

橫跨國道景觀橋之橋梁施工安全與營運管理設計初步探討-

以國道大雅系統交流道為例

程金龍^{1*}、潘格平²、陳宜均³

¹ 林同棧工程顧問股份有限公司, 組長

² 林同棧工程顧問股份有限公司, 協理

³ 林同棧工程顧問股份有限公司, 交通技師

clcheng@tylin.com.tw (通訊作者 E-mail)

一、研究目的

國道高速公路橋樑工程過去部分橋梁完工後之所偶爾出現營運或施工中造成職業災害的遺憾，部分原因是由於規劃設計理念尚未完善或設計階段未考量施工安全因素所致，相關設計人員在選擇橋樑類型的過程中，並沒有充分考慮到工址環境的特性，使得最終在設計階段結構無法與周邊環境相互補足其不足之處，鑒於此就會致使後期橋樑施工中產生施工安全性和完工後營運維護相關問題。以致，本團隊在設計過程中，專業同仁非常重視橋樑的剛度和強度，亦對於道路橋樑施工使用的材料、抗腐蝕性性能、工程設計、施工、和使用環節可能產生的影響，因而減少施工廠商有計算圖示不明確、路線規劃不準確等情況，以避免道路橋樑整體出現受力不均、混凝土強度不夠等情況，更透過為了確保本案例例之設計品質及提供更好的視覺化表達方式，並有效溝通協調及設計規劃，本案例亦導入 BIM 應用：「在本工程工作範圍內選擇一座結構系統較為複雜的橋梁，導入橋梁資訊模組 (Bridge Information Model) 技術於細部設計 3D 衝突分析」，其設計成果可做為日後主管機關與得標施工廠商之參考依據。

二、研究方法

秉持著能夠設計與施工串聯無虞，提供良好的施工規劃可使工程施工順暢，並提升其生產效率，然而國內目前橋梁工程之工作空間規劃卻大多仍需依賴工程師的經驗，其利用二維平面圖來規劃整個工地之相關工作區域配置，多著重於靜態空間分配，而未考量整體工程作業工項與相關活動資源(人員、設備、物料) 互動所需之空間使用效益。

目前 BIM 發揮於建築已愈來愈成熟，相關應用也更加廣泛，相較於橋梁工程因軟體限制、導入時間較建築晚等因素，BIM 於橋梁領域目前因工法較多元化應屬於剛起步之發展，但相對可發揮的範圍由垂直向轉為水平向，範圍更廣且

影響之人事物更多；且因牽涉到範圍較廣，與既有地形、地物與結構物本身之空間息息相關，可應用之項目更為多元。

橋梁工程依現場環境勘查及蒐集既有竣工圖說等相關資料，進行規劃設計並提出橋梁結構型式，其中可能因蒐集之資料與現況因時間推移而有差異的狀況，造成設計無法以較精確的方式呈現。

本案例規劃以 Revit 建立橋塔、節塊、吊索等，以 Tekla Structures 進行鋼筋細節模擬，進行結構構件衝突檢核、設計細節確認，並以 Navisworks 進行人員檢修空間檢討，透過結合 BIM 之運用，能夠即時發現疑慮之處，並回饋設計發展，可使橋梁結構設計更為精確周全，本工程案例 BIM 各階段作業構想如下：

2-1 規劃設計作業構想

因所選之中山高跨越橋梁屬特殊景觀橋，橋梁內主要構件較多，常造成設計成果複雜，施工性不佳等問題，故可利用橋梁資訊模型局部模擬設計細節，並比較各構件之間的施工性及界面合理性，進行細節討論及改善方案研擬，使設計檢討更加全面性。透過 Infraworks 的地理擬真模型與 BIM 橋梁結構模型的結合，可於更貼近現況之三維模型中執行規劃設計作業，以提升設計之精確性及構件尺寸合理性。

2-2 施工評估作業構想

為了使本工程施工順暢並提升其效率，然而目前國內施工空間規劃仍仰賴工程師之經驗，利用二維平面圖規劃工作區域與施工動線，往往可能忽略到各專業相關人員、設備及物料互動所需之空間，造成不同專業人員工作空間衝突。

傳統二維圖紙無法完全且確實地展現結構空間形狀，因此利用三維設計將成果數據導入模型資訊，使設計監造單位可透過三維模型與現場施工人員討論，為不同單位及各專業間良好的溝通工具；在初期規劃設計階段本工程監造工務督導及監造經理，將全程參與，適時提供施工工法規劃、施工安全衛生之建議。

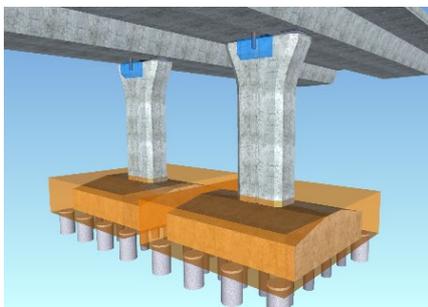


圖 1 確保設計之精確、合理性



圖 2 模擬確保施工可行性



圖 3 不同專業同仁間溝通媒介



圖 4 設計階段進行風險評估討論

2-3 施工衝突模擬構想

本案例景觀橋跨越國道一號採場鑄懸臂工法施作，橋梁墩柱、橋塔及上構節塊於施工階段對國道一號的影響可藉由建立模型了解施工過程中可作業之空間及鋼筋、鋼腱位置衝突關係，減少施工中作業阻礙，並模擬懸臂工作車施工過程以便容易了解工作車對國道一號影響。

2-4 橋梁吊索施工空間檢討

本案例景觀橋多有吊索之設計，其結構設置及淨高空間是否影響行車可透過模型快速展示，吊索與錨定座關係亦可藉由 BIM 放大檢視，並藉此將實際樣貌反映到設計中，設計階段將依合約要求編列本工程安全衛生設施，包括橋梁下部結構、上部結構及其他作業等各項安全衛生設施。有關各項作業之安衛設施，實施首件樣本檢驗本並賦予其示範標準性質，並回饋至設計單位進行實質研討是否與實際情形相符。

三、研究內容

本研究採取實證研究方法，以本案例為例包含與國道高速公路與台 74 之匝道銜接，工程介面甚為複雜，導入橋梁資訊模型(Bridge Information Modeling, BrIM)可加速決策進行並提早發現衝突、減少施工失誤。主要使用 Revit 以及 Tekla Structures 建置 BIM 模型，建立族群模型，參數化資訊模型係帶有設計資料，例如：斷面基本性質、體積、號數、鋼筋位置等，如圖 5、圖 6，並可依設計、監造與施工單位等，視工程需求將相關資訊寫入，資訊模型應用於鋼筋工程或特殊造型結構中，可解決施工現場利用二維平面圖紙難以想像三維空間而無法溝通，造成鋼筋綁紮或外型施作與原設計有所差異之情況，並可作為現場施作時有一良好之溝通工具。

根據設計圖說分別建置不同模型族群，並對尺寸做參數化設定。此方法於日

後變更設計時，能更加快速對模型進行變更，如圖 7 與圖 8 所示。

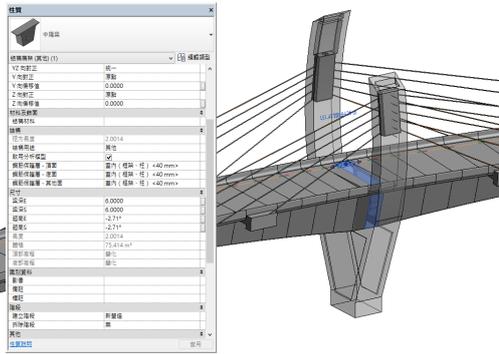


圖 5 Revit 參數化資訊模型

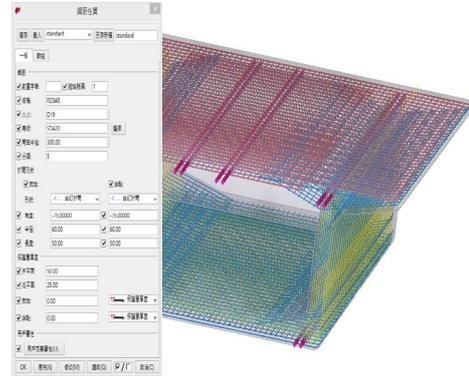


圖 6 Tekla Structures 參數化資訊模型

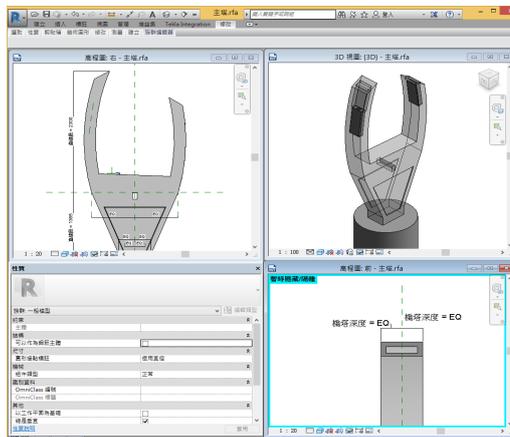


圖 7 Revit 建模工作畫面介面

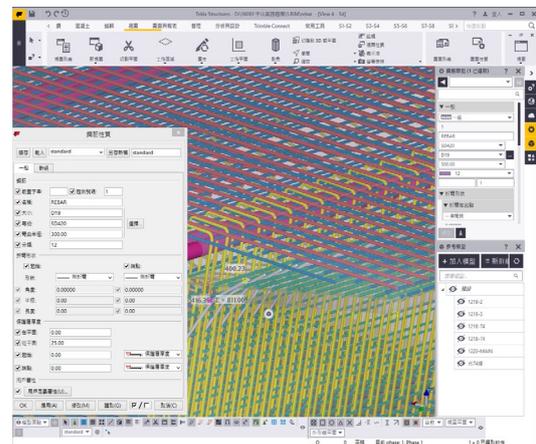


圖 8 鋼筋建模工作擷取畫面

未來工程業要注重專業、創新設計人才的引進，不斷豐富人員的理論知識，多提供實踐機會，完善人資結構，確保建設最佳。在道路橋樑工程設計過程中，需要將設計理念貫穿，將安全施工、耐久使用作為建設指導原則，貫徹規範標準，並適當的調整標準。設計理念的與施工技術之間聯繫密切，通過規範相應指標，可貫徹安全、耐用原則，能夠兼顧結構，朝著正確的施工方向邁進。只有確保設計最為科學，才能為施工安全提供極大助力，設計理念的完善與優化關係到工程品質，只有確保施工品質與施工安全性，更能保障道路橋樑耐久性與安全性。

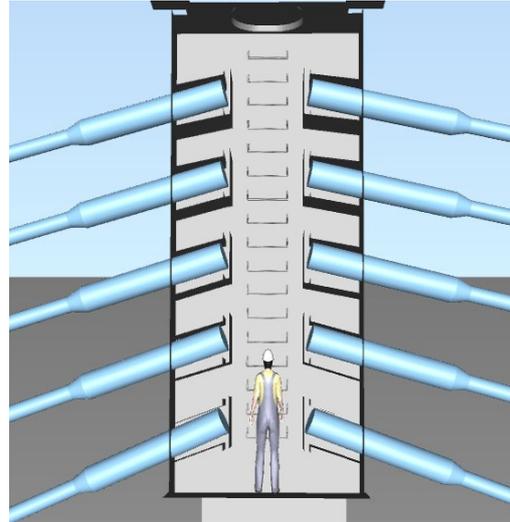
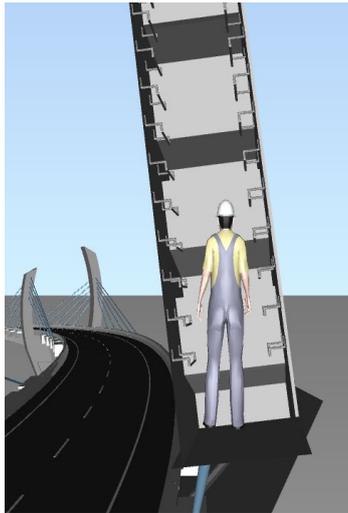


圖 9 施工人員檢修空間檢核(側視圖一) 圖 10 施工人員檢修空間檢核(側視圖二)

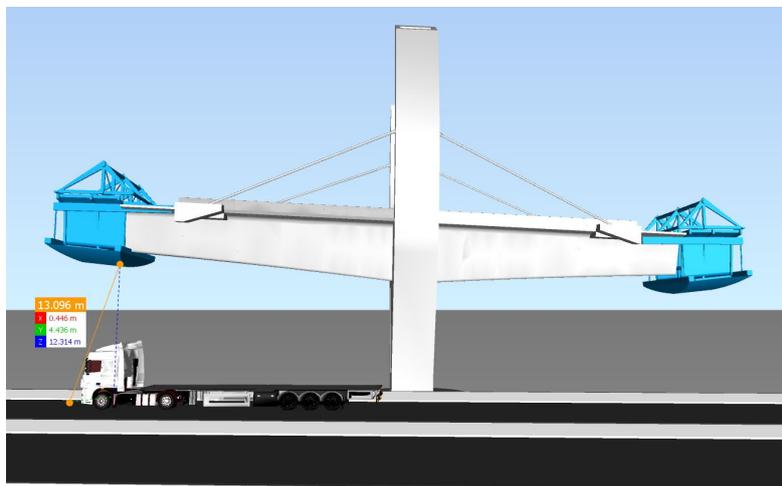


圖 11 懸臂工作車作業施工空間檢核模擬

四、結論

國內許多設計顧問公司與建築師事務所皆欲朝向保障工程施工的品質，但經由本案例執行過程中發現，仍首先要提高施工廠商及設計單位人員專業技能，特別是得標廠商於施工現場第一線施工的工作人員，要加強施工人員的培訓和學習，並對影響工程施工品質的專業技能進行重點培訓。同時，還要對施工人員的專業知識進行相關技術士檢定，並且積極建立專業技術施工人員培訓制度，規定只有通過焊接檢定後並且有資質的人才可以進行現場施工作業；另外，加強對施工過程的監督，這樣能夠維持施工計畫的穩步進行，保證工程施工進度。這一環節中監造工程師有很大的發揮其監督查核作用，但須制定每個環節分屬的監

造工程師並且要分區管理任務，並要求監造工程師對每個施工步驟都要嚴格監督執行，並且利用科學合理的方式來控制施工進度。

在施工期間於各主要工作分項作業施工前辦理廠商施工前說明會，與業主、施工廠商，詳細研討抽查頻率、檢驗停留點、抽查方式、抽查標準等，並於建立試作之樣品，避免過程產生履約爭議影響施工。另特別針對跨越國道景觀橋梁吊裝作業，於定期辦理施工中高風險作業評估會議，會議中就承商所提之施工計畫，分析施工中可能發生的狀況，加以研擬防範措施及緊急應變計畫，藉以降低施工中之危險因子。

「安全衛生設施」是工程施工期間提供作業人員周遭環境安全必要保障，設計階段將依合約要求編列本工程安全衛生設施，包括橋梁下部結構、上部結構及其他作業等各項安全衛生設施。有關各項作業之安衛設施，實施首件樣本檢驗本並賦予其示範標準性質。

倘若未來 BIM 模型成果可移交予實際得標施工廠商的前提下，除可減少未來施工廠商重複 BIM 作業的時間，同時也可利用模型使施工廠商加快設計上理解及與監造單位溝通討論的速度，進而提出合理可行之施工程序與方法。甚或進行施工階段模型之深化及運用，如配合吊索監測系統，進行感測器與資料擷取系統安裝檢核，依實際施工情形完善模型，落實橋梁生命週期的維護管理概念，提升橋梁的安全性及耐久性。

參考文獻

- [1] 鄭慶武, & 林楨中. (2012). 從營造業重大職災案例探討公共工程與民間工程之施工安全管理問題. *工業安全衛生*, (275), 33-54.
- [2] 問世賢, 張智奇, 黃榮貴, 卓昆賢, & 陳彥秀. (2013). 高架橋梁平衡懸臂工法之安全性能分析. *勞工安全衛生研究季刊*, 21(1), 26-37.
- [3] 林楨中. (1999). 特殊橋梁及橋基工程施工安全技術手冊. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所. 新北.
- [4] 洪吉誠. (2007). 我國橋樑工程職業災害預防管理對策. 碩士論文, 台灣大學, 土木工程學系, 台北.
- [5] 陳修緣. (2016). 都會區高架橋梁施工安全探討與創新工法之研究. 碩士論文, 交通大學工學院工程技術與管理學程, 新竹.