



土木工程與文化 (二)

土木工程之美

洪如江 / 國立臺灣大學土木工程學系 名譽教授、中國土木水利工程學會 會士

導論

一般所了解的土木工程，主要在於功能、安全、經濟，為何我們要談土木工程之美？先讓我們看兩個理論根據。

英國土木工程師學會 (Institution of Civil Engineers, 簡稱 ICE) 會章 (Charter) 對「土木工程」(Civil Engineering) 的定義為：

“The art of directing the Great Sources of Power in Nature for the use and convenience of man”

筆者試譯之如下：

「導引大自然的龐大能源為人類所用或帶給人類福祉的藝術」

美國土木工程師學會 (American Society of Civil Engineers, 簡稱 ASCE) 會章對土木工程的定義為：

「實際應用科學與經驗知識於設計，生產或完成營建計畫之中的各部分，機械，與材料，而帶給人類用途或價值的藝術。」(筆者譯)

這兩個土木工程師學會都定義土木工程是一種藝術。藝術不只談美，但藝術之美與自然之美是可以相提並論的兩個高尚之美。

李仁芳教授 (2015) 在他的 *巷弄創業家* 一書中主張：美麗風土是涵養創新的力量。李教授以「美得如夢似幻」形容劍橋大學與牛津大學的建築與草坪。而大草坪間的康河之美，也由於徐志摩的詩文而傳誦華人社會。以諾貝爾獎為指標，劍橋大學 91 人，

其物理系 Cavendish 實驗室 29 人；牛津大學 64 人。李教授又指出，印度僅有的兩位諾貝爾物理獎得主 (Raman, Chandrasekhar) 與一位名震世界的數學天才 (Ramanujan)，都是南印度一個半徑 30 公里內小區域昆巴可南 (Kumbakonam) 一帶 (好幾座美得驚人的寺廟) 的人。

土木工程行業興起之後，利用科學 (science) 求真求新；利用工程科技 (technologies) 與工程作業 (operations) 求善；師法自然或利用藝術求美；使土木工程融合真、新、善、美，而為大美。

師法自然穹蒼之美的土木工程： 建築的圓頂

晴朗的夜晚，躺在空曠的草坪，仰望天空，難免對穹蒼之美有所幻想。羅馬人，大約在西元前 1 千年左右或稍後，發明羅馬水泥，並進而製造羅馬混凝土。在 753BC-716BC 建造一棟有開口天窗圓頂的多神廟宇：萬神廟 (Pantheon)。27BC 整建啟用。69AD 因火災受損。118AD-126AD 重修完整至今。609AD 獻與天主教皇，改稱萬聖廟。該廟圓頂高高在上，圓頂尖端的圓形開口天窗，陽光得以投影在圓頂內壁 (圖 1)，象徵與上天相通。

天主教的聖彼得大教堂 (圖 2)，許多天主教大教堂、博物館、火車站、大型公私建築，紛紛仿倣：圓頂之美。

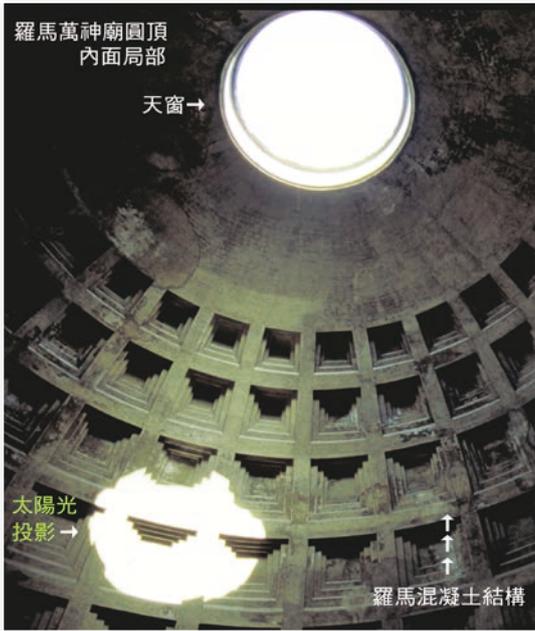


圖 1 羅馬萬神廟圓頂陽光穿過天窗投影在圓頂內壁



圖 2 天主教教聖彼得大教堂外觀 (洪如江攝)

台北捷運蘆洲站，大廳雖在地下，但以凸出地表的圓頂天窗，溝通地下大廳與天空 (圖 3)。在白天，

陽光經過彩色玻璃，投影在圓頂內的穹壁，依時流轉 (圖 4)；懸掛在天窗的藝術品「舞之羽」，形塑白鷺鷥翅膀羽毛的解剖構造 (圖 5 至圖 7)；再導入多樣性光影，灑落在地下大廳地板 (圖 8)，美不勝收。



圖 3 台北捷運蘆洲站凸出地表的圓頂天窗 (洪如江攝)



圖 5 台北捷運蘆洲站圓頂的天窗及所懸掛的「舞之羽」 (洪如江攝) ←

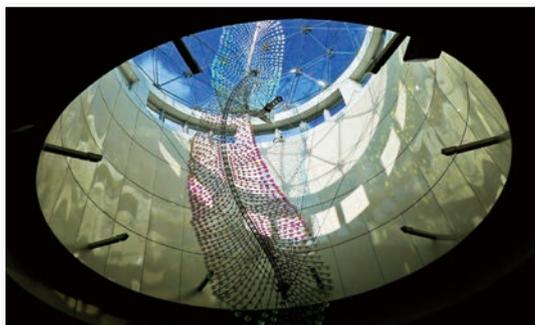


圖 4 在台北捷運蘆洲站地下大廳仰望圓頂天窗看到陽光在圓頂穹壁流轉運 (洪如江攝)

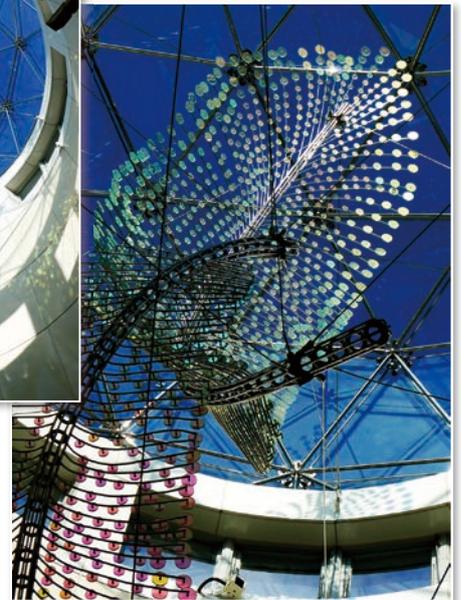


圖 6 台北捷運蘆洲站圓頂天窗所懸掛的「舞之羽」 (洪如江攝) ↑



圖 7 台北捷運蘆洲站圓頂天窗所懸掛的「舞之羽」 →

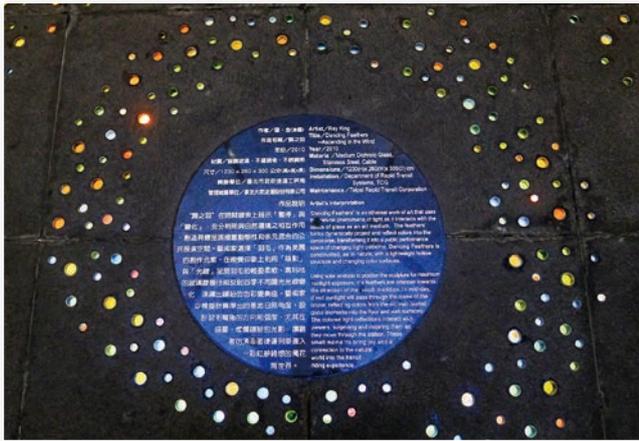


圖 8 台北捷運蘆洲站圓頂天窗正下方大廳地板圖像 (洪如江攝)

師法自然石拱之美的土木工程：拱橋

拱橋，土木工程常見的結構；其對稱與比例之美的型態，常見之於自然界，美國石拱國家公園 (Arches National Park) 最多，參見圖 9 之例。

中國北京的一個石拱橋模型 (圖 10)，有助於一般讀者對石拱橋結構的了解。

河北的趙州橋 (605AD 完工，圖 11)，除了對稱之外，其造型的比例所顯示之美，成為全世界拱橋設計者模仿的對象。

義大利威尼斯的 Rialto 橋 (圖 12)，也是觀光客必訪的景點。

美國尼加拉瓜瀑布下游的拱橋 (圖 13)，除了橋樑大跨度的優美型態之外，還有瀑布下游河水的動態之美，相得益彰。

羅馬在法國南部所建的嘉德水道橋 (Pont du Gard, 19BC 完工)，具型態對稱與比例融洽之美 (圖 14)。從幾十公里外引潔淨泉水供應嘉德河兩側社區使用，真、善、美的土木工程。

Kenneth Clark (1969) 的 *Civilisation, A Personal View* 一書 (以及他所主講的英國 BBC 同名影集)，對嘉德水道橋的讚美：

“The so-called Pont du Gard , , was materially beyond the destructive powers of the barbarians.”

“The way in which the stones of the Pont du Gard are laid is not only a triumph of technical skill, but shows a vigorous belief in law and discipline.”

筆者嘗試將之意譯如下：

「嘉德水道橋，，本質上非野蠻人之力量所能摧毀。」

「看嘉德水道橋的砌石之道，不但看到工程技術的勝利，而且也可以看出古羅馬人對法律與紀律的強烈信念。」

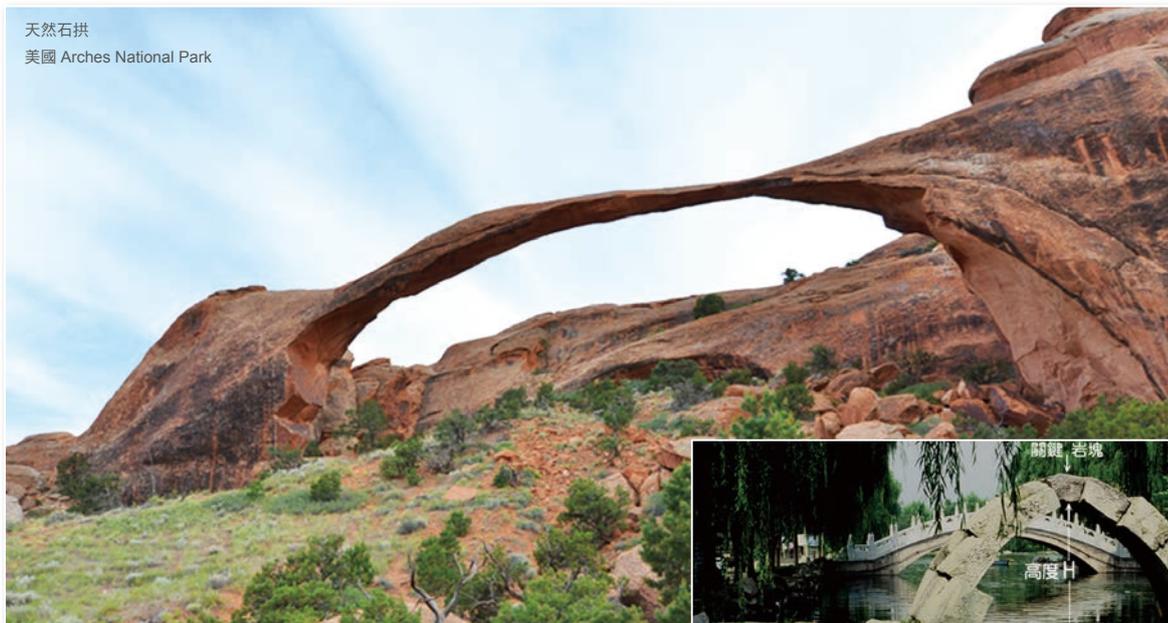


圖 9 天然石拱，美國石拱國家公園 (Courtesy Aaron Tsui) ↑

圖 10 拱橋原型 (洪如江攝於北京) →

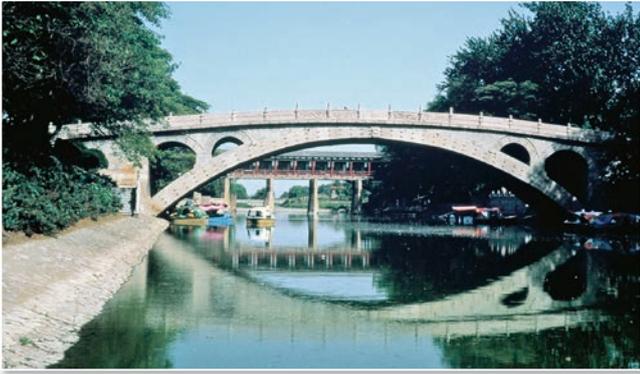


圖 11 中國河北省趙州橋（605AD 完工）全景 橋長 50.82m，橋寬 9m（洪如江攝）



圖 12 義大利威尼斯 The Rialto Bridge（洪如江攝）



圖 13 美國尼加拉瓜瀑布下游之拱橋（洪如江攝）



圖 14 羅馬在法國南部所建的嘉德水道橋（Pont du Gard，19BC~）全景（洪以昇攝）

師法自然材質勻稱之美的土木工程

嘉德水道橋（19BC 建成，圖 15），羅馬泰伯河的石拱橋（62BC 建成，圖 16），與北京紫禁城內拱橋（圖 17），自然石材建成，具勻稱之美，而且長壽。

今約旦境內，一個狹谷（圖 18）之內，有一粉紅色岩石的寬闊峽谷，曾經存在一個相當繁榮的古文明城邦：Petra（漢譯玫瑰城）。其皇宮（圖 19）及住宅（圖 20），皆挖進自然岩層內部，再擴挖得到寬闊空間使用。其皇宮及住宅的內外，勻稱的材質，粉紅玫瑰的顏色，兼具自然材質之美及藝術之美。

英國劍橋大學的多數書院，自然石材建成，具材質勻稱之美（圖 21）。



圖 15 嘉德水道橋 (Pont du Gard, 19BC~) 最下階局部 (洪以昇攝)



圖 16 羅馬泰伯河的一座石拱橋, 62BC 建成, 天然石材的勻稱之美 (洪如江攝) ↗



圖 17 北京紫禁城拱橋, 天然石材的勻稱之美 (洪如江攝) →



圖 18 進入玫瑰城之前的狹谷 (洪如江攝)

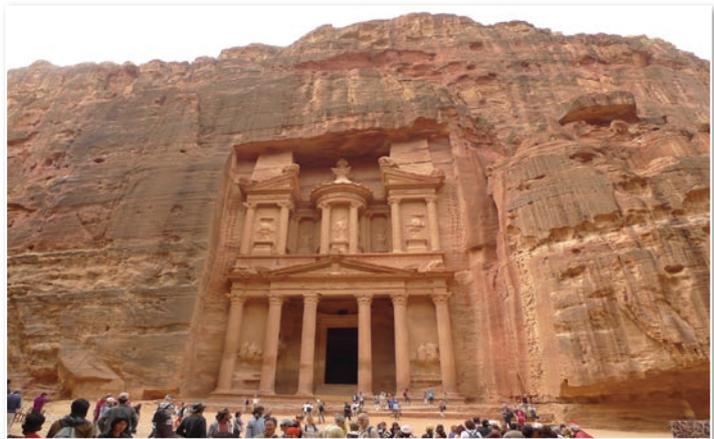


圖 19 約旦玫瑰城的古皇宮正面 (洪如江攝)



圖 20 約旦玫瑰城內的住宅 (劉建邦攝)



圖 21 英國劍橋大學多數書院，以天然石材見成，富勻稱之美（洪如江攝）

模擬人體支撐結構重量的土木工程

英國巨石陣（約 2500BC 開始興建）的型態，模擬人體直立為柱及手臂平舉為樑的姿勢（圖 22）。希臘衛城的 Erechtheion 神廟（建於 430sBC-406BC，圖 23），開創以人體雕像支撐結構重量的先河。

吊橋之橋塔（吊橋之壓力構件），類似人體軀幹；主纜（吊橋之主要拉力構件），類似人的手臂。參考圖 24（北部橫貫公路吊橋）、圖 25（英國威爾斯之門奈海峽吊橋，The Menai Strait Bridge，1826 建）、圖 26（美

國紐約布魯克林大橋）、圖 27（美國舊金山金門大橋，一座最恰當的橋放在一個最恰當的自然環境之中）。



圖 23 希臘衛城的 Erechtheion 神廟（建於 430BC-406BC）（洪如江攝）



圖 24 北部橫貫公路復興吊橋（洪如江攝）



圖 22 英國巨石陣（約 2500BC 開始興建）局部（洪如江攝）



圖 25 英國威爾斯之門奈海峽吊橋（The Menai Strait Bridge，1826 建）的對稱及比例之美（洪如江攝）

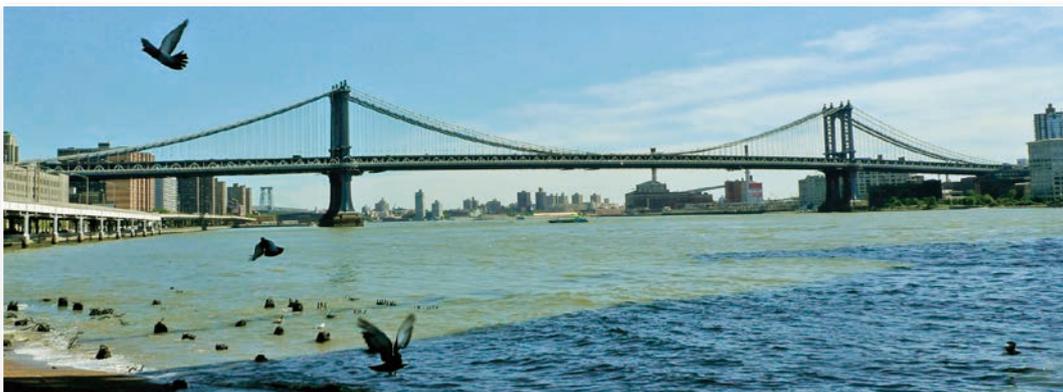


圖 26 美國紐約布魯克林大橋（1883-）全景（洪如江攝）



圖 27 美國舊金山的金門大橋，一座最恰當的橋建在一個最恰當的自然環境之中（洪以暉攝）

南部第二高速公路的斜張橋（圖 28），橋塔也類似人體軀幹，橋塔兩翼的主纜，更像雙臂張開用力。

彰顯國家象徵的精美土木工程

許多偉大文明國家，都有彰顯國家象徵的精美土木工程。除本文所舉案例之外，參考筆者在《土木水利雙月刊》的「土木工程與古文明生死關鍵的個案分析」各文。

李仁芳教授在《巷弄創業家》一書，盛讚愛爾蘭：

天才文學家輩出，也有號稱「翡翠之島」的遍地綠意和壯觀夢幻的自然美景。

Santiago Calatrava (1951-) 錦上添花，設計愛爾蘭都柏林 Samuel Beckett 斜張橋，以豎琴造型，彰顯愛爾蘭 13 世紀以來的國家象徵。陳嘉正博士拍攝該橋的美景，示於圖 29。

Calatrava 在西班牙與法國接受藝術及建築教育，然後到瑞士蘇黎世聯邦理工學院 (ETH Zurich) 進修土木工程，成為建築、工程與藝術三位一體的設計大師。參考 Jodidio (2016)。給筆者印象最深刻的是：以人體動態舞姿之美設計出橋樑、航站大樓造型、等等。參考 Jididio (2016)、Tzonis (2004)、等等專書。



圖 28 南部第二高速公路高屏溪斜張橋（洪如江攝）



圖 29 Calatrava 所設計的豎琴造型斜張橋（陳嘉正攝於愛爾蘭都柏林）

圖 30 示荷蘭鹿特丹斜張橋美景，圖 31 示法國首都地標巴黎鐵塔夜景之美。台北市地標，101 大樓，示於圖 50。

中國，在幾千年歷史之中，精美的土木工程與建築，非常之多，參考茅以昇等編寫（民國 76 年）、茅以昇（民國 80 年）、梁思成（民國 70 年）、等等專書。



圖 30 荷蘭鹿特丹斜張橋（洪如江攝）

師法傳統藝術之美的土木工程

台北捷運系統劍潭站屋頂（圖 32），師法龍舟造型的藝術之美。

北京奧運主場館（俗稱鳥巢）的鋼結構紋路（圖 33，圖 34），設計者（建築師瑞士之 Herzog 與 de Meuron）接受艾未未建議（參考 Smith, Obrist, Fibicher, 2009），師法北宋汝窯青瓷花瓶冰裂紋的藝術之美。



圖 31 法國首都的地標巴黎鐵塔夜景之美（張敬德先生攝）



圖 32 台北捷運系統劍潭站屋頂，師法傳統龍舟造型之美（洪如江攝）



圖 33 北京奧運主場館（俗稱鳥巢）的鋼結構紋路，師法北宋汝窯青瓷花瓶冰裂紋的藝術之美（Credit Andrew Chan, ARUP）



圖 34 北京奧運主場館（俗稱鳥巢）的夜景（Credit Andrew Chan, ARUP）



圖 37 九二一地震災後重建，潭南國小校舍充分展現布農族的美學（洪如江攝）

昆明國際機場主結構造型的靈感來自雲南彩帶舞的波浪型態（圖 35，圖 36）。

民國 88 年 921 地震災後的校舍重建，多能師法不同族群的傳統文化，展現其藝術之美。潭南國小重建之校舍，展現台灣原住民布農族傳統藝術之美（圖 37，圖 38）。西寶國小重建之校舍，展現太魯閣族傳統藝術之美（圖 39，圖 40）。至誠國小重建之校舍，展現閩南式三合院佈局的傳統之美（圖 41，圖 42）。



圖 38 九二一地震災後重建，週末假日，布農族學童仍然到潭南國小遊戲（洪如江攝）

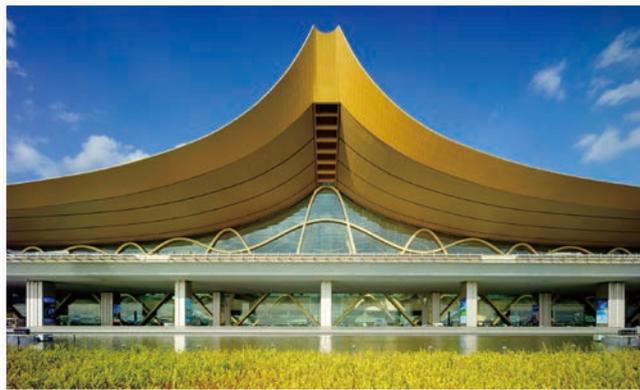


圖 35 昆明國際機場外側波浪形鋼鐵主結構型態的靈感來自雲南民間藝術：彩帶舞（Courtesy of ARUP）



圖 39 九二一地震災後重建，西寶國小校舍，展現太魯閣族的美學（洪如江攝）



圖 36 昆明國際機場內部波浪形鋼鐵主結構型態的靈感來自雲南民間藝術：彩帶舞（Courtesy of ARUP）



圖 40 九二一地震災後重建，西寶國小學生上課中（洪如江攝）



圖 41 九二一地震災後重建，至誠國小閩式三合院校園之西北角（洪如江攝）



圖 42 九二一地震災後重建，至誠國小快樂的學童（洪如江攝）

融合自然之美與藝術之美的土木工程

土木工程的藝術之美與自然環境之美融合為一體，避免自然環境之美的消失；尤其要避免用混凝土叢林替代大部分的自然叢林及草坪。

劍橋大學的書院建築、草坪、康河、草坪，融合為一體之美，示如圖 43。其他案例，參考筆者另文（洪如江，2017，*土木工程與自然*）。

倫敦海德公園一個人工湖畔，人、野生動物、與綠色植物，眾生平等，和諧相處，示如圖 44。

台灣蘭陽博物館與自然環境和諧相處的美景，示如圖 45。

台北捷運這個土木工程，有許多融合藝術之美與自然之美的車站，參見洪如江（2014）*城市文明躍昇的傳奇－臺北捷運系統*（*捷運技術*第 48 期）。

文學與土木工程之美

義大利翡冷翠高速鐵路車站設計（圖 46），採用但丁詩集神曲地獄篇中走出地獄看到星星的歡愉情景。遺憾的是，該工程並未施作。

中國武漢火車站的型態，展現黃鶴起飛的意象。這兩件個案，都是文學領導工程設計的傑作。



圖 43 劍橋大學的書院建築、草坪、康河、草坪，融合為一體之美（洪如江攝）



圖 44 倫敦海德公園一個人工湖畔，人、野生動物、與綠色植物，眾生平等，和諧相處（洪如江攝）



圖 45 蘭陽博物館與自然環境和諧相處的美景（洪如江攝）

歷史記憶與土木工程之美

澳洲雪梨歌劇院（圖 47）的現址，為古代英國囚犯流放澳洲的登陸地點。當時，惟一的長途海運工具為帆船。

1957，丹麥建築師 Utzon，提出帆船風帆（圖 48）的造型為建築型態，豔驚評審而得標。但因其結構，以當時工程科技水平而言，極端複雜，幸由 ARUP 結構工程師團隊的努力、澳洲人的堅持，多次變更設計、大幅度追加預算、延長工期，終於在 1973 年秋完工。聯合國教科文組織於 2007 年將之列為世界文化遺產。

回歸傳統之美，回歸鄉土之美

土木工程，在全球化的浪潮下，遠離本土（或民族）文明表徵；有識之士，很想從事回歸傳統與回歸鄉土之美的土木工程設計；但不應該是外形的抄襲（Imitation of forms）。洋樓戴上宮殿式的大屋頂還是洋樓，像是洋人穿上長袍馬褂再戴上瓜皮帽還是洋人。

梁思成主張「由科學結構型成其合理的外表」（建築設計參與圖集序，73～79 頁，民國 24 年 12 月）。符合梁思成主張的例子包括：台北捷運系統劍潭站屋



圖 46 義大利翡冷翠高速鐵路車站設計圖，採用但丁詩集神曲地獄篇中走出地獄看到星星的歡愉情景（Credit Andrew Chan, ARUP）



圖 47 雪梨歌劇院全景（Credit Andrew Chan, ARUP）



圖 48 帆船的風帆，雪梨歌劇院主結構靈感來源（Credit Andrew Chan, ARUP）

頂的龍舟造型，台大第一學生中心（中國式建築的布局），等等。

台南市嘉南高爾夫球場餐廳的斗笠狀屋頂，象徵嘉南平原的農耕文明；回歸鄉土之美。

科學技術與土木工程之美

由於資訊科技與材料科技的發展，數位建築興起，顛覆了傳統工程型態及材質的慣例。西班牙畢爾堡（Bilbao）的古根漢（Guggenheim）博物館（非典型柱、樑、版結構，鈦金屬建材。圖 49）一出，全球驚豔，使原來一個沒落的礦產小鎮，頓時成為觀光勝地。

茲舉出近年來，因為科學與技術的進步，而使得土木工程有重大突破的幾件案例於下。



圖 49 西班牙 Bilbao 的古根漢（Guggenheim）博物館，側面（陳亦釵攝）

日本明石大橋（1998/04），主跨 1991m，減少橋墩對水流的不良影響，暫居世界第一。

2003 年完工的台北 101 大樓（圖 50），是第一座在新世紀打破 100 層高的商業及辦公用建築，其結構是土木工程善用科學的一大成就。從此之後，世界各地競相建築高樓。

台灣中山高速公路五楊段高架橋（圖 51），單柱雙橋，使用最小土地面積，達到最大效果，世曦工程顧問公司設計監造。為橋樑工程的一大創新。



圖 50 台北 101 大樓，世界上第一個超過 100 層的高樓（洪如江攝）

圖 51 中山高速公路五楊段高架橋，單柱雙橋，使用最小土地面積（洪如江攝）

瑞士的高山道路，多採用軌道系統或纜車系統。幾十年前，為改善中歐（德、法）與南歐（義大利）的運輸瓶頸，開始在阿爾卑斯山區開闢多條鐵路隧道，總長度達 151.84 公里；其中，哥達基線隧道（Gotthard Base Tunnel）長 57 公里，不但長度破世界紀錄，其岩覆（山頂至隧道的鉛直距離）達 2,500 公尺，也破瑞士阿爾卑斯山區隧道紀錄。此一隧道工程，再一次表現瑞士人保護環境以及與自然和諧的價值思想及傳統。瑞士土木工程藝術學會（Society for the Art of Civil Engineering, 2006）寫得好：「瑞士選民想要把運輸系統從公路轉向鐵路」。



千秋萬世的土木工程

埃及第一座成功的金字塔，紅色金字塔(2613BC-2589BC)，4條直線及4個平面向上集中於一點，其造型之美，被用於巴黎羅浮宮門廳設計(圖52)。

中國五千年歷史之中，有不少土木工程，堅固耐用；諸如萬里長城、西安城牆、都江堰、趙州橋、洛陽橋、蘆溝橋、安平橋(又稱五里橋)、等等。

民國88年台灣的921地震，中小學近300校全面崩塌，如果地震發生於上課時間，可能有上萬師生遇難。這些校舍，居然一震就垮；各階層對教育的重視，言行不一，是文化的問題，絕對不是工程技術問題！以工程技術而言，台灣已經相當先進，不少工程(例如翡翠水庫大壩、德基拱壩、台北捷運、高速鐵路、等等)，品質一流，備受稱讚。

陳紀澄(民國64)在他的**華裔錦冑**一書之中，讚嘆牛津大學校舍的一段話：

『至於一幢幢用石頭砌成的學院與寢室，真如銅牆鐵壁，龐然大物，大概再過一千年，也不會倒塌。』

筆者多次到牛津大學與劍橋大學這兩所「巨石大學」參觀，判斷他們用巨石所建的校舍，耐久至少幾萬年以上。

台北的台灣銀行總行，也使用良質石材建成，差可與之相提並論。

結論

千秋萬世的土木工程之美，是一個優質文化的表徵與文明的證據。

但美不是一切。土木工程，還必須考慮功能、安全、環境、社會公平正義、經濟、財務負擔、等等因素。

埃及金字塔造型之美，被仿倣於巴黎羅浮宮門廳的設計。但酷夫(Khufu)金字塔，動員2萬多人，耗時20多年，只為存放一具法老王的木乃伊，是埃及古文明滅亡的原因之一。參考洪如江(民國105年8月)。

土木工程之美的創新，必須靠藝術(art)、工程科技(engineering technologies)、與工程作業(engineering operations)的精誠合作，才能成功。



圖52 巴黎羅浮宮新門廳(徐國華攝)

參考文獻

1. 杜牧(825AD), **阿房宮賦**:「六王畢,四海一,蜀山兀,阿房出。覆壓三百餘里,隔離天日。...楚人一炬,可憐焦土。...」。
2. 李仁芳(民國104年), **巷弄創業家**, 聯經出版, 台北市。
3. 茅以昇等編寫(民國76年), **中國橋梁史話**, 明文書店, 台北市。
4. 茅以昇(民國80年), **中國古橋技術史**, 明文書店, 台北市。
5. 洪如江(民國76年),「永恆的岩石與千秋萬世的教育」, **地工技術雜誌**, 第19期, 第4-7頁, 民國76年7月。
6. 洪如江(民國84年),「公共工程與公共建築的堅固與耐久性」, **營建管理季刊**, 84年春季號第47-51頁。
7. 洪如江(民國83年),「公共工程愈舊愈耐用?」, **中國時報時論廣場**, 民國83年11月3日。
8. 洪如江(民國105年8月),「土木工程與古文明生死關鍵的個案分析(二) 土木工程與埃及古文明的生與死」, **土木水利**, 第43卷, 第4期。
9. 洪如江(民國106年12月),「土木工程與自然」, **土木水利**, 第44卷, 第6期。
10. 梁思成(民國70年), **中國建築史**, 明文書局, 台北市。
11. 陳紀澄(民國64), **華裔錦冑**, 地球出版社。
12. Clark, Kenneth (1969), **Civilisation, A Personal View**, Harper & Row, Publishers, New York.
13. Hill, Terry, Chan, Andrew, **Solutions for a Modern City, ARUP in Beijing**, black dog publishing, London, UK.
14. Jodidio, Philip (2016), **Calatrava**, Taschen GmbH.
15. Jones, Peter (2006), **Ove Arup, Masterbuilder of the Twentieth Century**, Yale University Press.
16. Society for the Art of Civil Engineering (2006), **New Rail Link through the Alps: A Swiss Pioneer Achievement**, Museum for the Art of Civil Engineering, Ennenda.
17. Smith, Karen, Obrist, Hans-Ulrich, Fibicher, Bernard (2009), **AI WEIWEI**, Phaidon Press, London & New York.
18. Tzonis, Alexander (2004), **Santiago Calatrava, The Complete Works**, Rizzoli, N.Y.
19. Tzonis, Alexander; Donader, Rebeca Caso (2005), **Calatrava Bridges**, Thames & Hudson, London. 