

統計探討混凝土橋與鋼橋在都會區之適用性—

以龍德新路跨愛河橋梁為例

撰寫機關：高雄市政府工務局新建工程處

撰寫人員：傅科長俊榮

# 目錄

壹、前言.....	1
貳、工址設計考量.....	3
2-1 跨河構造物規定.....	4
2-2 市區道路及附屬工程設計標準與規範.....	8
2-3 「愛河排水及其支流規劃檢討」治理規劃檢討成果 報告書.....	9
2-4 河堤南路路面.....	12
參、預力混凝土 I 型梁橋與鋼梁橋.....	13
3-1 預力混凝土 I 型梁橋.....	13
3-2 鋼橋.....	15
肆、跨愛河車行橋統計.....	17
伍、結論與建議.....	22

## 壹、前言

配合高雄輕軌第二階段建設，並改善大順路與龍德新路周邊交通，預計龍德新路往東延伸至民族路作為大順路之替代道路。其中龍德新路往東延伸起點到河堤南路路段長約 190 米，其中跨越愛河中上游段約位於 103 號河道斷面(Sta 6K+549~+612)約 70 公尺跨河橋樑，前後引道約 120 公尺，合計長度約 190 公尺，道路全寬 26 公尺。完工後能移轉大量大順路交通量，除輕軌工程能順利進行外，也一併改善大順路從自由路到民族路間壅擠車流。

都會區住宅密集除新開發區外道路多已開闢完成的情形下，用地範圍、路面高程等可調整範圍受限；而跨河橋樑，梁底高程要符合跨河構造物條件，不影響河道或渠道排水功能；在市區道路平面交叉路口的縱坡，不可過陡；臨道路建築物的地面多與路面齊平，新闢道路與既有道路交叉路口附近的路面應與出入口齊平，除維護出入外，也要避免路面雨水灌流到建築物；此外都會區內地下管線布設密度高，有自來水、瓦斯、雨污水、電力、電信及工業管路等諸多管線路、部分是無法配合遷移的。

跨越愛河的延伸路段，位於半徑約 250~270 公尺的愛河彎曲河道，因橋梁與河道斜交，橋梁寬度範圍內的渠寬(斜長)約 62 公尺。一般橋梁長度 20 公尺以上多採預力水泥混凝土橋或鋼橋。而單跨預鑄預力混凝土 I 型橋適用最大跨度約 45 公尺，一般單跨鋼箱梁約 60 公尺。

基於都會區的現況條件，用路人通行安全、排洪需求等條件。橋型的選擇考量因素除安全、經濟、養護與施工性等四通項要素外，然而在都會區前述限制條件卻多為選擇橋型、工法的要件因素。本文以龍德新路跨越愛河的橋梁段為例，探討都會區預力混凝土 I 型橋與鋼橋在綜合考量下的選擇。

## 貳、工址設計考量

道路車道配置雙向各 1 汽車道、1 混合車道及人行道，設計寬度 26 公尺，跨越愛河道長度約 63 公尺(如圖 2-1~2-3)。

除基本四個通項要素外，影響本工址橋梁的主要因素有排水條件—跨河構造物的要求，及交通線型規定—市區道路及附屬工程設計標準與規範等因素，分別摘要如下。

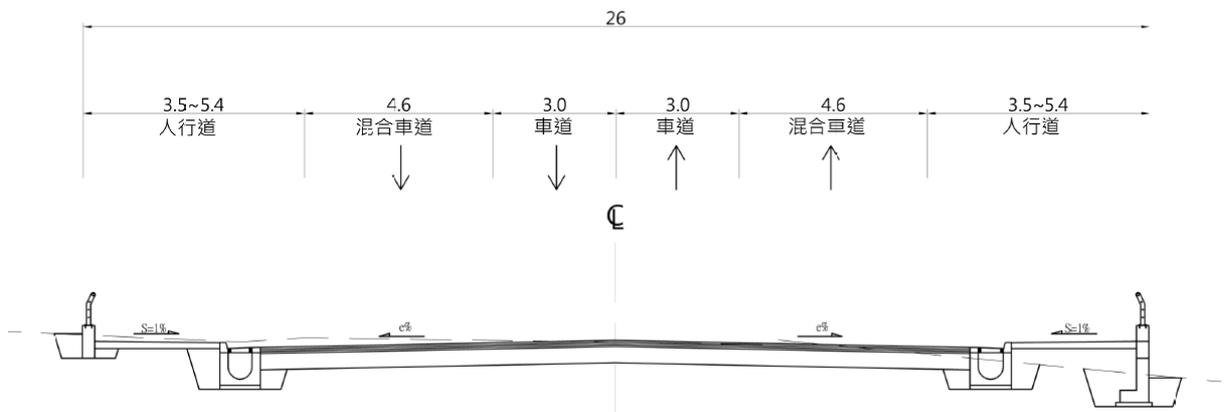


圖 2-1 標準橫斷面

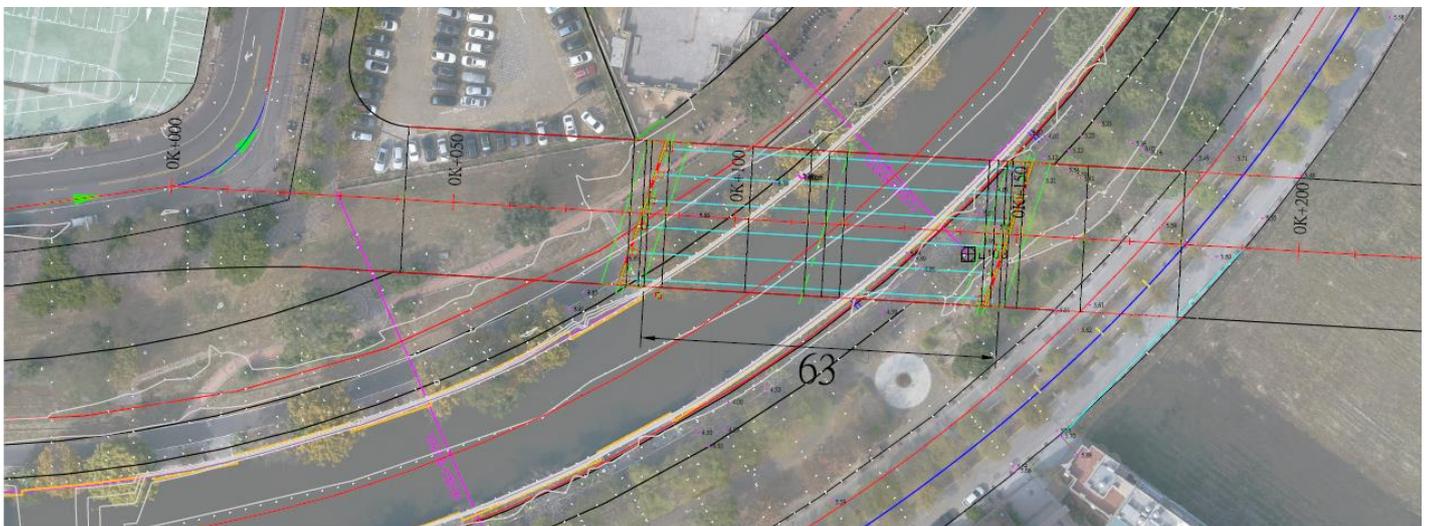


圖 2-2 跨愛河河道長平面圖

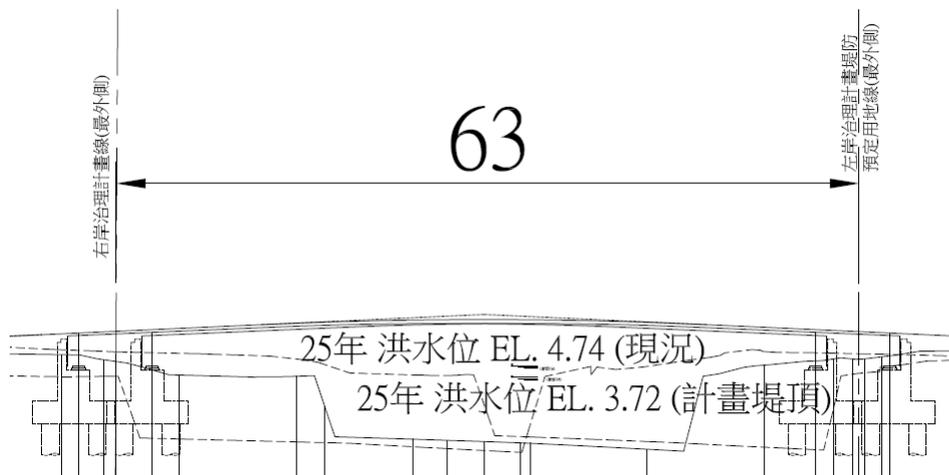


圖 2-3 跨愛河橋面上下游分佈範圍縱斷面圖

## 2-1 跨河構造物規定

依據 109 年 05 月 18 日頒訂「申請施設跨河建造物審核要點」修正，經濟部為規範水利署及所屬各河川局(以下簡稱河川局)維護河防安全，依河川治理目標，受理中央管河川區域內申請施設、改建、修復(含補強、加固)或拆除各種跨河建造物相關事宜。

依上述，本新建橋梁需辦理提送申請，相關申請文件依據作業要點重點在於第三~第六點、第九點並摘要如下：

三、申請施設、改建、修復跨河建造物應提出申請書，並檢附下列書件。

但跨河建造物於水道治理計畫線內未設墩者，免附第三款書件：

- (一)計畫書。
- (二)設計書圖。
- (三)經專業技師簽證之河防安全影響評估報告。

(四)施工計畫及環境影響說明等相關書件。

(五)資料彙整表。

四、橋臺應依下列規定為之：

(一)橋臺不得設置於水道治理計畫線內及水防道路上。但依實際狀況必須設置於水防道路上並經河川局同意者，應施設水防道路通行涵洞或於跨河道路兩側增設水防道路之聯通道路。

(二)橋臺施作於堤防用地時，應採取適當之保護措施，以防破壞鄰近堤防設施。

(三)橋臺施設於河岸或與堤身共構者，其橋臺前岸與上、下游兩端應依下列規定設置河岸或堤防保護工。但無沖刷之虞者不在此限：

1. 橋臺斷面形狀如與護岸或堤防前坡不相符時，橋臺前加設相符之前岸保護工或與上、下游堤岸以漸變段保護工銜接。
2. 橋臺上、下游兩端之坡面保護工之施設方式應經河川局同意。
3. 於計畫堤防尚未施設之河段施設橋臺，申請施設單位應施設必要之保護設施，以維護河防安全，如橋臺與日後之堤身共構者，其橋臺段及其路權範圍內堤防之施設方式應經河川局同意。

五、橋墩應依下列規定為之：

(一)橋墩不得施設於堤前坡、水防道路上及平行治理計畫線內。但依實際狀況必須設置於水防道路上並經河川局同意者，應施設水防道路

通行涵洞或於跨河道路兩側增設水防道路之聯外道路。

(二)橋墩之墩柱外緣距堤防堤前坡趾二十公尺內或距低水河槽岸邊兩側二十公尺以內（包括河床及高灘地）者，應設置必要之保護河防安全措施。

(三)橋墩(中心)跨距不得小於四十公尺為原則。但因地形等特殊因素限制，經河川局同意者，不在此限。

(四)橋墩長軸應與計畫洪流方向平行為原則。但河川之低水流路與計畫洪流方向不一致時，橋墩宜採圓柱形。

(五)橋墩基礎之頂高，應低於該河川斷面最低點，並應考量沖刷深度之影響。但如因河川地形環境特殊致埋設於河川斷面最低點有實際困難者，得由申設單位確實考量河道擺盪及沖刷深度影響予以施設。

六、橋梁之最低梁底高程應不低於河川兩岸之堤防堤頂高程及計畫堤頂高程。但橋臺處因地形等因素限制，致最低梁底高程需低於堤防堤頂高程或計畫堤頂高程者，得採下列方式辦理：

(一)橋梁軸向採弧形構造辦理者，橋臺處之梁底高程得採計畫洪水位加適當出水高。

(二)橋梁軸向無法採弧形構造辦理者，經由申請施設單位自行考量颱風期間水位暴漲溢越橋面、梁面結構遭洪水衝擊、橋墩束縮阻塞漂流物等安全因素，經採取適當保護或應變措施下，橋梁之最低梁底高程得採計畫洪水位加適當出水高。

(三)橋臺、橋梁與堤防接觸處，應密封無缺口，堤防表面為混凝土構造者，應加作水密處理。

前項橋臺處之梁底高程或橋梁之最低梁底高程，倘因地形環境等特殊因素限制，其適當出水高需縮減時，申請施設單位應擬訂具體可行之橋梁保護措施及緊急封橋機制，並負責執行相關封橋作業。

橋梁跨越水防道路之最小淨空高度為四·六公尺。但施設確有困難者，經提出配套措施並經河川局同意者，不在此限。

橋面低於兩側堤防時，應另有適當阻隔措施，其高程須在計畫洪水位之上，並由河川管理機關依河川地形及特性予以訂定，避免洪水由橋面溢流至堤內。

九、跨河建造物之改建，應依本要點辦理，其改建完成後，廢棄部分應立即拆除至現有河床下至少一公尺或不妨礙水流為止。但舊有跨河建造物經依文化資產法等相關法規規定，有保存之必要，且不妨礙水流及河防安全之前提下，並經河川局同意者，不在此限。

前項建造物改建後拆除之廢棄部分，倘有屬堪用之混凝土塊者，得於申請階段現勘時與河川管理機關協調決定可堆置於河川區域內之適當位置。廢棄跨河建造物之拆除未與改建一併申請者，得另案檢附施工計畫及申請書向河川局提出申請，不受第三點之限制。

## 2-2 市區道路及附屬工程設計標準與規範

橋梁兩側引道不長，下橋後立即接到既有道路(河堤南路)，依據市區道路設計規範，第四章道路交叉設計 4.2.3 節，起終點路口範圍，交叉處超高與縱坡規定摘要如下：

- 1.平面交叉處之線形宜平直，須設置超高時宜小於 3%。
- 2.平面交叉處之縱坡應緩，宜小於 3%，惟如地形特殊及情況受限者，不得大於 5%。
- 3.前項平面交叉口，係指道路或人行邊緣虛擬連接線以外 5 公尺，或停止線劃或停止線劃設後 (不含截角 )所涵蓋之路面。

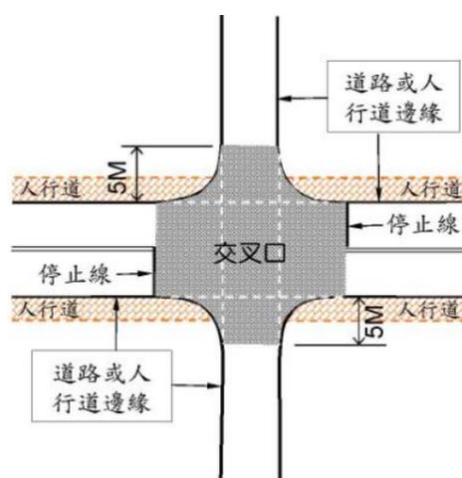


圖 2-4 平面交叉路口範圍示意圖

在道路縱坡變化處配設豎曲線(拋物線)，駕駛人在反應時間看到來車，在跨越河道，鐵道、或立體交叉的情形，道路在上、下橋梁或橋段中間段常為縱坡變化的位置。道路縱坡度變化處，除  $Vd \leq 40$  公里/小時

且相鄰縱坡度代數差絕對值小於 0.5% 時得不設置豎曲線外，應以豎曲線連接之。摘錄市區道路設計規範的豎曲線規定如下：

表2-1 豎曲線最短長度

設計速率 $V_d$ (公里/小時)	豎曲線最短長度 $L_v=K \times \Delta G$ (公尺)		最短長度 規定值 (公尺)
	凸 型	凹 型	
100	$60 \Delta G$	$36 \Delta G$	55
90	$44 \Delta G$	$30 \Delta G$	50
80	$31 \Delta G$	$24 \Delta G$	45
70	$20 \Delta G$	$19 \Delta G$	40
60	$13 \Delta G$	$10 \Delta G$	35
50	$8 \Delta G$	$7 \Delta G$	30
40	$4 \Delta G$	$5 \Delta G$	25
30	$3 \Delta G$	$3 \Delta G$	20
25	$2 \Delta G$	$2 \Delta G$	15
20	$1 \Delta G$	$1 \Delta G$	12

註：K：豎曲線參數(公尺/%)。

$\Delta G$ ：相鄰縱坡度代數差絕對值(%)。採用依公式計算之數值不得小於規定值。

### 2-3 「愛河排水及其支流規劃檢討」治理規劃檢討成果報告書

梁底高程、橋臺位置等依據跨河構造物申請規定，要符合愛河治理規劃的需求。梁底高程以高出計畫堤頂或現況堤頂為原則，可作為梁底高程的限制，而治理計畫線為橋臺堤後邊界，進入邊界會縮小通洪寬度，減少排洪流量容易造成上游壅高，影響內水排入流量，導致堤內積水，甚至會有倒灌的情形。依照 110 年「愛河排水及其支流規劃檢討」治理規劃檢討成果報告書的落橋處約位於愛河第 103 號斷面樁位處。摘錄「愛河排水及其支流規劃檢討」治理規劃檢討成果報告書現況、改善後水理分析成果及橫斷面圖如下。



表 2-2 愛河現況、計畫排水水力分析成果彙整表

情境	斷面	累距	渠底 高程	現況案高		重現期(年)洪水位		計畫 堤頂高
	編號			左岸	右岸	10Y	25Y	
計畫	102	6503	-2.78	5.92	6.63	3.78	4.67	—
	<b>103</b>	<b>6597</b>	<b>-3.01</b>	<b>5.95</b>	<b>5.74</b>	<b>3.84</b>	<b>4.74</b>	—
	103-1	6680	-1.93	5.09	5.12	3.96	4.85	—
現況	102	6503	-2.78	5.92	6.63	3.03	3.62	3.62
	<b>103</b>	<b>6597</b>	<b>-3.01</b>	<b>5.95</b>	<b>5.74</b>	<b>3.13</b>	<b>3.72</b>	3.72
	103-1	6680	-1.93	5.09	5.12	3.29	3.93	3.93

現況護岸高程於都市計畫劃設後，按劃設後地面高程設定。依預擬定之都市計畫，配合現地測量成果得知，現況護岸高程最低約 EL.5.08 公尺比計畫堤頂高。

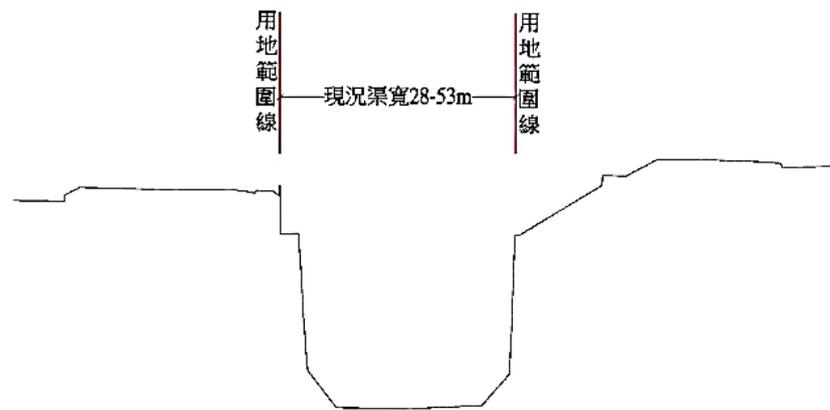


圖 2-7 愛河排水無須整治段(6K+250~7K+612)現況橫斷面

在擬定橋梁段縱斷面高程時，梁底高程在河道(計畫治理線)範圍內，應以 EL5.07 公尺為基準考量。

## 2-4 河堤南路路面

愛河左岸(東側)治理計畫線與河堤南路邊，在計畫道路範圍內的最短距離僅為 0.75 公尺，轉彎後車行距離約 13.7 公尺，而臨近交叉路口的住宅路面高程約 EL.5.5 公尺(如圖 2-8)。以平面交叉路口的最大縱坡 5% 計算，道路橫向坡 2%，則以住宅路面初步推算左岸處的道路路面設計高為  $5.5+13.7*5/100+(3+4.6)*2/100 = EL 6.4m$ 。跨河區段梁底高程 EL5.08，則路面到梁底全高為  $6.4-5.08=1.32$  公尺。橋面 AC 厚度 5cm，橋面板厚度約 25cm，橫向坡度 2%採等斷面簡支單跨平梁式推算橋梁段在支承處的 PCI 梁深(典型)僅有  $132-5-25-(3.0+ 4.6)*2/100 =87cm$  的空間。

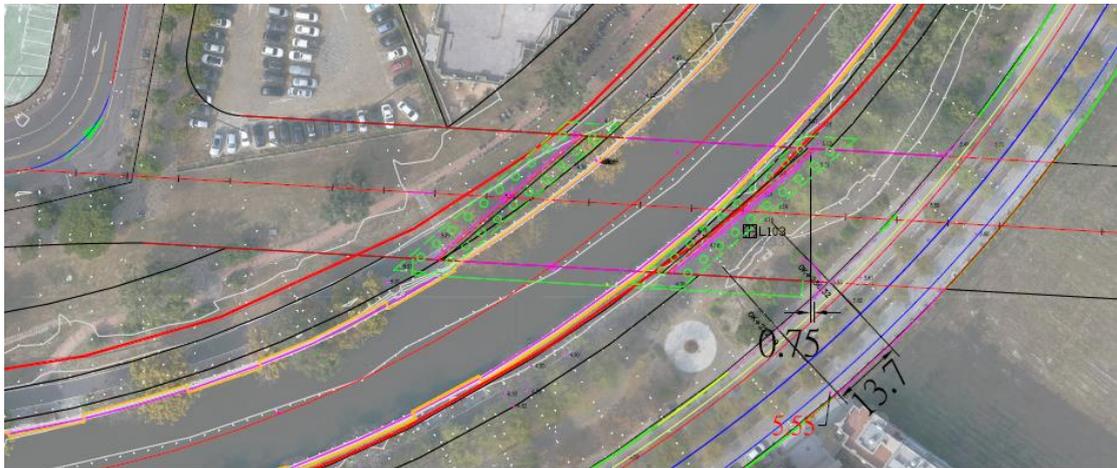


圖 2-8 河堤南路與新闢道路幾何距離與屋前高程示意圖

## 參、預力混凝土 I 型梁橋與鋼梁橋

### 3-1 預力混凝土 I 型梁橋

預力混凝土橋在民國 40 年代引進，於民國 50 年代為台灣公路橋梁的主流，當時公路總局設計了 I 型預力混凝土橋(PCI)標準圖，分送縣市政府及鄉鎮公所應用，PCI 成為預力橋梁的典範<sup>(1)</sup>；適用的橋梁跨度 20~45 公尺(PCI 適用最大跨度約 45 公尺)。表列公路局 PCI 梁標準圖中，梁長對應之梁深如下：

表 3-1 公路局 PCI 標準斷面梁長與梁深彙整表

梁長(m)	20	25	30	35	40	45
梁深(m)	1.15	1.5	1.7	2.0	2.0	2.2

由上表得知，典型 PCI 梁的最大長度為 45 公尺，龍德新路跨愛河段擬採橋台與愛河排水治理計畫線平行方式配設可得最小的橋長 45 公尺，橋梁縱軸與橫向為斜交，斜交角為  $45.6^\circ$  (註:斜交角過大時，梁端會有空間衝突的地方；維持活載重的橫向傳遞、扭矩等隔梁要做調整)，如圖 3-1。

典型預製 PCI 梁為平直等高斷面，不利於橋梁段中配設豎曲線(拋物線)道路常以等縱坡通過。愛河左岸臨河堤南路側，護岸與河堤南路距離短，右岸引道段較長，兩側未臨接出入口，縱坡變化設在橋梁前後、按規範配設豎曲線。而典型預製 PCI 梁，長度 45 公尺，依表 3-1 得知梁深

2.2 公尺，5 公分 AC 鋪面、板厚 25 公分，橫向坡度

2% (= (460+300)\*2/100=15)，則梁底到道路中心路面頂的全高為

2.2+0.05+0.25+0.15=2.65 公尺，縱坡如圖 3-2。

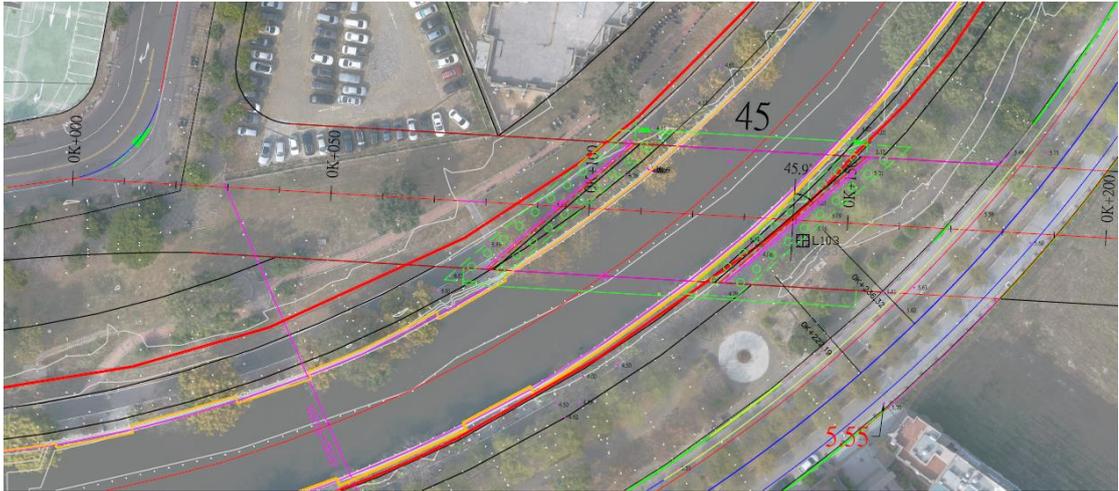


圖 3-1 PCI 橋長 45m 平面位置示意圖

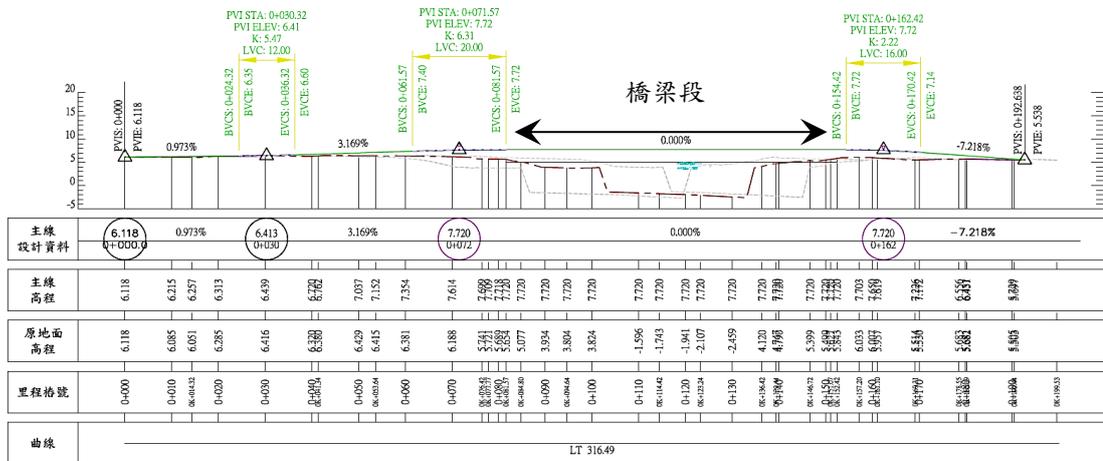


圖 3-2 PCI 橋縱斷面示意圖

以設計速率 30 公里/時，梁底高程取 EL 5.07 公尺，於橋前後端設置豎曲線(拋物線)。由圖 3-2，河堤南路側縱坡為 7.218% 大於規範 5% 的上限未能符合。橋梁上部結構全高 2.65 公尺超過 2-4 節初步推算的梁深，雖然符合跨河構造物需求與 PCI 結構梁情形下，但交叉路口的道路縱坡太大，未能顧及用路人安全行駛的需求。

### 3-2 鋼橋

民國 60 年代 I 型預力混凝土橋仍為當時最普遍盛行的，但已非唯一的選擇。當時中鋼建廠已完成，鋼材料源供應無缺造就國內鋼橋的發展，氣勢宏偉的關渡大橋鋼拱橋逢機推動於 1983 年興建完成<sup>(1)</sup>。在鋼橋供料陸續完整、鋼材加工、組立技術日益成熟普遍下，綜觀愛河中下游的橋梁也多以鋼橋建造，例如捷運橋、高雄橋、中正橋、建國橋、中都橋、願景橋、龍心橋及位於龍德新路下游的博愛橋，橋長自 40 公尺到 116 公尺不等，多屬中長型橋梁。

鋼橋橋型多變比諸 PCI 梁橋因應彈性大。在考量跨河構造物需求與鋼梁結構安全，及交叉路口道路縱坡等條件下，基本配置如圖 3-3~3-4。

在橋梁段設立縱坡變化點，拉長縱坡水平長降低縱向坡度，橋梁段豎曲線配設對稱型拋物線，因此橋台與道路中心線正交；鋼箱梁深伴隨路面豎曲線調整及簡支結構力學行為，立面呈現滑順的拋物線體。

橋梁正交方正，結構系統對稱。內、外縱向大梁尺寸一致，鋼材加工品質容易控制，各構件組立作業統一施工效率較高。

在橋梁中段設置豎曲線，於治理線處橋梁上部結構全高 2.6 公尺，比簡支 PCI 梁橋的上部結構淺約 5 公分，能符合跨河構造物的需求不影響排洪功能，且縱坡水平長度較長，能以 4.5% 縱坡銜接河堤南路路口不超過平面交叉路口的縱坡限制。



圖 3-3 鋼箱橋長 76m 平面位置示意圖

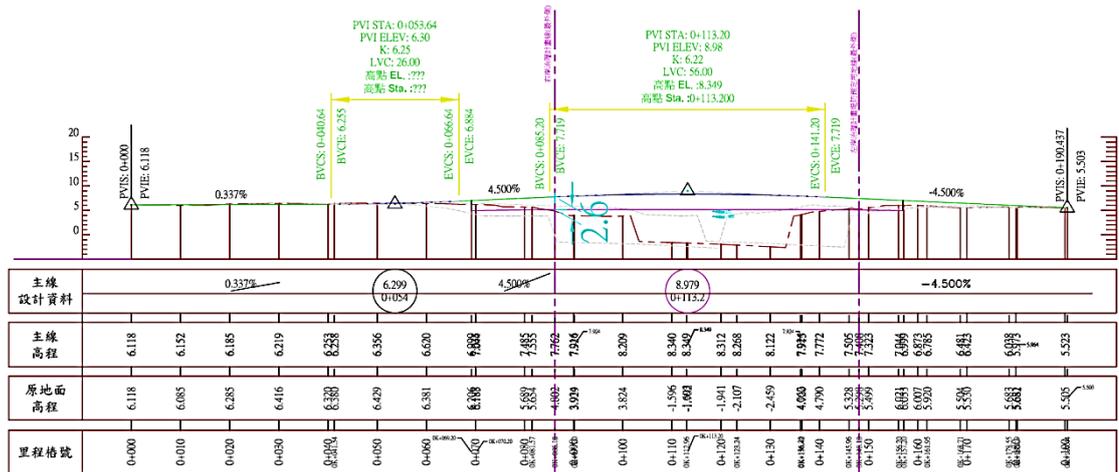


圖 3-4 鋼箱橋縱斷面示意圖

## 肆、跨愛河車行橋統計

愛河自台鐵西臨港線鐵路橋(現改建為斜光橋)至接九番埤排水起點(高速公路下無名橋)，全長約 9.6 公里，沿線多為人口密度高的都會區。自由橋下游約 63 公尺處開始河道寬度 41 公尺逐漸加寬到出水口，除了臨治平橋閘門(約 40 公尺)外；自由橋處河道寬約 25 公尺往上游到高速公路下無名橋為止，河道寬約在 11~35 公尺間，其中在龍華橋處最寬約 35 公尺。

跨愛河車行橋總計 21 座，其中鋼橋 9 座，混凝土橋 12 座。由統計表 4.1 中得知，混凝土橋多集中在自由橋(自由路)以北，跨單距小都未超過 45 公尺；自由路下游河道變寬後的 10 座跨河橋中，鋼構橋有 7 座佔了 70%之多。究因其為河道寬度越寬橋梁的長度越長，混凝土橋的適用性較諸鋼橋就越低。

表 4.1 跨愛河車行橋統計表

項次	橋名	位置	結構	長度(公尺)	落墩數量	備註
1	高雄橋	五福三路	鋼構橋	120	2(3孔)	
2	中正橋	中正三路	鋼構橋	90	1(2孔)	
3	七賢橋	七賢二路	混凝土橋	90	2(3孔)	
4	建國橋	建國三路	鋼構橋	90	2(3孔)	
5	中都橋	中華橫路至河西一路	鋼構橋	72	0	
6	九如大橋	銜接河西一路及同盟三路	混凝土橋	80	2(2孔)	跨愛河2跨高架橋
7	願景橋	美術東二路	鋼構橋	87	0	
8	治平橋	中華一路/中華二路	混凝土橋	50	3(4孔)	
9	龍心橋	龍德路83巷	鋼構橋	40	0	
10	博愛橋	博愛一路	鋼構橋	42	0	
11	自由橋	自由一路	混凝土橋	30	0	
12	龍華橋	大順一路	混凝土橋	35	0	*預改建為鋼橋
13	明誠橋	明誠二路	混凝土橋	35	0	
14	裕誠橋	裕誠路	鋼構橋	25	0	
15	鼎新橋	天祥二路	混凝土橋	18	0	
16	河堤橋	文守街	混凝土橋	19	0	
17	民族橋	民族一路	混凝土橋	13	1(2孔)	*箱涵橋
18	(無名)	文藻外語大學門口	鋼構橋	15	0	
19	菜金橋	民族一路946巷	混凝土橋	15	0	
20	(無名)	大中路及國道十號	混凝土橋	16	0	高架橋下
21	後港橋	後港巷	混凝土橋	25	0	
個項目						
鋼構橋總數						9座
混凝土橋總數						12座
橋梁總數						21座
單孔 $\geq$ 30m之鋼構橋						7座
單孔 $\geq$ 30m之混凝土橋						5座
單孔 $\geq$ 45m之混凝土橋						0座

表 4.2 跨愛河車行橋彙整街景(google map)

1. 高雄橋	2. 中正橋
	
3. 七賢橋	4. 建國橋
	
5. 中都橋	6. 九如大橋
	
7. 願景橋	8. 治平橋
	

9. 龍心橋



10. 博愛橋



11. 自由橋



12. 龍華橋



13. 明誠橋



14. 裕誠橋



15. 鼎新橋



16. 河堤橋



17. 民族橋	18. (無名)
	
19. 菜金橋	20. (無名)
	
21. 後港橋	
	

## 伍、結論與建議

雖然簡支 PCI 橋的建造成本低於鋼橋，參考「鋼橋梁與預力 I 型梁橋上構施工安全及經濟性之分析研討」一文中，以五個橋梁實例作比較，橋梁上部結構的建造成本，PCI 橋比鋼箱橋要少，以每平方公尺的平均造價來計算其比例約 1.94，但在適用性未必能夠採用。

本文先以龍德新橋為例來說明都會區跨河橋梁選用 PCI 混凝土橋梁或鋼橋的原委，另由統計跨越愛河橋梁中也得知單跨 45 公尺以上的橋梁多為鋼構橋梁，顯然都會區跨河橋梁在適用性上鋼橋比混凝土橋有較大的調適空間。

## 參考資料

- (1)、「橋梁政策白皮書之研擬」、交通部運輸研究所、民國 101 年 5 月。
- (2)、「鋼橋梁與預力 I 型梁橋上構施工安全及經濟性之分析研討」、逢甲大學碩士論文、簡岳忠、民國 99 年 6 月 11 日。
- (3)、「橋梁及結構工程設計注意事項」、交通部高速公路局、民國 109 年 5 月。
- (4)、「愛河排水及其支流規劃檢討」治理規劃檢討成果報告書、高雄市政府水局、民國 110 年 3 月。
- (5)、「申請施設跨河建造物審查要點」、高雄市政府水局、民國 108 年 11 月 16 日。
- (6)、「橋梁工程標準圖」預力混凝土簡支梁橋(PCI 型梁橋)、臺灣省交通處公路局編訂、民國 80 年 12 月。
- (7)、「市區道路及附屬工程設計規範」、內政部、民國 111 年 2 月。