

## 透過 BIM 模型輔助建築法規空間自動檢討-以樓梯為例

林晉宇<sup>1\*</sup>、吳柏毅<sup>2</sup>、蕭政宏<sup>3</sup>、林禮賢<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> 林同棧工程顧問股份有限公司, 研發工程師

<sup>4</sup> 林同棧工程顧問股份有限公司, 研發經理

jiylin@tylin.com.tw

### 一、研究目的

近幾年隨著建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)技術越發成熟,國內外公司已經大量投入 BIM 技術輔助設計,並積極地培養相關的人才[1]。透過三維空間的展示,可以快速找到發生衝突之元件以及所在之空間。然而設計的過程中,尚有許多看不見的衝突,亦稱為「軟碰撞」[2]。軟碰撞雖在空間中並未發生衝突,但因設計違反建築法規針對空間的規範,成為設計缺失。

陳志宏[3]提到一個案子在設計的過程中要檢討的法規條文相當多,若非受過專門訓練且有相當實務經驗者是無法勝任的,但即便是有經驗者,亦要投入大量時間進行檢討,且檢討結果未必能完美符合法規規範。

傳統針對法規空間檢討的方法不僅需要檢討人員具備相當實務經驗,更是消耗大量人力以及時間,本研究為解決此問題,結合了 Revit (現今主流 BIM 軟體)、Revit API 以及程式設計[4,5]技術開發兩個空間計算的演算法,並以樓梯淨高檢討為例,將不滿足法規空間規範的元件自動顯示,輔助設計者進行設計作業。

### 二、研究方法

傳統進行法規空間檢討時,會大量利用平立剖面進行,不僅費時也容易造成缺漏。Solihin 與 Eastman[6]提出了一套自動化法規檢討的方法,透過模型檔案格式轉換以及資料交換進行。本研究所開發之演算法是直接透過 Revit 模型進行點、線、面以及立體空間的計算,進而去判斷模型是否符合法規空間的規範。本研究共提出兩個演算法,分別為第一演算法以及第二演算法。

第一演算法可在空間中擷取任一平面並創建出以此平面為底面的任意長度為  $h$  之虛擬長方體空間,如圖 1.所示。其製作原理是計算該面的各個頂點後加上長度  $h$  乘以平面法向量的單位向量( $\hat{d}$ ),得到長方體的八個點座標,如圖 2.所示。任何出現在此虛擬空間內的元件,表示與此虛擬空間發生碰撞,演算法可針對這些碰撞進行識別,並將這些元件重點顯示出來。

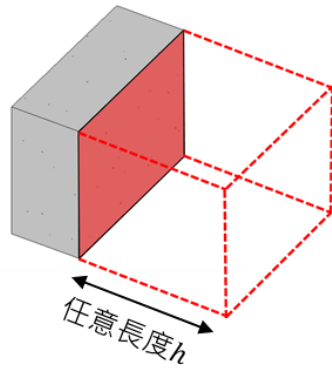


圖 1. 第一算法示意圖

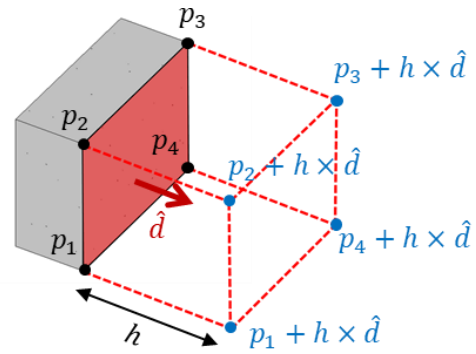


圖 2. 虛擬空間的八個座標

第二演算法主要是進行元件的查找，由給定的起始座標開始沿著給定的方向( $\hat{d}$ )進行元件查找，直到找到第一個元件為止，並可計算起始點距離目標元件的距離為何，如圖 3. 所示。若計算距離  $h$  不足需求長度或是法規規範，則程式將會自動判定屬於違反法規空間規範之設計，將其重點標示。以往透過程式處理元件與點座標的距離的時候，會因為元件的基準座標與表面投影座標不同，導致距離計算出現問題，但第二演算法克服了這個問題，針對元件的表面進行投影並計算距離，如圖 4. 所示，可直接避免產生錯誤。

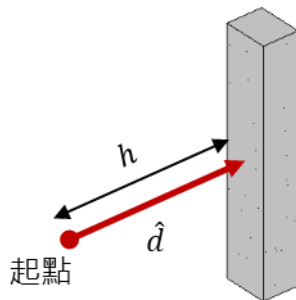


圖 3. 第二演算法元件查找示意圖

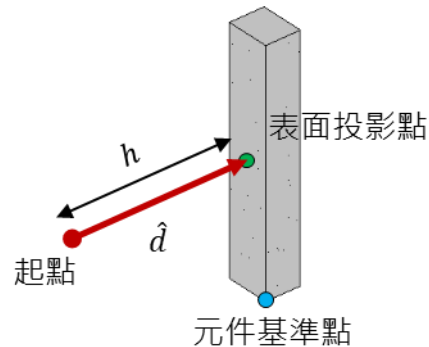


圖 4. 表面點座標與元件座標差異

此二由本研究所開發之演算法，可於 Revit 模型中直接處理點、線、面以及空間的計算，兩個演算法各自處理不同的情境以及需求，後續透過一些程式設計及介面設計便可滿足法規空間自動檢討之需求。本研究以實務上設計常見之法規空間檢討項目「樓梯淨高檢討」為例，解決過往需耗費大量時間以及人力且不見得滿足法規空間規範之問題。

### 三、研究內容

樓梯淨高檢討主要針對每面踏面上方是否有足夠的空間高度提供給使用者通行，實務上檢討通常包含兩種狀況。第一種狀況為其他元件造成樓梯踏面上方空間高度不足，例如機電管線、結構梁以及結構樓板等。第二種情況則是樓梯自身上方梯段空間高度不足，越複雜的樓梯越容易造成此問題，然而複雜的樓梯用傳統方式檢討十分不易。

本研究利用所提之兩個演算法進行自動化樓梯淨高檢討，透過第一演算法擷取每一個樓梯的踏面，並在每一個踏面上方建立各自的虛擬空間，如圖 5. 所示，每個虛擬空間之高度  $h$  即為法規規定最小淨高。依據第二章節研究方法所提，若有元件與虛擬空間發生碰撞，即為淨高不足，程式也可將造成淨高不足之元件重點顯示出來，如圖 6. 所示，輔助設計單位識別淨高不足之元件，進行修正。

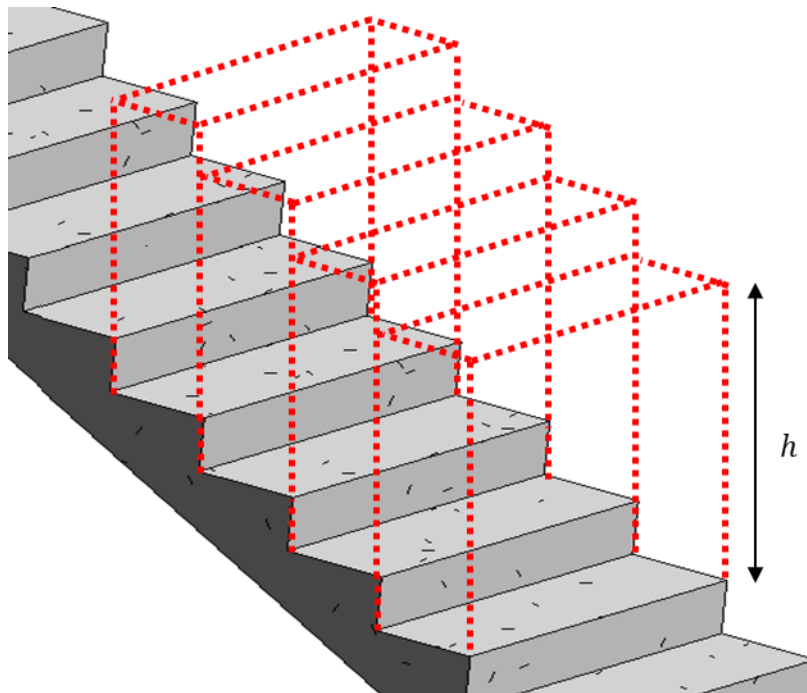


圖 5. 利用第一演算法將每一個樓梯踏面建立虛擬空間

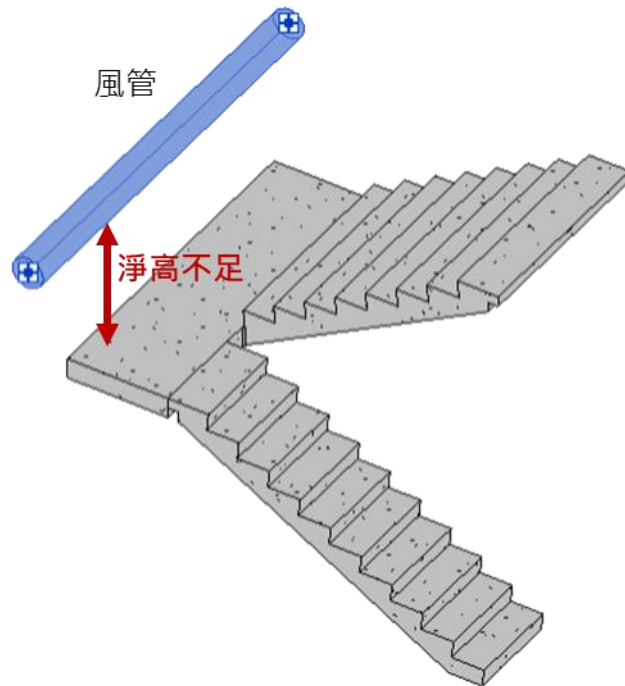


圖 6. 淨高不足之元件會重點顯示出來

當進行樓梯自身淨高檢討時，需由踏面往上去檢討空間是否充足，故給定垂直向上之向量 $\vec{d}$ ，並透過第二演算法擷取每踏面之頂點以及中點座標做為起點往上尋找最靠近的樓梯面，計算其距離，如圖 7.所示。找到上方樓梯面後，計算踏面與上方樓梯面之距離  $h$ ，若  $h$  小於需求或是法規空間規範，則顯示不滿足法規空間規範之元件識別碼(ID)如圖 8.所示。

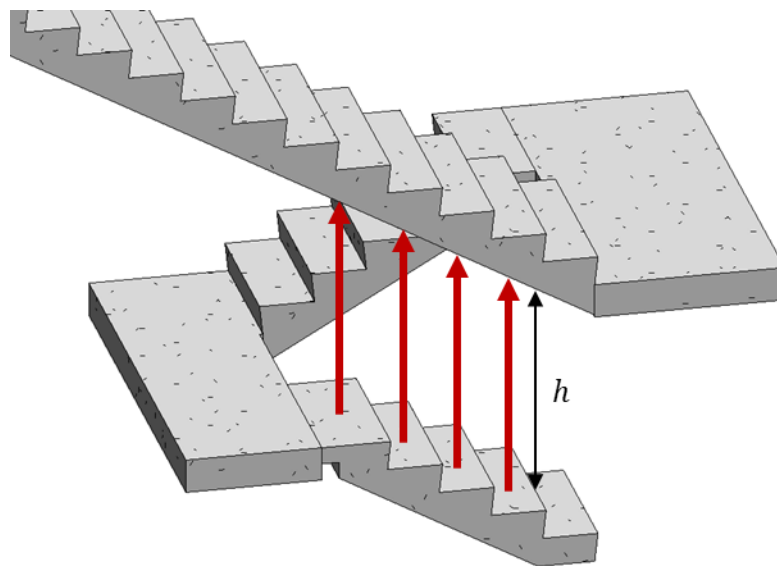


圖 7. 第二演算法應用於樓梯示意圖

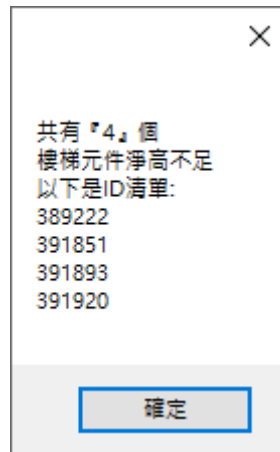


圖 8.將不滿足規範之元件 ID 顯示

透過本研究所提之做法，傳統費時費力且易造成缺失的樓梯淨高檢討作業被大幅度的改善，以快速且精確地方式找出不符合法規空間規範的元件並重點顯示，以協助設計單位完成檢討作業。

#### 四、結論以及後續研究

建築法規空間的檢討於工程實務上一直是個相當沉重的成本，傳統的做法需要透過大量的平立剖面進行，不僅費時費力更是容易發生缺漏。近幾年儘管導入了 BIM 技術，然以現有的功能及技術亦無法以 3D 模型直接檢討，仍需建置相關平立剖面進行。

本研究所提之兩個演算法，可於 Revit 模型中直接處理點、線、面以及空間的計算，突破現有技術瓶頸，並實際以樓梯淨高檢討為例進行，其成果相較於傳統做法，大幅降低所需時間及人力並提升檢核精確度，由此可見透過本研究所提之演算法進行自動化檢討所帶來的效益之大。

後續研究分為兩部分，其一為強化兩個所提之演算法，期望能以更複雜的形式滿足各式需求及建築法規空間之規範。其二為將所提之演算法應用於不同項目之自動化檢核，如逃生路線、消防設備設置位置以及車道淨高檢討等。

## 參考文獻

- [1] 內政部建築研究所委託研究報告，2020，「建築資訊模型 BIM 應用推廣及宣導計畫」，內政部建築研究所，新北。
- [2] 張家安，2017，「BIM 軟碰撞衝突檢查應用於營建檢討流程之研究」，碩士論文，逢甲大學，建築碩士學位學程，台中。
- [3] 陳志宏，1992，「專家系統應用在住宅規劃階段建築法規檢討之研究」，碩士論文，國立成功大學，建築(工程)研究所，台南。
- [4] 歐透克軟件研發有限公司，2015，Autodesk Revit 二次開發基礎教程，上海市同濟大學出版社。
- [5] 蔡文龍，2017，「Visual C# 2017 程式設計經典」，台北市碁峰圖書出版社。
- [6] W. Solihin., C. Eastman., “Classification of rules for automated BIM rule checking development,” Automation in Construction, Vol. 53, pp. 69-82.