

探索歐洲建築詩人 豎琴式橋梁美學

蔡俊鏡 林同棧工程顧問股份有限公司 技術總監／博士

克拉特拉瓦創作風格 融入音樂與繪畫意象

「建築詩人」克拉特拉瓦 (Santiago Calatrava) 於 1951 年出生於西班牙的瓦倫西亞 (Valencia)，畢業於瑞士蘇黎世的聯邦工藝學院 (ETH)，可稱為近代傑出的建築師及工程師，精通西班牙語、英語、法語及德語等多國語言，無國界穿梭倘佯於藝術、建築及工程，既是建築師及工程師，又是藝術家等多重身份。

克拉特拉瓦所創造的結構元件，只要喜歡都可當作雕塑作品。大多數建築常將結構包在外觀的內部，克拉特拉瓦特別設計力與美的造型，強調結構作為建築外觀的主要元素，並使建築成為一座藝術品。他認為美學可以由力學設計來表現，就像自然界生物的美感也多來自其本身力學的需求，仿生設計也成為他創作靈感的來源，橋塔、拱肋及主梁造型常見人、鳥、牛、魚、恐龍及豎琴等設計意象，結構型式常見非對稱及曲線，結構設計特別複雜及困難。

歐洲對克拉特拉瓦的設計素養有很大的影響，1999 年英國橋梁設計及工程雜誌 (Bridge Design & Engineering) 邀請 30 位國際橋梁專家及建築師，包含林同棧、鄧文中等，從全世界橋梁中遴選出 15 座 20 世紀最美的橋梁，彷彿橋梁界的奧斯卡獎，其中 13 座的設計者來自歐洲，由此看出歐洲對橋梁美學的重視，才能培養出高藝術修養的設計大師。

《橋梁設計》

克拉特拉瓦在橋梁設計上最大的特色，如同其繪畫作品所展現的人體，及其雕塑幾何造型呈現出動態的運動及張力。魚刺骨骼的橋梁展現出新生代大師的靈感及手筆，及充滿未來建築意象的造型，成長的過程對音樂及繪畫充滿興趣，進而影響了他的創作風格。

克拉特拉瓦系列設計作品不論建築及橋梁均模仿人體或動物的構造，呈現力與美，傳達運動及張力之意象。作品主要設計元素常為斜塔、拱及吊索結構之混合體，斜塔及拱為抗壓構件，吊索為抗張構件，傾斜式弓弦橋是其代表作，表現其不拘泥傳統構造之設計特性，造型常用不對稱的配置，構成所謂不對稱的載重平衡。

以素描匯集靈感 白色橋梁外觀呼應西班牙藍天

克拉特拉瓦設計理念的形成，作品座落的位置是首要的因素，先有心中的感覺，然後發展成後續的設計靈感，接著考量相關的人類自然背景，包含地形地景、氣候環境及文化地景的自然結果，綜合上述形成最後的設計理念，草圖是他一向表達靈感慣用的方式。針對複雜的構造，他往往會先分成兩大部分，第一部分像個容器，包含了所有可能發生的事件，第二部分為單一事件，當靈感產生後，接著擺進去建築發展要素，包含經濟性、結構、空間調整及分割等。

他認為成功的創作並非依賴偶然的意外，身為建築師需要能夠控制靈感及造型，形態學 (morphology) 是他創作研究的重點，而素描是協助他匯集靈感的工具，雕塑則是他抽象表達的經常方式。雖然電腦 3D 模擬工具已是非常發達，他仍然執著以手繪草圖來表達概念。克拉特拉瓦習慣以手繪來構思造型，外觀白色是他常用的顏色，以呼應西班牙慣有晴朗的藍天，橋梁設計很像法國印象派畫家塞尚 (Cezanne) 沐浴者 (Bathers) 的作品。他喜歡自由創作的環境及精神，讓建築師成為藝術家，或使建築成為藝術。

代表性橋梁創新設計—不對稱、傾斜及曲線

克拉特拉瓦的橋梁作品每一件都是獨特創新的，有其內涵的設計意象，針對斜張橋、拱橋其造型特色為不對稱、傾斜及曲線。他的設計作品揚名於國際無數，茲列舉 6 件代表性橋梁作品說明創新關鍵如下。

1. 阿列米洛橋 (Alamillo Bridge)

創新關鍵：豎琴式橋型意象，後傾斜單塔無背拉式吊索

西班牙塞維爾市 (Seville) 阿列米諾橋建於 1987 至 1992 年，橫跨瓜達爾幾微河(Guadalquivir River)，為 1992 年博覽會之重要地標，總長 250 公尺，橋寬 32 公尺，其中主跨 200 公尺，採單塔單柱式不對稱跨徑斜張橋，豎琴式單索面吊索配置共 13 對，每對 2 條，最長達 300 公尺。橋塔較河面高 142 公尺，同金字塔斜角採傾斜 58° 單塔之造型 (圖一)，以後傾斜單塔灌注混凝土的自重，平衡經由吊索傳遞過來的主梁自重及車重，傾斜塔柱似天鵝飛翔，整體造型又像豎琴，原始構想類似 1986 年他創造「奔跑的軀幹」(Running Torso) 雕塑作品，該作品的材料為大理石立方體以鋼線固定。主梁採牛角造型之鋼構造配合混凝土橋面版，配置懸挑翼梁肋版，橋寬布設成單向 3 個車道，橋面中央六角形箱型梁架高處為人行或自行車道。

本案原構想為道路跨越河川兩次，擬對稱配置兩座一樣的橋，相距約 1.5 公里，兩斜塔與地面形成大三角形，其延伸線相交於天空某定點，爾後因為政治的因素予以取消，成為現在非對稱之配置。另一說法此種造型不合經濟，無背拉索分擔拉力，違反結構最佳力學設計，工程費超出原預算，故最後僅能興建一座橋。夜間燈光設計塑造成特殊光環境 (圖二)，除梁底微量之照明外，塔頂更配置圓形集束光點，如同畫龍點睛強化橋塔之動勢。

《橋梁設計》



圖一 阿列米洛橋立面圖 (參考 Santiago Calatrava 網站)



圖二 阿列米洛橋側面圖
(參考網站 https://en.wikipedia.org/wiki/Alamillo_Bridge)

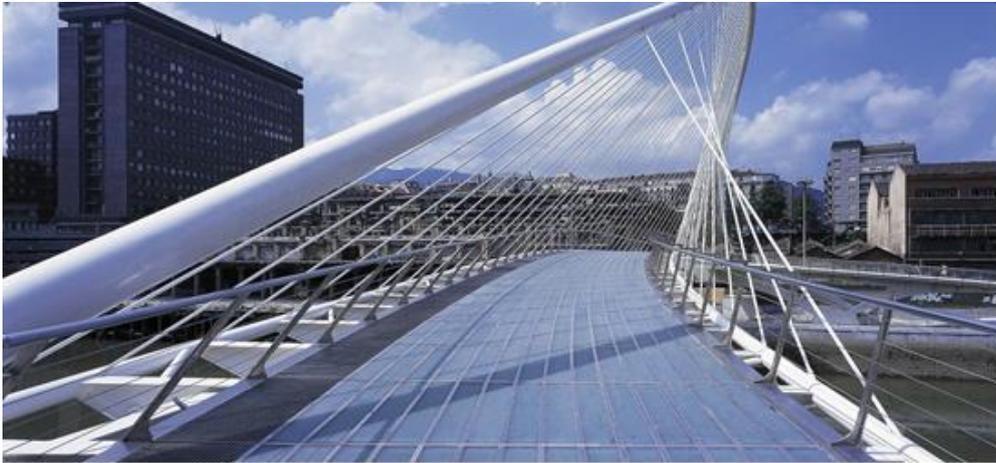
2. 波沃南汀人行橋 (Campo Volantin Footbridge)

創新關鍵：竹籃橋型意象，斜單拱橫越玻璃橋面，動態優美

西班牙畢爾包(Bilbao)坎波沃南汀人行橋建於 1990 至 1997 年，跨越內惟翁河 (Neruion River)，鄰近著名的畢爾包古根漢博物館。主橋 75 公尺，利用一個傾斜單拱斜交跨躍過橋面上 (圖三)，拱高 15.3

《橋梁設計》

公尺，拱肋為圓鋼管，以雙索面之吊索懸吊曲線橋面版，側視吊索交織似竹籃，整體呈現出動態典雅優美之美感（圖四）。主梁採單鋼管外挑懸臂肋梁，造型像動物脊背肋骨，支撐玻璃板。兩端引道採用樓梯及坡道，完全為無障礙空間之設計。地景特色為夜間照明的設計，橋面版特別採用透光性的玻璃板組合而成，唯玻璃板容易打滑及破損。燈具埋設於橋面版下端，以向上及向下投射方式，橋面版呈現透明反光的感覺。



圖三 坎波沃南汀人行橋正面圖（參考 Santiago Calatrava 網站）

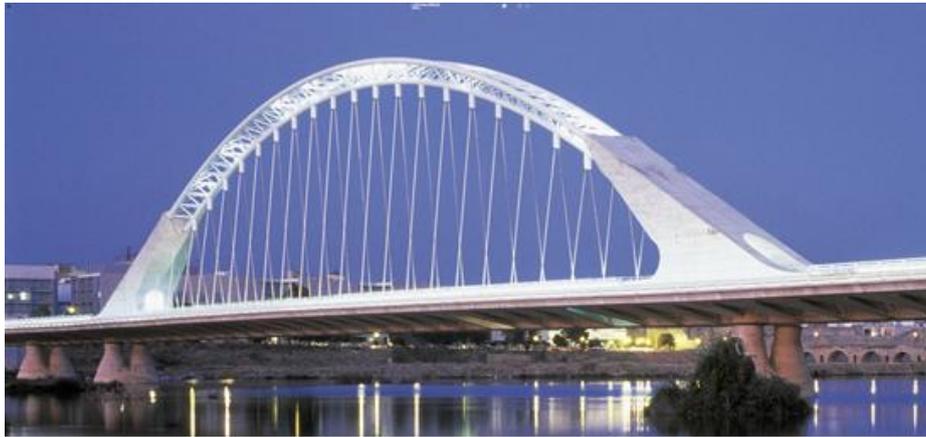


圖四 坎波沃南汀人行橋側面圖（參考 Santiago Calatrava 網站）

3. 路西塔尼亞橋 (Lusitania Bridge)

創新關鍵：琴式橋型意象，大拱造型融合古老小拱

西班牙梅里達 (Merida) 路西塔尼亞橋建於 1988 至 1991 年，橫跨瓜地亞那河 (Guadiana River)，總長 457 公尺，主跨 189 公尺，橋寬 24 公尺，為單弦式繫拉式鋼拱橋。本橋拱高 34 公尺，拱肋採倒三角形空間鋼桁架，視覺穿透性較鋼箱梁為佳 (圖五)，配置單索面 23 對吊索，分布在人行及自行車道之兩側，兩端拱起處採用混凝土構造，中間並開孔供行人穿越，令人體會到穿越隧道別有洞天之感覺。



圖五 路西塔尼亞大橋側面圖 (參考 Santiago Calatrava 網站)



圖六 路西塔尼亞大橋立面圖 (參考 Santiago Calatrava 網站)

混凝土構造之主梁剖面採牛角造型，彷彿西班牙的鬥牛，懸挑翼梁配置連續凹洞裝飾面版，並有夜間景觀照明設計，橋面中央六角形

《橋梁設計》

箱型梁架高處為人行或自行車道，給予行人有較高較遠的視野。本案上游 600 公尺處有一座 2000 年歷史之羅馬古拱橋，本橋造型上最具特色為新舊橋梁並陳，而且相互融合及輝映，整體景觀造型設計最難處即為周遭新舊橋梁造型加乘效應的發揮（圖六）。

4. 瑞吉歐艾米利亞橋（Reggio Emilia Ponti）

創新關鍵：豎琴式拱橋意象，融合鐘形拱橋塔斜張橋網狀式吊索

義大利瑞吉歐艾米利亞橋建於 2002 至 2007 年，共有三座橋包含中間一座單索面拱橋及南北兩座鐘形拱橋塔斜張橋，是克拉特拉瓦在歐洲唯一城市（瑞吉歐艾米利亞）有三座橋的設計，該橋跨越公路及高速鐵路，連接區域道路網，為進入瑞吉歐艾米利亞地區之門戶，並塑造成當地對外的名片。拱橋為單弦繫拉式鋼拱橋，主跨 221 公尺，橋寬 27 公尺，拱高 46 公尺，特別的是拱肋上間隔開洞一分為二，配置單索面 50 對吊索，並在拱起處開了個圓孔，很像魚造型（圖七）。



圖七 瑞吉歐艾米利亞拱橋側面圖（參考 Santiago Calatrava 網站）

斜張橋主跨 179 公尺，橋寬 14 公尺，鐘形鋼拱橋塔高 69 公尺，兩側各配置雙索面 26 條吊索，吊索不同於一般斜張橋之扇形配置，主梁錨定點越近橋塔，橋塔錨定點越近塔頂，反之主梁錨定點遠離橋塔，橋塔錨定點則在塔低處，吊索交織形成特殊分支雙曲線視覺景觀，

《橋梁設計》

像蜘蛛網掛在鐘形拱橋塔兩側，高聳鐘形拱橋塔亦如同進入市區之大門（圖八）。



圖八 瑞吉歐艾米利亞斜張橋側面圖（參考 Santiago Calatrava 網站）

5. 塞繆爾貝克特橋（Samuel Beckett Bridge）

創新關鍵：高跟鞋豎琴式橋型意象，旋轉活動式斜張橋

愛爾蘭都柏林（Dublin）塞繆爾貝克特橋建於 1998 至 2009 年，跨越利菲河（Liffey River），為單塔不對稱跨徑配置旋轉活動斜張橋，全長 124 公尺，主跨 95 公尺，塔高 40 公尺，橋寬 27 公尺，採用前傾斜式橋塔，配置 6 條雙背拉式吊索及單索面豎琴式 25 條吊索，全橋豎琴造型代表 13 世紀以來愛爾蘭國家象徵，並在橋塔底部開了個圓孔造型（圖九），由於橋梁造型像女人高跟鞋，當地亦稱女人橋。



圖九 塞繆爾貝克特橋側面圖（參考 Santiago Calatrava 網站）

《橋梁設計》

本橋需考量船舶進出之淨空，所以設計成 90 度旋轉活動橋，唯旋轉活動橋在交通繁忙時將影響車流（圖十）。特別的是全橋在荷蘭鹿特丹施工，再由船運至橋址現場吊裝。全橋採特殊燈光設計，曾有女豎琴家在橋旁彈奏，每條吊索燈光亦隨音樂旋律而變化，營造特殊設計風格。



圖十 塞繆爾貝克特橋旋轉圖（參考 Santiago Calatrava 網站）

6. 弦橋（Chord Bridge or Bridge of Strings）

創新關鍵：弓弦橋型意象，曲線斜張橋三度空間吊索

以色列耶路薩冷（Jerusalem）弦橋建於 2002 至 2008 年，設計要求須滿足聖城天際線的視覺景觀，採用單塔不對稱跨徑斜張橋，主梁以平面曲線橫越道路，同時提供輕軌及行人使用。橋梁全長 360 公尺，主跨 160 公尺，橋寬 15 公尺，塔高 118 公尺，完工時成為當時耶路薩冷最高的建築。類似阿列米諾橋的橋塔力學概念，單橋塔採用後傾斜式折柱造型，加上背拉吊索，以平衡自重，同瑞吉歐艾米利亞橋吊索交織配置，橋塔兩側配置單索面吊索，僅錨定在曲線主梁的單側，透過拋物線配置 66 條吊索形成美的三度空間（圖十一）。橋台外觀大多包覆著當地耶路薩冷石頭，時代雜誌稱許為耶路薩冷現代化的第一個聖地設計，橋塔外型又像沙漠中的帳篷，豎琴式的吊索配置，豎琴造型象徵大衛王聖城之意象，若隱若現的橋塔

《橋梁設計》

亦有人詮釋像長頸鳥的上半身、人的彎曲手臂、箭在弓上等意象(圖十二)。人行橋面版特別採用防滑透光性的玻璃板組合而成，配合橋面燈光營造夜間照明特色，該橋已成為遊客觀光的景點。



圖十一 弦橋側面圖 (參考 Santiago Calatrava 網站)



圖十二 弦橋橋塔及吊索圖 (參考 Santiago Calatrava 網站)

克拉特拉瓦設計理念結合建築與工程，設計作品不僅展現最頂尖「state of the art」之作品特性而且兼具未來性，可稱為近代建築及橋梁美學的大師，他認為建築 (architecture) 即是藝術 (art)，而工程是建築的的一部分，也是藝術的一部分，其實是出自同一脈絡的。橋梁可以達成人們穿越及跨過障礙的需要，橋梁設計需融合科技及美學，使橋梁成為藝術作品，並增加地景能量。橋梁的位置是首要的因素，每個橋址都有其適合美的橋型，也是唯一獨特的。