國內首座公路、捷運共構大跨度雙層桁架橋之施工—以汐止新社后橋為例

關鍵詞：桁架橋、公路與捷運雙層橋、華倫式桁架

台灣世曦工程顧問股份有限公司／營建管理部／協理／楊世琛 ❶
台灣世曦工程顧問股份有限公司／營建管理部／副理／林聰能 ❷
新北市政府／新建工程處／處長／詹榮鋒 ❸

摘 要 ABSTRACT

隨著經濟發展，都會區人口增加，交通量快速增加，在有限的用地條件下，捷運常與公路共用路廊，以充份利用有限的道路用地，提昇都會區交通運輸容量。

「新社后橋」位於新北市汐止區社后地區聯外道路上，跨越基隆河，因公路與捷運共同路廊，故採跨徑161公尺之雙層桁架簡支橋梁，為臺灣首座公路與捷運雙層大跨度桁架橋。本橋為三層弦桿之華倫式桁架橋，下層提供一般公路使用、中間層提供未來民生汐止線捷運使用、上層弦桿則考量景觀及力學需求採山形配置；而微向內傾之桁架結構具有提升結構的穩定度與橋梁的景觀，惟增加了鋼構件施工吊裝困難度。此外，由於本橋梁工程之捷運及公路推動之期程不同，先辦理公路橋梁之施工，因此，本橋在規模、功能、結構型式及界面細節等皆屬國內少見之特殊案例。

本文將針對雙層桁架橋難得的施工經驗介紹，冀可供日後工程界相關工程之參考。

壹、前言

新北市汐止區社后地區近年來發展快速，惟聯外道路容量不足；另政府推動基隆河治理計畫，依200年洪水頻率之洪水位進行河道整治及分洪計畫，而社后橋因防洪高度不足，必須配合基隆河整治計畫進行橋梁抬高之改建。為改善社后地區之聯外交通及配合社后橋改建，新北市政府乃辦理新社后橋工程。本橋址跨越基隆河，位於新北市汐止區社后地區，如圖1所示。

圖1 工址位置圖

本工程由台灣世曦工程顧問股份有限公司設計監造，2013年8月9日開工，2015年9月7日竣工，主要內容包括新社后橋及其引道工程，以及交通、照明、地工、景觀、生態、防洪排水及其他附屬工程等。另因「捷運民生汐止線」與本路段工程位置共線，乃配合「捷運民生汐止線」預留共構界面。

貳、工址現況及工程特色

一、地形與地質

本工程工址位於台北盆地東緣，工址範圍內基隆河之曲流型態發展明顯，處處可見呈大彎曲的河道。工址路段地勢相當平坦，地表高程約在海拔15公尺左右，目前沿線及鄰近多為高速公路、道路、民房或工廠、溪河、樹林分佈。台北盆地周遭之麓山帶丘陵區在工址北側與南側約600公尺外。

本工程工址分布之地層為台北盆地沖積層，主要為礫石、砂、泥等未固結沉積物組成，由既有鑽探資料瞭解，砂頁岩之岩盤約在地表下約33公尺左右，即為南莊層之砂頁岩。在工址北側與南側約600公尺外之麓山帶丘陵區，分布之地層有中新世之木山層、大寮層、石底層、南港層、南莊層與桂竹林層等等。工址之區域地質如圖2及圖3所示。

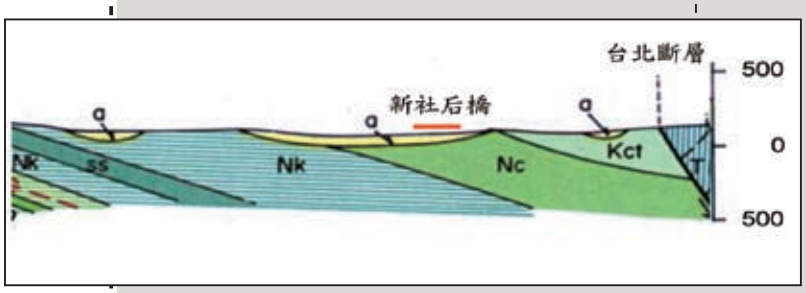

圖2 區域地質剖面

圖3 區域地質圖

本工程工址南方約1.5公里之麓山帶丘陵區，有屬非活動斷層之台北斷層呈東南傾斜約35度、及約呈東北走向之八堵向斜延伸經過，因皆未穿過本計畫工址，推估對本工程影響不大。

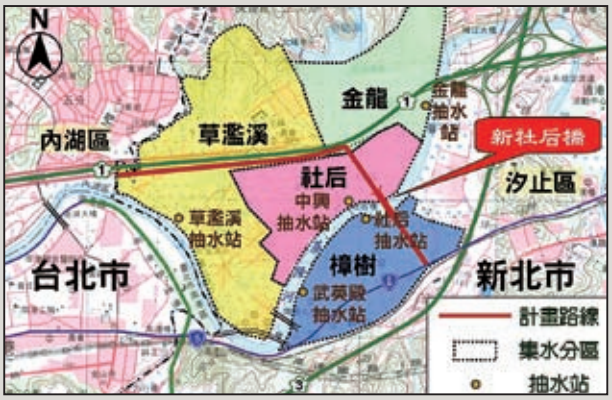

圖4 汐止區域排水示意圖

二、區域排水

汐止地區排水系統規劃係配合基隆河整理治理計畫，辦理堤後防洪抽水站及相關引水幹線、雨水下水道系統之規劃及修訂，原則上採取高、低地排水分離的策略。汐止區依地形可劃分為九個排水分區，抽水站目前已設置十五處，未來將規劃新建六站。本計畫中新社后橋左岸之排水分區為樟樹分區，右岸為社后分區，詳圖4。而社后橋兩岸相關配合之防洪抽水站，在左岸為社后抽水站，右岸為中興抽水站。未來計畫道路之排水須配合當地雨水下水道系統銜接。

三、交通運輸現況

汐止區社后地區主要道路包括大同路、中興路、福德一路、福德二路、福德三路、工建路、南陽街、康寧街與吉林街，除大同路為省道等級

道路外，其他道路屬地區道路，依據新北市政府交通局「汐止社后地區聯外交通改善」於民國97年9月之交通量與旅行速率調查資料及本計畫初步分析，社后地區道路分佈狀況如圖1所示，其道路實質概況彙整如表1，各重要道路交通量與服務水準分析結果則彙整如表2所示。

四、工程特色

本工程具有以下幾項特色：

(一) 國內跨度最大捷運與公路共構橋梁

本工程全長375M，主橋跨度161M，北引道148M 南引道66M，橋面寬17M，為目前國內跨度最大捷運與公路共構橋梁，如圖5~6所示。

表1 社后地區重要道路實質概況表

道路	路段	寬度(公尺)	車道數(雙向)	分隔型態	停車管制	備註
大同路	北山大橋～新台五路	26	6	中央分隔	禁止停車	台5線
	新台五路～樟樹二路	26	6	中央分隔	禁止停車	台5甲線
中興路	康寧街～大同路	12	2	標線分隔	禁止停車	
福德一路	南陽街～康寧街	12	2	標線分隔	劃設路邊停車格	
福德二路	南陽街～福德一路	12	2	標線分隔	劃設路邊停車格	
福德三路	吉林街～福德一路	8	2	標線分隔	禁止停車	
工建路	大同路～樟樹二路	12	2	標線分隔	劃設路邊停車格	
南陽街	福德二路～大同路	10～12	2	標線分隔	劃設路邊停車格	
康寧街	三民街～湖前街	10	2	標線分隔	禁止停車	
吉林街	縣市界～中興路	6～8	1～2	標線分隔(部分無分隔)	禁止停車	

表2 工程範圍重要道路交通量與服務水準分析

道路名稱	路段	方向	道路等級	車道數	上午尖峰			下午尖峰		
					交通量(pcu/hr)	速率(km/hr)	服務水準	交通量(pcu/hr)	速率(km/hr)	服務水準
大同路	北山大橋-新台五路	往東	I	2	1,779	27.9	E	2,789	5.2	F
		往西		4	3,347	30.1	D	2,368	37.5	C
	新台五路-樟樹二路	往東		3	1,288	37.7	C	2,561	14.4	F
		往西		3	1,966	27.6	E	1,252	38.2	C
中興路	康寧街-福德一路	往北	II	1	646	32.2	B	1,221	16.5	F
		往南		1	1,106	20.7	E	791	28.6	C
	福德一路-大同路	往北		1	1,222	22.9	E	1,105	25.1	D
		往南		1	902	29.0	C	1,249	22.0	E
福德一路	南陽街-中興路	往東	II	1	126	40.9	B	525	32.1	B
		往西		1	504	37.7	B	339	37.3	B
	中興路-康寧街	往東		1	130	42.7	B	344	37.5	B
		往西		1	800	31.3	C	313	36.5	B
福德二路	南陽街-中興路	往東	II	1	289	36.0	B	1,204	23.4	D
		往西		1	826	31.2	C	555	36.2	B
	中興路-福德三路	往東		1	207	34.8	B	548	35.7	B
		往西		1	929	25.9	D	363	37.5	B

表2 工程範圍重要道路交通量與服務水準分析(續前頁)

道路名稱	路段	方向	道路等級	車道數	上午尖峰			下午尖峰		
					交通量(pcu/hr)	速率(km/hr)	服務水準	交通量(pcu/hr)	速率(km/hr)	服務水準
福德三路	吉林街-福德一路	往東	III	1	111	27.3	B	351	24.3	C
		往西		1	355	25.7	B	180	28.4	B
工建路	大同路-樟樹二路	往東	II	1	170	42.5	B	403	37.5	B
		往西		1	1,145	24.9	D	312	40.3	B
南陽街	福德二路-大同路	往北	II	1	1,256	18.6	E	920	27.2	C
		往南		1	1,131	23.0	D	1,197	20.7	E
康寧街	三民街-中興路	往東	II	1	454	41.9	B	1,268	15.3	F
		往西		1	1,419	11.5	F	775	29.0	C
	中興路-湖前街	往東		1	367	44.2	A	928	25.5	D
		往西		1	1,084	21.5	E	571	36.0	B
吉林街	縣市界-中興路	往東	III	1	209	35.1	A	685	16.4	D
		往西			693	16.2	D	340	30.2	B

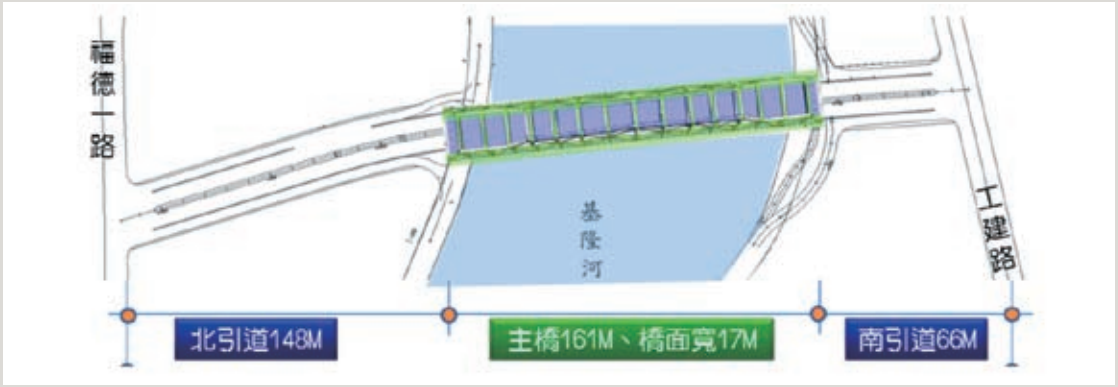

圖5 工程平面示意圖

圖6 工程透視圖

(二) 國內首座雙層鋼桁架跨河景觀橋梁

規劃中之民生汐止線與本工程共用路廊，在有限路幅下，公路與捷運需採雙層橋面配置，主橋設置景觀照明，提升橋梁景觀，創造河岸景點，如圖7～8所示。

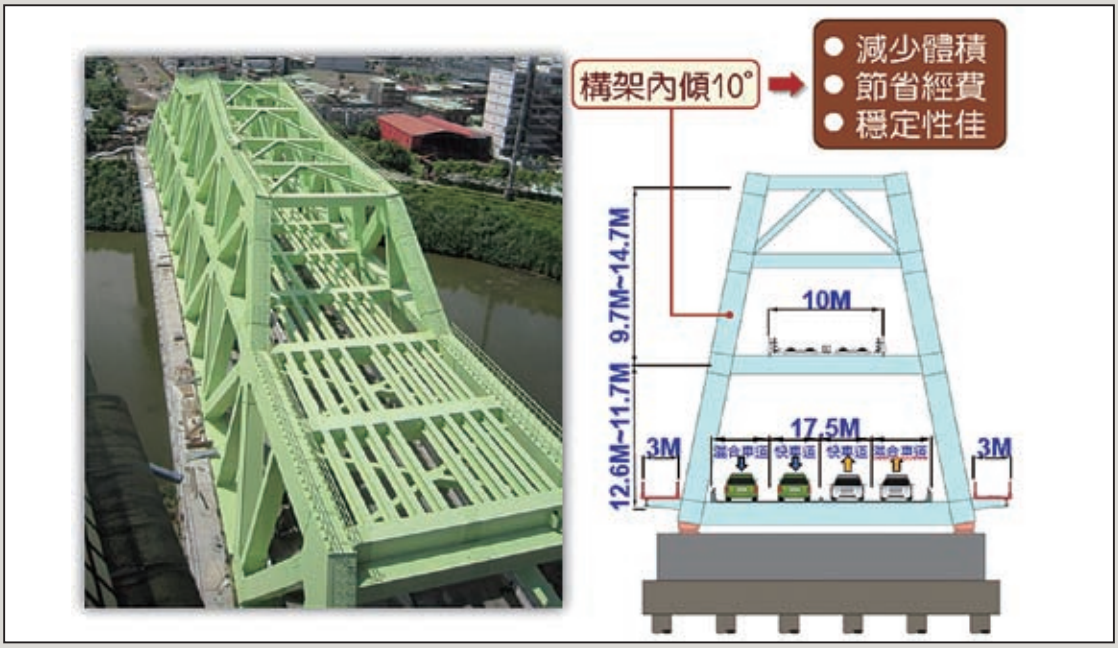

圖7 工程橫斷面示意圖

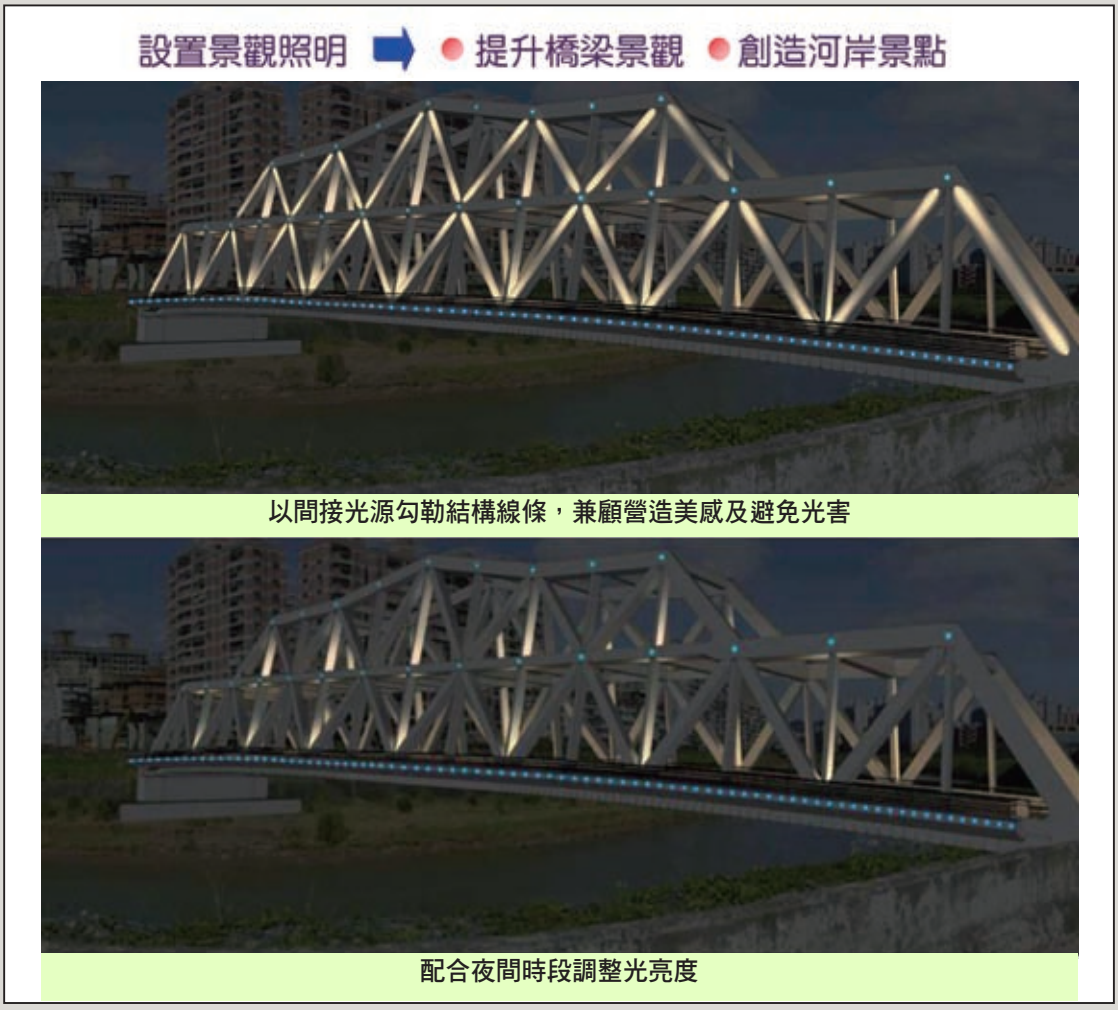

圖8 工程景觀照明示意圖

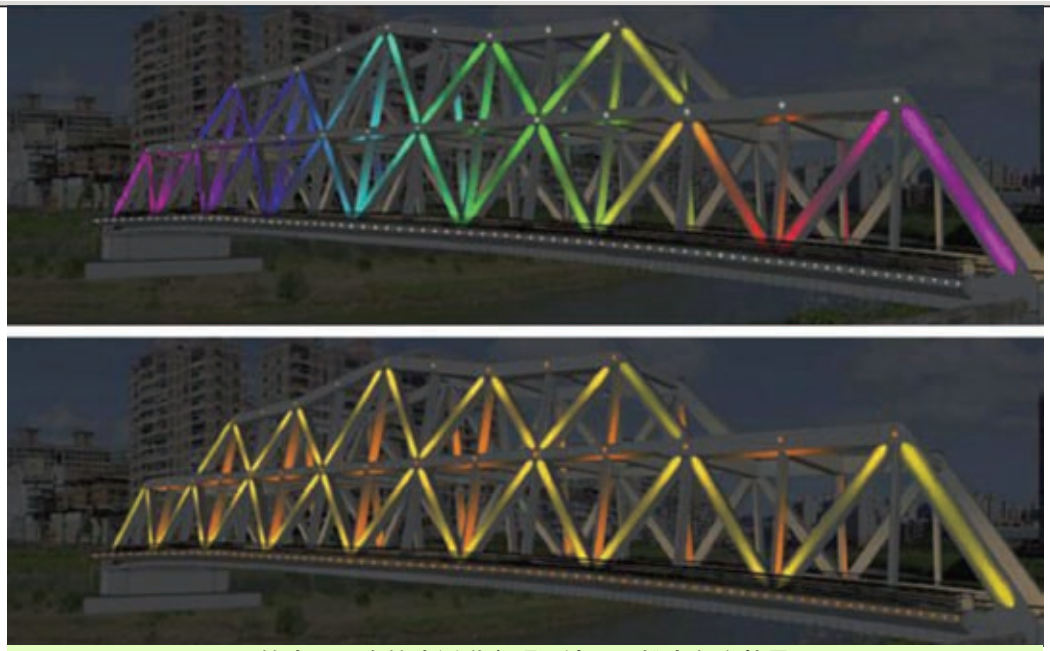

圖8 工程景觀照明示意圖 (續)

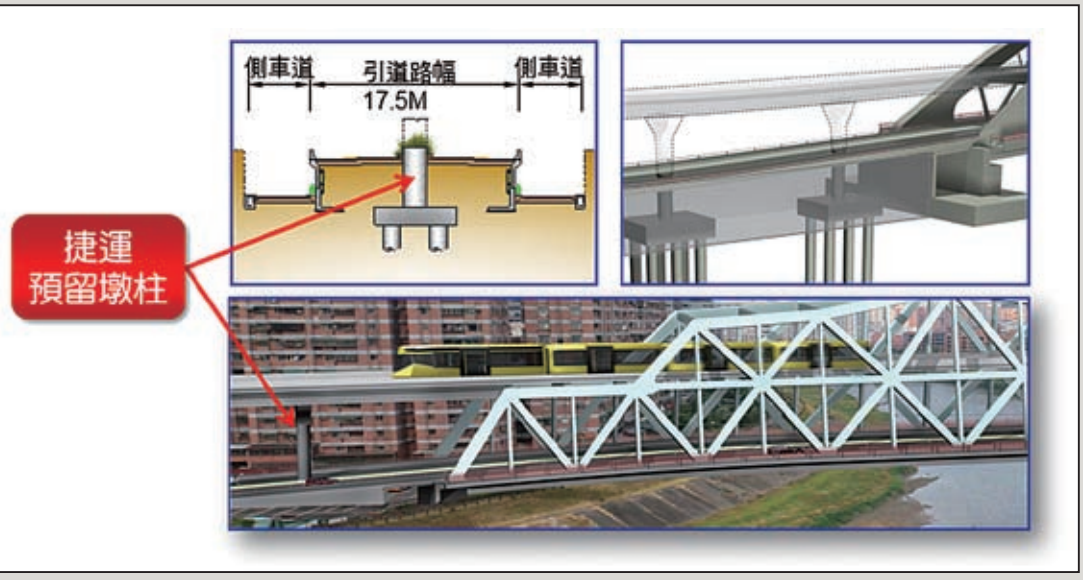

圖9 路堤預留捷運橋墩示意圖

(三) 路堤預留捷運橋墩，避免二次開挖

橋梁兩端路堤範圍各預留2座捷運橋墩基礎，避免未來二次開挖、影響橋上交通並節省整體工程經費，如圖9所示。

(四) 以人為本的綠色道路

橋梁設置自行車道兼人行道，提供行人舒適行走空間，串聯既有自行車路網，如圖10所示。

(五) 綠色材料應用

本工程採用大跨度鋼橋，減少CO2排放量約550公噸，道路照明採用LED燈具，耗電量減少80%，每年減少CO2排放量約14公噸，如圖11所示。

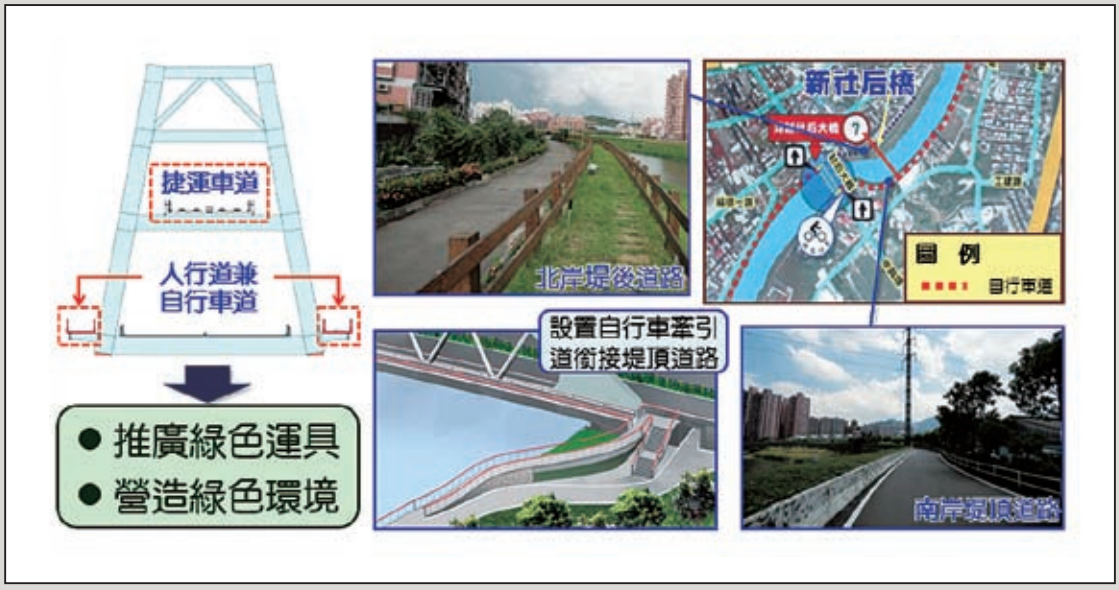

圖10 綠色道路示意圖

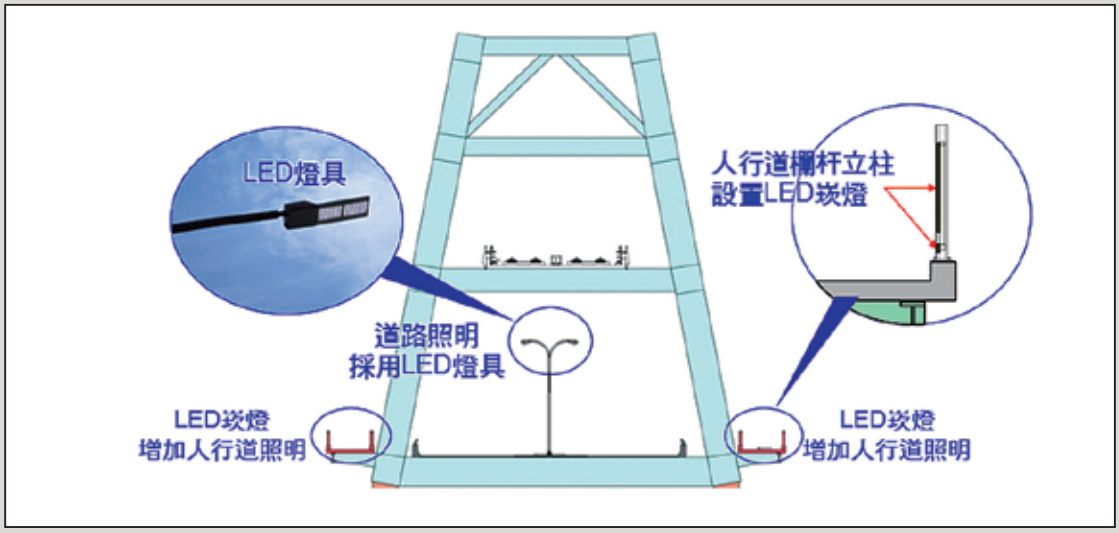

圖11 綠色材料應用示意圖

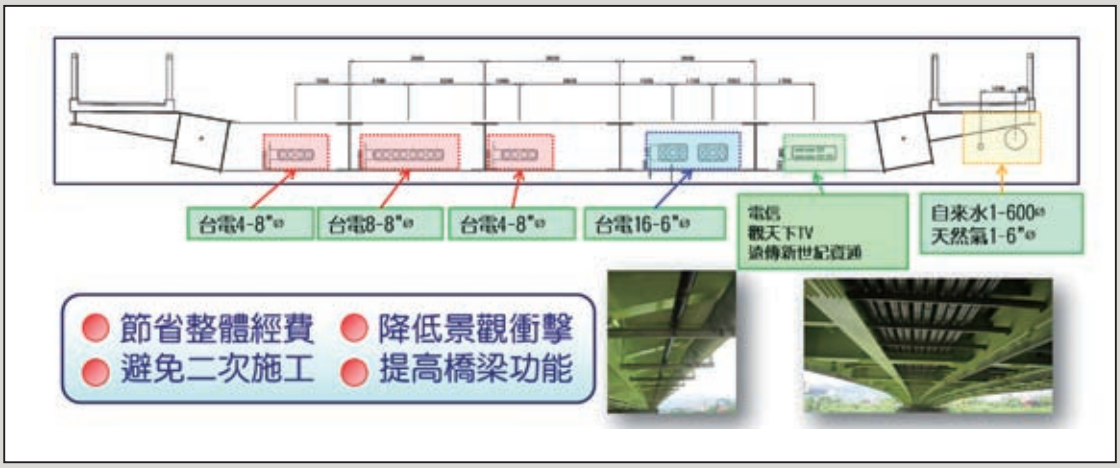

圖12 橋梁附掛維生管線示意圖

(六) 橋梁附掛維生管線，增加橋梁功能

代辦民生管線附掛，節省整體經費，降低景觀衝擊，避免二次施工，提高橋梁功能，如圖12所示。

參、施工挑戰與困難處理對策

新社后橋為雙層鋼桁架橋，總重約5,340T，接合螺栓約24萬9,000顆，單一構件接合螺栓最多高達5,096顆，採場鑄逐跨由北岸向南岸吊裝工法。本工程由於跨距長、載重大，且主橋跨越基隆河河道、吊裝工期短，加上弦桿內傾10度造成立面構件接頭三向變位，及實際吊裝與平面試拼裝之差距導致吊裝施工相當困難；又工址承載層為砂頁岩互層，其岩石品質指標(rock quality designation，RQD)為41~100，因基礎載重大，經分析基樁貫入承載層長度須達20m，方可提供足夠承載力，致基樁施工困難。有關上述施工挑戰與困難處理對策說明如下。

一、基樁入岩超過20公尺施工困難

本工址承載層為砂頁岩互層，其岩石品質指標(rock quality designation，簡寫為RQD)為41~100， RQD大者，表示岩盤較為連續而少裂縫，岩體強度較高、壓縮性較小、而透水性較低；RQD小者，表示岩盤裂縫多，力學性質較劣，由於RQD分佈不均勻，經分析基樁貫入承載層長度須達20m，方可提供足夠承載力。

公路橋梁設計規範(交通部頒行2009年版)規定「通常任何基樁之貫入深度在承載土層內不得小於2.5m。樁尖下方承載土層厚度至少三倍樁徑並檢核貫穿抗剪及沉陷量。」一般基樁貫入承載層長度大部份在5m以下，如圖13所示，本工程基樁貫入承載層長度達20m，且工址地下水位高，全套管衝錘衝擊時受地下水阻力影響，衝擊力降低，基樁施工困難，因此最後10 M採全套管與反循環工法交替鑽掘，反循環工法為廠商為克服砂頁岩互層之輔助工法，可克服地下水位阻力影響提昇施工功率，如圖14所示。

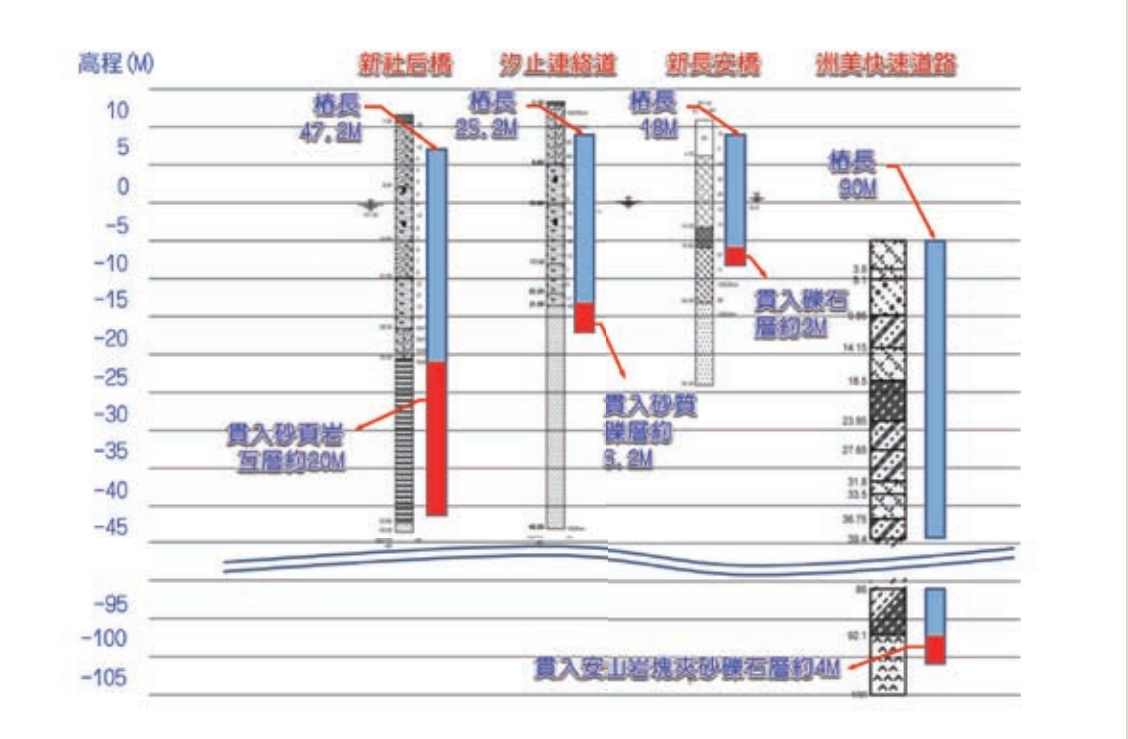

圖13 基樁貫入承載層案例

圖14 基樁施工困難解決對策

二、鋼構件及接合螺栓多且特殊，組裝困難

新社后橋為雙層鋼桁架橋，弦桿內傾10度造成立面構件接頭三維變位，及實際吊裝與平面試拼裝之差距衍生吊裝施工相當困難，尤其是下層鋼床版及上層與頂層鋼構件吊裝，為解決上述問題，經檢討後採用扁擔工法配合外推及側推構件作為輔助工法並調整吊裝順序，已順利於104年1月6日全部吊裝完成。

(一) 下層鋼床鈑吊裝困難及解決對策

原安裝工序為兩側弦桿吊裝完成後，先吊裝拱頭處的橫梁，後吊裝鋼床鈑，因原工序吊裝後發現兩側弦桿均向內傾，導致吊裝鋼床鈑間隙不足，安裝困難，如圖15所示。

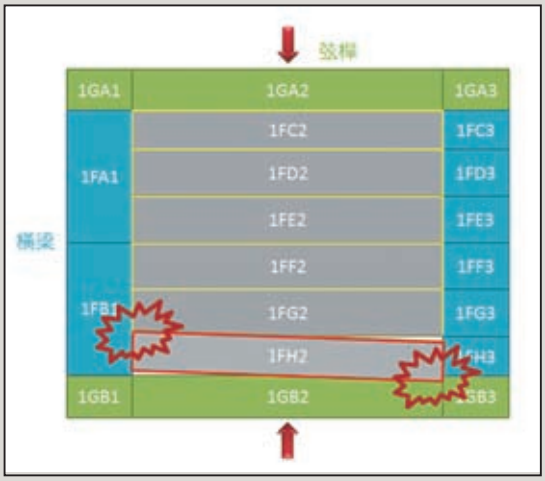

圖15 下層鋼床鈑吊裝困難示意圖

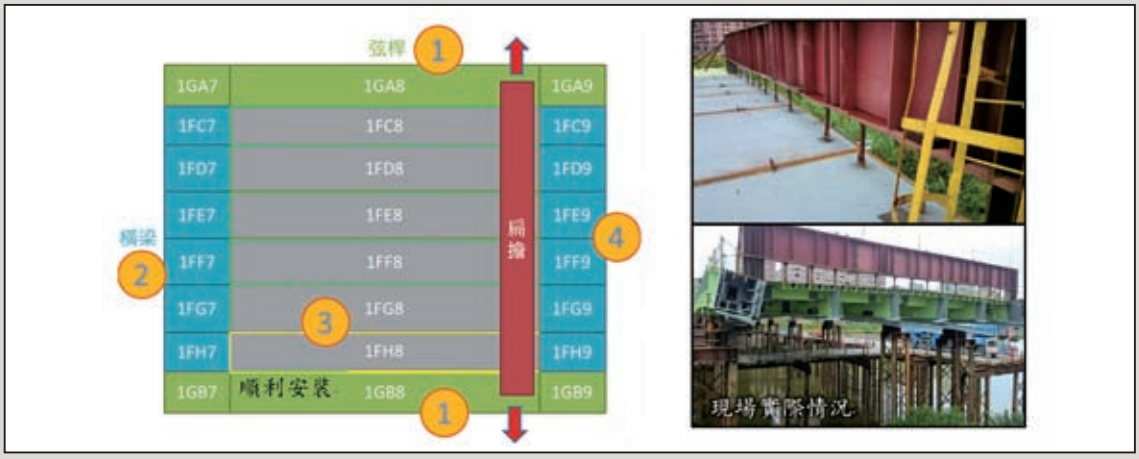

圖16 扁擔工法施工順序示意圖

為解決兩側弦桿內傾變位之問題，採用扁擔(I型梁)將兩側箱梁撐開，並改順裝形式吊裝鋼床鈑，即兩側弦桿吊裝完成後，先吊裝左側拱頭處的橫梁，後吊裝鋼床鈑，再吊裝右側拱頭處的橫梁，如圖16所示。

(二) 上層與頂層鋼構件吊裝吊裝困難及解決對策

上層與頂層鋼構件試拼裝無法反映實際吊裝情況，另弦桿內傾10度造成立面構件接頭三維變位，導致上層與頂層鋼構件吊裝困難，為解決兩側弦桿內傾變位之問題，採用外推與側推構件作為輔助工法並調整吊裝順序處理如圖17～18所示。除採用上述補助工法克服構件變位吊裝困難之問題外，

圖17 外推構件改善內傾示意圖

圖18 側推構件改善側傾示意圖

另水平弦桿採實長修正方式，以2G4水平弦桿為例，先吊裝2G3、2G5拱頭，再吊裝2G4水平弦桿，而吊裝前先測量2G3、2G5拱頭端口座標(1～4點座標)，如表3所示，端口座標數據再回饋鋼構廠，作實長修正，方可順利吊裝，如圖19～20所示。

(三) 鋼構安裝

配合前述施工困難處理方式，本工程鋼構安裝流程如圖21～22所示，相關施工照片如圖23～25所示。

表3 2G3、2G5拱頭端口座標資料

日期：2014/10/09 AM05:00~07:30
室外溫度：22℃ 構件溫度：24℃ 單位：公尺(M)

2G3 A側端口座標

端口編號	實測值			設計值			偏差值			設計編號
	X	Y	Z	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ	
1	33.0037	7.127955	29.6711	32.989	7.123	29.667	15	5	4	A_J3_1
2	33.0033	7.388152	28.3791	32.991	7.391	28.374	12	-3	5	A_J3_2
3	32.9987	8.663341	29.9405	32.989	8.659	29.938	10	4	3	A_J3_3
4	33.0013	8.850749	28.6338	32.991	8.849	28.631	10	2	3	A_J3_4

2G5 A側端口座標

端口編號	實測值			設計值			偏差值			設計編號
	X	Y	Z	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ	
1	44.8967	7.1234	29.6802	44.889	7.121	29.676	8	2	4	A_J4_1
2	44.9016	7.3966	28.4055	44.891	7.402	28.400	10	-5	5	A_J4_2
3	44.8997	8.6591	29.9516	44.889	8.658	29.947	11	1	5	A_J4_3
4	44.9043	8.8277	28.6538	44.891	8.830	28.652	13	-2	2	A_J4_4

2G3 B側端口座標

端口編號	實測值			設計值			偏差值			設計編號
	X	Y	Z	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ	
1	33.0007	-7.1222	29.6701	32.989	-7.123	29.667	12	1	3	B_J3_1
2	33.0023	-7.3882	28.3781	32.991	-7.391	28.374	11	3	4	B_J3_2
3	33.0037	-8.6616	29.9415	32.989	-8.659	29.938	15	-2	4	B_J3_3
4	33.006	-8.8448	28.6326	32.991	-8.849	28.631	15	4	2	B_J3_4

2G5 B側端口座標

端口編號	實測值			設計值			偏差值			設計編號
	X	Y	Z	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ	
1	44.9013	-7.11836	29.6802	44.889	-7.121	29.676	13	3	4	B_J4_1
2	44.9012	-7.39773	28.4025	44.891	-7.402	28.400	10	4	2	B_J4_2
3	44.8997	-8.65575	29.9486	44.889	-8.658	29.947	11	2	2	B_J4_3
4	44.9048	-8.82678	28.6548	44.891	-8.830	28.652	13	3	3	B_J4_4

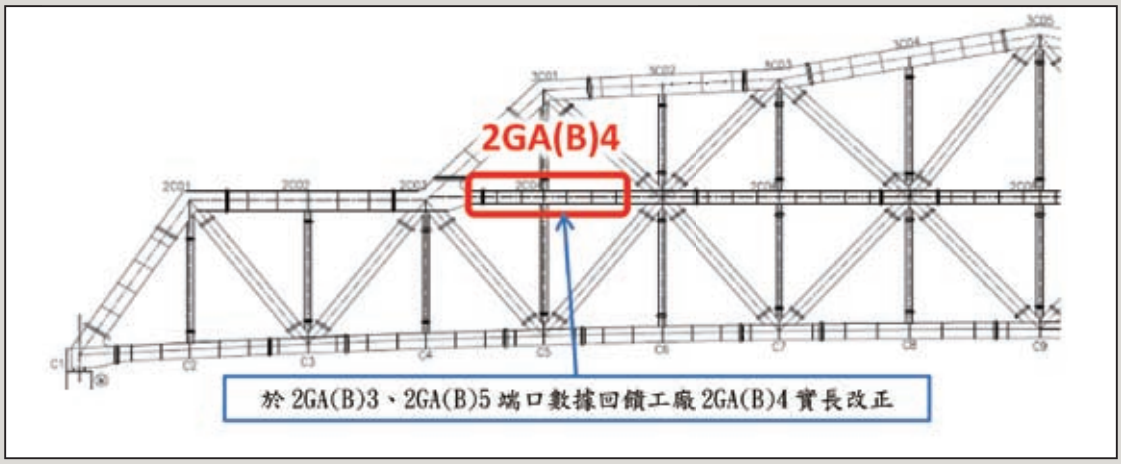

圖19　2G4水平弦桿實長修正示意圖

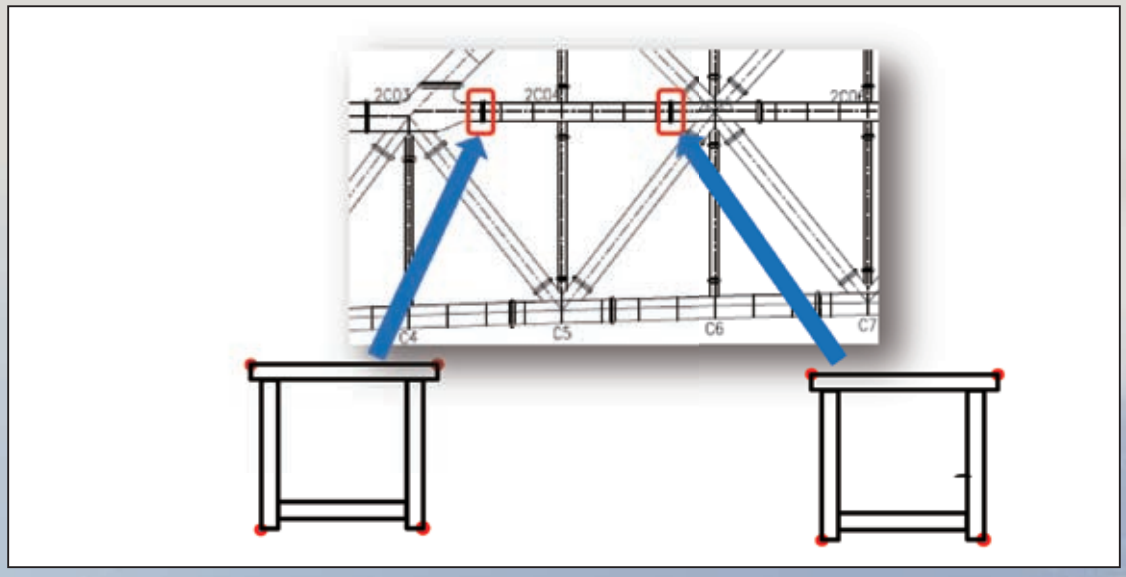

圖20　2G3、2G5拱頭端口測點示意圖

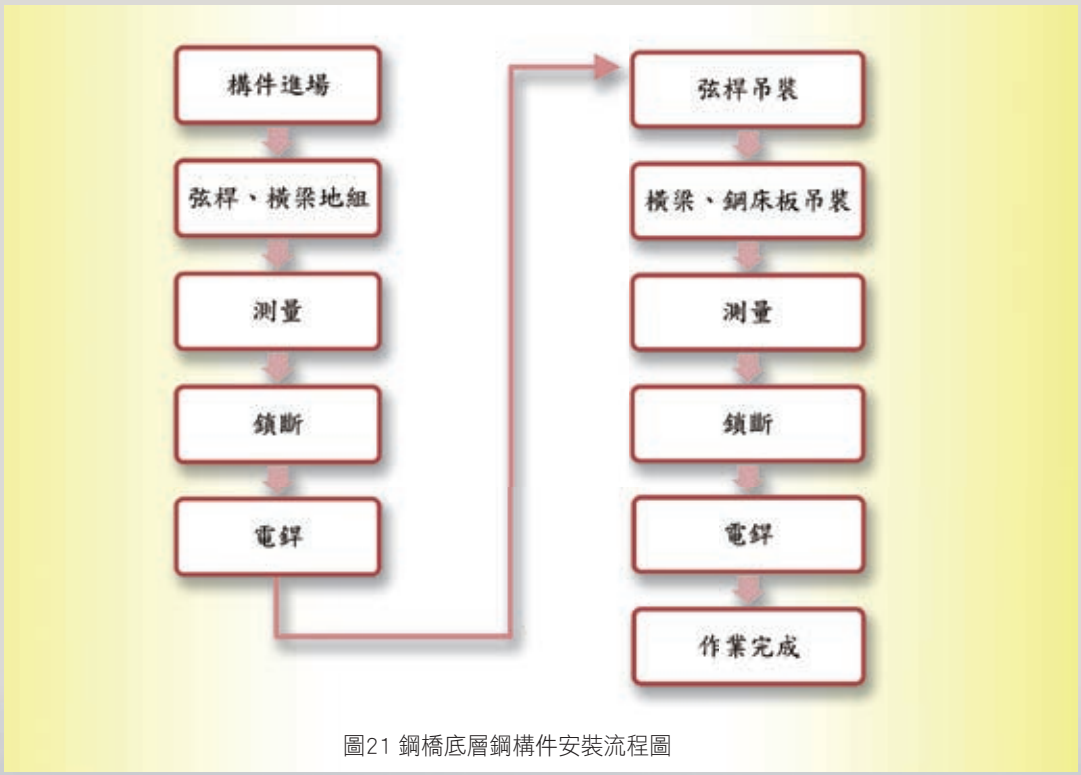

圖21 鋼橋底層鋼構件安裝流程圖

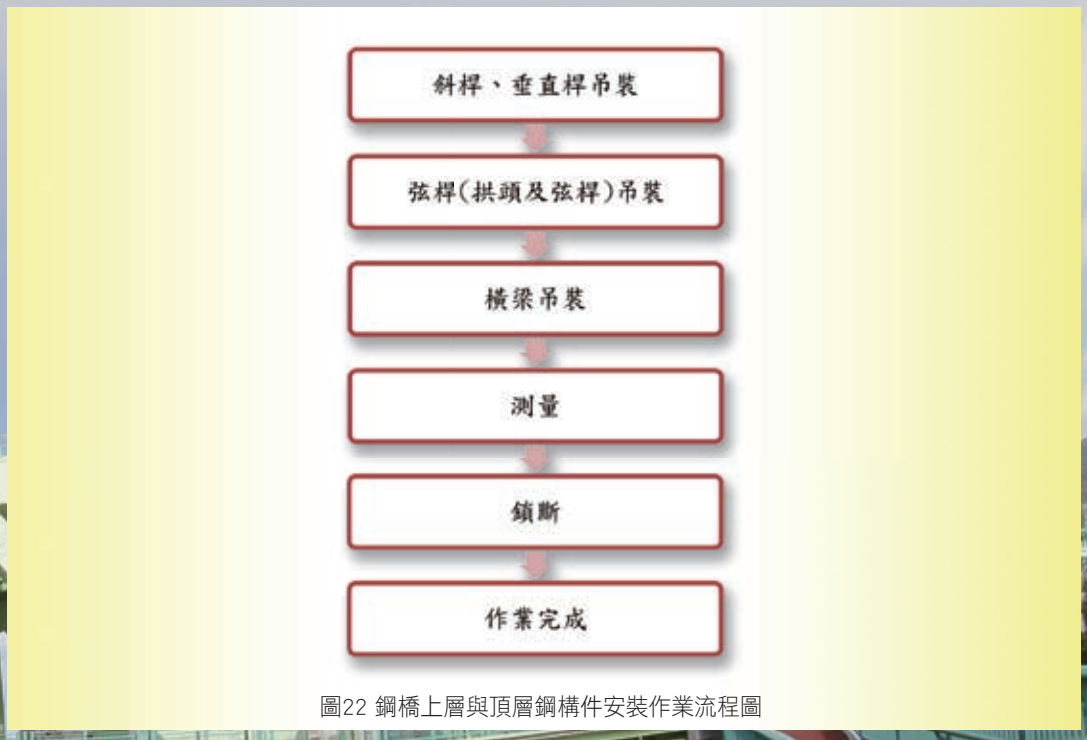

圖22 鋼橋上層與頂層鋼構件安裝作業流程圖

構件進場

弦桿、橫梁地組

測量

螺栓軸扭力查驗

CO2電銲

螺栓軸扭力查驗

弦桿吊裝

橫梁、鋼床板吊裝

圖23 鋼橋底層鋼構件施工情形

上層斜桿、垂直桿吊裝

頂層斜桿、垂直桿吊裝

弦桿吊裝

拱頭吊裝

橫梁吊裝

測量

螺栓鎖斷

作業完成

圖24 鋼橋上層與頂層鋼構件施工情形

圖25 新社后橋主結構體吊裝完成現況

肆、結論與建議

本工程在基樁施工階段，由於基樁入岩超過20公尺施工困難，最後10M採全套管與反循環工法交替鑽掘採用，克服地下水位阻力影響提昇施工功率；在鋼橋吊裝施工階段，因應施工環境採用扁擔工法及外加側推構件作為輔助工法並調整吊裝順序，克服兩側弦桿內傾變位及接合螺栓多且特殊，組裝困難等問題，施工困難度實為國內鋼橋罕見之案例，冀望藉由本文可將相關經驗傳承，供工程界參考。

參考文獻

1. 新北市政府，汐止市社后地區聯外道路暨新社后橋捷運共構工程細部設計報告(2013)。
2. 新北市政府，汐止市社后地區聯外道路暨新社后橋捷運共構工程細部設計圖(2013)。
3. 新北市政府，汐止市社后地區聯外道路暨新社后橋捷運共構工程監造計畫書(C版)(2015)。
4. 新北市政府，新社后橋捷運共構工程(福德一路至工建路段)公共工程優質獎現勘簡報資料(2015.8.13)。