

Applications of 3D Modeling Software in Special Geometry Structure

3D 建模軟體於特殊幾何結構之應用

黃幼榮¹ 歐虹鈺² 張照俊³ 歐明成⁴

摘要

結構設計不僅限於一般建築、橋梁及土木結構，對於一些特殊幾何造型或是具作業空間需求之結構，以傳統二維方式作圖設計，有精度需求疑慮、缺乏全面性的考量且作圖過程繁雜等問題，本文案例為複雜幾何管件結構之臨時性治具設計案，具高精度安裝需求，故本文以機械工程及工業設計領域常用之 Solidworks 軟體為例進行建模介紹。

本文應用 Solidworks 之草圖約束、智慧型尺寸及工程圖功能，達到規劃直觀式的結構幾何設計及規劃作業空間之目的，方便設計中修改尺寸、檢討空間需求及生產設計圖說。且與業主間的溝通討論，能以 3D 模型為主，2D 圖面為輔，有助於直接點出重點及便於溝通討論，節省設計階段中圖說修正時間，亦能減少試作治具或實際施工時才發現的衝突並節省材料，近似於全生命週期規劃手段。以 Solidworks 輔助設計，尺寸能更加貼合管件，確保安裝精度、人員作業空間需求以及管件與治具間衝突檢核，甚至可檢討治具設計尺寸於吊裝時之可行性，更加全面性的考量設計內容，並減少設計作業時程。

關鍵詞：Solidworks、模型建置、衝突檢核、動作研究、零組件應用

一、前言

結構工程師接觸之結構形式多為建築與橋梁，主體結構大多為較規則之幾何外型，並以二維圖面方式呈現，衝突檢討也同樣在平面空間作業。但倘若遭遇不規則幾何或是特殊幾何結構時，必須繪製許多剖面圖及詳圖來輔助解釋設計理念，設計者及閱圖者都需勞心費神，且容易產生誤解，對於有高精度需求的鋼結構而言，以傳統方式檢討複雜幾何之風險甚高。

本案例為某既有管件結構物之治具設計案，其中包含臨時施工架及銲接作業平台，此治具需依附管件結構之幾何發展，而此管件結構外型幾何近似於三角錐體，由此可知無法將三角錐的任一邊定義於笛卡爾座標系(Cartesian coordinate system)的軸向上，若能以立體空間內之向量發展，幾何參數將簡化許多，因此選用 Solidworks 軟體進行模型建置，並在設計過程中檢討結構衝突，並以工程圖功能輔助產生二維設計圖，以降低設計誤差及施工過程之衝

突風險。

二、特殊幾何建模應用

業界常用之分析軟體或是繪圖軟體之操作方式大多是先建立好網格，以網格之任兩交點連線進行建模，如 SAP2000、ETABS、TEKLA 等軟體；或是先選取某點，再往某一方設定長度，以此建立基本線段，進而發展整體模型構架，如 AutoCAD 等軟體。

而 Solidworks 軟體之操作模式，在繪製草圖時大量使用約束及智慧型尺寸功能，來定義各線段間的關係以及尺寸，以固定整體構架之幾何尺寸，只要設定好各圖元間的約束關係，日後需要變更或調整設計時，整體尺寸都能一併修正，大幅減少修改圖面所需時間。

另一特點為，繪製基本草圖時，可依附於既有結構，以其為基礎直接於 3D 空間發展，不必再由平面繪圖角度重新思考與既有結構間的幾何關係，能提供更直觀的思考角度。

於圖 1 中，此右方紅色施工架即為依附於

¹林同棧工程顧問股份有限公司 結構部 結構工程師 (yujhuang@tylin.com.tw)

²林同棧工程顧問股份有限公司 結構部 結構工程師

³林同棧工程顧問股份有限公司 結構部 組長

⁴林同棧工程顧問股份有限公司 結構部 副理

灰色管件進行設計，在 Solidworks 中繪製草圖時，令紅色施工架幾何線形平行於灰色管件，並使用智慧型尺寸，定義出紅色施工架需距管件某一距離(如圖中之 1000mm)，以此設定人員於施工架上之作業空間。完成後之模型如圖 2 所示。

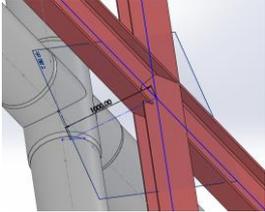


圖 1 依附建模示意

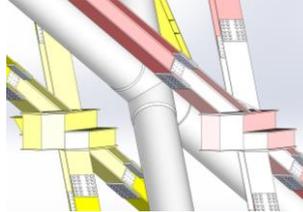


圖 2 治具及管件

另治具需要安裝於有斜率之結構體上，設置一平台可供工作人員於上方作業，且平台又會有另一方向管件的衝突時，將會有三個方向的控制因素影響治具設計，若以 Solidworks 建置模型，其功能可直接於管件模型繪製草圖，或是直接製作零件接合於管件本體上，亦可模擬現場安裝時的狀況，在設計階段即可避免衝突因素。若是後續需調整高度等尺寸變更，也能直接在模型中修改，初步檢核是否發生衝突以及預估修改幅度，如圖 3 所示。

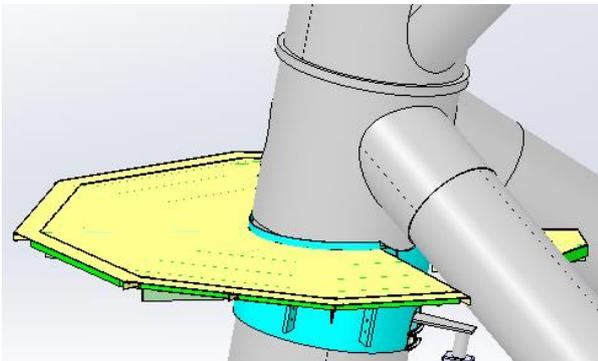


圖 3 治具與管件結合示意圖

三、零件、組零件及結合應用

Solidworks 起初是為機械領域所開發之 3D 模型軟體，即導入「零件」及「組零件」之觀念，對於同一結構，設計者可將所有構件全部建立於「零件」中，也可將各構件分別繪製為「零件」，再於「組零件」中，將各零件如積木般組合起來，端看設計者之建模習慣或設計成果需求等考量。

舉一單跨山形構架為例，如圖 4 所示，左圖為直接於單一零件內繪製整個山形構架，右圖則為將山形構架各梁柱桿件單獨繪製，並設定其接合點，再於組零件中進行結合。

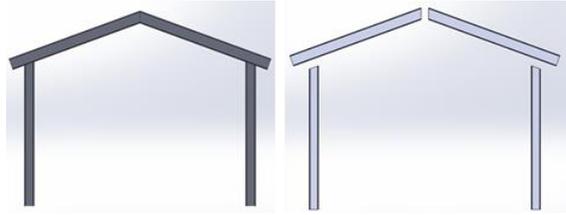


圖 4 單一零件及組零件

結合功能為將零件、組零件賦予特定條件之組合方式，例如兩零件間支點、線、面結合；兩零件間保持平行，並給定保持某一間距之限制等，且只要不束制所有自由度，在繪圖空間內可自由拖曳零件，檢視在不同位置、角度下，各零件間之關係，可提供多種組合方案作為設計參考。

如圖 5 所示為法蘭接頭零件，透過結合功能，設定條件使接頭可在 BOX 桿件上沿軸向移動，直接使用滑鼠在模型空間內自由拖曳，便可初步選定不會與其他桿件衝突之位置，並透過「碰撞偵測」功能，在拖曳過程中即可提出碰撞警示，直接標示出與其他物體衝突處。

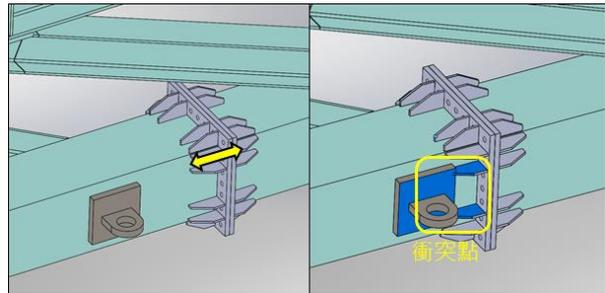


圖 5 零組件結合

四、吊裝規劃及過程中之動態衝突檢討

鋼結構多以現場吊裝方式進行安裝，如圖 6 所示。但如幾何不規則或是質量不規則之空間結構，難以一般方法計算其重心位置，增加吊裝規劃作業難度，且本案需進行高空鎖固作業，又提升了工安風險。此時 Solidworks 內之「物質特性」功能，可於模型內直觀的顯示出模型質心，並標示質心與各桿件之相對位置，提供吊裝廠商做為規劃吊裝點之參考，如圖 6 及圖 7 所示。

對於大型結構體對焊時，為求安裝精度，吊裝時會規劃引導板，若結構體無法正交於地平面時，引導板倒角尺寸與斜率的設計將面臨較多挑戰，使用軟體中「動作研究」功能，模擬治具吊裝時之路徑、檢討吊裝對接時的空間需求，並可直接顯示衝突點及發生時間點，如圖 8 及圖 9 所示，如此可減少設計者作業時間

及降低吊裝作業之工安風險。

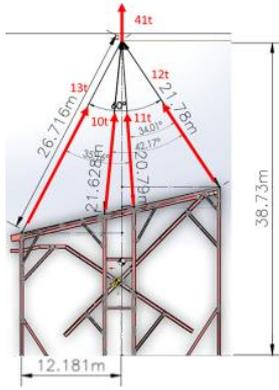
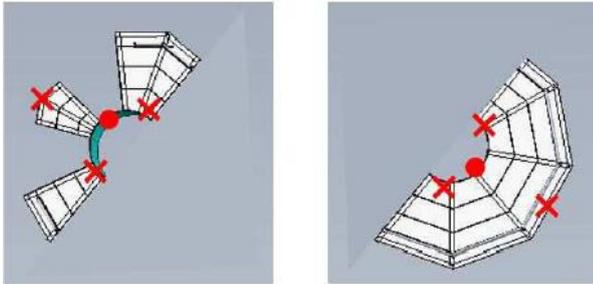


圖 6 吊裝示意圖



× : 吊耳位置 ● : 重心位置

圖 7 治具模型質量中心位置

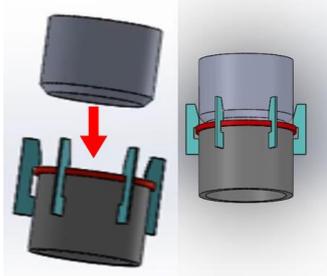


圖 8 治具與管件吊裝過程示意圖



圖 9 治具與管件吊裝過程之衝突檢核

五、工程圖

Solidworks 具工程圖功能，即為將繪製完成的 3D 模型，依設計或製造需求轉換為二維圖面，在此功能內可調整隱藏及可見零件，呈現構件之設計理念，可將模型之 3D 視角直接

轉換為二維線稿，亦可設定剖面、細部放大圖、進行自動尺寸標註，也可直接於工程圖中自動產生 BOM 表、套圖框等功能，不必再轉檔進 AutoCAD 中二次處理，若仍需要 AutoCAD 加工處理，也都支援相關格式之轉檔功能。需進行變更設計時，可直接修改模型，工程圖內所有已製作好的圖面及標註都將同步更新，不必再重新擷取剖面及標註尺寸，對於提升作業效率有相當大的幫助。

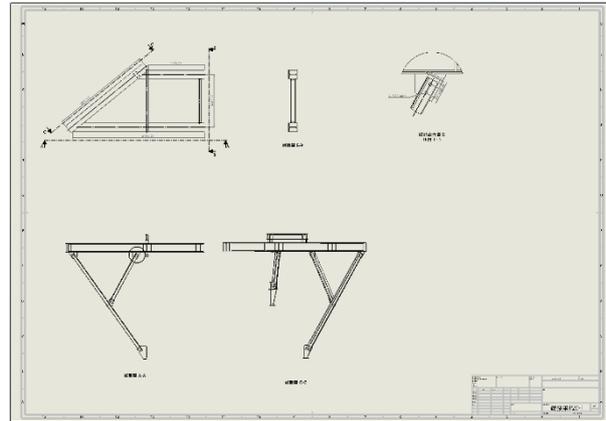


圖 10 工程圖

六、結論

對於特殊及複雜幾何之空間結構而言，雖仍能以傳統二維繪圖呈現，但使用 Solidworks 軟體操作直觀之 3D 建模功能，不僅能快速建立模型，並可利用零組件結合、質心標示、衝突檢核及工程圖等功能，多項作業直接合併於同一軟體內進行作業，在設計階段即可將施工、安裝階段可能遭遇之風險預先解決，節省反覆確認及協調之時間、避免缺失及提升設計品質。

七、參考文獻

1. Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp. 著，陳超祥、胡其登主編(2019)。Solidworks 零件與組合件培訓教材 2019 繁體中文版。
2. Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp. 著，陳超祥、胡其登主編(2019)。Solidworks 工程圖培訓教材 2019 繁體中文版。