

BIM應用於機電系統工序模擬與檢討之研究

*李皓妤 (Hao-Yu Lee)

國立臺北科技大學土木與防災研究所
碩士研究生

林祐正(Yu-Cheng Lin)

國立台北科技大學土木與防災研究所
教授

摘要

本研究藉由建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM) 在施工階段依據建築結構物型態的不同，運用建築BIM模型模擬現場環境，預先規劃機電系統施工順序。藉由案例導入建置機電BIM模型模擬工序拆解圖，針對複雜和關鍵工序進行機電BIM模型建立。探討如何有效運用機電BIM模型整合施工工序，提高施工作業順序之合理性與準確性，以減少施工現場工序發生混亂等情況產生。本研究亦可提供未來業界導入施工應用參考，規劃工序進行避免各系統在作業過程互相影響，在工程實際施工遭遇問題前，先予以防範或是作損害控制。

關鍵詞：建築資訊模型(BIM)、捷運機電系統、工序模擬

The Application of BIM-based Construction Sequence Simulation and Review for Electrical and Mechanical System in Construction

Abstract

This study uses Building Information Modeling(BIM) to simulate the on-site environment during the construction phase, pre-plan the construction sequence of electromechanical systems, and build process disassembly diagrams for complex and critical processes. Discuss how to effectively use the mechanical and electrical BIM model to integrate the construction process, improve the rationality and accuracy of the construction operation sequence, and reduce the confusion of the construction site process. The planning process is carried out to avoid the mutual influence of various systems during the operation process, and prevention or damage control is carried out before problems are encountered in the actual construction of the project.

Keywords : Building Information Modeling (BIM), MRT MEP systems, Construction Sequence Simulation

一、研究動機與目的

捷運機電系統各項圖說均依提送業主審查核可進行施作，工程進行過程中雖經過各單位層層把關，但有些潛在問題均係機電廠商施工前無法發現，於施工進行中發現施工工序有問題時，是前期設計規劃疏漏，抑或是施工單位認知不同，導致現場無法施作，又或是實際施作完成，但驗收時卻發現工法錯誤，導致驗收不合格，等等諸多問題皆無法於施作當時及時釐清。處理過程中發生糾紛時，各工項負責人依據各自工程經驗進行討論，尋求解決辦法達成共識，經常需要不斷開會進行檢討，若土建進度落後完成，隨後機電廠商進場施工，工期壓縮匆促，容易導致施工品質不完善及施工成本增加，進而影響施工可行性之判斷。

故，本研究之主要目的為，於現場實際施作前即提前發現施工問題及工序調整，避免發生系統間衝突及重工之情況，本研究即是擬以BIM模型於捷運機電各子系統，在開始進場安裝前之應用可行性分析。採用BIM技術於施工中對工序流程及驗收結果極為重要，在建模過程中熟悉設計圖紙，明確瞭解工序建置重點，針對複雜和關鍵工序進行機電BIM模型建立，在圖紙審查過程中，通過與相關人員溝通，更加直觀地瞭解驗收要求，將以往2D平面構件以模型方式展示，並且實現按步驟組裝的講解，順帶也提高了工程人員的專業技術能力，可有效減少後期的溝通工作。此外，在現場驗收過程中借助圖紙及BIM模型比對，可有效地輔助驗收工作，並保質保量地完成工程質量控制，也保障成果的正確性。

二、文獻回顧

BIM是指一項技術，它在建築設施的整個生命週期中用於支援決策和共享知識資源，數位化建築模型其主要功能在於資訊化的有效管理和應用(謝尚賢,2013)。

利用3D模型結合施工時程的模擬稱之為4D施工模擬，並能與施工工項所搭配運用，對控制工期及節省成本上有很大的助益(黃懷德,2012)。而4D模擬也可運用在工序檢討、施工可行性上，利用截圖與文字敘述展示成果交付，擬定施工方法，解決應用目標解釋不明確之處，解決現況無法明確制定交付成果，以及只使用以動畫形式的模擬(陳信佑,2019)。建置BIM模型以物件導向及視覺化呈現，確認電纜槽架纜線佈放路徑有足夠施作空間，並整合機電系統設備與管線，運用模型模擬檢討工序安裝工法，減少後續施工階段設計變更及降低重新施作機率(林文進、張棟梁,2013)。通過BIM模型模擬閉路電視攝影機視圖，檢視攝影機的覆蓋範圍，降低與其他系統的設計衝突，輔助設計施工減少攝影機所需安裝和調整的時間，有效提高施工效率(Chen et al,2013)。在虛擬空間模擬施工過程，擬定前置作業以此檢視複雜系統規劃工序，可減少錯誤變更達到跨專業整合與溝通管理之成效(邱惠君,2021)。

綜合文獻發現，以往文獻較少有探討機電工序建置之研究，以土建與機電介面檢討與機電管線設備衝突檢討居多，因此本研究將以此為主題進行研究。

三、研究內容

本研究之工序模擬檢討定義為，使用3D靜態模型展示模型構建，並無加入描述時程變化之時間軸與4D排成軟體展示施工模擬工序，主要應用3D靜態模型實現按步驟組裝與重點工項建置，協助優化施工方案選擇。

3.1 機電系統工序模擬與檢討問題說明

捷運工程因為是統包工程，設計階段、施工階段在工程進行中總是同時並行，各車站於施工進行中會遭遇機電設備增設與移動等問題，傳統圖說因圖說無連動性，需仰賴人工逐步修改，容易造成圖說平、剖、立面空間不符，導致規劃施工工序與現況有落差。傳統工序檢討，施工廠商須提案審查施工方案規劃與評估，藉由圖紙繪製再到施工協調會議，檢討方式時間過於冗長，並且圖紙化的檢討方式存有人為解讀不一的風險，依靠人為自行想像建物樣貌規劃施工工序，容易導致施工工法錯誤。

3.2 機電系統工序模擬與檢討需求探討

捷運機電系統其子系統眾多，因施工範圍包含各式機房與各樓層設備區域，在施工過程中各子系統彼此交互影響，由於各設備分散於各樓層，設備與設備間串聯必須藉由各種形式電纜槽與各式管線連接，因工程承攬契約採分包採購分項施工，其施工順序就極為重要，故，施工進行中在同一空間內同時會有各類系統同時進行作業，在現有的空間如何規劃工序進行，避免各系統在作業過程中互相影響施工作業為本研究重點。

本研究探討施工階段協調各捷運機電系統與系統間各工項相互作業關係，及如何應用BIM模型輔助機電系統各構件組立佈置工序，於施工工序作業中導入BIM技術之方式，改善傳統施工工序之進行流程，利用BIM模型3D視覺化的技術直觀瞭解施工環境樣貌，透過模型於施工前精準針對結構物樣貌規劃符合現場施工工序，避免施工現況與圖面不一的情形，有效縮短工期，大幅降低人力及施工時間等成本。利用BIM模型模擬輔助施工方案選擇，針對假設性工程提出精確性較高的施工方案，供審查單位規劃與評估，提高成果之正確性。

3.3 機電系統工序模擬研究流程

為了使專案在工程中順利執行，於施工階段依據施工需求建置BIM工序模型，本研究導入流程，如下圖1所示，進行施工排序之規劃，再逐步規劃機電工程各系統施作順序和工法，進行工序模擬與檢討。

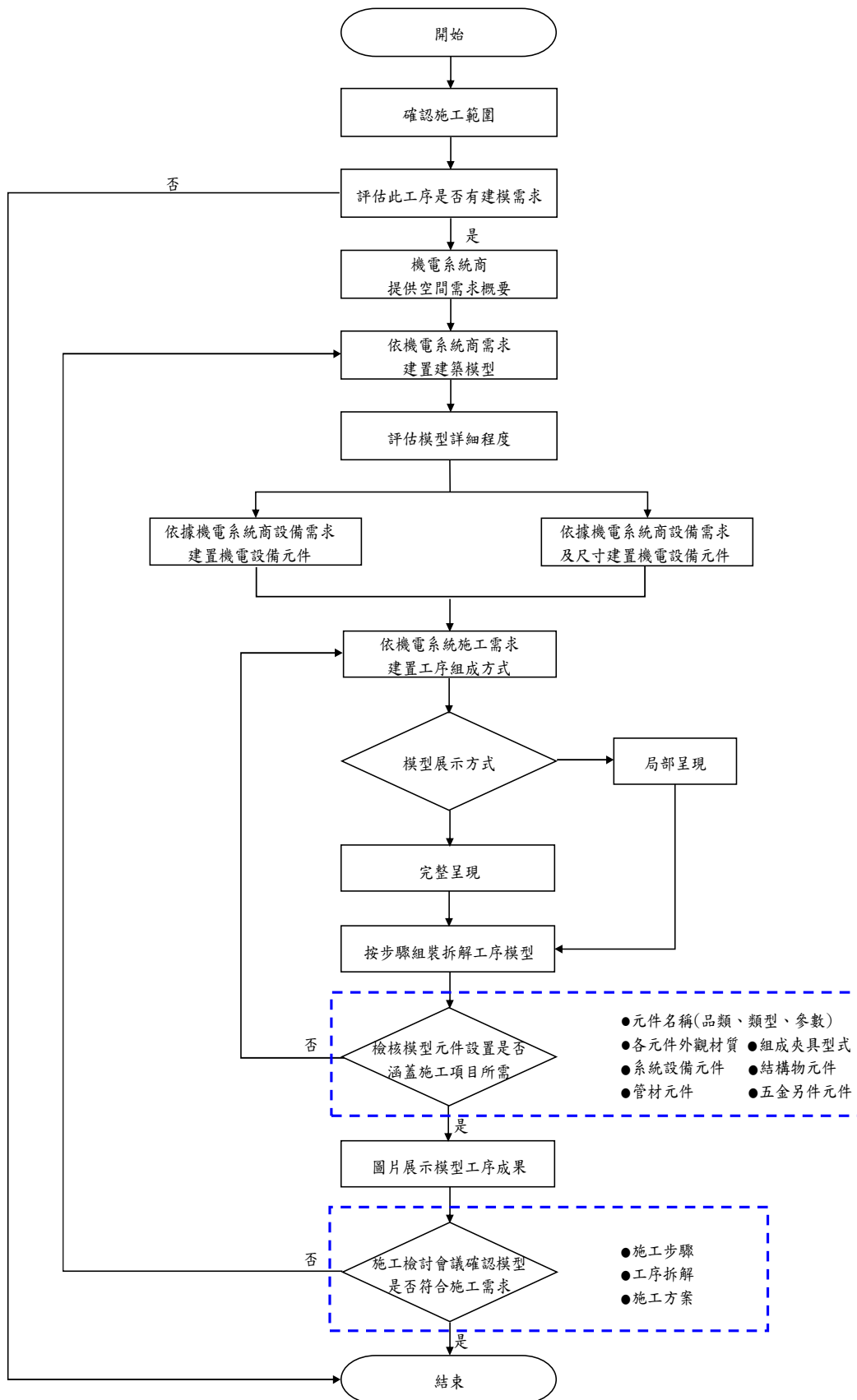


圖 1 機電系統 BIM 工序模型建置流程圖

四、案例導入與研究

本章節將導入捷運機電工程案例，藉由BIM應用針對工序建置重點進行分析，針對複雜和關鍵工序進行BIM模型建立，按步驟拆解各工序製作順序。

本案例為捷運高架車站，機電系統設備的配置因為空間規劃與安裝位置的需求而有所不一樣，設備之安裝因場域的限制，亦須考慮採焊接於結構物上或是採夾具設計方式施工，亦或是用束帶方式固定於結構物上。現階段工地現場施作採用2D圖面輔助施作，搭配3D建築模型可有效辨識工程空間結構物之樣貌，依據3D建築模型，針對複雜和關鍵工序進行機電BIM模型建立，降低施工人員憑藉自己想像圖面意思而進行施作，造成資訊傳遞錯誤，而導致工序發生混亂的情況產生。

機電廣播系統設備範圍涵蓋車站所有區域，本案研究以捷運高架車站月台層為例，因月台層有許多挑高與圓柱設計之結構體，為確保投射式喇叭在高處施工於側風吹襲下，投射式喇叭仍能保持穩定不晃動，與管線銜接處須做好防水處理，防止側風夾帶雨水侵蝕在規劃上更為困難。於月台乘車處上方因月台採挑高設計，為固定投射型喇叭於結構體上，則採C型鋼結合夾具組立於H型鋼上。通過工序模擬與工程人員溝通檢討，模擬實際現場的施工狀況，並協助優化施工方案選擇，確認採用之工法及施工順序無疑慮，使施工流程更為順利。針對重點工序，按步驟拆解各工序製作順序，如下圖2所示，依序列出施工步驟供參與人員檢討，降低施工人員辨識錯誤的情形產生，依據空間與施工位置的需求規劃設備安裝之型式，提高成果交付正確性。

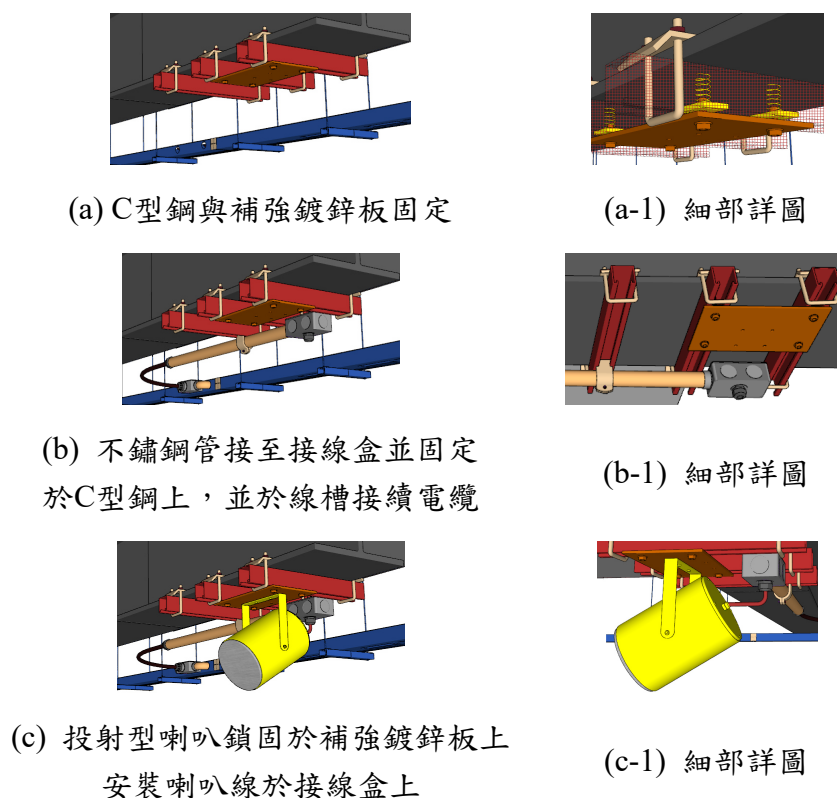


圖2 投射式喇叭工序步驟拆解圖

五、結論與建議

本研究於捷運機電系統施工階段導入BIM技術，於工序檢討之結論與建議如下：

- 一、藉由BIM模型工序模擬的輔助，將以往2D平面圖以模型方式展示，並且實現按步驟組裝的講解，降低傳統圖紙存有不具辨識問題，利用建模過程與現場相關人員溝通更加直觀地瞭解建模的需求，進而建置準確度較高的模型。
- 二、透過BIM建築模型，解決工程空間概念不易表達之問題，依據施工需求建置BIM機電模型，針對施工項目建置工序模型，以減少施工現場工序工項發生混亂或錯誤等情況產生，提高成果之正確性。
- 三、於建模過程選用適當建模工具建置工序拆解圖，單純輔助工序施作與檢驗可選用一般3D建模軟體(SketchUp)，有生產製造與成本計算需求之考量，再選用BIM建模軟體(Revit)，促使模型發揮它的作用。
- 四、機電系統涉及項目與範圍廣大，建議於建模過程設置檢驗停留點，與施工人員相互討論，使模型建置符合施工需求，能夠在實際施工中發揮實質作用，並降低後續修復和調整模型的時間。

六、參考文獻

- 1.謝尚賢，「認識 BIM 技術」，捷運技術半年刊，第 47 期，台北市政府捷運工程局，pp.2，2012 年 8 月。
- 2.黃懷德，「應用 BIM 工具模擬鋼筋混凝土住宅施工程序之實證研究」，碩士論文，中華大學土木工程學系碩士班，新竹，2012。
- 3.陳信佑，「國內 BIM/4D 應用作業原則建立之研究」，碩士論文，國立中央大學營建管理研究所，桃園，2019。
- 4.林文進、張棟梁，「BIM 在捷運供電系統規劃設計之應用與探討」，捷運技術半年刊，第 47 期，台北市政府捷運工程局，pp.76-90，2012 年 8 月。
- 5.Huan-Ting Chen, Si-Wei Wu and Shang-Hsien Hsieh, “Visualization of CCTV coverage in public building space using BIM technology”, Springer Link,pp.15-16, 2013.
- 6.邱惠君，「建築工程營造廠執行施工 BIM-based 工序檢討之研究」，碩士論文，國立臺北科技大學土木工程系土木與防災碩士班，臺北，2021。