用範圍，所以在圖 10.對話框中，選定兩個 Moving Contact 與 Stationary Contact 兩接觸作用面則皆設定為 Bottom；而在預設定接觸區域兩者皆為實體元素時，則不用考慮接觸作用區域的頂面或底面，但如接觸作用區域其中之一為殼元素區域時，則必須指定接觸作用面的方向，如此 I-DEAS 方能正確的自動產生接觸元素於此接觸對偶中。

此外在圖 5.與圖 10.中均有搜尋距離選項，圖 5.中的為 Global Search，圖 10.為 Search Distance，使用者可將其兩個接觸對偶搜尋距離分別視為整體與局部，在此建議使用者在設定接觸對偶的搜尋距離選項時，可盡量使用圖 10.的局部搜尋距離，否則如有殼元素區域為接觸對偶時，使用整體搜尋距離，作為 I-DEAS 系統產生接觸元素的距離，偶會發生無法產生接觸元素的狀況產生。

如教學範例上所示步驟，進行邊界條件與負荷的設定，而在本範例中除了兩元件右端給於完全固定外，在上方元件轉角處，亦須給定一向下 3mm 的位移拘束量，其邊界條件與拘束條件設定如圖 11.所示

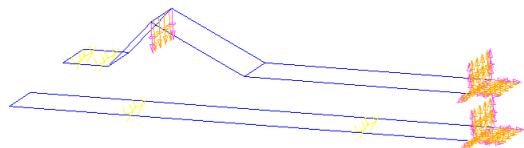


圖 11. 相機閃光燈接觸分析模型之邊界條件設定

將工作模組轉換至 Meshing，材料性質勿須設定，採預設材質 GENERIC\_ISOTROPIC\_STEEL，使用四邊形四節點殼元素厚度設定為 0.15mm，元素長度設為 0.5mm，I-DEAS 則可自動產生元素網格如圖 12.所示，

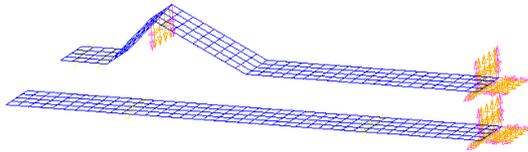


圖 12. 分析模型元素網格與邊界條件

再將工作模組轉換至 Boundary Condition，使用者

再按下  (定義分析模型的接觸條件) 圖像功能，在圖 5.所示接觸條件分析功能設定對話框的右上角處，再按下 Preview 鍵，I-DEAS 系統即會依之前所設定的接觸條件，顯示接觸元素作用的位置，如圖 13.所示，如果按下 Preview 鍵後，圖形視窗未顯示接觸元素，或訊息視窗產生接觸元素數目為 0.，此時使用者即需要檢查接觸條件的相關設定有無問題，尤其是在接觸對偶中的殼元素區域接觸作用面方向。

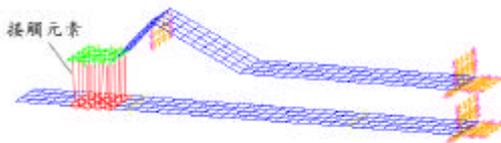


圖 13. 接觸分析模型元素網格與接觸元素作用區域

接觸元素是一種暫態(Transient)元素，它是在兩元素面之間建立的，預覽功能只提供顯示參考，當使用者離開預覽功能，其接觸元素亦會消失，但再進行接觸分析時，I-DEAS 會自動建立接觸元素，所以使用者只要再接再觸分析中，進行適當的設定，即可進行接觸分析，接觸元素在 I-DEAS 所提供的輔助文件資料-元素庫(Element Library)並沒有如其他的元素一般，有詳細的說明，這點是比較遺憾的。

當接觸元素預覽無誤後，選取  (邊界條件構

建) 圖像功能後，即會出現如圖 14.所示的邊界條件集合對話框，此對話框的主要功能是提供在同一分析模型中，使用者可設定多組的邊界、負荷、接觸、溫度、自由度等等..的設定條件集合，加以任意搭配計算；但也因為如此，雖然接觸條件設定或預覽接觸元素皆已設定完畢，如果在此對話框中，未選取 Contact Set 為計算條件，則在本範例中的分析結果，也僅是上元件受一拘束條件作用而向下變形的鋼片變形分析，至於下元件就不會有因上元件的變形，而有接觸作用影響，而僅是單一元件的靜態分析而已，此點需要特別注意。然而在此某些分析問題中，使用者在同一分析模型中，可在此處的選取設定，分別考慮有無接觸分析條件對於分析結果的影響與差別。

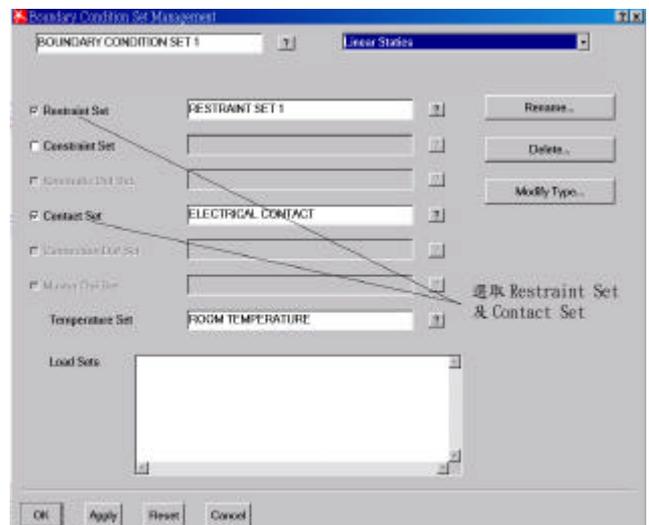
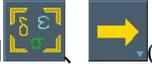


圖 14.邊界條件集合功能對話框

當以上相關於接觸分析的設定都進行無誤後，使用者在進入 Molder Solution 開始求解之前，還需對於分析計算條件與輸出結果進行設定，如果使用者不對此處進行設定，I-DEAS 系統亦會依據預設值進行計算與結果輸出，因為接觸分析是一種需要反覆疊代計算的非線性問題，雖然 I-DEAS 系統將大部分的計算與設定功能皆隱含於系統中，但使用者如果清楚其計算參數的設定，不僅可以有效的獲得精確的計算結果，亦可省去大量的計算時間以及不必要的錯誤嘗試，此方面功能說明，因篇幅關係，將以另文介紹之。

當使用者按下  (執行及選項設定) 圖像功能，

開始進行計算後，經過圖形轉換，螢幕上會出現 Sparse Matrix Solver Monitor 及 Contact Analysis Convergence Monition 兩個監視器，分別對於疊代計算中的計算狀況及疊代收斂狀況進行監視，使用者可以透過這兩個監視器，了解目前計算的進行程度，如果計算過程沒有錯誤發生，最後在 Post Processing 工作模組下，使用  (計算結果選擇與執行計算結果顯示) 兩個圖像功能，就可以得到如圖 15.所示接觸分析數值結果。

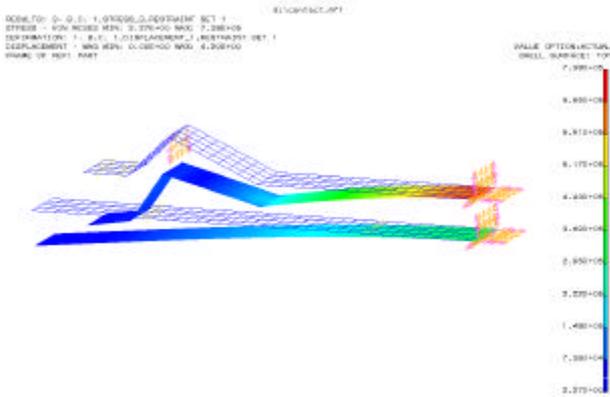


圖 15. 相機閃光燈元件接觸分析數值結果

### I-DEAS 所提供的接觸分析演算法

在 I-DEAS 所使用的接觸分析，是利用面與面的運動方程式來描述兩接觸面的相對運動；其假設接觸對偶上的移動面 (hitting surface) 與目標面 (Target surface) 上的兩點的移動，可如圖 16. 示，則移動面上的單位向量  $e_1$ 、 $e_2$ 、 $e_3$  假設架構在卡式座標上， $e_1$ 、 $e_2$  兩單位向量分別相切於移動面， $e_3$  為垂直移動面上的一法線向量，在此令  $e_3$  為  $n$ ，因此兩個面上的穿透距離  $p$  可以表示成為(兩接觸面的分開穿透距離在此令為負號)

$$p = p_0 + (u_H - u_T) \cdot n \quad (1)$$

其中：

$p_0$  為在幾何模型上的起始穿透距離 (initial penetration)  
 $u_H$ 、 $u_T$  分別為移動點及目標點位移向量

在兩個平面間的法線方向接觸限制必須滿足以下條件：

$$p \leq 0 \quad (2)$$

$$t_n = -n \cdot t \geq 0 \quad (3)$$

$$t_n p = 0 \quad (4)$$

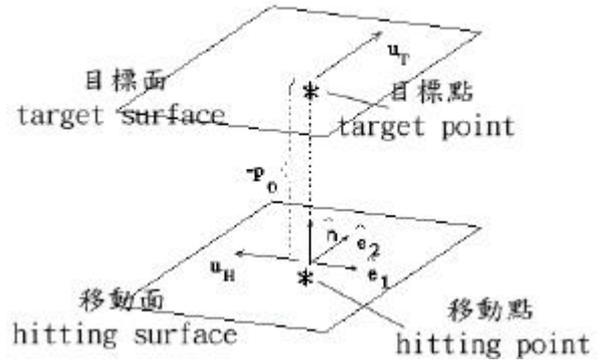


圖 16. 接觸對偶面示意圖

其中：

$t_n$  為接觸壓力，為表面力 (surface traction) 上之負的法線分量

在(2)式中所表示的意義為移動面與目標面接觸不能大於零，或者可說是兩曲面之間不能相互貫穿；(3)式表示接觸壓力不能小於零，或者是變成拉力狀態；(4)式所包含的條件可視為：

$$p = 0 \text{ if } t \geq 0 \text{ 及 } t_n = 0 \text{ if } p \leq 0 \quad (5)$$

I-DEAS 的接觸分析中，是根據以上的限制條件來修改邊界條件進行求解的，因此穿透值在接觸面上的自由度可表示為：

$$p = p_0 + \left\{ \sum_{i=1}^{nH} N_H^i u_H^i - \sum_{j=1}^{nT} N_T^j u_T^j \right\} \quad (6)$$

其中：

$N_H^i$  為移動面 (Hitting Face) 之  $i$  節點上的內插函數

$N_T^j$  為目標面 (Target Face) 之  $j$  節點上的內插函數

$u_H^i$  和  $u_T^j$  分別為移動面與目標面上之節點位移

定義兩接觸面上接觸元素位移為  $\{u\}$ ，可寫成：

$$p = p_0 + [q_n] \begin{Bmatrix} u_M \\ u_T \end{Bmatrix} \quad (7)$$

其中行向量  $[q_n]$  為表示內插函數乘以曲面法線向量，相同的；切線方向的滑動也可表示成為：

$$\Delta x = x_0 + [q_t] \begin{Bmatrix} u_M \\ u_T \end{Bmatrix} \quad (8)$$

對於所有的接觸元素，(7)(8)兩式可寫成矩陣型式，如下所示：

$$\{p\} = [Q_n]\{U\} + \{P_0\} \quad (9)$$

$$\{\Delta^x\} = [Q_t]\{U\} + \{x_0\} \quad (10)$$

在經過整理後，加強拉氏位能函數 (Lagrangian potential function) 可表示為：

$$\Pi = \frac{1}{2}\{U\}^T [K]\{U\} - \{U\}^T \{F\} + \{T_n\}^T ([Q_n]\{U\} + \{p_0\}) + \frac{1}{2}([Q_n]\{U\} + \{p_0\})^T [e_n][Q_n]\{U\} + \{p_0\} \quad (11)$$

其中  $\{T_n\}$  為在接觸點上的未知法線面力向量， $[e_n]$  為罰數 (Penalty Numbers) 的對角矩陣；對(11)式的位移求導數，並令法線面力皆為零，因此可得到在接觸分析中的有限元素法矩陣方程：

$$([K] + [Q_n]^T [e_n] [Q_n])\{U\} = \{F\} - [Q_n]^T \{T_n\} + [e_n]\{p_0\} \quad (12)$$

求解(12)式，可得到接觸壓力，並反覆疊代更新接觸壓力，直至滿足(2)(3)(4)式為止，即可求出正確的接觸壓力，並停止疊代計算。

以上為 I-DEAS 系統中在不考慮摩擦係數時的接觸分析演算法，但以上步驟亦可歸納成為以下幾個原則：

1. 使用運動方程式來描述兩接觸面的相對運動。
2. 邊界條件、平衡方程式與接觸限制為所求解的基本方程式。
3. 接觸問題的處理對象一般為物件或曲面，並可將運動及統御方程式轉換成為等效的有限元素矩陣方程式。
4. 組合矩陣方程式並求解。

I-DEAS 系統所使用的接觸分析方法稱為加強拉式 (Augmented Lagrangian) 法，其特色有：接觸發生定義在邊界、接觸區域可為殼元素或實體元素、接觸元素與接觸區域的元素不需要吻合、曲面與曲面之間的接觸亦可以使用節點至節點間隙 (Gap) 元素、起始間隙計算是依據實體幾何而非元素表面、非線性分析時不能使用調適負荷控制 (Adaptive Load Control) 與弧長 (Arc Length) 法。

此外用於商用軟體的接觸分析演算法還有限制法 (Constraint Method)，該種方法的優點是收斂非常穩定，但缺點是無法計算表面力或壓力，目前使用該演算法的有 MARC (參考 MSC.Marc Volume A-Theory and User Information Version 2001 Chapter 8.)。

## 接觸分析使用限制

I-DEAS 系統中的有限元素解處理器可以檢測出曲面至曲面的接觸、但無法檢測出曲面邊緣至曲面邊緣 (Edge) 或曲面至曲面邊緣的接觸狀況。另外，在接觸分析中支援實體元素或殼元素，但不支援樑、桿或軸對稱等等的一維元素。但卻可以加入節點至節點的一維間隙 (Gap) 元素在接觸分析中使用。

接觸分析除允許在線性靜態分析中使用外，在線性靜態 p 型元素分析與非線性靜態亦可使用。而在線性靜態分析中，接觸分析中只有小變形的結果是正確的，因在此種狀況中，分析結果的應力值已經超過材料降服強度，使用線性分析模式所得的結果是不正確的，如遇到此種狀況，則必須使用非線性模式來求解大變形的問題。另外在 I-DEAS 系統的接觸分析並不提供碰撞 (包括加速度) 此類的分析，如遭遇此類的問題，需以另外途徑處理，或可藉助 ABAQUS、LS-DYNA 此類的有限元素軟體進行分析。I-DEAS 系統的所提供接觸分析雖不能直接進行碰撞此類的接觸問題，但卻可直接在 I-DEAS 系統中將 ABAQUS 的輸入檔完全建立完畢，而直接交予 ABAQUS 來計算，即可獲得相當良好的收斂計算結果，I-DEAS 與 ABAQUS 的輸出入介面操作原理與介紹，將擬另文再述。

## 接觸分析的準確度

在了解 I-DEAS 系統在接觸分析上的操作流程設定、演算法與使用限制後，接續討論 I-DEAS 系統的接觸分析計算的準確性，此處參考 ABAQUS/Standard Example Problems Manual Ver.5.7 中 1.2.3 赫芝接觸問題中的三維模型標準範例與計算結果進行比較。

該範例手冊上提供一個三維接觸問題為 - 一彈性圓柱其半徑為 10in (254mm) 楊氏係數與普松比分別為  $30 \times 10^6 \text{ lb/in}^2$  (206GPa)、0.3，該彈性圓柱與一剛體接觸，無摩擦，且受 0.4in (10.16mm) 的向下垂直位移拘束，因此在彈性圓柱與剛體必須考慮接觸問題。使用 ABAQUS 執行該標準範例，其 Mises equivalent 應力計算結果如圖 17. 所示，且依其手冊上說明，該問題最大應力發生在柱體內部 (將先達到降服強度)，而非

在柱體表面，其最大應力值標準範例答案與計算所得皆為 $1.83 \times 10^6 \text{ lb/in}^2$  (11.583GPa)。

接續使用 I-DEAS 的接觸分析，依問題描述將該圓柱體分析模型並考慮等效邊界條件建構，其計算結果如圖 18.所示。其應力最大值为 $1.86 \times 10^6 \text{ lb/in}^2$ ，與 ABAQUS 計算結果比較，兩軟體執行結果相差約為 1.6%，不僅趨勢相同且計算結果亦幾乎與相差有限，所以可以斷定 I-DEAS 所提供的靜態接觸分析是極可信賴的。

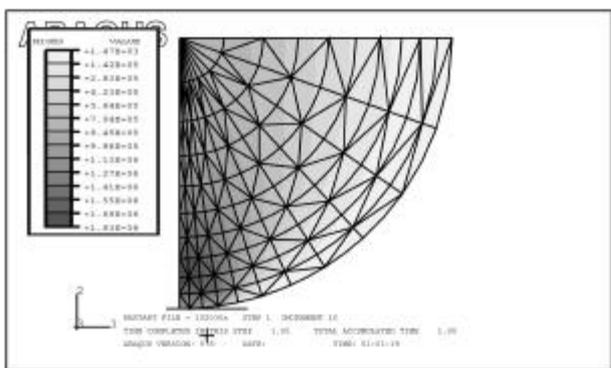


圖 17. ABAQUS Ver.5.8 範例 1.2.3 接觸問題執行結果(應力分布圖)

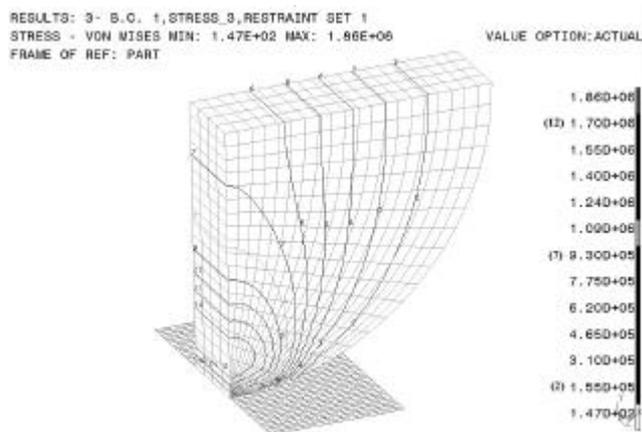


圖 18. I-DEAS 三維彈性圓柱接觸問題應力等高線圖

## 結論

本文對於 I-DEAS 系統中的接觸分析進行介紹，希望提供使用者在遭遇接觸問題時，能有效的利用 I-DEAS 來進行分析模擬，並經過實際範例操作與 I-DEAS 接觸計算演算法的了解，進而對接觸分析在實際模擬分析上，能有效且快速的解決問題。

I-DEAS 系統提供的接觸分析功能，在運用靜態

分析有其相當的準確度，但因為實際使用方式的考量，I-DEAS 的接觸分析大都運用在三維的模擬計算上，在某些二維或一維的簡化接觸問題，卻無法或困難進行計算，但也因此更便於實際三維工程問題在其整合性的環境下進行分析與模擬，嚴格的說，I-DEAS 並非是泛用型的有限元素分析軟體，而其有限元素分析僅為 I-DEAS 進行工程分析模擬的一個環節而已，所以在其有限元素分析的廣度與深度畢竟無法與 ABAQUS、MARC、ANSYS、NASTRAN 等泛用型有限軟體比擬，但其工程運用的整合性與便利性，卻又是其他軟體不容易達成的，使用者可以根據需求來選擇合適的分析工具，方能快速、準確的達成模擬或所欲計算目標。

至於有關於接觸分析所需使用，兩元件或多元件的有限元素模型建立、計算參數設定、計算結果輸出選項以及相關注意事項，將另文再介紹之。

註:

陳焜燦-中興大學應用數學系副教授

e-mail : ktchen@dragon.nchu.edu.tw

謝坤昌-中興大學應用數學研究所博士班研究生

e-mail : d8553003@mail.nchu.edu.tw

江林穎-啟德電子公司開發處工程師

e-mail : jhon@charder.com.tw