

應用公路橋樑工程

—規劃●設計—

賈駿祥著

科技圖書股份有限公司

應 用 公 路 橋 樑 工 程

—規 劃 ● 設 計—

賈 駿 祥 著

科技圖書股份有限公司

版權所有・翻印必究

應用公路橋樑工程

特 價：新台幣 110 元

著 者：賈 駿 祥

總經銷：科技圖書股份有限公司

地 址：台北市博愛路 185 號二樓

電 話：3 1 1 0 9 5 3

郵政劃撥帳戶第 15697 號

中華民國62年10月初版

中華民國69年 6 月五版

序

橋梁工程爲土木工程之一種，以其能承負巨大之載重，而公認爲構造艱巨之工程，橋梁分有鐵路、公路、水道及人行等類別，其中尤以公路橋梁應用最廣，不僅用作渡河之工具，且用於陸地高架，以維高速路或立體交通之暢流者，比比皆是，可謂現代化之交通設施。

本會正會員賈駿祥先生，服務於公路界已廿餘載，並兼任大專教授有年，以其豐富之經識與參考歐美之最新設計及規範，撰輯成冊，囑其燧爲之序，以本書不僅論及橋梁之一般知識，並對台灣本地之颱洪地震及沉落等災害，與低載重橋梁之加固等問題，有相當建議之對策，更分別將各式橋梁之設計範例列敘，堪供各級工務機關之參考及大專學校之教材用。

本書著者曾義務担任本會總編輯多年，復能利用公餘之暇，撰寫書冊，殊爲欽佩，其燧忝爲土木工程師之一，當樂意將本書之要點，略予抒述，並盼此項介紹能有益於工程界。

中國土木工程學會理事長

段其燧

民國六十二年雙十節

序於台北市

自序

台灣公路建設，年來突飛猛進，技術亦與日俱增，橋梁之應用尤為廣泛，蓋以往橋梁僅充作渡河之工具，輒近以來，陸上之立體交叉，高架公路及高速公路等，亦多賴橋梁以暢其流，為期達成經濟美觀與安全之需求，乃促使技術上精益求精。

公路橋梁之式樣繁多，選用多有利弊，殊非易易，著者憑多年從事橋梁設計與施工之經驗，並參考歐美最新設計規範，就本身常遇之問題，研究心得，撰輯成冊，冀對有志此道者有所貢獻。

本書分為前後兩集，前集包括橋梁規範及設計，輔以有關經濟美觀之研討及設計範例，範例中含多種式樣設計，如丁字梁橋、箱式梁橋，預力混凝土梁橋，鋼工字梁橋及鋼構架橋暨橋墩、橋台及基礎等，所舉之例中，均用最新設計規範計算。復以台灣地區，天然災害頻仍，防範之道，亦略予論述，聊供參考，大專學生及工程人員如已具有相當之結構及混凝土設計技能者，再參用本書，對設計工作，諒可事半功倍。

本書之後集，預定下年度出版，將包括橋梁施工及養護兩大章，復鑒于台灣地區於日據時代建造而留存之舊橋尚多，其設計標準偏低，以之承荷日益增加之大型車輛及貨櫃車載重，安全堪虞，著者經研擬數種以加固代替重建之經濟可行方案，並印於後，以供參考，另最新修正之橋梁規範，亦予節錄於卷尾，俾資查閱。

著者兼教大專有年，以橋梁工程書冊中，能考慮台灣特殊環境者尚不多見，本書或可供補充教材之用，抵以撰輯計算，多利用公暇，疏漏之處，在所難免，敬請讀者不吝賜正，至為感盼。

賈駿祥

民國六十二年十月

目 錄

第一章	一般問題	
	1. 概論	2. 橋梁之分類
	3. 現代化橋梁之條件	4. 橋梁之經濟性
	5. 橋梁之美化	
第二章	橋梁之規劃	40
	1. 選位	2. 測量
	3. 橋基土質鑽探	4. 聯絡事項
	5. 標準之研議	
第三章	橋梁之設計	45
	1. 橋梁設計之內容	2. 橋梁式樣之選擇
	3. 橋墩橋台之種類與選擇	4. 基礎之種類與選擇
	5. 橋梁之載重	
第四章	橋梁應力分析及設計大要	71
	1. 簡支丁型梁橋	2. 連續梁橋
	3. 懸臂橋	4. 合成梁橋
	5. 預力混凝土梁橋	
第五章	設計範例	83
	1. 簡支鋼筋混凝土丁梁橋	範例 1 A 單車道
	範例 1 B 雙車道	2. 懸臂版橋之設計

3. 三孔連續型箱式橋之設計

4. 預力混凝土橋之設計 範例 4 A 簡支梁式

範例 4 B 簡支梁連續型版承受活重式

5. 簡支合成梁橋設計

6. 簡支下承式鋼構架

橋之設計

7. 重力式橋墩之設計

8. 重力式橋台之設計

9. 鋼管樁基礎之設計

第六章

橋梁設計對於災害問題之研究

287

1. 沉落

2. 颱洪

3. 地震

第一章

一般問題

1-1 概論

凡跨越河川或立體交叉之結構物，其跨度在 20 呎以上者為橋梁，20 呎以下者為涵洞，國內之界限為 3 公尺。

橋梁工程研究之範圍包括有：

- (1) 橋梁規劃。
- (2) 橋梁設計。
- (3) 橋梁施工。
- (4) 橋梁養護。四大項。一般參考文獻多着重於前兩項之研討，而後兩項則為從事實務工作者所重視的問題。
- (1) 橋梁規劃：包括有橋址之選擇、測量、水文研究、土質探測、標準之研訂及與有關單位之協調聯繫等。
- (2) 橋梁之設計：就工程費、養護費等問題從事比較設計，並作細部之應力設計、及製圖、編列預算等。
- (3) 橋梁之施工：依橋式之不同而有不同之施工方式。
- (4) 橋梁之養護：保養得宜可得較久之壽命，以本省颱風、地震、洪水等問題，保養橋梁之問題，尤為重要。

1-2 橋梁之分類

- (1) 依設置之不同，而分有陸橋及水路橋及棧橋（Trestle 即半路半橋）三種。
- (2) 依構成之材料而分者，計有鋼、木、混凝土、磚、石等橋，目前亦有鋁合金製成之橋梁。
- (3) 依形狀之不同可分為直綫橋、曲綫橋及斜橋等數種。
- (4) 依建造時交通需要之不同可分為固定式橋與活動橋。

- (5) 依結構形狀之不同，計可分為版橋、梁橋、箱形橋、拱橋、構架橋、吊橋等。
- (6) 依結構之方式而計有簡支型橋、連續型橋、剛架橋等。
- (7) 依使用之價值而分，有永久性、半永久性及臨時性橋三種。
- (8) 依用途而分，計有公路橋、鐵路橋、水道橋、人行橋等四種。

1.3 現代化橋梁之條件

- (1) 橋梁不一定為直綫，曲綫橋之使用甚為普遍。
- (2) 無論橋之長短，儘可能考慮橋路不分，即視橋為路，視路為橋。
- (3) 橋之中央可不必隆起，以保持水平或與路綫之坡度相當為原則。
- (4) 橋梁應儘量採取足夠之寬度，必要時應考慮 50- 100 年後之應用，單車道橋梁應儘量避免建造。
- (5) 橋梁應有充分之空間，以供流水、船舶或下層車輛之通行，非不得已不建活動橋。
- (6) 橋梁應考慮容納水管、氣管、電纜等公用物之通過而仍保持安全與美觀。
- (7) 橋梁之選擇本身應儘量輕便，俾可承受較大荷重。
- (8) 橋梁之表面材料以與兩端引道之材料儘量求為一致，並有充分之排水設施。
- (9) 橋梁之位置應注重美化，以能使環境予以配合。
- (10) 橋梁應力求經濟耐久之運用。

1.4 橋梁之經濟性

I 一般考慮：

- (1) 選用橋位，擇定橋類，並比較多種上、下部結構之費用，而擬定初步最低費用之橋式。
- (2) 除直接工程費外，尚需考慮有關工程徵購屋地及日後之養護費用等。

- (3) 計劃之橋梁，除供車輛行人通過外，他如電纜、油管、水氣管等公共設施掛附問題，能予以充分考慮，並作適當之配置，以求整體之經濟。
- (4) 由交通量之大小及若干年後之預測資料，擬定橋之寬度及型式。
- (5) 視擬定橋梁之使用壽命之長短，選用有無剩餘價值之構造物等。

II 經濟選用：

關於各式橋梁詳細選擇前，吾人應大致了解其經濟之假定條件，以使每一比較設計值，均在其本身條件下為最廉者。

茲綜列四種不同選用之參考資料包括橋梁跨徑與橋墩之關係值，鋼構架橋或板梁肢材之選用，丁字梁及預力梁之梁高之選擇等。

1. 橋跨徑與橋墩之經濟選用：

設 C = 橋梁之全部費用

A = 每一橋台之費用

P = 每一橋墩之費用（包括基礎）

K = 每呎橋面版之費用

$K_1 X^2$ = 每一跨徑橋面之費用（橋版不在內）

X = 每一跨徑橋之長度

l = 橋之總長度

$$C = 2A + P \left(\frac{l}{X} - 1 \right) + Kl + \frac{l}{X} K_1 X^2$$

$$\frac{dC}{dX} = 0 - \frac{Pl}{X^2} + 0 + K_1 l = 0$$

$$P = K_1 X^2$$

故最經濟之安排應使橋墩（包括基礎）之費用與一孔上部結構（不包括橋面版）之費用相等為最佳。

2. 構架或鈑梁橋用料大小之經濟選用：

設 A = 構架弦材之重量（上下弦在內並包括風撐材）

或鈑梁之翼板之重量

B = 腹材之重量（鈑梁包括抗搖撐等）

C = 構架或鈑梁之全重

D = 構架或鈑梁之高度

$$C = A + B$$

$$A = \frac{a}{D} \quad \text{弦或翼之重量與梁或構架高成反比}$$

$$B = bD \quad \text{腹鈑重量與梁或構架高成正比}$$

其中 a , b 為常數

$$C = \frac{a}{D} + bD$$

$$\frac{dC}{dD} = -\frac{a}{D^2} + b = 0$$

$$-\frac{A}{D} + \frac{B}{D} = 0 \quad A = B$$

故經濟之選用以弦或翼鈑之總重與腹材之總重相等最佳。

3. 丁字梁橋經濟梁高之選用：

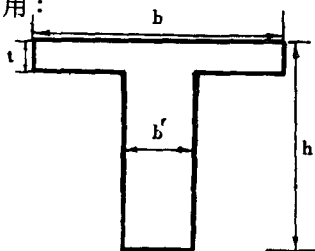


圖 1-1

設 T = 全部之費用

C = 混凝土每立方呎之單價（包括模板在內）

S = 鋼筋每磅之單價

A_p = 主鋼筋之用量

a = 全部鋼筋之用量與主鋼筋用量之比

每平方吋之鋼筋 = 3.4 磅/呎

如是

混凝土每呎之費用 = $Cb'(h-t)/144$

混凝土內鋼筋每呎之費用 = $3.4 S_p A_p$

$$S_p = a \cdot S$$

$$\text{全部之費用 } T = \frac{Cb'(h-t)}{144} + 3.4 S_p A_p$$

$$\text{其中 } A_p = \frac{M_p}{f_s j d} = \frac{M_p}{f_s \left(d - \frac{t}{2}\right)} \quad \text{令 } h = d$$

$$\text{則等值 } T = \frac{Cb'(d+e-t)}{144} + \frac{3.4 S_p M_p}{f_s \left(d - \frac{t}{2}\right)}$$

$$\frac{dT}{dd} = \frac{Cb'}{144} - \frac{3.4 S_p M_p}{f_s} \times \frac{1}{\left(d - \frac{t}{2}\right)^2} =$$

$$\left(d - \frac{t}{2}\right)^2 = \frac{3.4 \cdot 144 S_p M_p}{Cb' f_s} = \frac{r M_p}{f_s b'}$$

$$\text{令 } r = \frac{3.4 \times 144 S}{C} = \frac{490 S_p}{C}$$

$$\text{則 } d - \frac{t}{2} = \sqrt{\frac{r M_p}{f_s b'}}$$

$$\text{或 } a = \sqrt{\frac{r M_p}{f_s b'}} + \frac{t}{2}$$

4. 預力混凝土橋經濟梁高之選用：

(1) 假定預力橋之標準斷面如下

如圖 1-2 之梁斷面則每公尺大梁之總價

$$T = \frac{C b' (h - 4t)}{10,000} + \frac{C (0.6h \times 1.5t + 0.3 h \times 2.5t)}{10,000} + 0.785 A_p S_p \quad (1)$$

其中 C = 混凝土單價/立方公尺 (包括混凝土工料費及吊梁費在內)

0.785 = 每公尺鋼線 1 cm^2 斷面之重量 (公斤)

A_p = 正力矩主要鋼線之用量/每公尺梁長

S_p = 鋼料單價/公斤 = aS

S = 高拉力鋼線單價 (包括材料單價、拉線、灌漿、套管及端錨等)

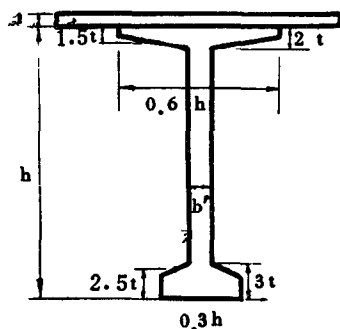


圖 1-2

由於橋之跨徑有長短之分，所用之端錨數量並未隨跨徑、鋼線增多而比例增加，如以鋼線重量而言，短跨徑橋所用之端錨量較長跨徑為多，經統計結果，其大略之分析單價如次 (以 $f'_s = 155,000 \sim 165,000 \text{ kg/cm}^2$ 之鋼線計算)

梁跨徑 (公尺)	40	35	30	25	20
單價 (S) (元/公斤)	23.00	24.00	25.00	26.00	27.50

a = 總鋼料費用與主要鋼線費用之比率，由於次要鋼筋（即箍筋與分佈（溫度）鋼筋等），係與橋之長度成比例，但長跨徑橋之鋼線用量往往較短跨徑橋之鋼線用量達數倍，故 a 值在長跨徑橋應較短跨徑橋為小。

經統計之約略值如次：

梁跨徑（公尺）	40	35	30	25	20
比 率（ a ）	1.19	1.23	1.27	1.31	1.37

故 $S_p = aS$

跨 徑（公尺）	40	35	30	25	20
S_p 值（元/公斤）	27.37	29.52	31.75	34.06	37.68

(2) 在預力混凝土梁中，鋼線用量之常用公式：

$$P_f = \frac{\Sigma f_b \cdot A}{\frac{e y_b}{r^2} + 1} \quad (2)$$

P_f 為有效之預力（kg）

f_s 為鋼線之工作應力（kg/cm²） $A_p = \frac{P_f}{f_s}$

$$\Sigma f_b = f_{ba} + f_{bi}$$

f_{ba} ……梁受靜重之底部纖維應力

f_{bi} ……梁受活重之底部纖維應力

$$\begin{aligned} \text{故 } A_p &= \frac{P_f}{f_s} = \frac{f_{ba}}{\left(\frac{e y_b + r^2}{I}\right) f_s} + \frac{f_{bi}}{\left(\frac{e y_b + r^2}{I}\right) f_s} \\ &= \frac{M_a y_b}{(e y_b + r^2) f_s} + \frac{M_{i+L} y_b'}{(e y_b + r^2) f_s} \cdot \frac{I}{I'} \end{aligned} \quad (3)$$

經多次試驗設： $y_b \doteq 0.6h$ ， $e \doteq 0.5h$ ， $r^2 \doteq 0.12h^2$

$$\frac{y_b}{e y_b} + r^2 = \frac{0.6h}{(0.5 \cdot 0.6h^2 + 0.12h^2)} = \frac{1}{0.7h}$$

$$\text{並設： } y_0' = 0.6(h+t) \quad e = 0.45(h+t)$$

$$r^2 = 0.12(h+t)^2$$

$$y_0 = 0.5(h+t) \quad \frac{I}{I'} = 0.7$$

$$\left(\frac{y_0'}{e y_0 + r^2} \right) \frac{I}{I'} = \frac{1}{0.82(h+t)}$$

因之(2)式可簡化為

$$A_p = \frac{M_p}{0.70 f_s h} + \frac{M_{i+t}}{0.82 f_s (h+t)} \quad (4)$$

將(4)式化入(1)式

$$T = \frac{Cb'(h-4t)}{10,000} + \frac{C(0.6h \times 1.5t + 0.3h \times 2.5t)}{10,000} + 0.785 S_p \left[\frac{M_d}{0.70 f_s h} + \frac{M_{i+t}}{0.82 f_s (h+t)} \right] \quad (5)$$

爲了求得經濟梁高度將(5)式以高度之關係微分得

$$\begin{aligned} \frac{d(T)}{d(h)} &= \frac{Cb'}{10000} + \frac{1.65Ct}{10000} - 0.785 S_p \\ &\quad \times \left(\frac{M_d}{0.70 f_s h^2} + \frac{M_{i+t}}{0.82 f_s (h+t)^2} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

使(6)式=0 求 h 值

$$\text{設 } \frac{M_{i+t}}{M_d} = \alpha; \quad M_{i+t} = \alpha M_d$$

$$\frac{t}{h} = \beta; \quad t = \beta h$$

$$(h+t)^2 = (h+\beta h)^2 = (1+\beta)^2 h^2$$

$$\text{則 } \frac{M_d}{0.70 f_s h^2} + \frac{M_{i+t}}{0.82 f_s (h+t)^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{M_a}{0.70 f_s h^2} + \frac{\alpha M_a}{0.82 f_s (1+\beta)^2 h^2} \\
 &= \frac{0.82 (1+\beta)^2 M_a + 0.70 \alpha M_a}{(0.70 \times 0.82) f_s (1+\beta)^2 h^2} \\
 &= \frac{0.70 \alpha + 0.82 (1+\beta)^2}{0.574 f_s (1+\beta)^2} \cdot \frac{M_a}{h^2} = \frac{M_a}{Y f_s h^2} \\
 \text{其中 } \frac{1}{Y} &= \frac{0.70 \alpha + 0.82 (1+\beta)^2}{0.574 (1+\beta)^2}
 \end{aligned}$$

如是(6)式可改寫為

$$\begin{aligned}
 C b' + 1.65 C t - 7,850 S_p \frac{M_a}{Y f_s h^2} &= 0 \\
 h \text{ (經濟梁高)} &= \sqrt{\frac{7,850 S_p M_a}{C Y (b' + 1.65 t) f_s}} \quad (7)
 \end{aligned}$$

(7) 式即為所研究之經濟梁高之公式

其中之各代表符號：

M_a ：以所假定之梁斷面及版厚計算出 M_a 包括梁重、版重及橫隔梁重等。

$M_{1+t} = \alpha M_a$ ：以所假定之梁距及跨徑求出活重力矩，包括活重及欄杆、緣石、磨擦層等於版完成後所加靜重。

S_p ：見(1)所列之各值

C ：混凝土包括模板吊梁折算每立方公尺之單價，由於吊梁之單價，不一定隨重量噸數而變，故長跨徑之平均單價較短跨徑略小，經分析計算如下：

跨徑 (公尺)	20	25	30	35	40
C 值 (元)	1650	1625	1600	1575	1550
f_s ：以 f_s' 之 0.55 計，如 $f_s' = 16500 \text{ kg/cm}^2$					
則 $f_s = 8500 \text{ kg/cm}^2$					

b : 假定爲 18 cm

t : 假定爲 15 cm

b, t 二值略有差誤時，對梁高影響不大，上列之值通常所
用者。

Ⅲ 各式橋梁經濟運用圖表：

目前有很多參考書中，列有不同式樣之橋，在不同梁距及梁高下，所需之工程用量包括鋼筋（鋼料）、及混凝土等，該項資料可供比較之參考，茲誌列美國加州公路局 1971 年「橋梁設計實用手冊」中有關合成橋梁、丁字橋梁、箱形橋梁及預力混凝土橋不同跨徑之資料，其所用之鋼料混凝土等與國內數量可說是一樣，各人可就與美國所不同之條件如人工廉材料貴等條件並參照本地之單價予以選擇之。