

由災後橋梁重建工程探討國內鋼構廠施工品管能力

李家順

交通部公路總局養路組道路工程科工程司

一、前言

台灣自九二一大地震後山區之土石因而鬆動，再加近年氣候暖化豪雨量鉅增，以 97 年 9 月 14 日辛樂克颱風及 98 年 8 月 8 日莫拉克颱風帶來超大豪雨及巨大土石流侵襲，造成多數省道及縣道公路橋梁淹沒、沖毀，導致交通中斷，如 97 年 9 月 14 日辛樂克颱風造成台 13 線后豐大橋、台 27 線甲仙大橋落橋，98 年 8 月 8 日莫拉克颱風造成包括台 17 線雙園大橋等 63 座橋梁損毀與流失。公路橋梁為交通運輸與民生活動的重要管道，因此橋梁急需儘速重建，讓交通儘早復原。

地球氣候暖化超大豪雨已成常態，對災後重建、老舊改建與新建之跨河橋梁之設計均以降低橋墩束縮沖刷之影響為主要考量，採大跨徑減少落墩方式為設計主軸，鋼構橋梁以能於不受天候與工區環境影響之廠內製造與工地下部結構同時施工，能於最短時間恢復交通為災區橋梁重建工程之首選，因此近年公路橋梁大量採鋼構橋梁設計施工(重建時之后豐大橋-詳圖片 1-1)。

二、目前國內鋼構廠鋼橋施工品質管理現況

筆者因早期參與多起鋼構橋梁廠內製造駐廠監造工作及目前主要辦理交通部公路總局省道及代辦縣道鋼構橋梁設計審查、鋼橋廠內

製造與現場架設施工品管督導與本局鋼橋設計與施工品管教育訓練工作，因本局近年來因颱風災後重新及省道老舊橋梁改建與配合水利局河川局治理計畫之改建橋梁屬鋼結構橋梁者所佔比重極大，因此常奉派至鋼構廠查核，近 2 年來查核國內 20 多家有參與本局橋梁生產之鋼構廠後，卻深深體會國內除幾家成立多年較具規模中大型鋼構廠及長期為大型鋼構廠之協力鋼構廠外，其他鋼構廠之施工品質及品管觀念與筆者 10 多年前所接觸之鋼構廠施工品質相較，並沒有多大提昇且部份品質更低落。

三、 國內部分鋼構廠鋼橋施工品質低落原因

由於近年大量廠商外移民間投資之鋼構廠房及一般建築鋼骨大樓建案變少及目前災後重建鋼構橋梁數量(含地方政府為顯現政績所新建之景觀橋梁及特殊造型人行陸橋)，讓許多原長期重事鋼構廠房及建築鋼骨大樓之鋼構廠，甚至一些連建築鋼骨大樓未曾做過之鋼構廠(應該稱為鐵工廠)也大量投入鋼橋製造。建築鋼結構屬靜態結構(除特殊結構外，例風力控制或有機械運轉設備除外)，橋梁屬動態結構且需考量長期疲勞與衝擊應力及鋼橋生產流程所需注意事項與所採施工規範均與建築鋼結構規範不同，惟長期從事建築鋼結構之業者並無相關鋼橋施作經驗之技術品管人員，常造成規範解讀不同與製造流程順序錯誤衍生施工品質不良之原因，以下提出筆者近 2 年來查核國內 20 多家鋼構廠橋梁所發現施工品質差異與低落主要原因：

A. 廠房施工設備與廠區面積不足：雖然部分契約有所規定鋼構廠須有多大廠房面積、預裝場地面積及裁切、加工、銲接及整型設備。由於長期從事鋼構廠房及建築鋼骨大樓之鋼構廠其銲接施工設備均依鋼骨構件施工流程配置，BH 組立機、箱型柱組立機與門型自動潛弧銲，BH 矯正機、端面加工機，雖然其數量與功能表面上似乎可符合規定，惟實際運作時往往無法適用於大型化，造型變化大之箱型橋梁構件(如圖 3-1~3-5 所示)，故常無法達到加工、組立、銲接、整型自動化，均需靠傳統人工加工與電銲，品質穩定性低無法標準化。由於鋼構廠房內部無適用鋼橋製造之銲接設備與整型設備，往往將裁切、電銲、噴砂塗裝工作在廠房外施作，因露天及無屏蔽下所從事以上之工作、其品質常受氣候因素影響(如圖 3-6~3-9 所示)。

B. 專業技術人員不足：鋼構廠大部份雖以機械科系背景工程人員為主，但仍欠缺有專業實務製造與檢驗品管人員，其所影響鋼橋品質程度以下分別說明：

(一) 工程人員對設計圖圖面解讀能力不足，致所有施工圖及施工計畫書、銲接計畫書與銲接程序書均需委有廠外其他專業人員繪製與撰寫，惟其他專業人員並不瞭解廠內設備與銲工製程習慣，且所繪之施工圖常缺詳細接頭細部僅將設計圖簽名圖籤修改，大部份內容不變，計畫書及銲接程序書僅提供送審查用，廠內實際執

行與計畫書內容相差甚遠。例已核定之銲接程序書，均放置於總公司，鋼構廠內並無銲接程序書，同樣銲接方法但各銲工所採銲接參數並未依送核之程序書設定，卻依個人習慣調整(一人一把號，各吹各個調)。甚有鋼構箱型梁之銲接程序卻以箱型柱多電極潛弧銲及電熱熔渣銲之銲接程序書送審也居然通過設計顧問公司與監造單位核可。

(二) 欠缺與銲接技術、非破壞檢測及銲接檢驗品管相關人員(例如美國銲接協會之銲接工程師、銲接檢驗師(CWI)或台灣銲接協會之銲接檢驗師(TCWI)。一切須依契約檢驗項目或簽署之報表均須委由 TAF 認證之檢驗公司簽署，而鋼構廠本身沒有能力監督所委外檢驗公司其檢驗程序是否符合規定及報表填列是否確實、而無法落實工程會所推動三級品管中之一級品管制度。

(三) 因橋梁構造特殊設計圖線形複雜包括平曲線、豎曲線、預拱度及溫度效應，故須先將橋體節塊在運往工地前，預先在工廠內進行拼裝，用以了解整體尺寸、架構狀態、拱度、接合面是否符合設計，如有不符之處予以預先了解改善，故其線型與拱度計算應有俱土木測量專業背景人員來擔任較為可行，以避免鋼橋組裝精度不良影響工程品質外也延誤工程進度(如圖所示 3-10~3-13)。

C、對契約之施工規範解讀能力不足：一般鋼骨大樓及廠房鋼結構施所採用之鋼結構施工規範為美國銲接協會 AWS-D1.1 靜態結構規

定，而橋梁結構所採用銲接規範為 AWS-D1.5 橋梁銲接規範或 AWS-D1.1 動態結構規定，因橋梁屬承受反覆應力須考慮長期疲勞強度，其材料檢驗、鋼板開槽方式、銲道接頭形式、電銲方式及銲道表面處理方式等施工相關細節與注意事項均與一般靜態結構不同，惟鋼構施工業者仍以長期一般建築鋼結構習慣之方式施工，故常在施工查核過程中常與業主及監造單位發生爭執，且常說「以前可以，為甚麼現在不行」。甚有部分鋼構廠施工品管人員連美國銲接協會 AWS-D1.1 銲接規範一問三不知，且廠內無相關銲接施工規範，詢問其銲接管理依據為何？結果是拿一份多年前某工程之銲接計畫書供業主查核，其工程性質屬性完全不相干，鋼構材料等級也不同，理所當然所採用銲接方法亦不同，因此更不用談有正式為本工程所準備之「銲接程序書-WPS」了。

D、銲接方法與銲接順序不當：近年來跨河鋼橋均已採大跨徑因此主構件大多屬箱型斷面(含下部結構採鋼墩柱時)，箱梁翼腹板斷面及板厚變化大並配合加勁肋材，銲接因熱量的輸入，銲後構件變形係避免不了，若銲接程序或銲接順序不當，銲後變形量更大，依正常銲接順序，各翼腹板與加勁材應小組銲接完成所有銲道，銲後若有變型應先整型再做大組立銲接，標準鋼構廠製造橋梁生產線流程上，應備有機械壓床或龍門多火口瓦斯整型機於小組銲接完成後於線上做整形(如圖 3-14~3-17 所示)。惟一般小型鋼構廠無

上述整型設備，但恐構件小組時之銲接變形，構件小組時僅點銲固定不做所有正式銲道銲接至大組立時才銲所有銲道，理由是構件經大組立後銲接「因拘束力大所以銲接變型量較小，最重要是可且節省整型費用」。「銲接後構件不變形與無殘餘應力」如「魚與熊掌」一樣-無法兼得，故對傳統電弧銲接而言，因入熱量較大雖構件大組立後銲接雖不易變形，但因構件於大拘束力下銲接，故構件必有殘餘應力，且構件大型化，以現有鋼構廠設備根本無法做弛力退火應力消除，對於長期受反覆應力之橋梁構件是相當不利的，惟鋼構廠卻無此認知。

四、 結論與建議-為提升目前國內鋼橋施工品質，建議如下：

- A. 於短期而言：鋼結構製造過程其銲道內部品質一般人常以銲接後銲道外觀及銲道內部以非破壞檢驗成果來評判品質良劣標準，但僅由非破壞檢測之結果(含狹義的目視檢驗)來判斷銲道之品質只能有少許之保障，因為銲道接頭形狀、電流電壓大小(入熱量大小)、預熱、層間溫度控制等因素深深影響銲道金屬機械性質，卻是非破壞檢測所無法察覺的。因此為保障鋼結構整體施工品質，所有與人民生命與財產安全息息相關之公共工程應就工程屬性與規模，應規定鋼構廠至少需聘請 1 位以上經美國銲接協會授證之銲接檢驗師(CWI)或台灣銲接協會授證之銲接檢驗師(TCWI)來執行鋼結構製造過程之銲接

前、銲接中、銲接後相關檢查且須經簽字確認後方可執行下一階段作業。

- B. 於長期而言：營造廠或鋼構廠低價搶標除造成工程品質低落危害公共安全且使鋼構市場一片混亂之局面為時已久，對重視品質之鋼構業者無法確實獲得合理利潤，降低投入公共工程之意願，為鋼結構產業長期發展之一大隱憂，由於鋼結構之特殊施工方式，其品質管理甚為重要，國外鋼構工程較上軌道之國家皆有完整的品質確保制度，以確保整體工程之品質，其中鋼構廠之分級或認證制度主要乃考量鋼構廠之規模、設備、人力、管理、及製作實況、教育訓練等，對受評之鋼構廠審查，認定其適當之等級，而工程之承攬則依據工程之規模、施工難度，要求須具備某一等級以上之鋼構廠方能承攬如此不僅可建立產業秩序，對於工程品質亦較有保障。有鑒與此，我國鋼構廠分級制度之實施是有其必要。

參考文獻

〔1〕陳生金，「鋼結構會刊-創刊號」1994.12 第 1 期“鋼構廠分級制度簡介” P33。

〔2〕傅文昌，「鋼結構會刊」2003.07 第 16 期“鋼構電銲之目視檢查” P103~104。



圖片 1-1(重建時之后豐大橋)



圖片 3-1(橋梁構件大型化)



圖片 3-2(BH 組立機無法適用於鋼箱型梁)



圖片 3-3(箱型柱組立機無法適用於鋼箱型梁)



圖片 3-4(門型自動潛弧銲機無法適用於鋼箱型梁)



圖片 3-5(BH 機械整形機無法適用於鋼箱型梁)



圖片 3-6(露天組立電銲影響銲接品質)



圖片 3-7(露天電銲影響銲接品質)



圖片 3-8((露天噴砂影響塗裝品質)



圖片 3-9((露天噴漆影響塗裝品質)



圖片 3-10(標準鋼橋預裝場)



圖片 3-11(預裝精度不良-1)



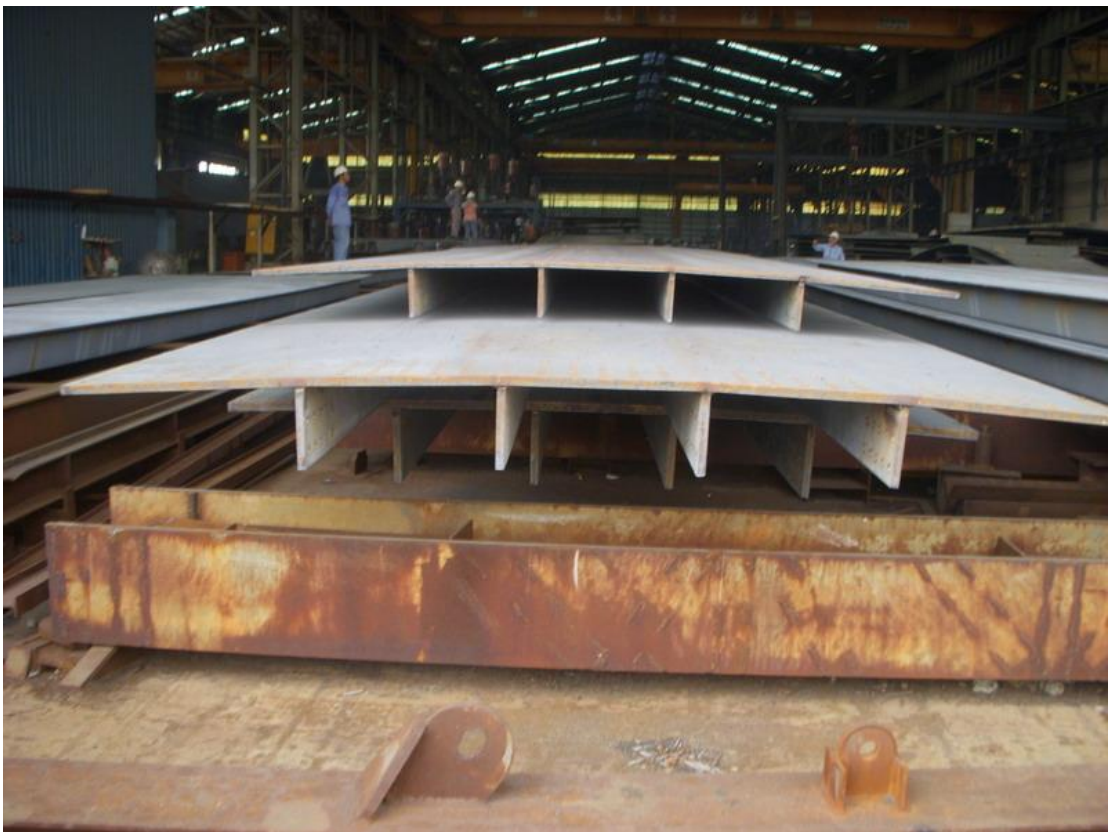
圖片 3-12((預裝精度不良-2)



圖片 3-13((預裝精度不良現場不當開孔)



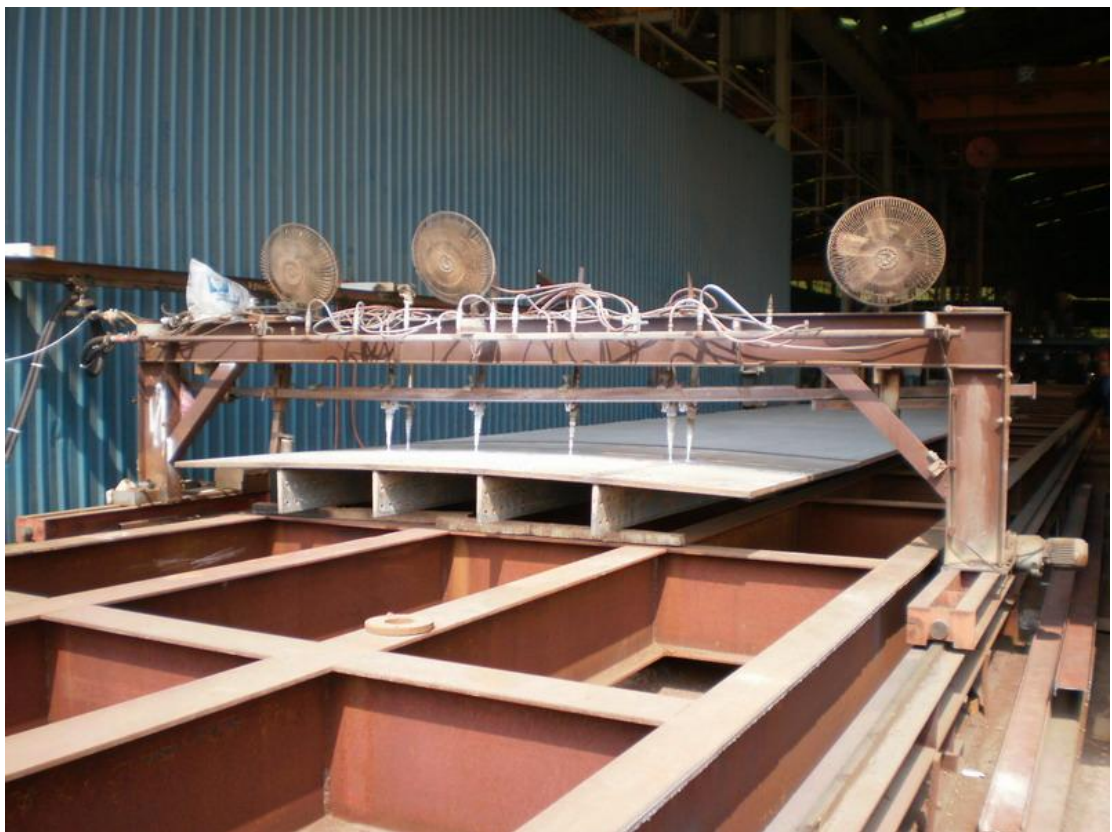
圖片 3-14(小組銲接變形-1)



圖片 3-15(小組銲接變形-2)



圖片 3-16(小組銲接變形機械壓床整形)



圖片 3-17(小組銲接變形瓦斯整形)