

鋼結構橋梁預裝(假組立)目的與檢查項目介紹

李家順

交通部公路總局養路組道路工程科工程司

一、前言

鋼板或鋼材經切割、組立、銲接成構件並經校正後，需要經過廠內預裝成與工地現場類似之安裝工作，此種預裝工作對於構造物屬於精密、複雜、現場施工困難者，尤其重要，例如鋼橋、大跨徑或特殊造型建築物、溢洪道閘門、水力發電設備(以上詳照片1~4)、大型預力混凝土橋梁架設工作車、大型起重天車與塔式吊車等。

預裝時，各構件需以各種臨時支撐(Temporary Support)作成近無應力狀態，接合部位則以規定數量之導孔栓(Driftpin)及預裝螺栓(一般為普通螺栓亦或屬舊品之高拉力螺栓)鎖緊後，依規範或契約規定檢測是否符合精度要求。



照片-1 鋼橋 (宜鋼鋼構)



照片-2 大雄寶殿屋頂 (理成鋼構)



照片-3 溢洪道閘門 (大將作鋼構)



照片-4 水力發電設備 (大將作鋼構)

二、 鋼橋預裝工作之目的

1. 製品之檢查：

在構件製作過程中任何加工、成形都有可能產生尺寸誤差、這些誤差在構件預裝時，對構造物整體形狀，接頭相對關係、架設問題等可以一併復查、校核，這是預裝最重要的功能。

目前構造物使用各種材料，已趨向多樣化，各製造廠家的品管工作為節省工時亦標榜自主管理，僅僅對重要部材實施製程中間檢驗，這些累計之疏忽，對製品造成極大不確定性，故有賴最後預裝工作之檢查。

2. 確定製品之精度：

製造廠家對整個施工過程常以「責任施工」為前提，但事實上，有許多不定因素，無法預知的問題，故必須以預裝工作確定各項製品之精度，下列情況需要進行預裝工作：

- (1)新的構造方式或未具施工經驗之構造物。
- (2)放(落)樣時，要求尺寸精度極高，而銲接後之變形、收縮量無法預測之構件。
- (3)複雜構造之放(落)樣，對組合之精度無法控制，需要預裝後以擴孔方式處理者。
- (4)鋼構廠受限於設備，將構件變更分成數段，與原設計不符，需要預組後再行銲接處理。

3. 試驗與實測之目的：

- (1)反向之校對：施行預力(prestress)之大梁或合成梁等，在現場組立之基準值與預組時之無應力狀態之構架形狀，作一比較並實測其值。
- (2)變形量之測定：為了現場組裝之正確或設計值與實測值之比較，必須確知變形量之多

寡，而此數值可由預裝實測得知。

- (3)載重試驗：構造承受負荷時，應力之測定、分佈，荷重之分擔等之校核，此種試驗有時與變形量之測定同時進行。

三、預裝之施工方法

1. 預裝工法：

- (1)互換性工法：可分為完全互換性及半互換性工法兩種，主要區分為擴孔之需要與否。

完全互換性工法應用於一般簡支梁，桁架等簡單，同一類型較多之結構，其接頭部位之孔位有標準間距，孔徑，不需擴孔之處理。半互換性工法與前者幾乎相同，但因部份構材如斜撐構，對傾構之連接部需以擴孔處理(詳照片 5)。

- (2)互換性擴孔併用法：施工困難部份採用擴孔工法，其他部份則以互換性工法，如斜板梁(plate-girder)應用於主梁與橫梁之連接部、橫梁與斜撐接頭、合成梁之上下翼板-斷面變化變化較為顯著，同時收縮量亦不相同，對長度預測困難時，採取擴孔工法。此種工法，為了擴孔之施工均以全構件預組。

- (3)擴孔(或引孔)工法：新式構造對收縮、變形無法預測或者複雜構造因累積誤差較大者，常施以擴孔(或引孔)工法之預裝。此種工法常使用於拱橋，變斷面箱型梁。此種工法與(2)法常併用，以整體預裝方式施工(詳照片 6)。



照片-5 斜撐構接頭以擴孔處理



照片-6 拱橋接頭螺栓孔以引孔或擴孔處理

2. 預裝方式：

- (1) 立體組合：將構造物完全依照工地完成時之形狀進行預裝，稱為立體預裝。立體預裝

所費工料多、時間長，但最為詳實可靠。經過立體預裝之橋梁，不但可節省工地組裝時間，而且精度亦合乎要求(詳照片 7)。

整體之立體預組(縱組方式為多)一般預裝常用此法，係與現場同樣形態之組立法，所不同僅是工廠與現場之區分。鈹型梁或構架梁其結構完全相同時，可採用互換性工法，採其中一縱列或數結點預裝，以節省工時。但如其中一部分以擴孔工法併用時，必須採用全部預裝或以整跨徑預裝。



照片 7 立體組合

(2) 橫向組合：大梁以橫向 90°旋轉即結構物之側向朝上，其預組方式為全體之構件組立，常採用於桁架橋、鋼墩柱、塔柱 (詳照片 8~10)。

採用橫向組合之理由如下：

- a.大梁之高度超過吊車之揚程。
- b.吊材或垂直構材軟弱，不適立體縱向組立。
- c.大梁下部空間太高，以致預裝時臨時支撐架台太大。



照片 8 橫向預裝(鋼管桁架橋)



照片 9 橫向預裝(鋼墩柱)



照片 10 橫向預裝(塔柱)

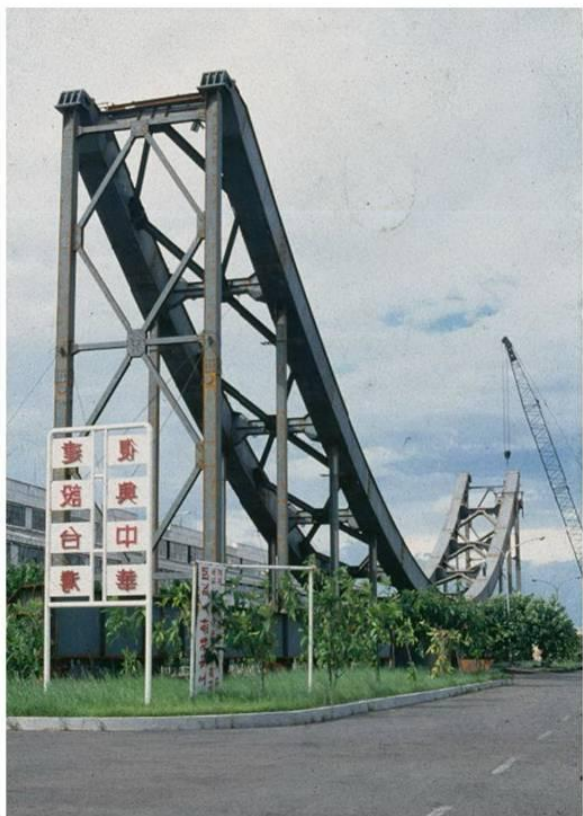
- (3) 逆向組合：將構造物反轉 180°。進行立體預裝，稱為顛倒預裝。有的構造物採用顛倒預裝可節省工料，同時作業時比較穩定，本方式常應用於上路式拱橋、倒三角型構造物如穿式拱橋之拱腳、Π 型鋼架橋、斜撐鋼構架，鋼構橋墩等。關渡橋支承處拱腳呈現三角型，台十四線之雲龍橋、台七線之羅浮橋均採用逆向組合預裝(詳照片 11~13)。



照片 11-1 逆向組合(關渡大橋)



照片 11-2 立體組合(關渡大橋)



照片 12 逆向組合 (台 14 線雲龍橋)



照片 13 逆向組合 (台 7 線羅浮橋)

(4) 分段預裝：大跨徑橋梁、懸臂梁橋、連續梁橋或曲線橋等，預裝場地無法整單元一次容納，或所需支撐及其它設施數量過鉅，無法一次供應，需要將橋體構件分段預裝時，可按工地架設順序，將橋體分段進行預裝。目前橋梁設計考量減少落墩及行車舒適，將鋼梁採連續式與減少伸縮縫數量，故趨向大跨徑及連續性，例已完工通車之國道六號跨烏溪之 C606A 標國姓高架橋工程之連續鋼箱型梁橋，單元長度達 838.5 公尺 ($54.5+92+4@150+92=838.5$ 公尺)、台 4 線崁津大橋為 3 孔連續下路式鋼拱橋，單元長度 270 公尺 ($60+150+60=270$ 公尺)、新北市聯外快速道路之新北橋單元長度達 400 公尺及目前施工中之國道一號五楊段拓寬工程之鋼箱型跨越橋，單元長度達 486 公尺，最大跨徑為 216 公尺 ($135+216+135=486$ 公尺)。

由於橋梁大型化的趨勢，依前述單元橋梁長度以國內現有鋼構廠預裝場地規模應無法一次組裝完成，目前工程設計與監造單位對大單元長度橋梁，考量實際所需及節省鋼構廠預裝及現場吊裝工期、節省人力並提高效率，均同意採用此預裝方式。採用此預裝方式時，前一單元構件應預留一節與下一次預裝者同時進行用以了解結構整體狀態。(詳照片 14~17)。



照片 14 分段組合(國道 6 號 C606A 標國姓高架橋-大將作鋼構)



照片 15 分段組合(國道 1 號五楊段高架橋-春源鋼構)

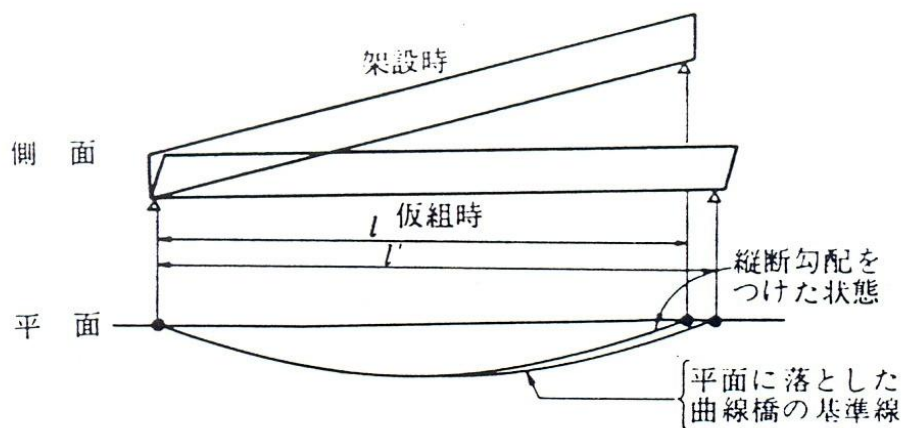


照片 16 分段組合(桁架橋)

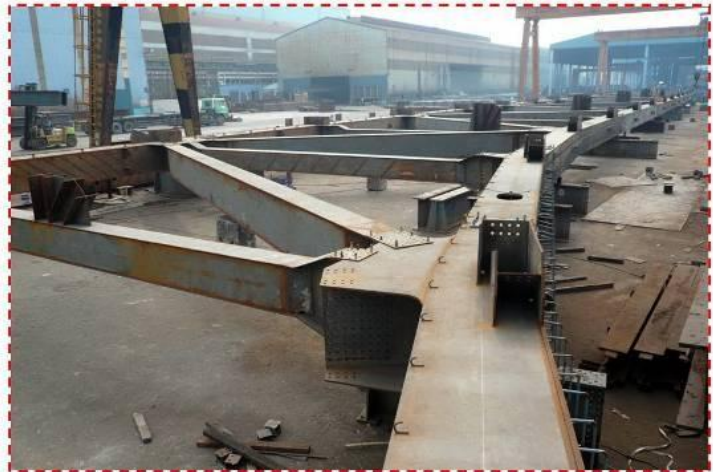


照片 17 台 4 線坎津大橋分段組合示意圖

- (5) 平放預裝：將橋體每一面橫臥在地面上進行預裝，稱為平放預裝。如桁架橋，下路式拱橋或位於上下匝道縱坡較大之連續梁橋，為配合現地高差、起重設備揚程受限或支撐高度過高與數量過多，可採用此工法(詳照片 18)。平放預裝可省卻支撐等設備，故費用較省，時間也短，但不能獲得面與面之間預裝資料，此乃唯一缺點。以桁架為例，上游與下游桁架各自成為一個面，橋面另成一個面，故桁架橋平放裝須分三次進行(詳照片 19)。



照片 18 縱向平放預裝



照片 19 橫向平放預裝(桁架橋-春源鋼構、中鋼構)

(6) 部份預裝：

將橋體中複雜部份作個別預裝(詳照片 20~22)，如：

- a 吊橋之加勁桁架。
- b.懸臂式桁架之鉸接合處。
- c.鋼橋柱之錨錠構架。
- d.複雜的伸縮縫。
- e.精緻的欄杆。
- f.檢查用的通路。



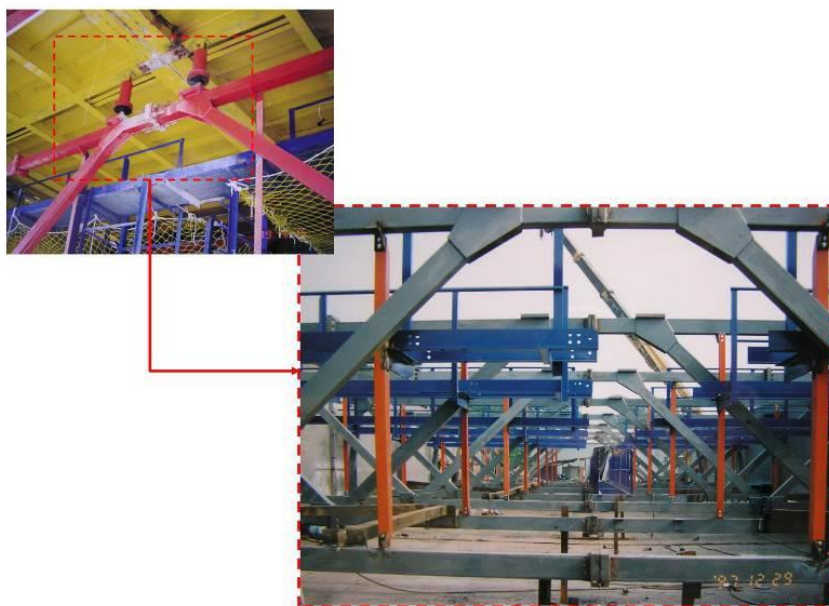
照片 20 吊橋之加勁桁架



照片 21 鋼橋柱之錨錠構架



照片 22-1 支撐先進工作車支撐城桁架與主梁接合處



照片 22-2 支撐先進工作車支撐桁架鉸接處

四、預裝進行注意事項

預裝工作之對象大多數為分段構造物，由鋼構廠運到預裝場安裝於預定位置前應注意下述各項工作：

1.預裝場地：

場地必須具備平坦，足夠承載力，最好是以碎石級配為底層，面層為鋼筋混凝土地坪或瀝青混凝土，可提供明確之地線放樣。預裝場面積至少能容納構物組合範圍及部份半成品堆放並預留搬運或吊車迴轉之空間(詳照片 23)。



照片 23 預裝場

2.預裝範圍與順序：

分段構造物係以全部或局部預裝需先確定，另預裝方式係採立體、橫向或逆立需先行規劃。配合工程預定進度與架設計劃之架設順序而排定構件預裝與拆卸順序。

3.預裝注意要領：

(1)預裝支架應使用堅固材料，支承點應設在有隔板或補強板之處(詳照片 24~25)。支撐構件不得影響下翼連接板組裝、拆卸與構件因溫度效應之長度變化有所束制，但單側之導向側架不在此限。



照片 24 穩固的支撐構件(關渡大橋)



照片 25 穩固的支撐構件(關渡大橋)

(2)橋體預裝應以多支點支承，每一構件至少兩處，使節塊趨近於無應力狀態，不產生自重撓度與端口變形為原則(詳照片 26~27)。



照片 26 構件採多點支撐(春源鋼構)

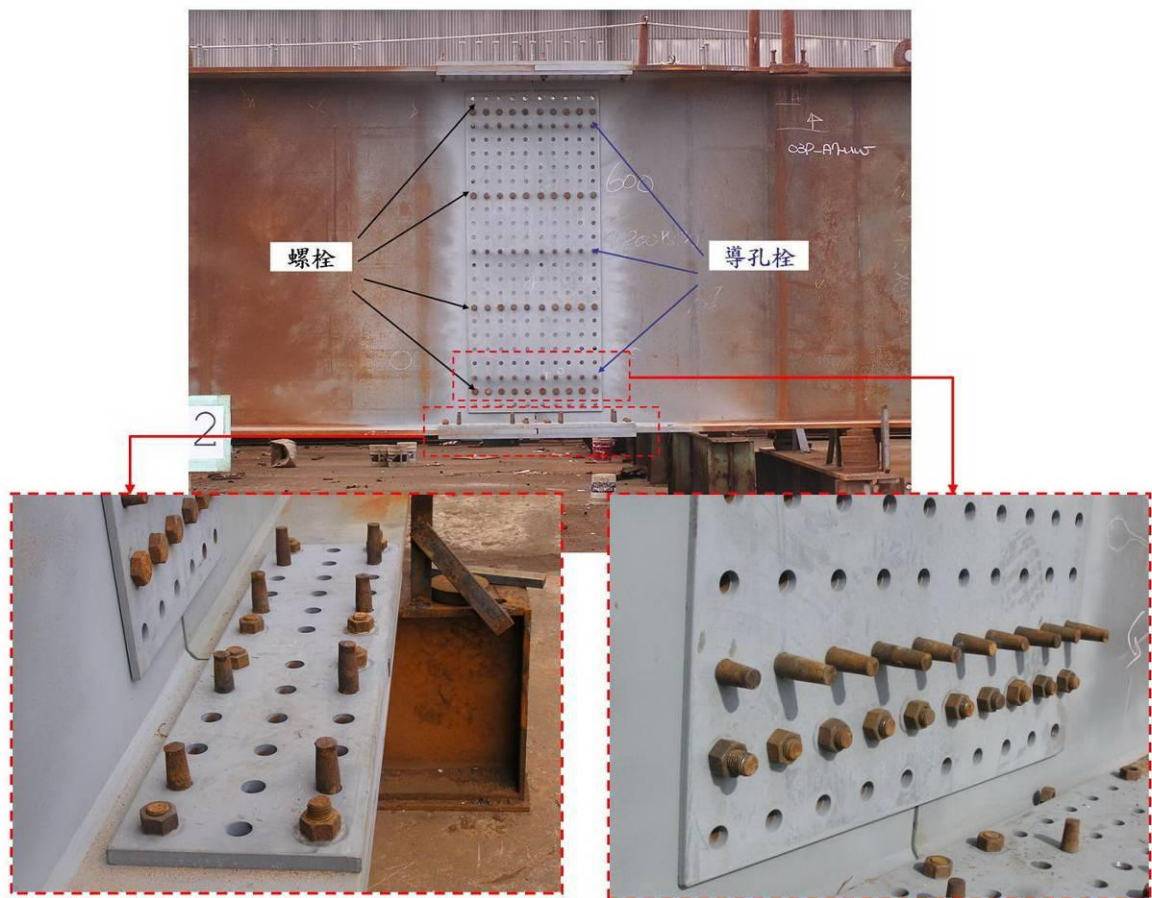


照片 27 構件採多點支撐(春源鋼構)

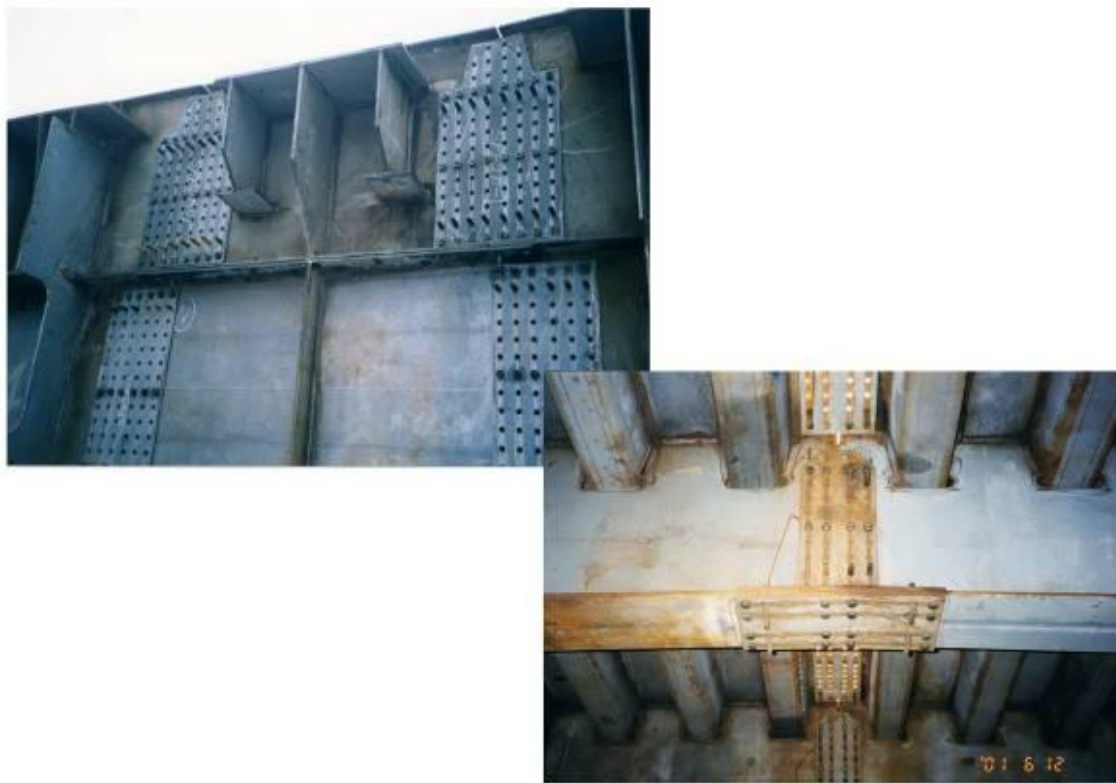
(3)構件鑽孔完成後之螺栓孔徑應較螺栓標稱直徑大 1.5mm (1/16in)。螺栓孔徑之許可差為+0.5mm (1/48in)，但一螺栓群不超過 20% 螺栓之孔徑許可差可允許至+1.0mm (1/24in)。

(4)主要構材之工地螺栓接合部位在進行預裝時，依目前相關施工規範規定，預裝時工地接合之螺栓孔至少有 1/3 以臨時螺栓或導孔栓(衝梢)緊密栓接(導孔栓數量一般為臨時螺栓與導孔栓合計數量之 1/3)。預裝之臨時螺栓可用普通螺栓代替，如用普通螺栓，其直徑應與強力螺栓直徑相同，而使用之導孔栓(衝梢)，其直徑應大於螺栓直徑 0.8mm

以上，組裝時應避免臨時加大孔徑，或使材料扭曲(詳照片 28~30)。



照片 28 臨時螺栓與導孔栓打設(春源鋼構)



照片 29 臨時螺栓與導孔栓打設 (春源鋼構)

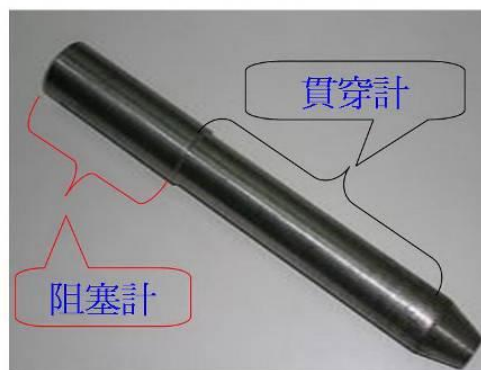


照片 30 臨時螺栓與導孔栓打設 (春源鋼構)

(5)構材組立後，以螺栓及導孔栓固定後之其他螺栓孔需作貫通率及阻塞率之檢查，依公共工程委員會施工綱要規範 05121 章「鋼橋製作及架設」中之表 05121-5 規定辦理(詳表 05121-5 及照片 31)，依目前相關鋼構或鋼橋預裝時，就臨時螺栓或導孔栓僅規定安裝數量及螺栓孔之貫通率及阻塞率，並未對螺栓與導孔栓之安裝及打設位置予以規定，依筆者承辦多座鋼橋之施工經驗，不同型式之鋼橋，螺栓與導孔栓之安裝及打設位置與其實際所需數量，若能於施工前妥善規畫，將對廠內預裝及日後現場架設作業有事半功倍之成效。

表 05121-5 螺栓孔之貫通率及阻塞率

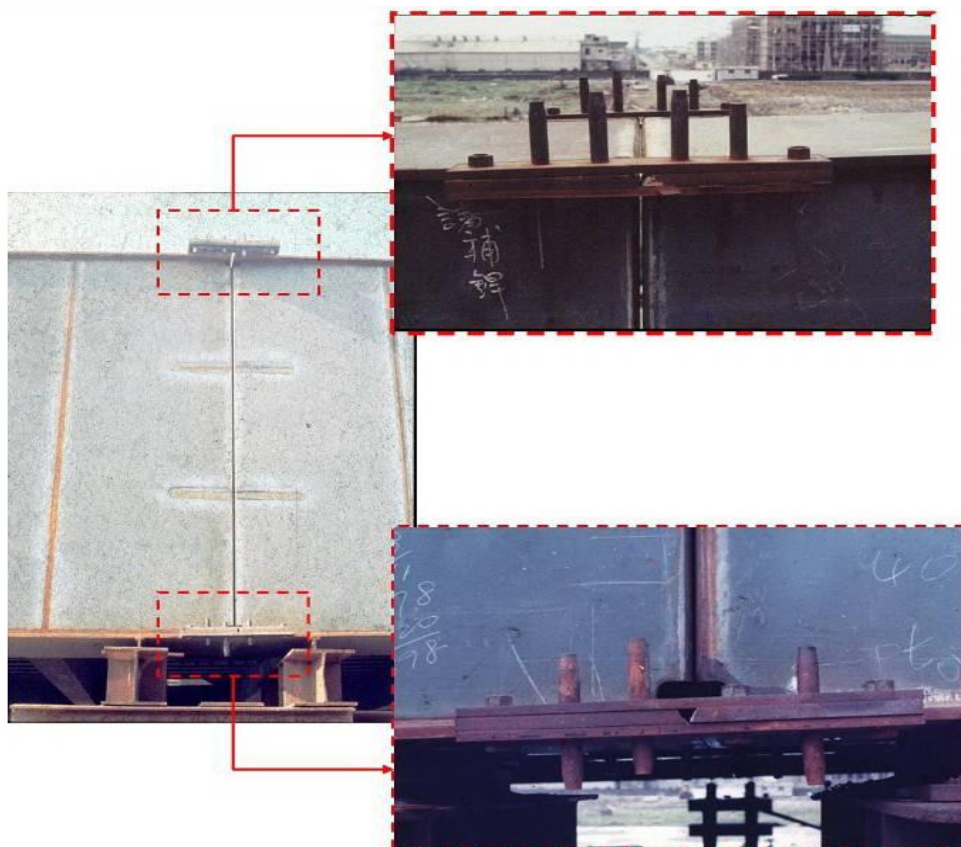
螺栓標稱直徑		貫通標準計		貫通率	阻塞標準計		阻塞率
(mm)	(in)	(mm)	(in)	(%)	(mm)	(in)	(%)
D		D+0.5	D+1/48"	100	D+2	D+1/12"	80 以上



照片 31 螺栓孔貫通率及阻塞率檢查

(6)若節塊採工地電銲接合時，節塊間之接頭銲縫寬度應嚴格控制，以確保自動銲接品質。

爲使預裝時接縫寬度與工地拼裝之寬度絕對相符，節塊之臨時固定栓接夾具螺孔，應以三分之一以上螺栓，三分之二以上導孔栓固定。用以確保其組立之方向及間隙(詳照片 32)。



照片 32 工地銲接接頭臨時螺栓與導孔栓打設(關渡大橋)

(7)在預裝各作業階段，結構之直線度、垂直度、直角度應以經緯儀檢查，高程、預拱度應以水準儀檢測、而構件之長度與寬度應以經校正合格之標準鋼尺並配合拉力磅秤量測爲準(詳照片 33~34)，因爲鋼尺與鋼材之溫度線膨脹系數相同，而無須再作溫差修正，如以光波量測時應注意鋼構件因溫度效應所產生之長度變化，構件預裝檢查時應將構件長度受溫度影響納入考量，必要時，以量測時之鋼構件溫度與工址年平均溫度之差值配合構件長度(或測線長度)與鋼之溫度膨脹系數予以修正，爲避免構件內外側或上下翼板、左右側腹板因日照方向不同產生溫差，致構件變形產生量測誤差，因此對構件直線度、垂直度、直角度及拱度之量測時機最好於天色剛亮之清晨，若爲瞭解溫度差異對本橋長度之影響，可於中午構件溫度較高時再量測構件長度，經由清晨與中午之量測差值計算出本橋之溫差系數，可作爲工地構件安裝時之參考。依筆者親身案

例，預裝檢查時構件本身溫度(非大氣溫度)於中午時最高溫度達 67°C ，而某工程於北部之冬季預裝檢測時其最低時僅 4°C 。若以年均溫度為 25°C ，橋梁檢測支間長度為 100M 之預裝檢測為例， 67°C 高溫所測得之長度將比設計長約 47mm，大於允許公差 (25mm) 甚多，若不將構件長度受溫度影響納入考量予以修正，其數值將與規定不符 (詳



照片 35)。

照片 33 預裝構件以鋼尺配合拉力磅秤量測

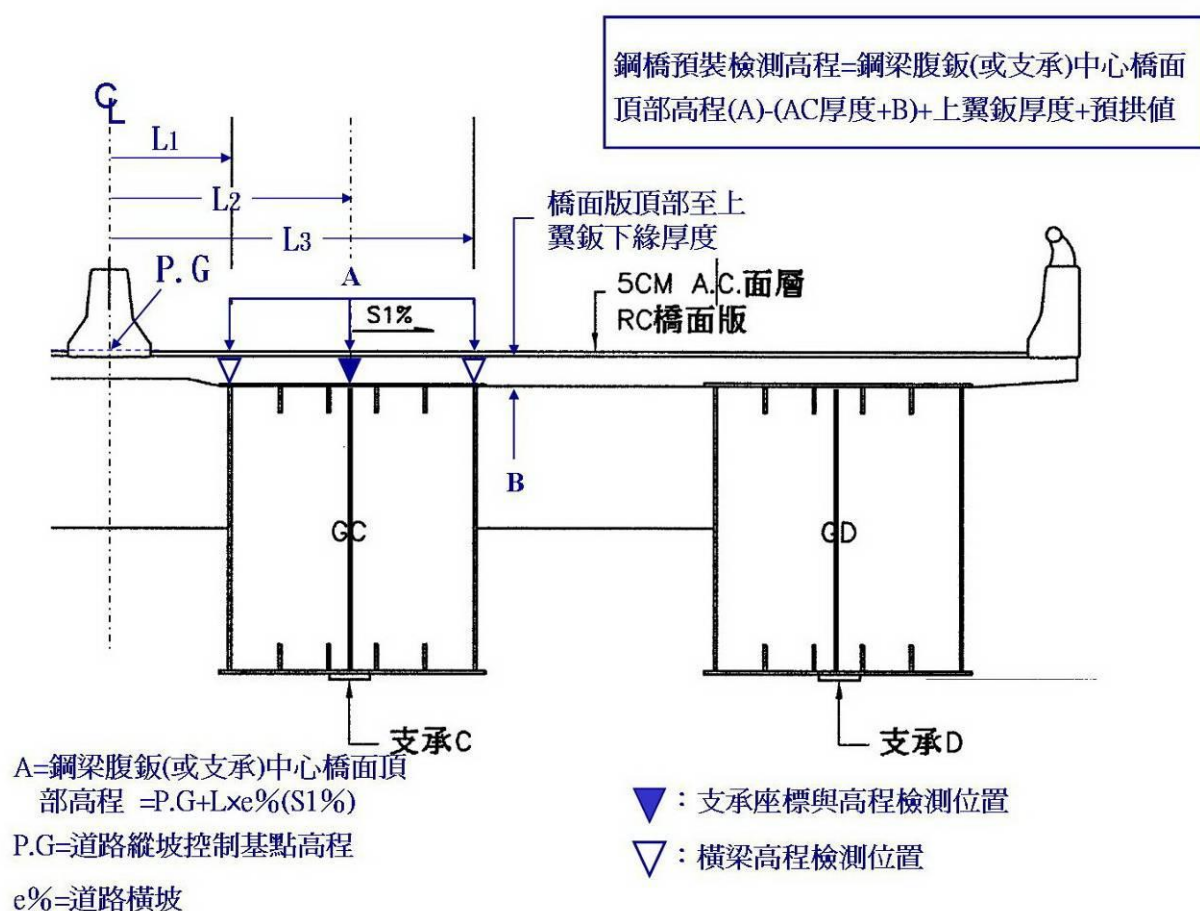


照片 34 預裝構件以光波測距儀量測

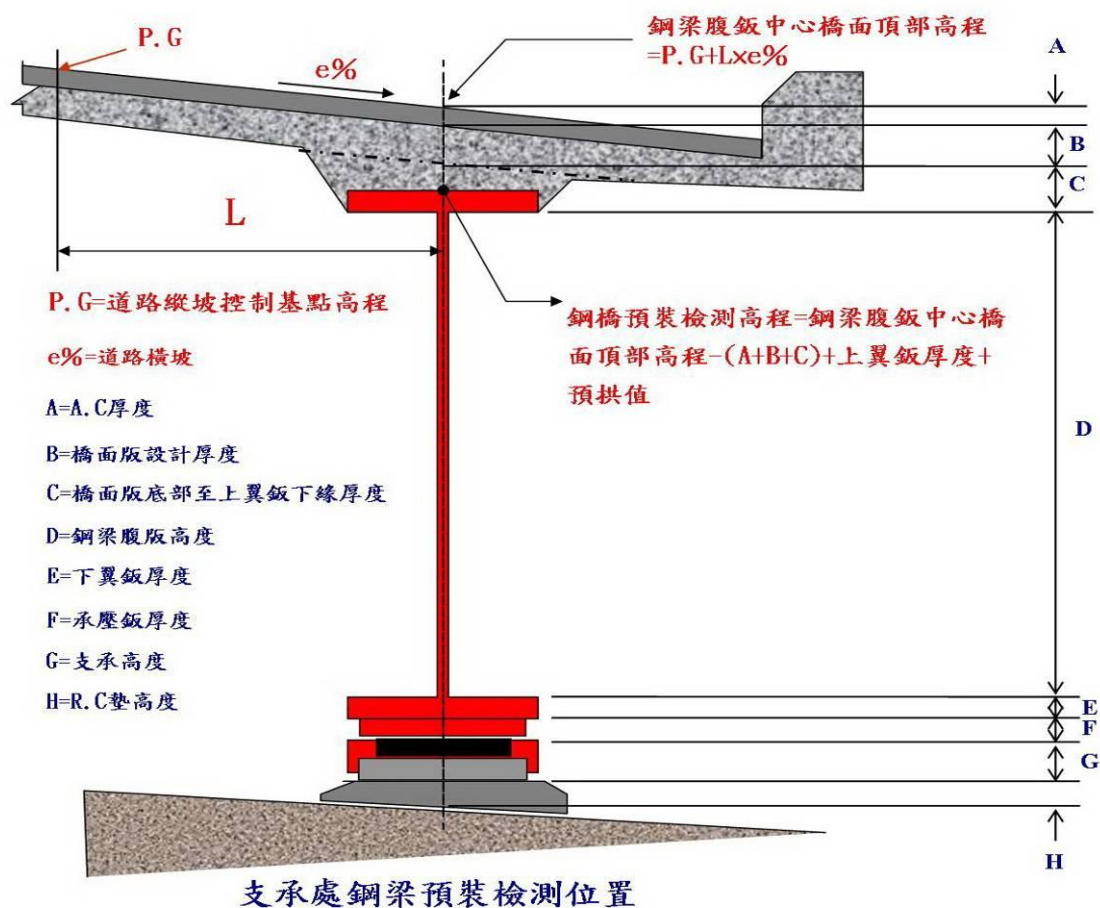


照片 35 預裝構件溫度量測

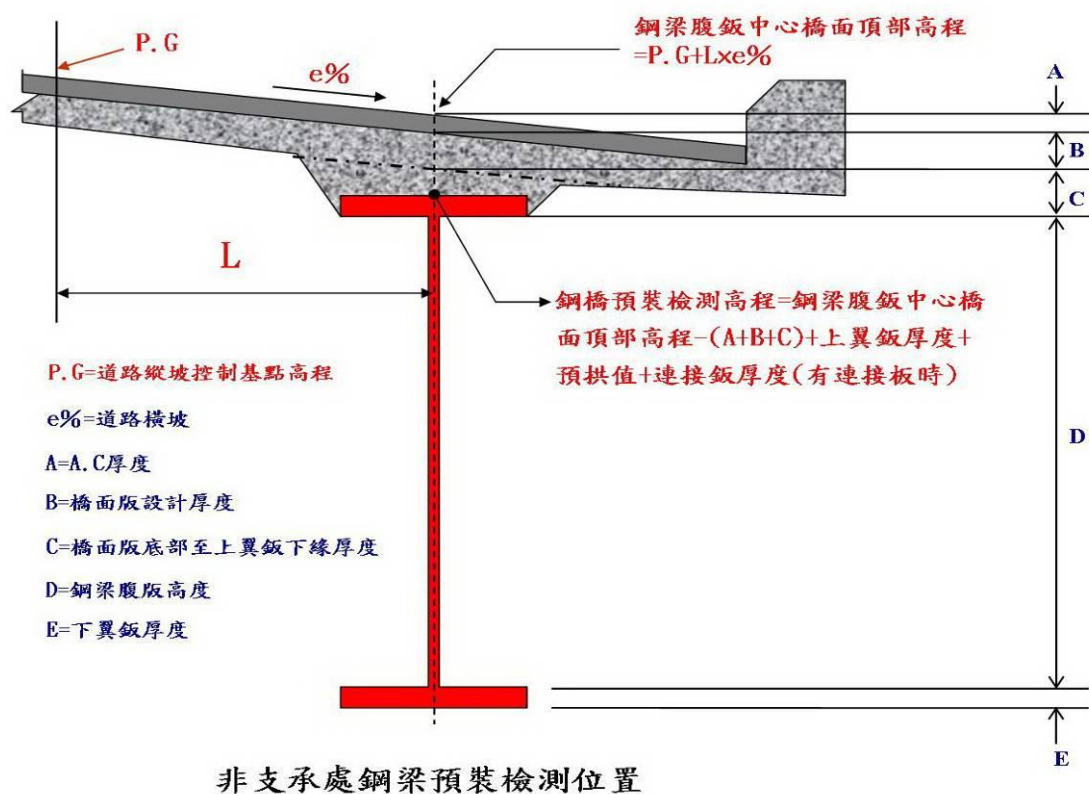
(8)構件預組後之支間長(或總長)及對角線長度檢測位置以鋼箱梁(或拱圈)、鈑梁而言，須由設計位於下翼鈑支承位置中心引測至上翼鈑上，高程檢測位置除前述位置外，橫梁與主梁銜接位於主梁腹鈑上之翼鈑上方為主，其高程為該點所對應樁號里程 PG 與支距配合道路橫坡所計算之值，並疊加該點預拱值及扣除橋面 AC 厚度、橋面版混凝土厚度、主梁上翼鈑下緣至橋面混凝土版底部間之調坡厚度後再加該點上翼鈑(或含連接板)厚度(詳照片 36~40)。若採分段預裝其重複預裝之工地接頭應同支承中心檢測端口中心位置及高程。



照片 36 箱型梁橋支承及高程檢測位置示意圖



照片 37 I 型梁橋支承及高程檢測位置示意圖



照片 38 I 型梁橋非支承處高程檢測位置示意圖



照片 39 支承處引測及檢測位置示意圖



照片 40 主梁與橫梁銜接處高程檢測位置

(9)構件預裝後經檢查不合格部分，應依認可之方法修正並確認品質後，並經複檢合格才算預裝完成。不可僅做誤差之記錄，而於構件拆卸修改後未再安裝，這樣將無法確實掌握真正預裝精度，許多工地架設時常有構件組裝精度不良，影響架設效率及任意擴孔影響品質等皆是上述原因所造成。

預裝檢查合格後，所有之節塊與連接板應予以標示及編號後方可拆卸，以免工地構件安裝時發生混亂，延誤整體架設時程。

(10)工具設備含動力電源、氣源、切割氣體、照明、上下設備及缺口防護之安全設施均需一併齊備。(詳照片 41)



照片 41 上下設備與缺口防護設施(春源鋼構)

五、鋼橋預裝檢查：

鋼橋預裝之構件準確度除應依工程會施工綱要規範 05121 章「鋼橋製作及架設」中之表 05121-6 之規定檢查項目執行外（詳表 05121-6），依不同橋梁構造型式另有以下主要檢查項目：構件接頭續接鉚螺栓孔之貫通率及停止率檢查、連接鉚密合度檢查、工地鉚接接頭間隙及平整度檢查、剪力釘敲擊檢查、吊索導管位置與角度檢查，落水槽及排水管接頭檢查、工地架設之吊耳位置檢查、及附掛管架與維修走道等（詳預裝相關檢查項目照片 42~47）。有關工程會施工綱要規範 05121 章「鋼橋製作及架設」中之表 05121-6 之規定檢查項目實際執行情形，將於後續章節作更詳盡缺失案例探討。

表 05121-6 構材及試拼裝之精度

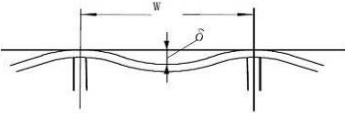
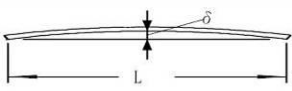
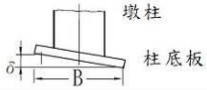
項次	測對標的	項 目	許 可 差(mm)	備 註	測 定 方 法
1	構	翼緣寬度 b(m) 腹板高度 h(m) 腹板間隔 b' (m)	$\pm 2 \quad b \leq 0.5$ $\pm 3 \quad 0.5 < b \leq 1.0$ $\pm 4 \quad 1.0 < b \leq 2.0$ $\pm (3+b/2) \quad 2.0 < b$	左欄所示 b 值，代表 b, h 及 b'	 I 型板梁 桁架構材
2	材	板之平面度 δ (mm)	鋼梁及桁架之腹板 $h/250$ 箱型梁及桁架之翼緣，鋼床板等 $W/150$	h：腹板高度(mm) W：腹板或加勁材間之 間隔(mm)	
3		翼緣之正值精度 δ (mm)	$b/200$	b：翼緣寬度(mm)	
4	準	構材長度 L(m)	板梁 $\pm 3 \quad L \leq 10$ $\pm 4 \quad L > 10$ 桁架、拱橋等 $\pm 2 \quad L \leq 10$ $\pm 3 \quad L > 10$ 伸縮縫 $-5 \sim +10 \quad w \leq 10$ $-5 \sim +(5+w/2) \quad w > 10$	w：車道寬度(m)	
5	確	受壓構材之精度 δ (mm)	$L/1,000$	L：構材長度(mm)	
6		鋼橋墩 墩柱與基礎底板之垂直度 δ (mm)	$B/500$	B：柱底板寬度(mm)	 墩柱 柱底板
7	度	基礎底版 孔之位置	$\Delta b = \pm 2$	b：孔中心間距(mm)	
		孔徑	0~5	d：孔徑(mm)	

表 05121-6 構材及試拼裝之精度 (續)

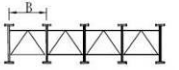
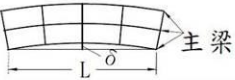
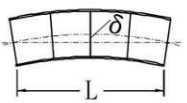
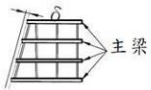
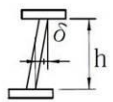
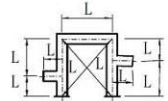
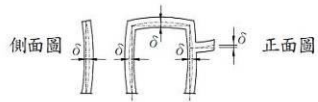
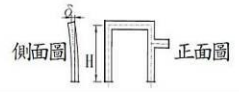
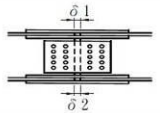
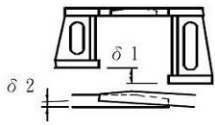
項次	測對標的	項 目	許 可 差(mm)	備 註	測 定 方 法
8	試	全長或跨徑 L (m)	$\pm(10+L/10)$		
9	拼	梁或桁架之中心距離 B (m)	± 4 $B \leq 2$ $\pm(3+B/2)$ $B > 2$		
10		主構材之組立高度 H (m)	± 5 $H \leq 5$ $\pm(2.5+H/2)$ $H > 5$		
11	裝	主梁及主桁架之偏距 δ (mm)	$5+L/5$ $L \leq 100$ 25 $L > 100$	L : 測長 (m)	
12	準	主梁及主桁架之反拱 δ (mm)	$-5 \sim +5$ $L \leq 20$ $-5 \sim +10$ $20 < L \leq 40$ $-5 \sim +15$ $40 < L \leq 80$ $-5 \sim +25$ $80 < L \leq 200$	L : 主梁及主桁架之長度 (m)	
13	確	主梁及主桁架在橋端部之偏差 δ (mm)	10		
14	度	主梁及主桁架之正直精度 δ (mm)	$3+h/1,000$	h : 主梁及主桁架之高度 (mm)	

表 05121-6 構材及試拼裝之精度 (續)

項次	測對標的	項 目		許 可 差(mm)	備 註	測 定 方 法
15	試 拼 裝 準 確 度	鋼 橋 墩	柱之中心間隔、 對角線長 L (m)	$\pm 5 \quad L \leq 10$ $\pm 10 \quad 10 < L \leq 20$ $\pm (10 + \frac{L-20}{10}) \quad 20 < L$		
16			梁之拱度及柱之 曲度 δ (mm)	L/1000	L : 測線長 (mm)	
17			柱之垂直度 δ (mm)	10 $H \leq 10$ H $H > 10$	H : 高度(m)	
18		工地接合部分之空隙 δ (mm)		5	δ : 右圖中 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ 之較大值	
19		錨碇構架		上面水平度 $\delta 1$ (mm)	b/500	b : 螺栓間距(mm)
			垂直度 $\delta 2$ (mm)	h/500	h : 高度(mm)	
	架伸		高度 h (mm)	± 5		
20	縮縫		高度差 $\delta 1$ (mm)	設計值 ± 4		
			齒形接縫偏差 $\delta 2$ (mm)	2		



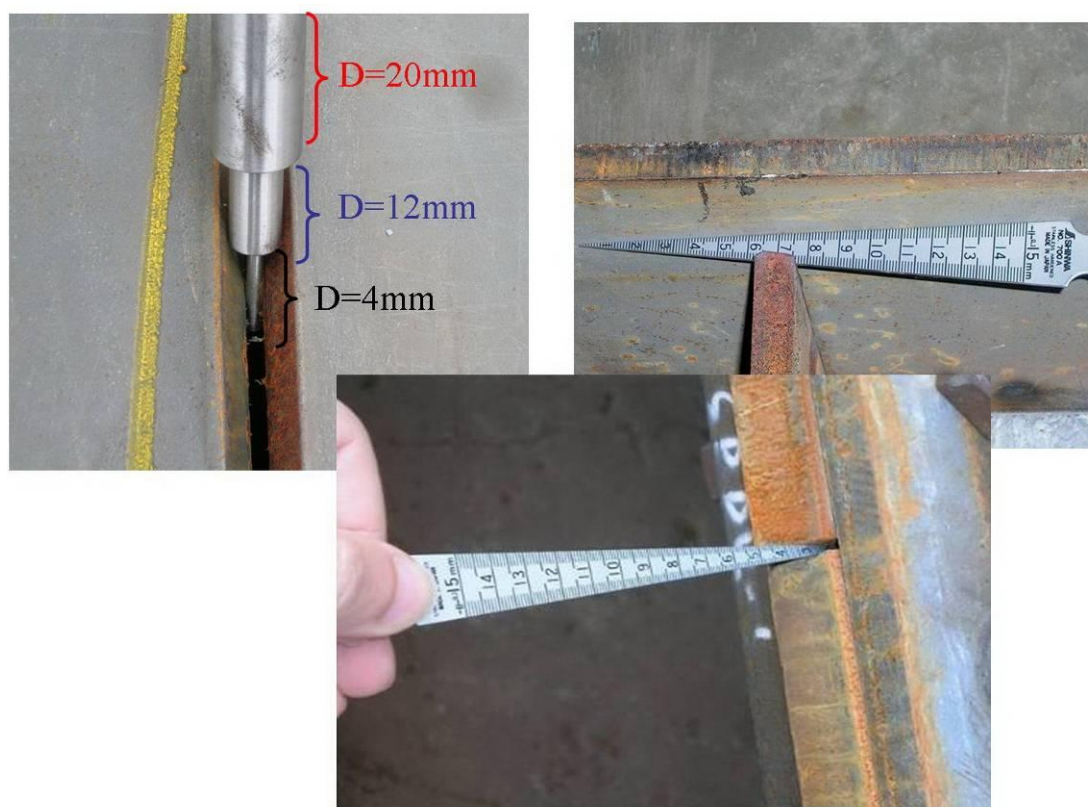
照片 42 主梁直線度及端部偏差檢測(春源鋼構、長榮鋼構)



照片 43 主梁腹板正直度檢測(使用經緯儀-春源鋼構)



照片 44 主梁腹板正直度檢測(使用鋼琴線)



照片 45 工地接頭間隙檢查



照片 46 鋼橋面鈑工地接頭平整度檢查



照片 47 剪力釘敲擊檢查

五、結語：

鋼橋預裝及檢查是目前鋼橋製造過程中最重要之辦理項目，預裝檢查主要目的是可以瞭解鋼橋整體外觀尺寸是否與設計相符，工地接頭採螺栓或鉚接接合其組裝精度是否可符合結構應力需求，亦可對先前製程之切割、組立、電鉚、電鉚後變形及構件外觀等缺失再次檢視，若鋼橋預裝及檢查不確實，不良的組裝精度將造成日後工地現場架設困難致進度落後。

橋梁於架設過程中當構件未完成連接及支承位置尚未由臨時支撐轉移至橋台或橋墩上永久支承前，均屬不穩定狀態，近年來地球暖化氣候極端異常，汛期變長，11~12 月份仍有颱風紀錄，於汛期間所降之暴雨集中，瞬間高漲的河川水位可能沖毀橋梁臨時支撐，曾有案例，應於汛期前應完成之架設工程因預裝及檢查不確實，因工地現場組裝缺失的修改延誤，而未能於汛期前完成橋梁架設，致架設中未完成連接之橋梁構件於汛期中遭洪水沖擊造成構件損傷或流失，而嚴重影響工程進度。另有案例，因預裝檢查不確實，致橋梁於現場架設時無法準確安裝於橋墩帽梁支承上，而需切割修改與鉚接，但因現場無適當工作環境與鉚接相關設備，故必須由北部工地運回南部鋼構廠修改，除造成該單元工程進度嚴重落後與修改費用損失外，最大的是承攬廠商及鋼構廠聲譽的影響。由以上，鋼構橋梁工程之施工順利與否，除土木現場下部結構工程需能密切配合外，鋼橋現場架設的順利亦是重要關鍵因素之一，而這決定於完善的預裝計畫與鋼橋預裝檢查確實執行。

參考文獻

- 〔1〕林東豐，「鋼結構施工法-第九章 預裝(假組立)1991.07。
- 〔2〕鄭光壯，交通部公路總局「鋼橋設計與施工教育訓練課程」。
- 〔3〕交通部公路總局，「現代鋼橋施工」1984.06。
- 〔4〕交通部公路總局「鋼橋設計與施工教育訓練課程」。