

BIM-Revit 應用在橋梁概念設計

蔡俊鏡 林同棧工程顧問股份有限公司 技術總監／博士

橋梁概念設計 關鍵在於「創新」

2006 年國際橋梁協會布達佩斯年會，德國柏林工業大學土木系 M. Schlaich 教授發表「對教育的挑戰—概念和結構設計」的大會報告，介紹了柏林工業大學正在進行的土木工程教育改革，提出培養學生進行概念設計的創造能力。2007 年中國同濟大學橋梁工程系開設橋梁概念設計課程，以培養新一代橋梁工程師的概念設計能力，克服中國橋梁在創新理念、工程品質和美學考慮三方面的不足。一般橋梁設計流程應先有總體性構思，再進行具體結構和細部的設計，橋梁概念設計為具體設計的先導，關鍵在於創新，兼具力學與美學的橋梁是概念設計的核心內容，並打造重要的地標及地景，橋梁的造型設計從模仿轉變為創新創意，以展現橋梁設計的軟實力，創新是有意義的改進，必須是價值的增加，而非為了不同而改變。

建築資訊模型化 BIM (Building Information Modeling) 廣泛應用在建築工程，一般定義 2D 為平面圖形，3D 為空間幾何模型，4D 為加上時程管控，5D 為加上成本計算，6D 則加上節能。橋梁工程全生命週期導入 BIM，可區分概念設計、規劃、基本設計、細部設計、施工及營運維護等階段。BIM 橋梁階段模型以 LOD (Level of Development) 定義，各階段模型如下：LOD100 概念設計 (圖一)、LOD200 規劃及基本設計、LOD300 細部設計、LOD400 施工、LOD500 營運及維護。



圖一 淡江大橋國際競圖 3D 模型 (圖片提供：中興工程顧問公司)

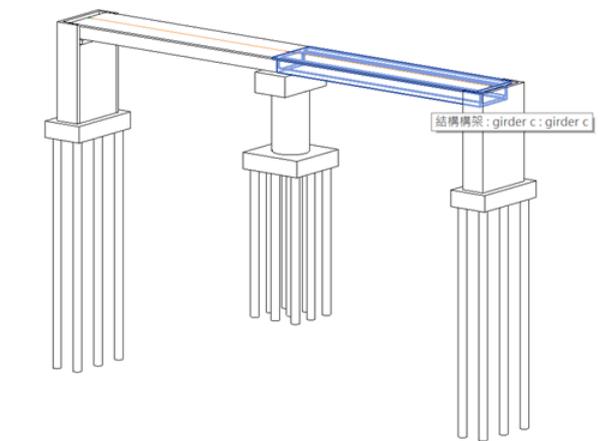
應用 Revit 軟體 進行 BIM 橋梁設計建模

目前 BIM 橋梁建模軟體有 Autodesk 的 Civil 3D 及 Revit 系列、Bentley 的 Microstation 及 Projectwise、Graphisoft 的 ArchiCAD 及 Tekla 等。BIM 應用在橋梁工程，如以 Civil 3D 建立地形、道路及橋梁，結合相關排水、照明、景觀等設施之 3D 模型。Revit 建立橋梁模型，結合相關結構分析設計軟體如 STADD、SAP2000、MIDAS，將設計結果直接匯入 BIM 建模軟體，以相關介面處裡程式 (API) 建立完整詳細 3D 構造分析設計模型，直接輸出後續生產鋼構、鋼筋製造 2D 設計詳圖及數量與後續管控現場施工期及成本。

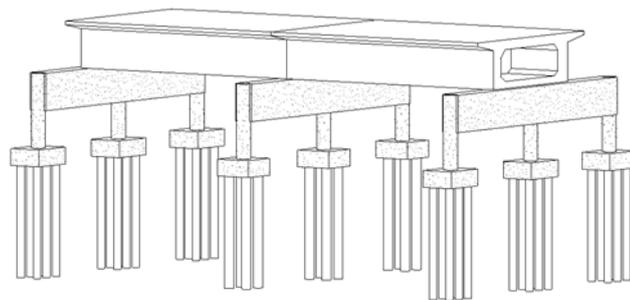
本文主要介紹利用 Autodesk 的 Revit 進行 BIM 橋梁概念設計建模，Revit 應用於建築，可直接套用內建的梁、柱、基礎族來建模，對於橋梁並無現成的「族」(Family) 可供應用，必須依照橋梁型式自行建立，以下茲就橋梁概念設計 (LOD100)，依橋梁型式及系統，分別說明梁橋、拱橋、斜張橋、吊橋之建模如下：

案例 1：多跨箱型梁橋

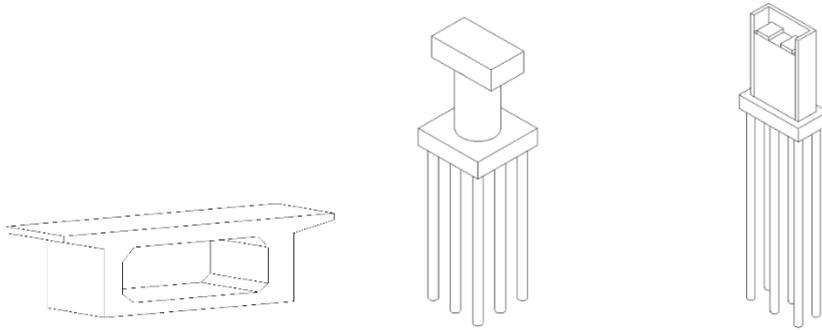
多跨箱型梁橋包含上構（箱型梁）及下構（橋墩、橋台、基礎、基樁），橋墩有「單柱式」（圖二）及「門架式」（圖三）。上構（中空箱型梁）建模需用兩個「族」（Family），先用「公制輪廓族」（Metric Outline Family）畫二維單室箱型梁內外輪廓，之後拆分為內外輪廓兩個「族」，再用「公制結構框架—梁族」（Metric Structure Frame-Beam Family）畫三維箱型梁，以放樣融合模式，繪線路徑，選取路線兩端，分別載入內外輪廓族後，即可得到三維的中空箱型梁。下構（橋墩、橋台、基礎、基樁）建模則用「公制結構基礎族」（Metric Structure Basis Family），先繪構件的二維輪廓，以擠出模式，直接畫出三維橋墩、橋台、基礎、基樁（圖四）。



圖二 多跨箱型梁橋模型（單柱式橋墩）



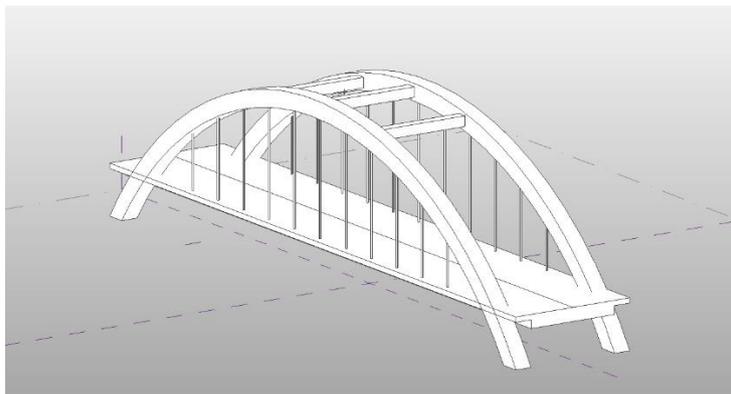
圖三 多跨箱型梁橋模型（門架式橋墩）



圖四 箱型梁、橋墩、橋台、基礎、基樁模型

案例 2：垂直拱橋

垂直拱橋建模用「公制體量族」(Metric Volume Family)，主梁先用線繪二維箱型梁外輪廓，再建立塑形的實體型式，拉伸主梁長度，得到三維的主梁全長。拱肋用弧線(起點—終點—半徑弧)繪二維側立面拱輪廓，再建立塑形的實體型式，得到單面三維的主拱，利用鏡射複製另一面，完成雙面主拱。主拱上橫撐先用線繪二維橫撐外輪廓，再建立塑形的實體型式，得到三維的「橫撐」，利用鏡射複製「橫撐」。垂直吊索先用圓形繪二維外輪廓，再建立塑形的實體型式，得到三維的吊索。先建單面一半的吊索，利用鏡射複製另一半，完成單面全部吊索，接著全選單面全部吊索，利用鏡射複製另一面，完成兩面全部吊索(圖五)。

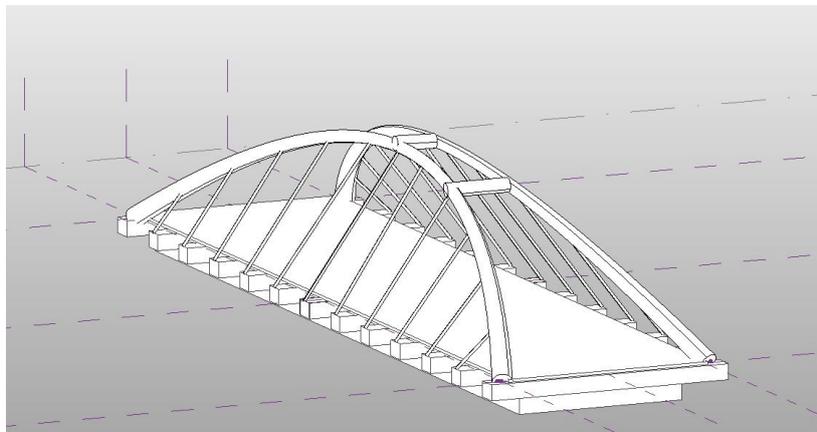


圖五 垂直拱橋模型

案例 3：傾斜拱橋

傾斜拱橋建模需用兩個「族」，先用「公制體量族」(Metric Volume Family)，主梁用線繪二維箱型梁外輪廓，再建立塑形的實體型式，拉伸主梁長度，得到三維的主梁全長，相同流程建立單根橫梁外輪廓，建立塑形的實體型式，再複製橫梁至全部主梁。「傾斜拱肋」先建立兩端及中央拱頂三個參考點，用雲形線繪傾斜拱側立面輪廓，再用「公制自適應通用模型族」(Metric Adaptive Generic Model Family) 建立塑形的實體拱肋型式，得到變斷面拱肋後，載入「公制體量族」拱橋模型，建立單面三維的傾斜主拱。

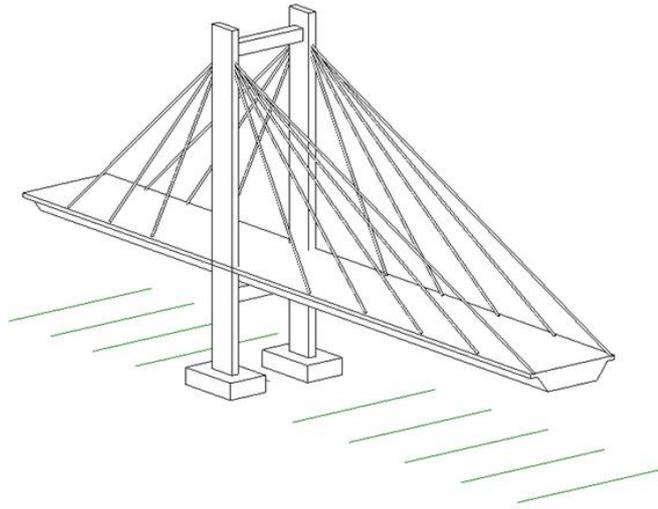
斜拉吊索用「公制自適應通用模型族」建立塑形的實體型式，先繪「等斷面圓形」外輪廓，建立塑形的實體圓形，得到三維的吊索後，載入「公制體量族」拱橋模型，依吊索位置參考點，放置每根吊索，先完成單面一半吊索，鏡射複製另一半吊索。之後鏡射複製另一面主拱及吊索，完成雙面主拱及吊索。拱頂橫撐參考吊索，用「公制自適應通用模型族」建立塑形的實體圓形，載入「公制體量族」拱橋模型，放置 3 根橫撐 (圖六)。



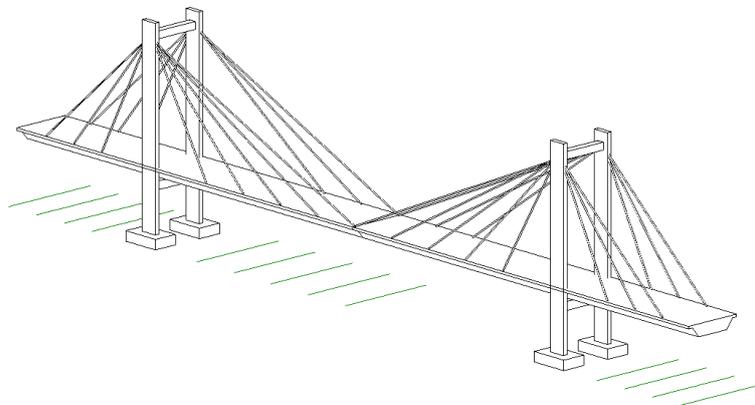
圖六 傾斜拱橋模型

案例 4：直塔式斜張橋

直塔式斜張橋建模用「公制通用模型族」(Metric Generic Model Family)，基礎、橋塔及主梁先用線繪構件的二維輪廓，以擠出模式，直接畫出三維基礎、橋塔及主梁。斜拉吊索用放樣模式，先建立吊索參考平面，每根吊索用線繪路徑，編輯吊索輪廓(圓形)，畫出單塔兩側單面的三維吊索，之後利用鏡射複製另一面吊索，得到「單塔斜張橋雙面吊索」模型(圖七)，再鏡射複製「雙塔雙面吊索斜張橋」模型(圖八)。



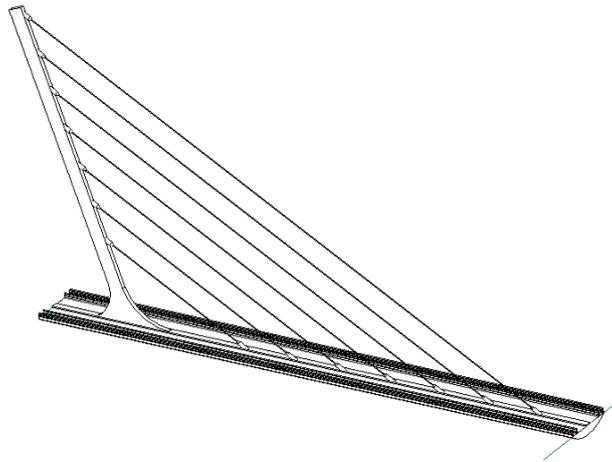
圖七 單塔斜張橋模型



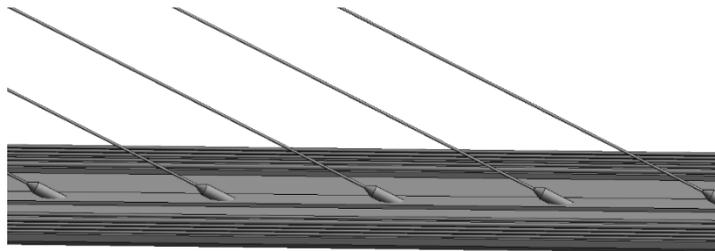
圖八 雙塔斜張橋模型

案例 5：斜塔式斜張橋（無背拉索）

斜塔式斜張橋（無背拉索）建模用「公制通用模型族」(Metric Generic Model Family)，曲線斷面主梁先用線及弧線（起點—終點—半徑弧）繪輪廓，以擠出模式，畫出三維主梁。橋塔用線繪，曲線塔底用弧線（起點—終點—半徑弧）繪側立面輪廓，以擠出模式，畫出三維斜塔。斜拉吊索用放樣模式，先建立吊索參考平面，及平行吊索參考線位置，每根吊索用線繪路徑，接著編輯吊索輪廓（圓形），畫出三維吊索。每根吊索兩端錨座則用迴轉模式，先定吊索中央軸線，繪錨座輪廓邊界線，得到單個錨座，再複製到其他吊索，完成「斜塔單面吊索斜張橋」模型（圖九、圖十）。



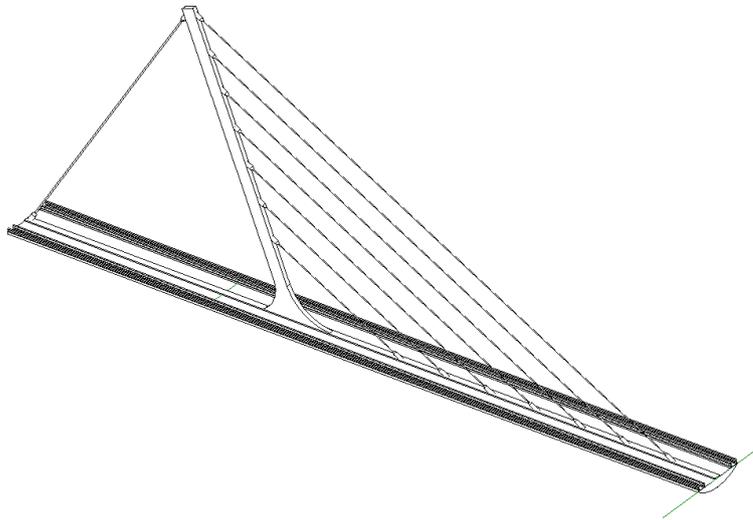
圖九 斜塔式斜張橋模型（無背拉索）



圖十 吊索錨座模型

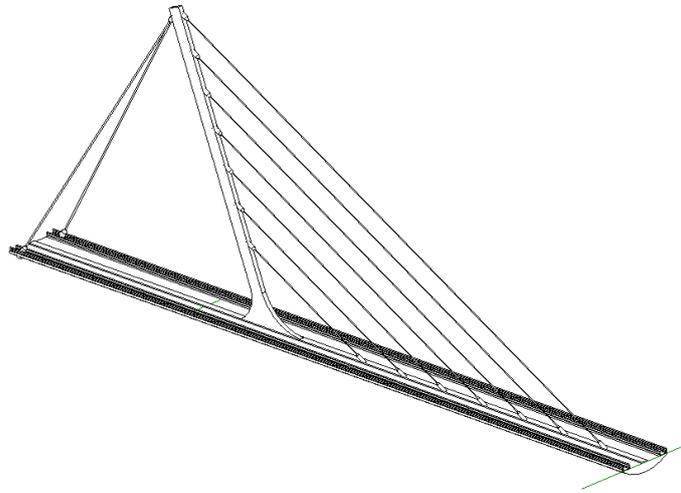
案例 6：斜塔式斜張橋（背拉索）

斜塔式斜張橋(背拉索)建模用「公制通用模型族」(Metric Generic Model Family)，主梁、橋塔、吊索及錨座繪製流程同「無背拉索斜張橋」。單根背拉索用放樣模式，先建立吊索參考平面，吊索用線繪路徑，接著編輯吊索輪廓(圓形)，畫出三維吊索，完成「斜塔單根背拉吊索斜張橋」模型(圖十一)。

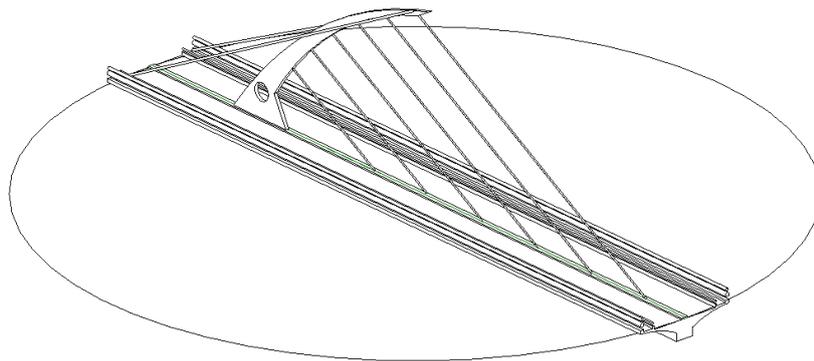


圖十一 斜塔式斜張橋模型（單根背拉索）

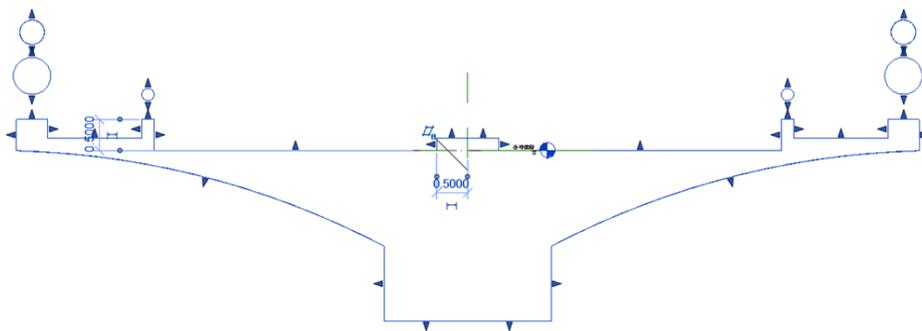
「雙根背拉索」須增加「斜向吊索」參考平面，用線繪「斜向背拉索」路徑，編輯吊索輪廓(圓形)，畫出單根三維吊索，再用鏡射完成「斜塔雙根背拉吊索斜張橋」模型。斜塔式斜張橋可依橋址條件，有「後傾式」及「前傾式」不同橋塔造型(圖十二、圖十三)，「前傾式」特殊曲線橋塔造型可用雲形線及弧線(起點—終點—半徑弧)加上圓形(中空挖洞)繪側立面輪廓，以擠出模式，畫出三維斜塔。曲線主梁斷面用線及弧線(起點—終點—半徑弧)，護欄用圓形繪輪廓，以擠出模式，畫出三維主梁(圖十四)。



圖十二 斜塔式斜張橋模型（後傾式斜塔，雙根背拉索）



圖十三 斜塔式斜張橋模型（前傾式斜塔，雙根背拉索）



圖十四 斜塔式斜張橋主梁斷面（前傾式斜塔，雙根背拉索）

案例 7：吊橋

吊橋建模用「公制通用模型族」(Metric Generic Model Family)，基礎、橋塔及主梁先用線繪構件的二維輪廓，以擠出模式，直接畫出三維基礎、橋塔及主梁。主索用放樣模式，先建立主索參考平面，主索用線及弧線(起點—終點—半徑弧)繪路徑，編輯主索輪廓(圓形)，畫出單塔兩側單面的三維主索。「垂直懸吊索」用放樣模式，先建立每根懸吊索參考平面，之後用線繪路徑，編輯懸吊索輪廓(圓形)，利用鏡射複製另一面吊索，得到「單塔吊橋雙面吊索」模型，再鏡射複製為「雙塔吊橋」模型(圖十五)。



圖十五 吊橋模型

建立橋型模型資料庫 增加便利性、降低成本

Autodesk Revit 操作介面近似於 Auto CAD 平台，應用於橋梁概念設計有其便利性且使用成本較低，藉由新建不同的「族」(Family) 成為橋型模型資料庫，當專案橋梁型式改變，修改相關參數，套用在不同的專案，可及時評估選擇合適的橋型，並配合後續規劃、設計、施工、營運維護，修改模型內容資料。展望未來，BIM 技術是橋梁創

《營建交流》

意及創新之平台，BIM 橋梁最大特色是以 3D 視覺化成果，便利溝通協調，協助設計整合、減少施工衝突及變更設計，對品質要求、進度掌控及成本降低有極大的助益，落實全生命週期永續發展目標。