

經濟部商品檢驗局

BUREAU OF COMMODITY INSPECTION & QUARANTINE

MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS

委託試驗報告

TEST REPORT

委託者：交通部高速公路北工處材料試驗室
Applicant:

申請號碼：0654

Application No.

取樣者：同上
Sampler:

報告書號數：66-0654

Report No.

物品名稱： $\frac{1}{2}$ " 七股 STRAND (CL270)
Name of Article:類別號碼：
Classification No.接受日期：66年 1 月 22 日
Date Received:簽發日期：66年 2 月 4 日
Date Issued:

試 驗 項 目 (Items)	結 果 (Result)			
	NO.1-27	NO.1-31	NO.1-41	NO.1-43
心線徑 (mm)	4.38	4.38	4.37	4.37
股線徑 (mm)	4.22	4.26	4.25	4.25
	4.26	4.25	4.26	4.25
	4.24	4.26	4.26	4.24
	4.24	4.25	4.26	4.24
	4.26	4.25	4.24	4.26
	4.25	4.25	4.25	4.26
彈性係數 (kg/mm ²)	20,910	20,890	20,760	20,590
斷裂荷重 (kg)	20,700	20,600	20,600	20,600
降伏 " (kg)	18,600	18,850	18,750	18,700
伸長率 (%)	7.2	7.0	7.7	7.0
應力應變圖	附 圖			
備 考	已無剩餘樣品無法複驗。			

Please note; The contents of this report are for reference only but not for advertising publicity, sales promotion, or other commercial purposes.



本件由委託者自行取樣
所列紀錄僅對樣品負責

局長授權簽發

b/o The Director

荷重—伸長線圖

(Load-Elongation Diagram)

No. 1-27

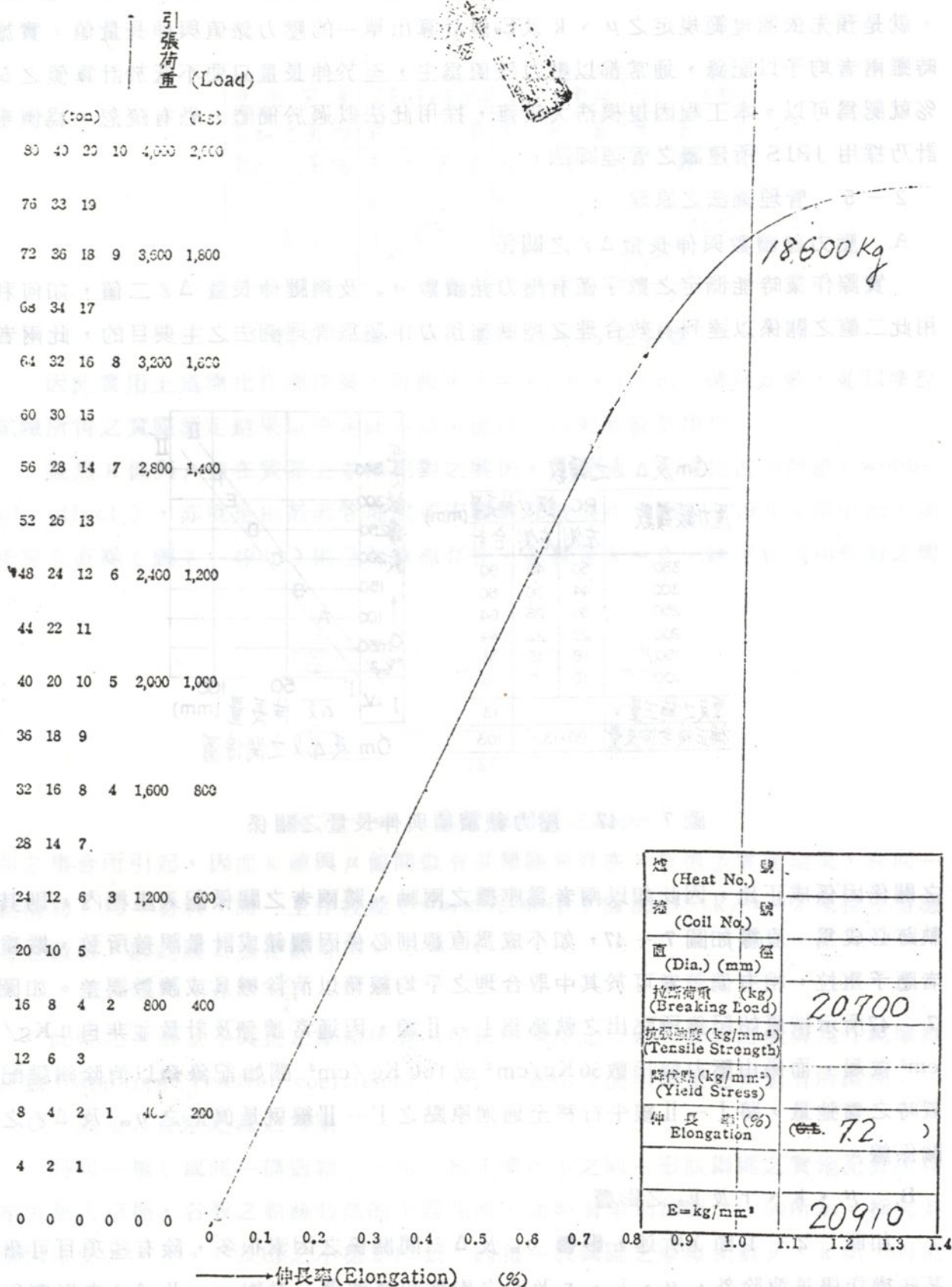


圖 7 - 46

2-4 本省以往之管理法

本省以往之工地施預力施工管理多採用單純的壓力錶讀數與鋼腱伸長量比照法，就是預先依照規範規定之 μ 、 k 及 E_p 值計算出單一的壓力錶值與伸長量值。實施時雖兩者均予以記錄，通常都以壓力錶值為主，至於伸長量只要不低於計算值之5%就認為可以。本工程因規模浩大複雜，採用此法似過於簡陋，恐有疏忽，為慎重計乃採用JBIS所建議之管理圖法。

2-5 管理圖法之原理

A. 壓力錶讀數與伸長量 $\Delta\ell$ 之關係

實際作業時能測定之數字僅有壓力錶讀數 σ_m 及鋼腱伸長量 $\Delta\ell$ 二值，如何利用此二值之關係以達到有效合理之控制施預力作業為管理圖法之主要目的，此兩者

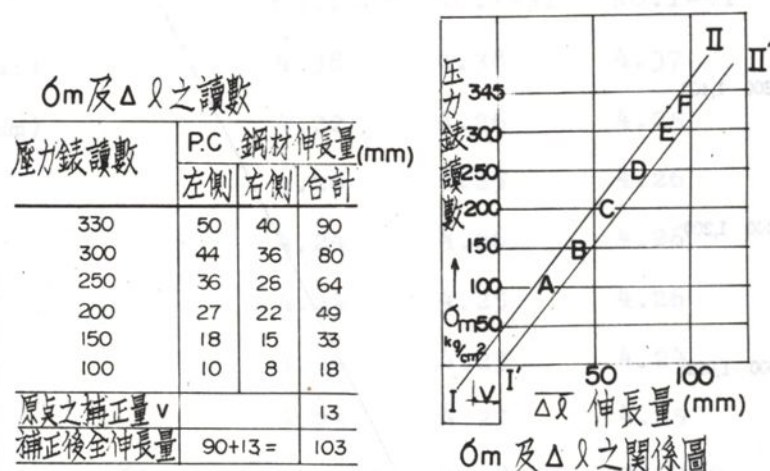


圖 7-47 壓力錶讀值與伸長量之關係

之關係因係成正比，因此如以兩者為座標之兩軸，將兩者之關係記入座標內，則其軌跡必成為一直線如圖 7-47，如不成為直線則必係因讀錶或計量誤差所致，嚴重者應予重拉，稍有偏差者可於其中取合理之平均線藉以消除機具或讀數誤差。如圖 7-47 所示按原始紀錄所點出之軌跡為 I-II 線，因通常讀錶及計量並非自 0 Kg/cm² 做起，而係由壓力錶指數 50 Kg/cm² 或 100 Kg/cm² 開始記錄藉以消除鋼腱配置時之鬆弛量。將 I-II 線平行移至通過原點之 I'-II' 線就是真正之 σ_m 及 $\Delta\ell$ 之關係線。

B. μ 、 k 、 r 及 E_p 之影響

如前(2-1節)所述，影響 σ_m 及 $\Delta\ell$ 間關係之因素很多，除有些項目可藉某些操作儘量消除外， μ 、 k 、 r 及 E_p 之影響較為顯著，其對 σ_m 及 $\Delta\ell$ 之影響程度如圖 7-48 所示。由此可知 r 值之影響較少(實際上 r 值亦較為穩定)， E_p 之變

動僅影響伸長量，故如要事先在辦理預力計算階段就定出能適應這些可能之變數，實際上非但無可能，亦無意義。

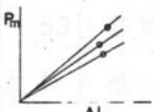
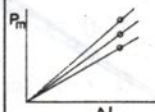
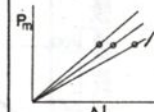
變動因素	僅有 μ 及 k 變動時	僅有 r 變動時	僅有 E_p 變動時
對 σ_m 之影響	敏感	較敏感	無影響
對 Δl 之影響	不太敏感	極少影響	很敏感
示意圖			

圖 7-48 μ 、 k 、 r 及 E_p 之影響

因此實用上為簡化作圖作業，可假定 $\lambda = k/\mu$ 、 r 、 E_p 三值為定數，並以摩擦試驗所得之實際測定結果以決定此定值，僅以 μ 為變數較易操作。

雖然 k 值與 μ 值在實際上並無絕對之關係，但理論上 k 值為波浪效應 (wobble effect)，亦就是由於套管理設或安置時之波浪狀 (圖 7-49(a)) 所引起，如係完全直線 (圖 7-49(b)) 則應無摩擦存在，亦就是 $k = 0$ ，應可視為由無數之彎

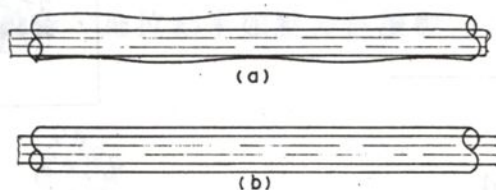


圖 7-49 套管與鋼腱之關係

曲之集合所引起，因而 k 值與 μ 值間似有某種關係存在，依很多實測結果，在同一結構物、同一材料、同一工作技能 (workmanship) 情況下， $k/\mu = \lambda$ 保持相當穩定之數值，因此設 λ 為定數可得，

$$\bar{\mu} = \frac{k}{\lambda}$$

此時之 $\bar{\mu}$ 值並非真正之摩擦係數，而係為操作之方便所假設之值稱為外視摩擦係數 (apparent friction coefficient)，以 $\bar{\mu}$ 表示以便與真正之 μ 值有所區別。

C. 施預力實際紀錄之考察

將同一橋 (或同一構造物)、同一施工情況下之同一形狀鋼腱之實地記錄所得結果劃入座標，各股之軌跡必然的不盡相同，而略有差別如圖 7-50 所示。探究其原因係受 μ 、 k 、 r 及 E_p 之不穩定所致，因每一股鋼腱之摩擦係數 μ 、 k 值不可能完全一致，而 E_p 值亦各有差異，其中摩擦係數差異之幅度較大，如施工細膩正確者摩擦值將較低，反之粗糙者則較大，致在同樣預力下 (壓力錶讀數相同) 摩擦值較

大者伸長量必較小，同樣的 E_p 值較大者伸長量就較小。

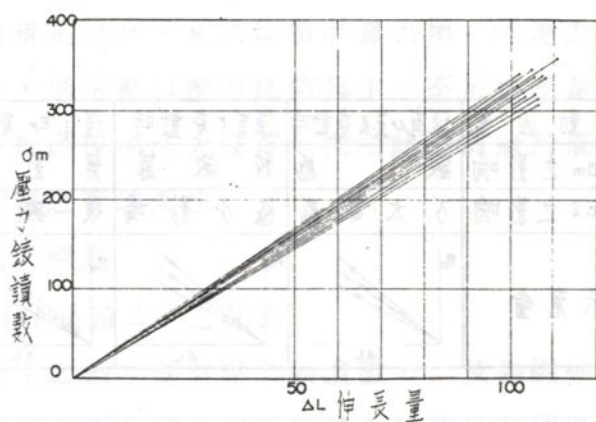


圖 7 - 50 壓力錶讀數與 ΔL 之關係

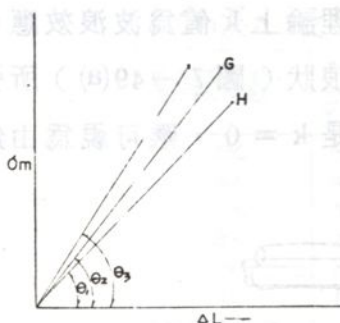


圖 7 - 51

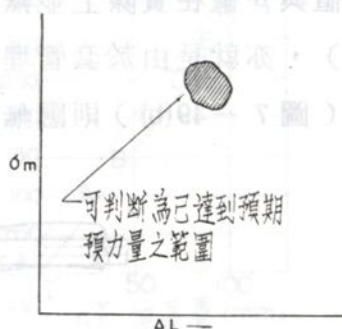


圖 7 - 52

因此如就每一鋼腱之 σ_m 與 Δl 實測值之軌跡連結為一直線，必與座標軸構成一不同之傾斜度如圖 7 - 51 所示 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 ……，而摩擦值愈大，傾斜度亦愈大。因而如能配合 E_p 值之變動，於座標上覓尋一範圍如圖 7 - 52 所示，以視軌跡進入此一範圍內就可判斷已達到預期之預力量，就能使實際作業時，得以很合理、客觀的來控制預力作業。預力管理圖就是根據以上之觀念而制定。

D. 為表示鋼腱最終拉應力之尺度

茲以實例說明之

設有某鋼腱之諸元為

$$\lambda = k / \mu = 0.0133$$

$$E_p = 2 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$r = 0.04$$

時必須施加之預力為

表 7 - 24

$\bar{\mu}$	0.2	0.4
σ_m	310 Kg/cm ²	332 Kg/cm ²
$\Delta \ell$	100 Kg/cm ²	103 mm

將上列數字繪入圖上（圖 7 - 53）並設 $\bar{\mu} = 0.2$ 及 $\bar{\mu} = 0.4$ 所得之座標分別為 A 及 B，則連結 A、B 兩點之直線 AB 稱為 E_p 基準直線，於此 E_p 基準直線上刻劃尺度，以 A 點為 $\bar{\mu} = 0.2$ ，B 點為 $\bar{\mu} = 0.4$ ，即其中間點應為 $\bar{\mu} = 0.3$ ，如於其上下以等間隔刻劃則可得 $\bar{\mu} = 0$ ，或 $\bar{\mu} = 0.6 \dots\dots$ 點。

如此於 E_p 基準直線上設尺度後，將該鋼腱實際施預力測定之 σ_m 及 $\Delta \ell$ 值軌跡連成一直線後此一軌跡直線必與 E_p 基準直線交於某一點，讀量該一交點之 $\bar{\mu}$ 值即為該一鋼腱之實測 $\bar{\mu}$ 值。如上圖例該鋼腱所得之實測值為 $\bar{\mu} = 0.3$ 。

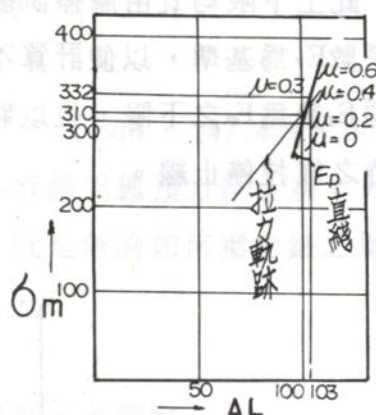


圖 7 - 53 預力之軌跡

其次設想如 E_p 值有變動時，施拉結果如壓力錶讀數 σ_m 不變，則其 $\Delta \ell$ 將很單

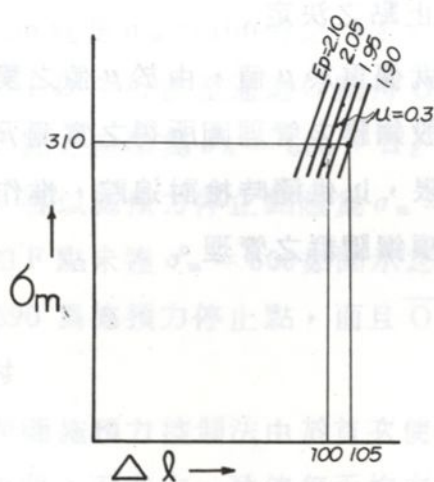


圖 7 - 54

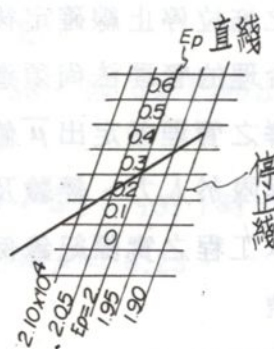


圖 7 - 55

純的與 E_p 之大小成反比例（因 $\Delta \ell = P \cdot \ell / A \cdot \bar{E}_p$ ），因而 E_p 線將如圖 7 - 54 所示隨 E_p 值之變化而平行移動，如圖示 $\mu = 0.2$ ， $\bar{E}_p = 2.0 \times 10^6$ Kg/cm² 時 $\Delta \ell = 100$ mm，但 $\bar{E}_p$ 變為 1.90×10^6 Kg/cm² 時 $\Delta \ell = 100 \times \frac{2.0}{1.9} \doteq 105.2$ mm，因此由 $\mu = 0.2$ 之水平線取 $\Delta \ell = 105.2$ 之點，劃與原 E_p 基準直線之平行線就可保 $\bar{E}_p = 1.90 \times 10^6$ Kg/cm² 之直線，同樣可得 $\bar{E}_p = 2.1$ 、2.05、1.95 等各不同數據之 $\bar{E}_p$ 直線群。

如此將圖 7-53 及 7-54 合成可得如圖 7-55 之棋盤網狀圖，如在 7-55 內各取二個 $\bar{\mu}$ 值及 $\bar{E}_p$ 值做為上下限則此網狀圖將構成一範圍，此範圍就是圖 7-52 所述之控制範圍。

E. 預力達到預期量之判斷

要由施拉紀錄來判斷是否已達到預期之效果，按前面所述，必須以某種合理之方法，於施預力前，先於管理圖上定出 $\bar{\mu}$ 與 $\bar{E}_p$ 之上下限始有可能。

此上下限均宜由摩擦試驗來決定， E_p 因比較穩定，宜以試驗所得之平均外視彈性係數 $\bar{E}_p$ 為基準，以便計算不同 μ 值之 σ_m 及 Δl 之關係，以繪製管理圖，且以此平均 E_p 值為 $\bar{E}_p$ 之下限，另以將 E_p 降 3% 之 E_p' 為上限，並以此上限之 E_p' 直線為預力作業時之施拉停止線。

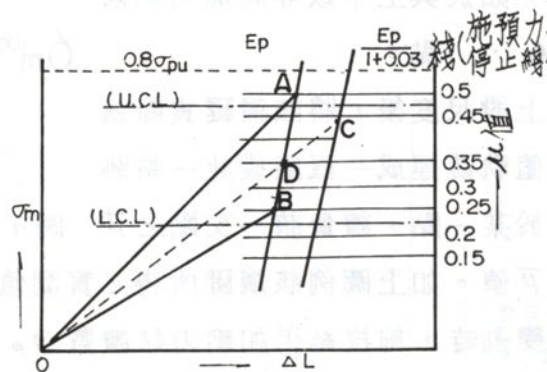


圖 7-56 施預力停止點之決定

E_p 直線之施拉停止線確定後，實際之管理就偏重於 μ 值，由於 μ 值之變動幅度較大，正確合理的管理法尚須進一步由統計每股鋼腱之管理圖所得之實測 $\bar{\mu}$ 值，施以進行鋼腱群之管理並定出 $\bar{\mu}$ 值之管理上下界限，以供隨時檢討追蹤，惟作業較為煩雜，本工程限於人力、經驗及時間，未做此項鋼腱群之管理。

2-6 本工程之實際紀錄例

(1) 鋼線編號

橋墩 C 北側 No.6

(2) 預備計算

由摩擦試驗之結果已決定

基準外視摩擦係數 $\bar{\mu} = 0.35$

$$\lambda = 0.01$$

$$\therefore \dot{k} = 0.0035$$

基準外視彈性係數 $\bar{E}_p = 1.92 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$

$$E_p' = 1.92 / 1.03 = 1.86 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

由電腦計算得有關各數據如表 7 - 25。

表 7 - 25

μ	0.25	0.4
σ_m	566	606
$\Delta \ell$	143.1	149.2
$\Delta \ell$	147.4	153.7

按上表得座標 a(566, 143.1)、b(606, 149.2)、c(566, 147.4)、d(606, 153.7)等四點，連結 $\overline{ab}$ 為 E_p 基準線， $\overline{cd}$ 為 E_p' 直線為施預力停止線，另繪 $\sigma_m = 606 \text{ Kg/cm}^2 = 0.8f_u$ 為壓力錶讀數上限停止線（就是無論如何壓力錶之讀數不能超出 606 Kg/cm^2 ）。

(3) 記錄經過

- 將壓力錶加壓至 $\sigma_m = 100 \text{ Kg/cm}^2$ ，並設伸長量測定基準點。
- σ_m 加至 200 得 $\Sigma \Delta \ell = 26 \text{ mm}$ 。
- 同樣得 $\sigma_m = 300$ 、400、500 之相對 $\Sigma \Delta \ell$ 值。
- 由上列 σ_m 及 $\Delta \ell$ 之關係得 A、B、C、D 等點。
- 連結 A、B、C、D 之平均線，並將之延長得 E 點，而得 $\overline{OE} = 25 \text{ mm}$ ，此 25 mm 就是 $\sigma_m = 100$ 時之 $\Delta \ell$ 。
- 將 ED 平行移至通過 O 點得 $\overline{OF}$ 與 $\overline{cd}$ 交於 F 點。
- F 點之座標為 $\sigma_m = 620$ ， $\Delta \ell = 155$ 得 $\mu = 0.36$ ，因 σ_m 已超出 606 Kg/cm^2 ，所以施預力停止點應為 $\sigma_m = 606 \text{ Kg/cm}^2$ 。
- 如 F 點未達 $\sigma_m = 606$ 如圖示之 F' 點（ $\sigma_m = 590$ ， $\Delta \ell = 151$ ）時，就應以 $\sigma_m = 590$ 為施預力停止點，而且 $\overline{OF'}$ 與 $\overline{ab}$ 之交點得 $\mu = 0.23$ 。

(4) 檢討

管理圖施預力控制法由於首次使用，且最趕工期曾有八部工作車同時作業，每節作業時間七天左右，致使每天均有施預力作業，施預力之監督作業極為忙碌，監工人員非但不足分配，對於此種管理操作尤為不熟練，致實施範圍僅能辦到個別鋼腱之管理，而未能進一步辦理鋼腱群之管理，以求 μ 值之管理界限（就是求上、下限）以達追蹤、考核之目的至感遺憾，該管理界限之決定、追蹤考核之操作方式於下列兩書內有詳細之介紹，如有興趣者可參考研究。

- ①日本道路協會出版「プレストレストコンクリート道路橋施工便覧」
- ②日本現代社出版「PC 橋のプレストレッシングと設計施工」

編號	東	西
油壓機	126	125
千斤頂	135	137

μ	0.35/rad
K	0.0035/M
E_p	$1.92 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$
$E_{p'}$	$1.86 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$

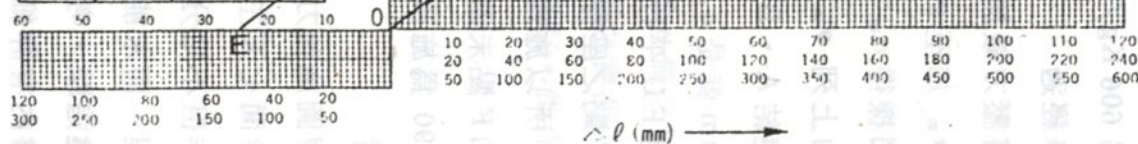
圓山橋預力鋼鍵 施預力紀錄表

施預力日期	民國 65 年 2 月 23 日		
橋 墩	C-N	斷 面	C-5
鋼鍵編號	6	預力順序	2

壓力 kg/cm ²	伸 長 量 (mm)		
	東	西	合計
200	14	12	26
300	26	22	48
400	42	33	75
500	55	44	99
600	73	56.5	128.5
605	74	56.5	130.5
0	56.5	40	
605	75	58	133
0	64	46	
0	修正量		25
總伸長量	修正		158
	1.5		

μ	-5%	μ	+5%
Δl (mm)	139.4	146.7	154

滑 動 量	東	西
容許值 第一次	14.5	13.5
9 第二次	8	9



130	140	150	160	170	180	190	200
250	280	300	320	340	360	380	400
650	700	750	800	850	900	950	1000

	0.25	μ	0.4
P	566	592	606
Δl	143.1	147.2	149.2
$\Delta l'$	147.4	151.6	153.7
備註			

主任 _____ 審核 _____ 監工 _____

管理作業係按摩擦試驗之統計暫定 $\bar{\mu}$ 值之上、下限各為 $\bar{\mu} = 0.40$ 及 $\bar{\mu} = 0.25$ 。管理實測之結果如 μ 位於此界限內即認為屬正常，偶而遇有 $\mu > 0.4$ 時即不論是否位於管理界限內均以 $\sigma_m = 606 \text{ Kg/cm}^2 = 0.8 f_u$ 為施拉停止點，其不足量（此種現象就是表示摩擦值過大，致實際有效預力可能不足），俟遇有 μ 值較低者時將略以提高施拉量（可能超出 E_p 停止直線）以資彌補，實際之紀錄結果尚稱良好，大部分（90%以上）均位於管理界限內。

此種記錄法之最大優點在於當繪圖之軌跡與管理界限相差過大時，即可能屬異常現象，如此將得以早期發現，有利於及時探究原因而謀求補救。

3. 分節施工

3-1 模板

為求美觀凡外露面包括側模及底模均使用鋼模，至於內模為便於作業及經濟乃採用木模。鋼模為求接縫紋路之整齊及便於作業訂製標準型，每片之尺寸為 $150 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ ，由厚 1.5 mm 之鋼板製成，另為配合使用於畸零區，配有部分補助型為 $150 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 及 $150 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ 者。拼裝時採格子形整齊之排列，使拆模後由每片鋼模之接縫紋路形成為格子狀以增加美觀，遇有邊緣之不整齊處如圖7-59所示a、a'、a''等三角地區時視情況做下列兩種不同處理（如圖7-60）：

(a) 直立部分仍然使用標準型鋼模拼排將多餘部分伸出外面。

(b) 平面部分，因直立面已以如上方式使用標準模，則相交之另一面（平面部分）所產生之畸零部分無法再使用標準模，乃以鋼板按實際形狀裁剪專用鋼模，因僅使用一次故似甚為浪費，但實際上頭一次係使用大面積者，俟往後遇有較小面積者時得再裁剪使用，通常均可用5~6次，故並不如想像中之浪費。

模板之併組除頭一次配合工作車架設須拼排組裝外，在往後各節作業中，均配合工作車之機動性，於工作車移動前僅將模板鬆開使之與混凝土脫離，仍吊於工作車以便隨工作車往前推進，模板組立時及鬆開時之情況如圖7-61所示。

因模板均保持整片隨工作車移動，所以除第一次拼裝時較為費工外，其餘各節

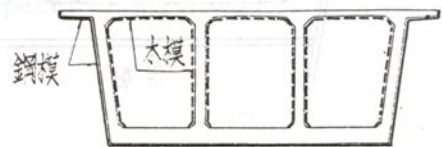


圖 7-58 鋼模與木模使用部位

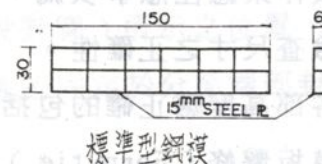


圖 7-59

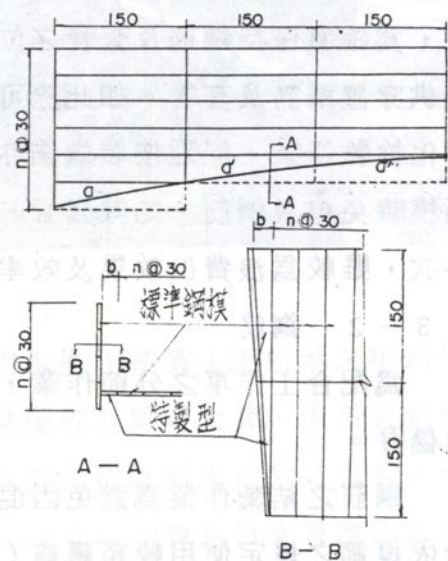


圖 7-60 畸零區之處理

之作業均甚為簡便，僅梁腹內部之木模須隨梁高之變化須作小幅度之變動外，其餘部分僅略做調整就可以。

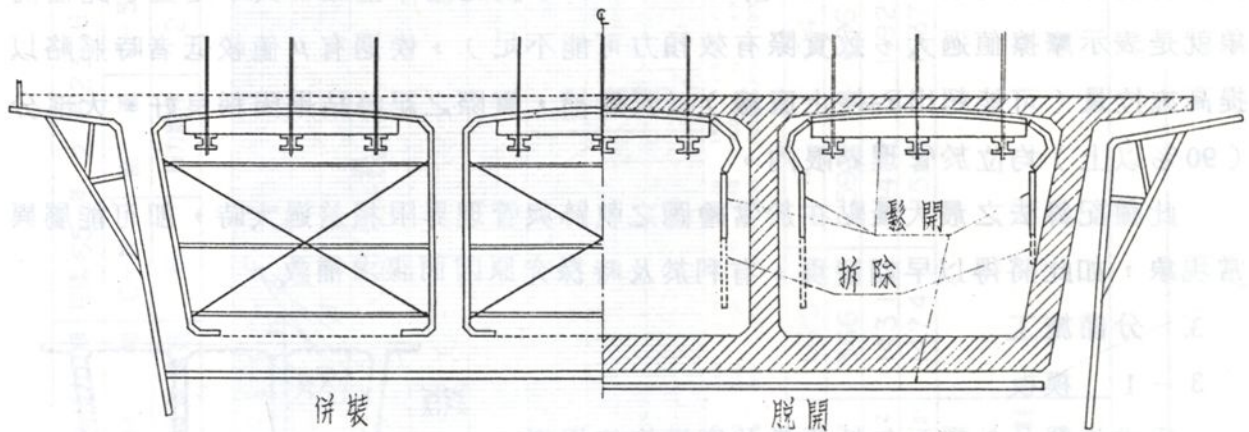


圖 7 - 61 模板之併裝及鬆開

模板作業應注意事項為：

- a 檢查尺寸之正確性。
- b 各部高度應正確的包括預拱量。
- c 模板繫條 (Form tie) 是否依施工圖配置並栓緊？
- d 各部支承包包括工作車吊桿是否鎖緊。

至於每節前端之封模，因該處有鋼筋及鋼腱套管均需伸出模板外以便與下節銜接，為確實保持鋼筋及套管之位置乃於該封模上準確的按施工圖放樣，並預為鑽洞以供穿置鋼筋及套管。如此除可正確的配置外，更由於事先放樣可避免遺漏，亦可簡化檢驗作業。同理按裝端錨亦可獲得正確之位置及角度。由於鑽孔甚多，為顧及拆模時免傷及鋼筋，尤其套管，避免撬拆，而以剖開拆除，因此該封頭模僅可使用一次，雖較為浪費但效果及效率均甚高。

3 - 2 鋼筋

為配合工作車之分節作業，按節繪製施工圖，鋼筋就按施工圖以節為單位加工及儲存。

鋼筋之結紮作業為避免因混凝土之澆注或其他之作業中因踐踏而鬆開或變位，除依規範之規定使用較粗鐵絲 (#16) 以結紮外，更視需要增加結紮點，並實施部分點焊以增加堅固性。惟點焊時應小心辦理，以避免因火花 (spark) 而損及套管及鋼腱。

為求正確的保持鋼筋之保護層，於頂面版、底版及梁腹均使用壓縮強度與混凝土相當之硬質塑膠製墊塊 (spacer) 如圖 7 - 62。

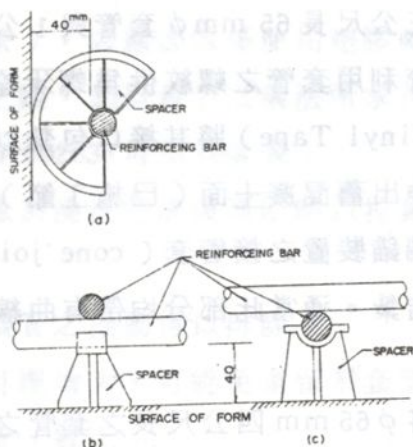


圖 7 - 62 塑膠墊塊 (spacer)

3 - 3 套管配置

A. 主鋼腱 (包括附加鋼腱)

運至工地之器材均加以覆蓋以防止生銹，所有之套管均應按施工圖所指示之位置及線形正確的排置並予以確實結紮，其於分節 (segment) 前端之處理如下：

- (a) 須於該分節末端配置端錨者，應按施工圖 (或設計圖) 所示之位置、角度、方向，正確的將端錨之承壓板及接管套以螺絲確實的固定於分節端部封模 (圖 7 - 63)。

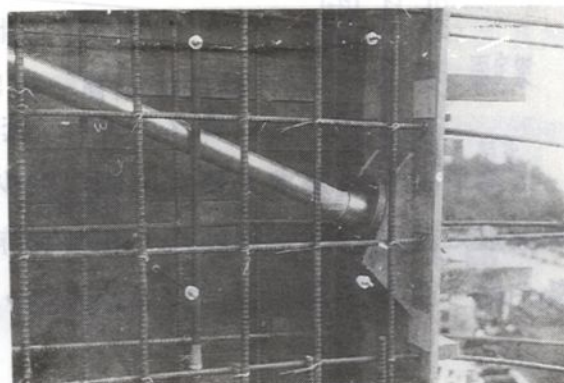
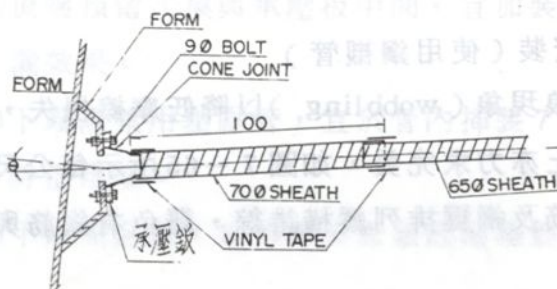


圖 7 - 63

- (b) 於該端不須裝置端錨者，於該端之封模 (使用木模) 按施工圖所示之排列位置，預先穿製與套管外徑同大或稍大之圓孔以供配置及固定套管，由於該封板可預先仔細的按原寸放樣以便穿孔，故套管在該端之位置可達百分之百的正確度。

本工程因一節之長度大部分均為四公尺，所以套管已預製為每支長度四公尺 (用於正常處) 或三公尺 (用於銜接端錨處) 因而在工地無須裁剪，另與端錨銜接處為便於穿鋼腱及配合端錨構造，利於 12 條鋼絞線於末端散開，末端約 1 公尺改用口徑稍大 (70 mm ϕ) 之套管，此較大口徑套管亦已於工廠按定尺 (約 1 公尺) 製成後運至工地，不須裁剪，套管之配置作業如下：

- ①於末端設端錨者；將三公尺長 65 mm ϕ 套管與 1 公尺 70 mm ϕ 套管套接，其套接法係將 65 mm ϕ 套管利用套管之螺紋供為螺牙栓入 70 mm ϕ 套管內約 5~10 cm，並使用塑膠帶（Vinyl Tape）將其接口包紮以防漏漿，安裝時將一端（ ϕ 65 mm 之一端）套入伸出舊混凝土面（已施工節）之接頭套（coupler），另一端（ ϕ 70 mm）裝入端錨裝置之接管套（cone joint）並以塑膠帶包紮後，調整中間之位置並予以結紮。通常此部分均帶有曲線狀，其內襯管無法使用鋼管，而用塑膠軟管。
- ②於末端不設端錨者；將 ϕ 65 mm 四公尺長之套管之一端套製接頭套（預留以供銜接下節套管之用）後置入預先穿製於封頭模之圓孔，另一端套入預留伸出於前節混凝土面之接頭套，並以塑膠帶包紮，然後視情況如係直線部就裝鋼管內襯管（steel pipe for Guide），如係曲線部就裝塑膠軟管，並確實結紮。

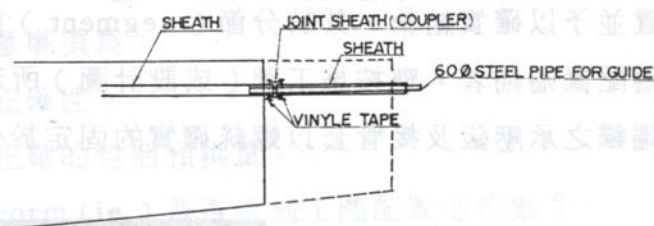


圖 7-64 套管安裝（使用鋼襯管）

套管之結紮為求其確實堅固以減少波浪現象（wobbling）以降低摩擦損失，除採上述之加裝內襯管措施外，在結紮作業上亦力求完美，如圖 7-65 所示每公尺結紮一處，頂橋面及梁腹由於構造複雜，鋼筋及鋼腱排列縱橫錯綜，難免有鋼筋與鋼

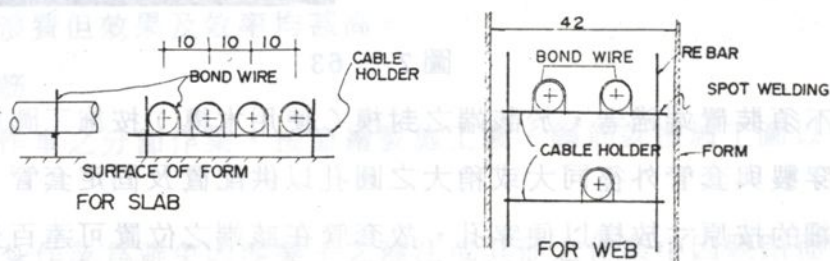


圖 7-65 套管結紮

腱碰撞之處，遇有此種情況時為保持鋼腱之完整，除非不得已，儘可能的改變鋼筋，或以彎曲或以改變位置、或以裁斷，以保持套管之正確位置為原則。

上述鋼管內襯管之採用，由於操作簡便非但得大幅的提高套管配置作業效率，更因波浪效應（wobbling effect）之大幅降低，成為摩擦損失減低之主因，這由依

此種內襯管操作時應注意於澆注完成後隨即略以拉動，並拔除約一公尺露出外頭以便；

- (1)如有漏漿情形時由於內襯管之抽動得以排除。
- (2)由於拉出一公尺左右，目標增大，可避免遺留於套管內，此種情形本工程曾發生一次，其排除甚為費時、費工。
- (3)如全部拔除，非但須搬運堆積，且下節作業時須重新穿入，影響工作效率。

如上之操作，當拆除端封模時為防損傷套管，不宜硬敲，宜小心作業。因係木模成本不高，為提高工作效率均予以破開拆卸，致僅能使用一次，稍有浪費之嫌。

(1) 垂直鋼腱應將套管、鋼棒、底端固定具、頂端預留穴模等，均預先組裝妥當後沿梁腹鋼筋，每公尺設固定架一處予以結紮固定之（如圖 7-66）。

- (2) P. C.鋼棒之頂端高度應正確的測量，以防止施預力後包括伸長量仍不致高出橋面混凝土頂面（如圖 7-67）。
- (3)頂端預留穴模與承壓板中間，宜加裝橡膠墊一層以加強防漏效果。
- (4)下端灌漿用塑膠管，宜於管內插裝 7 mm ϕ 鋼線一支，以防止阻塞。
- (5)下端固定板，宜焊接於底版底層鋼筋，以確實固定。

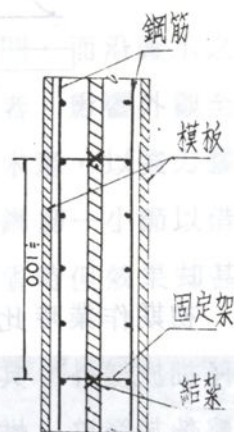


图 7-66

爲配合工作車之操作，包括移動、固定、及組立模板、箱梁頂面版及底版必須預留爲數頗多之孔洞，稱爲預留孔，以供裝置工作車之固定鋼棒或組立模板之吊棒之用。

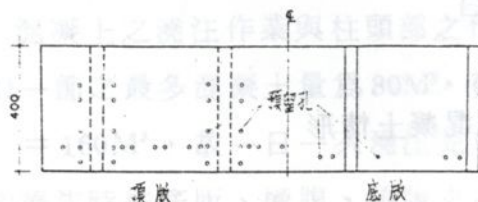


圖 7-67 鋼棒頂端處理

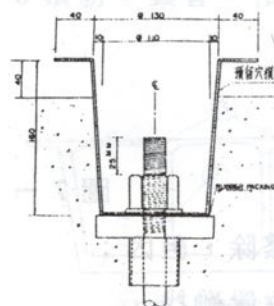


圖 7-68 預留孔

預留孔之數量每節頂面版約有60孔，底版有12孔，共約有72孔，由於擬裝之鋼棒均為 $23\text{ mm } \phi$ ，為保持寬裕乃均預留徑 5 cm 之圓孔，並以預埋 $2'' \phi$ PVC 管之方式處理，這一工作初見似很單純無甚困難，但實際作業時却曾遭遇相當大之困擾，屢經改進才獲得解決。

由於數量很多，PVC管之豎立作業很繁瑣，豎立時非但位置要正確，更要紮結確實以避免澆注混凝土時由於踐踏或振動而發生位移或斜歪之情事。如有此種情形必須予以鑿正，否則無法裝置固定鋼棒，此種鑿正作業非但損害混凝土本身，更費工費時影響工進甚鉅。

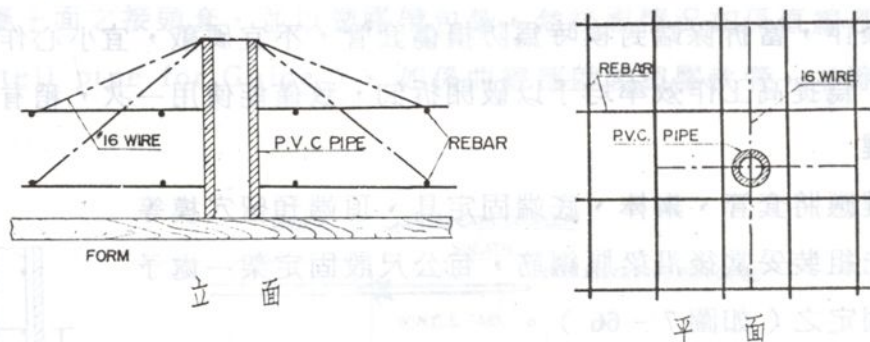


圖 7 - 69 預留孔埋設時之固定法

初期作業時此類 PVC 管之豎立，除逐孔於施工圖上詳細註明位置，並按施工圖仔細放樣外，其結紮係用 #16 鐵絲以圖示（圖 7 - 69）方法用鐵絲以十字狀壓緊後繫紮於鋼筋。惟實施結果位移及斜歪之情形雖不多，但却有 PVC 管浮上致由底面漏漿使 PVC 管內積有相當厚之混凝土（圖 7 - 70）致所預留之孔無法貫穿全混凝土厚度之情事不少。此種障礙之排除作業相當困難。正確之作業方法理應由混凝土

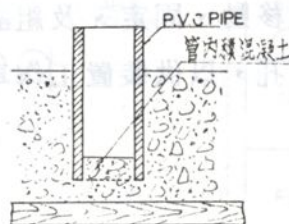


圖 7 - 70 預留孔積填混凝土情形

土底面向上鑿除，但因：

(a) 確實位置難找。

(b) 向上鑿除等於反吊作業，費工、費力又費時。

(c)影響工進。

等原因，雖嚴督工人但甚難收效。作業工人為省工、省力、省時均由上向下用鐵棍撞穿，如此作業雖能很輕易的穿開，但有甚不良之後果，就是如圖 7-71 所示，由

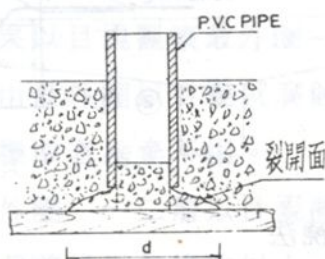


圖 7-71 撞穿時之破裂情形

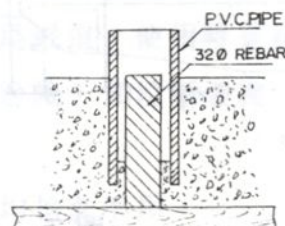
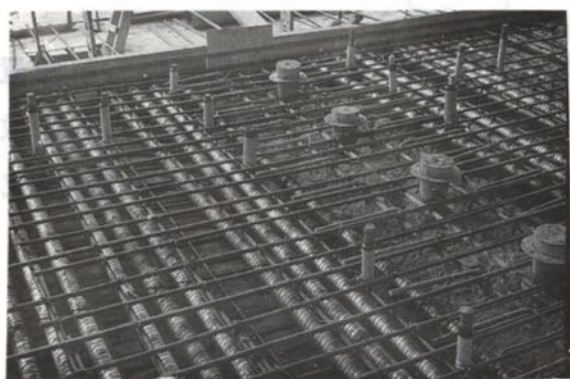


圖 7-72 塑膠管內放一小節鋼筋

於衝撞之衝擊將使混凝土之底面並不隨虛線所示之照原圓筒形穿開，而沿圖示之裂開面成圓錐形之脫落，嚴重者脫落面之徑（ d ）有達 20 cm 以上者，影響外觀至鉅。

為解決上述困擾，曾採數種嘗試，如於 PVC 管之下端加裝木塞，以強力膠黏於底模，但效果均不彰，最後發現於 PVC 管內加裝 $\phi 36$ mm 鋼筋一小節以借其重錘作用（如圖示 7-72），方法雖甚為簡單，且省工、省力、省時但效果却甚為良好，有效的解決此問題。



照片 7-4 鋼筋套管預留孔之位置(1) 照片 7-5 鋼筋、套管、預留孔配置(2)

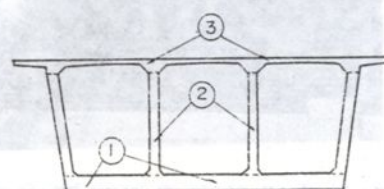
3-5 混凝土之澆注

混凝土之澆注作業與柱頭部之作業約略相同。

(1)一節之最多混凝土量為 $80M^3$ ，兩側共為 $2 \times 80 = 160M^3$ ，故一日一次澆注完成。

(2)澆注時按底版、樑腹、頂版之次序分三部分，每部分均稍停片刻再進行下一部份作業。

(3)每一部分澆注時應隨時留意調度澆注位置，以



混凝土澆注次序

圖 7-73

保持工作車之平衡，使之避免發生過大之偏心荷重。

- (4)底版及較高梁腹之澆注作業，由混凝土泵輸送至澆注場之混凝土經由落槽（chute）澆注，至於頂橋版及較淺梁腹則由輸送管直接散鋪於澆注位置。

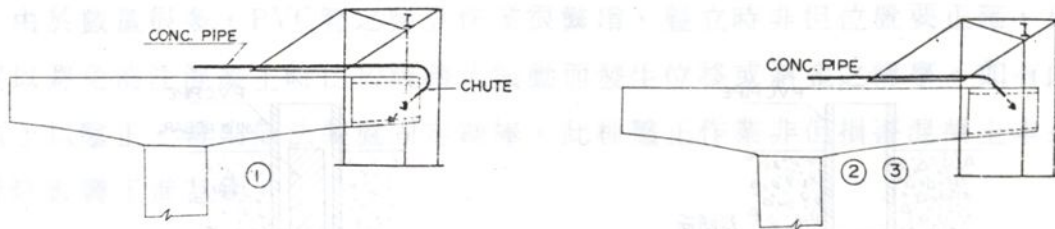
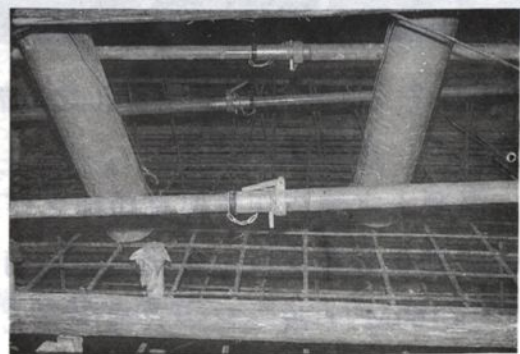


圖 7-74 混凝土之澆法

- (5)按施工規範（特訂條款）之規定，新舊混凝土之接觸面應塗刷適當之環氧劑（Epoxy resin）以提高接觸效果。惟經查目前市面現有環氧劑之有效應用時間（pot life — 為從開罐混合攪拌至使用及 open time — 為從使用至接觸新混凝土時間）最高亦僅約 2 小時，無法符合本工程之施工條件。乃經原設計顧問工程司之同意取消使用環氧劑。但為加強接觸面之接觸效能，舊混凝土面均經仔細之處理。所有乳沫（Laitance）及污穢物均須刷除乾淨。
- (6)隨時留意避免振動機直接碰撞套管。
- (7)錨具附近之混凝土澆注，振動機之操作應特別留意，確實的搗固。
- (8)澆注作業完成後隨即抽動套管內襯管。
- (9)頂橋面粉平；因每節長度僅有四公尺，設一長四公尺多之直尺或樣板，一端置於前節舊混凝土面上，另一端置於末端封模之樣線，如可能將封頭模之頂緣做成與混凝土頂面同高以供為樣板更好，但木工因嫌繁而僅封頭模釘洋釘以構成樣線，經直尺整平後，再以其上面用粗掃把掃成橫紋。
- (10)橋面粉平後底版頂面及頂面版頂面均噴蓋混凝土養護劑以資養治。



照片 7-6 頂板混凝土



照片 7-7 底版混凝土

3-6 鋼鍵配置及施預力

A. 器材保管

P C 鋼絞線、鋼棒、鋼線等鋼材及有關附屬品如端錨、螺帽等，進口後均暫存於倉庫以避免腐蝕，俟擬使用時始分批運至工地，並加以覆蓋。初期進口者中，為配合橋墩 C 之預期進度曾有約 30 卷鋼絞線（每圈約 3 T）直接運置工地。後橋墩 C 因配合地質情況辦理變更設計，致使用時間延後達半年以上，在此期間雖曾加以覆蓋保護，但疏忽於其他如地面排水、定期取覆以涼風等配合措施，致未能有效的預防腐蝕，結果以目視觀察最外圈一層腐蝕情形頗為嚴重，使用時曾採取下列措施：

- (1) 每卷均由最外圈以目視就腐蝕最嚴重者取樣送驗，如拉斷強度（以 Kg / 條計）未達標準者捨棄不用。
- (2) 每卷最外圈一～二層以目視認為腐蝕利害者均捨棄不用。
- (3) 鋼絞線裁剪後，每條均以人工刷除鐵銹清淨，並經監工人員逐條檢驗後始准使用。

B. 穿裝鋼腱

(1) 裁剪

- ① 裁剪長度：法西奈式 12 T 12.7 mm 鋼絞線所需之長度如圖 7-75 所示，就是施拉端每端應加長 65 cm，固定端應加長 20 cm。本工程主鋼腱均為兩端施

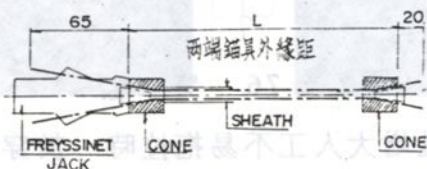


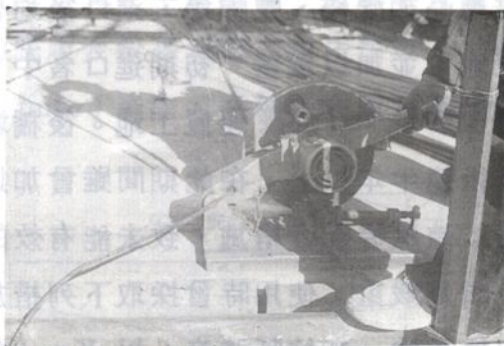
圖 7-75 鋼絞線裁剪長度示意圖

拉，所以應較兩端錨具外緣距離加長 130 cm，附加鋼腱因係單向施拉，所以僅加長 85 cm 就可以。

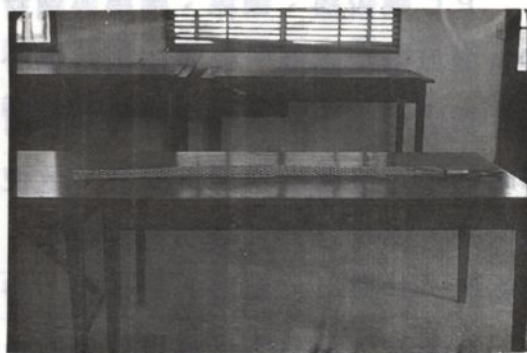
- ② 裁剪場地：可在已澆注混凝土之懸臂樑上面作業，因已澆注混凝土之長度就是兩端錨碇具之距離，非但工作場地寬敞，丈量長度更方便不易出錯。
- ③ 裁剪器具：裁剪作業均用電動砂輪鋸，切不可燒斷或鎚打（如裁斷鋼筋）以避免因燒斷時之加熱而影響鋼質，或因鎚打而使斷口變形影響絞線組織（絞緊度）或影響穿線作業。

(2) 穿線

- ① 拖線網：為一種以鋼絲編織之長約 2 公尺之長筒網。使用時係包套於 12 條鋼絞線之前端，由於拖拉時該長筒網將縮緊而緊緊的扣住內穿之 12 條鋼絞線，該拖線網前端附有掛鉤，因此拖動此網就能很輕易的將 12 條鋼絞線裝入於預埋之套管內。



照片 7-8 裁 線



照片 7-9 拖線網

②穿線作業步驟

(a)先穿引線 (Guide)，因引線須由擬穿線套管之一端送抽，所以宜用硬質鋼線，使用 7mm ϕ P.C鋼線。

(b)如鋼腱長度較短 (50~70公尺)，因重量較輕，以人工可拖動時，就以 7mm ϕ 鋼線直接鈎拖線網以人工直接拖拉。

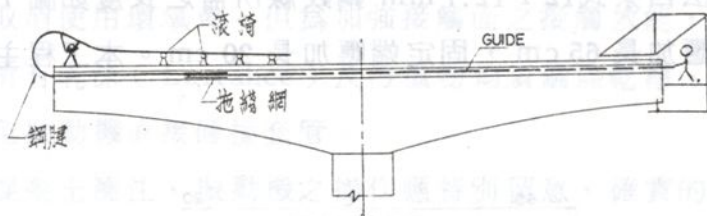


圖 7-76 穿 線

(c)如鋼腱較長，因重量增大人工不易拖拉時，於穿妥 7mm 硬質鋼線後，利用此鋼線先拖裝軟性鋼索一條，然後以絞車 (winch) 藉此軟性鋼索拖裝。



照片 7-10 穿 線

C. 裝錨碇具

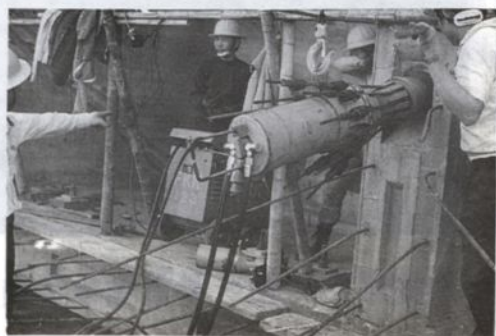
法西奈 12T12.7 端錨係後裝式，除接管套及承壓板已隨混凝土之澆注預為嵌入混凝土面外，雄、雌錐均俟穿線完成，施預力時，於架千斤頂前始予裝入。

D. 施預力之時期

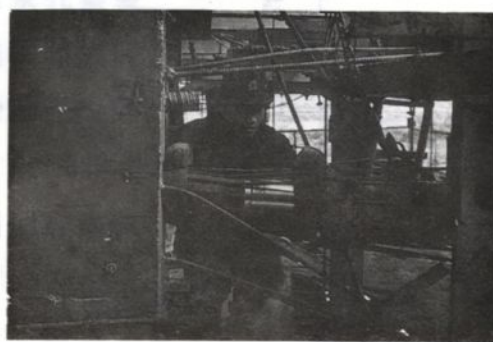
施預力之時期按規範之規定應俟混凝土之抗壓強度達 260 Kg/cm^2 以上始可施加，工程初期使用普通水泥時須 4 ~ 5 天始可達此強度，經與原設計顧問工程司研議為縮短工期，經核算同意降低為 240 Kg/cm^2 。更配合水泥之改良（改用磨細水泥），二天以內就可達此強度，但為顧及過早施預力恐有其他不良影響，規定雖混凝土抗壓強度已達規定亦須 48 小時以後始可施預力，因此每次均於 48 小時後試壓試體，如已達強度就開始施預力。

E. 施預力步驟

- (1) 主鋼腱：法西奈 12 T 12.7 之施預力方式除錨碇具為後裝式外，其餘作業程序與常用之 12 T 7 mm ϕ 鋼線者相同不再贅述。惟千斤頂較重，為提高工作效率，乃利用工作車設置千斤頂吊鉤及軌道以利搬動及定位等作業，其餘施加預力之程序及伸長量之量測以及紀錄於前節「施預力管理」項內已詳述，請參閱該項說明。



(a)



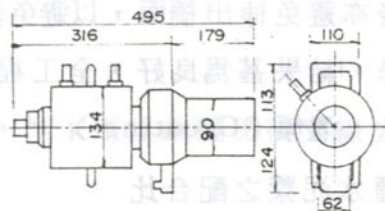
(b)

照片 7 - 11 主鋼腱施預力

- (2) 垂直鋼棒：23mm P.C 鋼棒係使用 BJ-40 千斤頂（規格如下表）施預力，該千斤頂施拉後可自動栓緊螺帽。施拉時僅以壓力錶之指標為控制標準，因無法如一般法西奈法之邊拉邊量伸長量，俟千斤頂移開後才量伸長量以供校核。垂直鋼棒因數量多，施預力操作雖簡單但作業較為繁瑣，不必隨分節澆築之進行，逐節辦理，可俟進行兩三節後集中辦理以提高工作效率。

表 7 - 26 BJ-40 ($\phi 23$ 用) 千斤頂

	BJ-40 ($\phi 23$ 用)
耐壓 (Kg/cm^2)	700
常用最高壓 (Kg/cm^2)	600
緊張力 (ton)	40
緊張側受壓面積 (cm^2)	63
stroke (mm)	75
Jack 全長 (mm)	490
Jack 本體重量 (Kg)	24



BJ-40 千斤頂

圖 7 - 77

F. 多餘鋼腱之裁剪

主鋼腱12T 12.7 mm ϕ 鋼絞線之裁斷面要離雄錐面 3 cm 以上， ϕ 23 mm P.C. 鋼棒即螺帽頂面上要留 25 mm 以上。

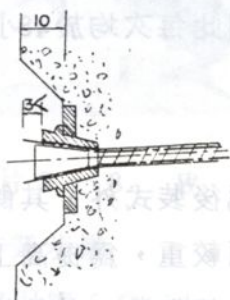


圖 7 - 78 鋼線裁剪

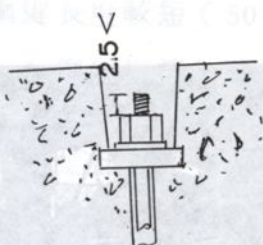


圖 7 - 79 鋼棒裁剪



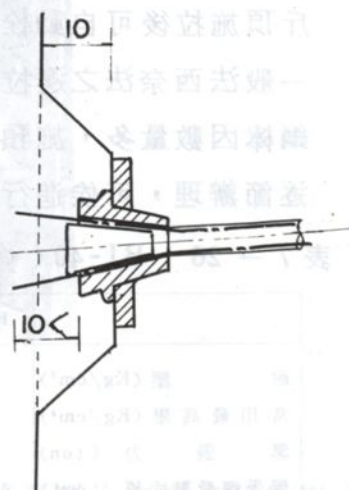
照片 7 - 12 垂直鋼棒施預力

依常理判斷，個人認為裁剪時，宜有適當之裁剪具或裁剪法，以避免因採燒斷法之加熱而影響 P. C. 鋼材之性能或錨碇之功能，因此雖多方探詢及查閱有關書籍，但均無法覓得適當之裁剪工具。工程初期曾嘗試以電動砂輪鋸裁斷，結果非但工作效率低，且由於裁斷面須在周圍混凝土面外，更影響往後之封頭及灌漿作業，乃改採用本省慣用之瓦斯燒剪法，惟為避免火花之發生，嚴禁以電焊機焊剪。至於 23 mm ϕ 鋼棒則採取安裝時就留意伸長後亦避免伸出橋面，以避免裁剪作業，既省工又無不良顧忌，結果甚為良好，全工程中未發生須裁剪者。

3 - 7 灌漿 (Grouting)

A. 灌水泥漿之配合比

依規範規定灌漿用水泥漿試體 (ϕ 7.5 cm $\times$ 75 cm) 之 28 天抗壓強度應為 280 Kg/cm² 以上，並禁止摻用含有氯化物 (chlorides)、氟化物 (fluorides)、亞硫酸鹽 (sulphites)、硝



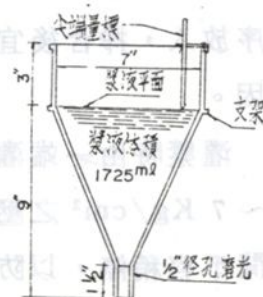
以砂輪裁剪情形

圖 7 - 80

酸塩 (nitrates) 之混合劑、飛灰 (Fly-ash) 或鋁粉 (aluminium powder) , 其稠度 (consistency) 以標準流錐法測出其流動性 (Fluidity) , 其滲流時間 (Time of Efflux) 不得超過11秒, 以如上之條件設計水泥漿之配合比如下:

表 7 - 27 水泥漿配比

W / C	水 (W)	水泥 (C)	混 合 劑 Pozolith No. 8
45 %	22.5 Kg	50 Kg	$C \times 0.25 \% = 125 \text{ g}^2$



標準流錐

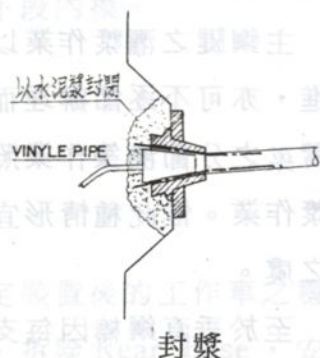
圖 7 - 81

為便於操作水泥用每袋 50 Kg 之普通袋裝水泥。

B. 準備作業

為防止灌漿時之漏漿或漏氣, 於雄錐之灌漿孔套裝塑膠管以供為灌漿用後, 於端錨周圍封填水泥砂漿以將錨碇外表之孔隙封密, 當然塑膠管必須伸出於水泥漿外自不待言。

另彎曲度較大或長度較長而於鋼腱最頂端留有透氣孔者, 應確實清理使能發生透氣作用。



封漿

圖 7 - 82

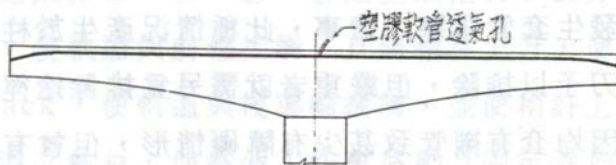


圖 7 - 83 設透氣孔

C. 沖 洗

於灌漿前應先用水沖洗套管內以:

- (1) 如係先裝鋼線者可試探是否有漏漿阻塞現象, 惟本橋主鋼腱係後穿線法自無此種顧慮, 但垂直鋼腱仍有此作用。
- (2) 清洗套管及鋼腱以增加黏着力。為有效清除油污或其他污穢物, 宜先以適度之石灰水 (1.2 %) 初沖後再以純清水沖洗至對向流出之水目視清潔為止。
- (3) 經用水沖通後可增加泥漿之流動性。

D. 灌 漿

水泥漿應用泥漿拌合機 (Grout mixer) 拌合，材料應按水、混合劑、水泥之順序放入，拌合後宜過篩以避免因含有粗粒而造成爲灌漿唧浦之故障或套管阻塞之原因。

灌漿時由一端灌入而由另一端流出，作業時灌漿唧浦之能量應足使套管內產生 $5 \sim 7 \text{ Kg/cm}^2$ 之壓力。且應特別留意，灌漿作業一但開始至完成必須連續作業，中間不容稍停，以防止空氣之滲入。萬一因機具故障或其他原因致作業中斷時，該股已灌泥漿應立即予以沖洗，以重新灌漿。灌漿時應觀察出口端，視流出之泥漿正常始予以停止作業，並隨即將兩頭塑膠管繫閉。

垂直鋼棒之灌漿作業係由預留於底端之灌漿用塑膠管灌入，至由頂端之透氣孔冒出即可。

E. 灌漿之時期

主鋼腱之灌漿作業以每節施預力完成後經數小時後隨即辦理爲原則。惟爲配合工進，亦可不逐節辦理而暫予保留不灌漿，僅將灌漿塑膠管伸出於混凝土外，以供懸臂梁之分節澆築作業照常進行，俟適當時間（配合工進及機具人員調配）始辦理灌漿作業。惟此種情形宜儘可能的避免以免有遺漏、腐蝕、或塑膠管阻塞時不易排除之虞。

至於垂直鋼棒因每支之灌漿量有限，作業極爲繁瑣，可俟有相當數量如 $5 \sim 6$ 節或更多時一併辦理以求省工及減少損耗。

3 - 8 套管障礙排除

在施工期間偶而亦發生套管阻塞之情事，此種情況產生於柱頭部者較多，輕微者已於試穿時使用鋼球刀予以排除，但嚴重者就需另覓排除途徑。

此外分節施工部分因均套有襯管致甚少有障礙情形，但曾有一處因疏忽遺留襯管未抽出而發生障礙情事。又有數例係因本工程套管排置過密，有部分套管爲並排，可能由於相靠甲乙兩套管因套管破裂而互通，導致甲套管灌漿時泥漿流入乙套管，使乙套管產生障礙，其障礙範圍嚴重者有長達 $10 \sim 20$ 公尺者。

此類障礙之排除只有先測出障礙之確實位置，而打開橋面予以排除。惟打開橋面時不須整條打開，而僅每隔相當距離（視情況約 $1 \sim 2$ 公尺）打一長約 20 cm 之小洞，配合撬棍就細心、耐性的淘挖可排除。

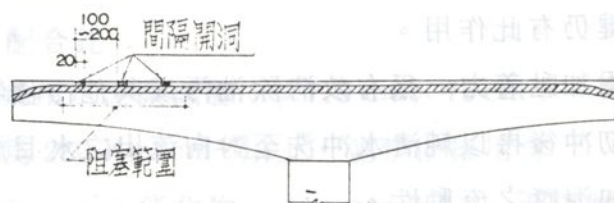


圖 7 - 84 套管之障礙排除



照片 7 - 13 套管之障礙排除

3 - 9 工作車之移動

A. 移動前之準備工作

- (1) 拆除工作車本節之頂版混凝土底模後承梁之 P. C. 鋼棒吊桿。
- (2) 放鬆本節頂版底模鋼梁後端滾輪架及前端吊桿。
- (3) 拆除內模承架螺栓扣及梁腹下段內模以便換裝下節之下段內模。
- (4) 放鬆頂版底模吊架及隅角鋼模。
- (5) 放鬆底版底模前承梁吊桿及底版工作台。
- (6) 放鬆兩側外模承架。

B. 工作車移動步驟

- (1) 安裝 Lever block 以捆緊軌道與主構架，以保鬆開固定裝置後的工作車之穩定。
- (2) 放鬆工作車後端之 Rear Jack，使後導輪與軌道接觸，拆除 Rear Base，安裝後導輪上之 Turn buckle。
- (3) 放鬆軌道之固定鋼棒 ②、③、④、⑤ 之上螺帽約 2 公分。
- (4) 升高主千斤頂，使軌道與前輪接觸，且將稍許上升，使脫離混凝土面。
- (5) 再調整 Rear Jack，使軌道與後導輪接觸，並使稍許上升以脫離混凝土面。
- (6) 安置下一節軌道之墊材，使整個工作車移動及固定時均能保持水平。
- (7) 利用 Lever Block（工作熟練後改用人工推動）將軌道向前推進 4 公尺至下一節之定位，拆除①項所裝之 Lever Block 改裝於主構架與本節混凝土頂面上預留孔以固定工作車以防止滑動。
- (8) 放鬆主千斤頂，使前輪落壓於軌道上。
- (9) 操作 Rear Jack 使後導輪下降，此時軌道亦將下降而定位於墊材上。
- (10) 固定本節 ③ 固定鋼棒，鬆開本節 ② ④ ⑤ 固定鋼棒。
- (11) 裝設下一節 ② 固定鋼棒（如圖 2）。
- (12) 拆除本節 ④ 固定鋼棒，工作車向前推動約 2 公尺（如圖 3）。
- (13) 固定本節 ⑤ 固定鋼棒，拆除本節 ③ 固定鋼棒，裝定下節 ⑤ 固定鋼棒，鬆開下節

③固定鋼棒，工作車再向前移動至定位。

(14) 固定下節③固定鋼棒，將軌道與工作車間暫以 Lever Block 固定，拆除本節⑤固定鋼棒。

(15) 固定下一節頂面版底模鋼樑滾輪架吊桿，並拆除本部滾輪架。

(16) 裝定下一節③④固定鋼棒，拆除後導輪 Turn Buekle 安裝 Rear Base。

(17) 裝定④固定鋼棒，操作 Rear Jack 加壓至 50T。

(18) 工作車移動完成，做各部分之安全檢查。

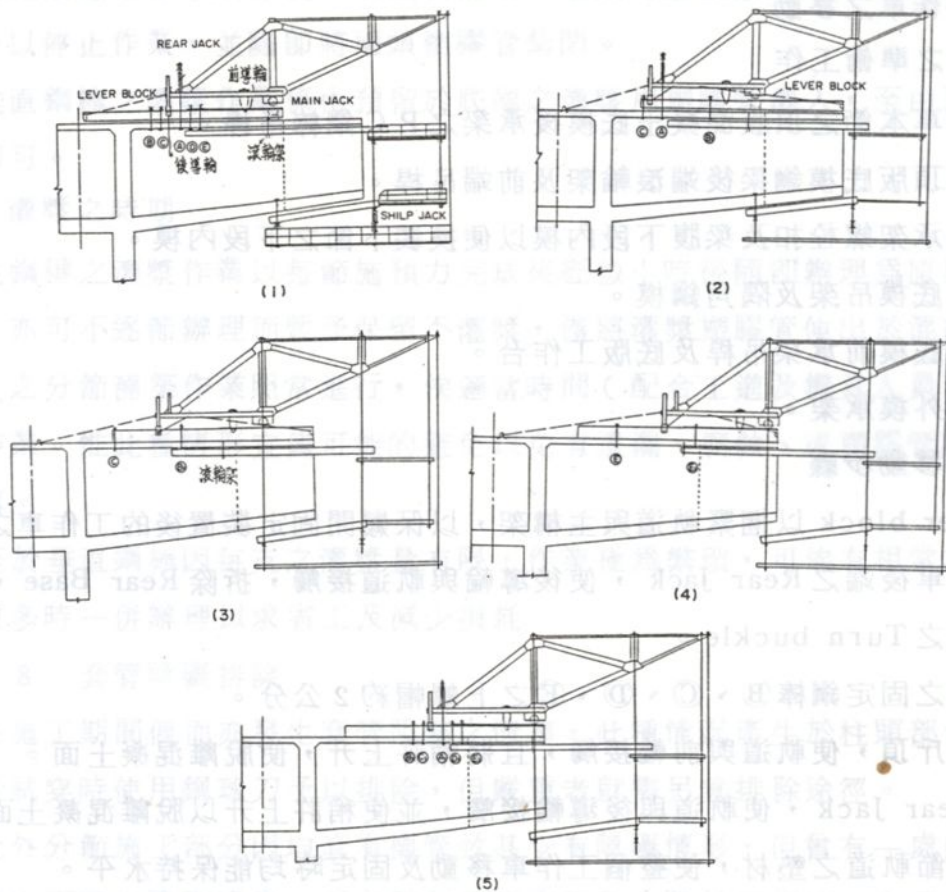


圖 7-85 工作車移動作業順序

3-10 每節之施築時間

在施工初期由於工作尚未熟練，包括監工人員、承包商工作人員、實做作業工人均無實際經驗，且處處均有過分謹慎之嫌，致每節之施築時間曾費時達 16 天以上，但逐節進行後對於工作之熟練及認識均逐漸加深，配合工作上多項改善並部分趕夜工，中期以後每節之作業時間縮短為平均八天，最快者曾有六天一節之紀錄，如下表：（表 7-28）

表 7 - 28

懸臂箱梁每節循環作業時間表

天 數 作 業	1		2		3		4		5		6		7		1	
	上午	下午	上午	下午	上午	下午	上午	下午	上午	下午	上午	下午	上午	下午	上午	下午
移 工 作 車																
測 量 調 整 模 板																
紮置鋼筋·套管·預留孔																
灌 注 混 凝 土																
養 護 · 穿 主 鋼 腱																
鋼 腱 施 預 力																

3 - 11 橫隔梁之施築

工作車之優點之一為所有模板組立系統均隨工作車之推進而前進以大幅提高工作效率。因此遇有橫隔梁處，如與箱梁本體同時施築則因：

- (1)須另組立橫隔梁模板。
- (2)頂橋面底模因 A、B 兩區分開，非但底模本身須修改，所有有關吊材及承梁亦須配合修正。
- (3)梁腹側模亦因 A、B 兩區分開須配合重新裁斷修改。
- (4)下一節工作車移動時 A 區內之模板因築好之橫隔梁阻擋，無法隨工作車前進。
- (5)下一節工作車移動後，頂版底模及梁腹側模之組合系統必須重新組立。

等原因，非但相當費周章，亦必浪費相當之時日，估計要 20 天以上，將失去工作車迅速作業之目的。因此實際作業時橫隔梁均暫時不施築留著不管，僅於頂橋面覓適當之位置預留混凝土澆注孔，約 $30\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 者數處，及預留各接觸面之搭接鋼筋，而工作車仍照正常之作業程序進行，俟工作車向前推進以後，再另行單獨立模、紮鋼筋，並由預留於頂橋面之澆注孔澆注混凝土以施築橫隔梁。

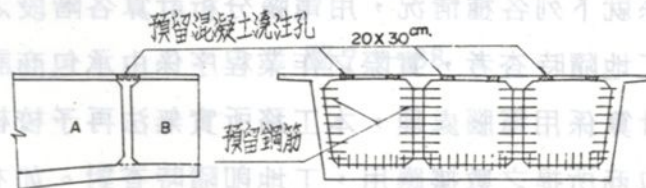


圖 7 - 86 橫隔梁預留鋼筋

3 - 12 施工順序

懸臂式分節施工法為辦理細部設計，預拱計算，以及擬定施工計畫等，必須先

行確定施工順序。其中預拱計算與施工順序尤為密切，如順序有所更動預拱計算應隨時配合做必須之修正，本工程在初步計畫時雖擬有預定施工順序如前述，但後由於地質之變化而辦理變更設計及配合防洪需要，最後決定並實際實施之施工順序如圖 7-87 所示。當然有關之預拱計算亦配合予以修正。

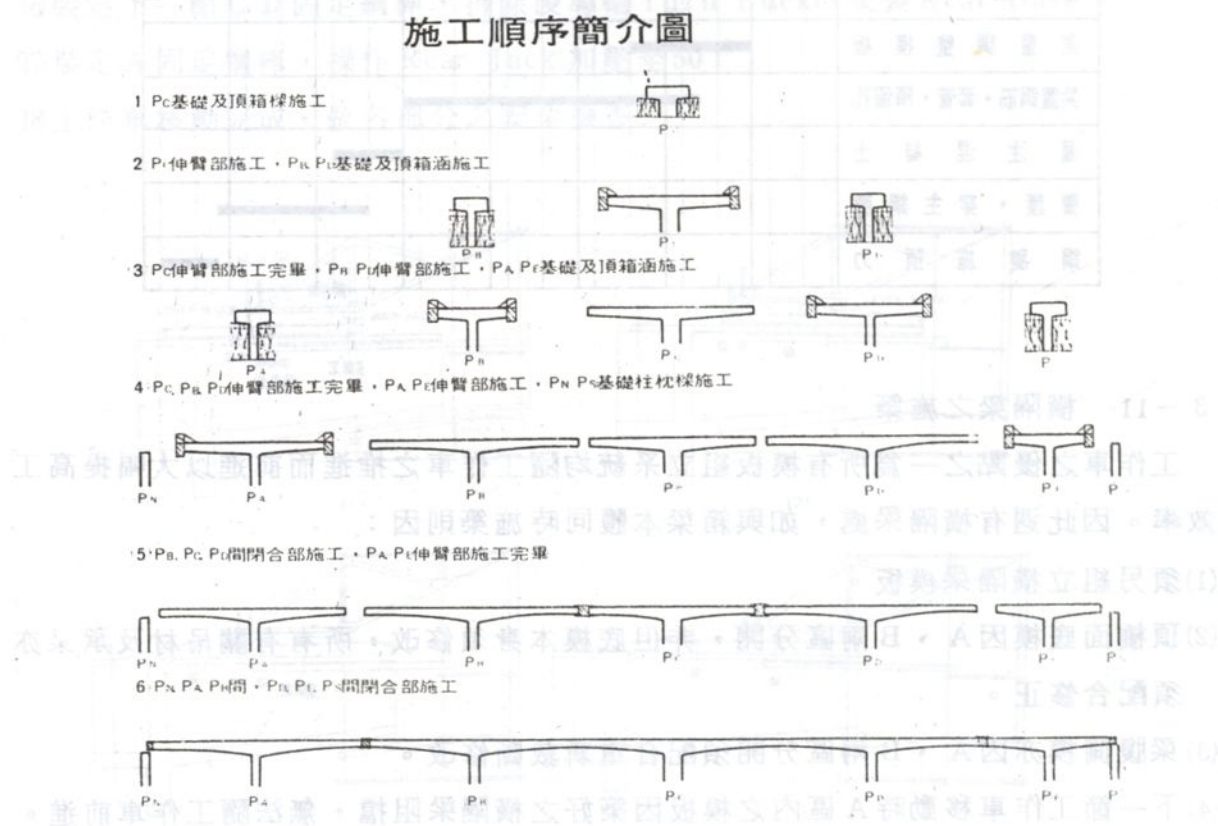


圖 7-87 施工順序

3-13 預拱之計算及控制

A. 預拱量之計算

預拱度 (precamber) 為懸臂施工法確保完成後橋面平順的重要關鍵，必須依其施工順序預為計算，並隨時予以校正。影響撓度 (Deflection) 的因素甚多，計算亦甚繁雜。本橋係就下列各種情況，用電腦分析計算各階段之撓度量，以及應預留的預拱量，備供工地隨時查考，實際之作業程序係由承包商計算後送由本工務所校核，但實際上原計算係用電腦處理，本工務所實無法再予校核，僅就考慮之因素進行檢討，就照承包商所提之數據應用，工地即隨時查對。如有異常時，隨時予以追蹤檢討，必要時請承包商再予核算以便做必要之修正。

計算預拱量所考慮之因素如下：

(1) 懸臂梁施工中產生之撓度

① 工作車本身之下垂量

(a)工作車之永久變形；工作車裝妥，經初次載重所產生之變形，有部分在荷重移除後仍不恢復，稱為永久變形。由工作車的載重試驗或實測可求得。

(b)工作車受載重後因彈性變形產生之下垂量。

②因分節施工時，第 i 節（施築節）的重量所產生之撓度。

③因第 i 節主鋼腱施預力所產生的撓度。

④工作車移至施築第 i 節時因工作車重量所產生之撓度。

⑤因澆注橫隔樑及南北車道的連接面版所產生的撓度。

⑥拆除工作車所產生之撓度。

(2)懸臂樑連接期間及完成時所產生之撓度

①因連接節重量所產生之撓度。

②因附加鋼腱及連接節主鋼腱施預力而產生之撓度。

③因欄杆及中央分隔帶、路面等重量產生的撓度。

(3)後期撓度（Deferred Deflection）

後期撓度為橋樑完成後因混凝土的乾縮、潛變等所引起之變形，可就下列各種情況分別考慮之：

①因自重所產生之後期撓度。

②因施預力所產生之後期撓度。

③因誘致力矩（Induced moment）所產生之後期撓度。

(4)附加預拱（Additional Camber）

為彌補因事先無法預料意外潛變所引起之過大下垂而致影響路面的縱斷平整度，宜預為加設適量的預拱量如下圖。

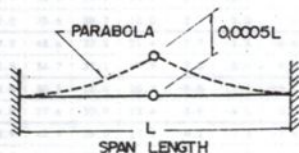


圖 7 - 88

B. 實際紀錄

表 7-29 (1) P_A 南車道工作車施工期間拱度紀錄

S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	梁	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19														
-6.5	33.6	56.7	66.3	68.2	58.6	49.4	34.0	24.7	16.7	11.1	4.1	2.8	4.1	5.6	7.8	15.8	1.1	原設計預拱度	24.0	51.4	57.6	71.8	79.4	103.9	123.9	150.9	180.5	213.9	251.1	293.6	331.9	365.6	392.6	409.4	411.3	383.3														
0.0	125.0	130.0	158.0	151.0	128.0	103.0	73.0	50.0	31.0	20.0	4.0	3.0	4.0	6.0	8.0	16.0	6.0	施工時修正預拱度	29.0	51.0	59.0	75.0	81.0	104.0	126.0	174.0	212.0	253.0	300.0	354.0	406.0	456.0	489.0	524.0	495.0	410.0														
																-4.3	1.0	66.9.23	C-3 澆注混凝土後	22.0	31.8																													
																13.1	13.1	28°C																																
																-3.9	1.2	5.26	C-3 工作車移出後	22.3	32.3																													
																11.5	13.0	28°C																																
																-8.2	-3.9	1.1	5.30	D-4 澆注混凝土後	21.7	31.5	42.0																											
																0.0	11.9	13.0	25°C																															
																-7.3	-3.5	1.3	6.2	D-4 工作車移出後	22.0	32.1	43.2																											
																-1.1	11.6		23°C																															
																-11.7	-7.4	-3.6	1.2	6.8	E-5 澆注混凝土後	21.4	31.2	41.8	54.1																									
																14.3	-0.9	11.5	13.1	24°C																														
																-10.4	-6.7	-3.2	1.4	6.12	E-5 工作車移出後	21.6	31.7	42.7	55.7																									
																14.2	-1.0	11.5	13.3	28°C																														
																-12.8	-11.0	-7.1	-3.5	1.2	6.25	F-6 澆注混凝土後	21.0	30.8	41.3	53.8	62.4																							
																1.6	13.3	-0.6	11.5	14.0	27°C																													
																-10.1	-9.3	-6.2	-3.0	1.4	6.29	F-6 工作車移出後	21.3	31.4	42.4	55.9	65.6																							
																2.5	14.9	0.4	11.9	14.3	28°C																													
																-14.0	-11.4	-10.2	-6.7	-3.3	1.2	7.3	G-7 澆注混凝土後	20.7	30.5	41.0	53.8	62.8	87.3																					
																1.3	-0.4	12.5	-1.6	11.4	13.6	28°C																												
																-10.9	-9.3	-8.9	-6.0	-3.0	1.4	7.7	G-7 工作車移出後	20.9	31.0	42.0	55.4	65.3	90.9																					
																8.1	5.2	16.9	0.1	12.0	13.9	28°C																												
																-13.1	-13.2	-11.0	-10.0	-6.6	-3.3	1.2	7.11	H-8 澆注混凝土後	20.3	30.0	40.4	53.0	62.1	86.8	104.7																			
																-8.3	4.4	3.1	15.2	-0.1	11.7																													
																-6.1	-8.4	-7.7	-7.9	-5.5	-2.8	1.4	7.15	H-8 工作車移出後	20.7	30.8	41.8	55.6	66.1	92.5	114.6																			
																8.7	10.4	7.6	17.5	0.8	12.4	14.0	29°C																											
																1.9	-10.2	-11.3	-9.8	-9.3	-6.2	-3.2	1.2	7.20	I-9 澆注混凝土後	20.1	29.8	40.3	53.2	62.6	87.8	108.7	153.5																	
																17.5	7.7	9.2	6.3	17.0	0.6	12.3	14.1	31°C																										
																7.7	-4.4	-7.3	-7.0	-7.6	-5.3	-2.7	1.3	7.22	I-9 工作車移出後	20.4	30.5	41.4	55.3	65.9	92.5	115.2	160.9																	
																23.0	11.0	12.8	8.0	18.4	1.2	12.2	14.2	31°C																										
																10.4	6.1	-9.2	-10.7	-9.4	-9.1	-6.2	-3.2	1.1	7.27	J-10 澆注混凝土後	19.8	29.5	39.8	52.7	62.2	87.4	108.7	151.6	188.8															
																37.6	19.2	8.5	9.4	5.7	16.1	-0.2	11.8	13.6	28°C																									
																21.4	14.4	-3.5	-6.7	-6.7	-7.4	-5.3	-2.8	1.3	7.29	J-10 工作車移出後	20.2	30.2	40.9	54.8	65.5	92.2	115.2	158.3	197.2															
																39.4	20.0	8.6	8.6	4.7	14.8	-1.2	10.6	12.9	27°C																									
																27.2	16.7	10.1	-8.8	-10.5	-9.8	-9.1	-6.2	-3.3	1.0	8.6	K-11 澆注混凝土後	19.6	29.2	39.3	52.2	61.6	86.7	108.0	148.8	185.3	228.0													
																31.9	32.1	14.9	5.2	6.9	3.9	14.5	-0.9	11.3	13.5	28°C																								
																41.3	27.7	18.4	-3.1	-6.5	-6.6	-7.4	-5.3	-2.8	1.2	8.9	K-11 工作車移出後	19.9	29.8	40.5	54.3	64.7	91.4	114.6	155.3	193.5	238.1													
																42.3	42.1	22.4	10.6	10.8	6.3	16.0	-0.6	11.4	13.3	30°C																								
																47.1	32.4	20.4	12.6	-8.9	-10.7	-9.5	-9.2	-6.3	-3.3	0.9	8.13	L-12 澆注混凝土後	19.3	28.8	38.7	51.5	60.7	85.7	106.9	144.6	180.1	221.5	270.7											
																58.3	31.1	33.1	15.3	5.5	6.5	3.5	14.5	-1.1	11.1	13.1	30°C																							
																67.4	48.8	33.1	21.8	-2.0	-5.7	-6.2	-7.1	-5.2	-2.8	1.1	8.16	L-12 工作車移出後	19.7	29.6	40.2	54.0	64.7	91.4	114.9	154.2	192.2	236.7	289.0											
																69.9	41.0	40.5	20.6	8.6	8.3	4.1	14.3	-1.4	11.0	12.7	31°C																							
																71.1	51.9	35.6	22.5	13.9	-8.3	-10.2	-9.2	-9.0	-6.2	-3.4	0.9	8.20	M-13 澆注混凝土後	19.1	28.6	38.5	51.2	60.4	85.4	106.8	141.9	176.2	216.3	263.5	318.7									
																96.5	61.6	33.6	35.4	17.2	6.7	7.6	4.4	15.2	-0.6	11.6	13.6	28°C																						
																92.6	69.3	49.4	33.2	21.9	-2.5	-6.1	-6.5	-7.4	-5.3	-2.9	1.0	8.24	M-13 工作車移出後	19.4	29.2	39.6	53.3	63.7	90.1	113.4	149.8	186.2	228.8	278.3	335.6									
																106.6	70.3	41.7	40.6	20.6	8.7	9.0	5.0	15.6	0.0	11.1	13.7	27°C																						
																92.9	76.9	55.9	38.1	24.2	14.9	-8.4	-10.4	-9.5	-9.3	-6.4	-3.5	0.8	8.30	N-14 澆注混凝土後	18.8	28.2	37.8	50.3	59.5	83.8	104.7	138.2	171.2	209.7	254.8	306.9	364.5							
																112.4	83.6	52.0	25.6	28.7	12.0	2.7	5.0	2.4	14.4	-0.9	11.4	28°C																						
																111.6	92.6	68.8	48.8	32.5	21.4	-2.7	-6.3	-6.8	-7.6	-5.5	-3.0	0.9	9.2	N-14 工作車移出後	19.1	28.8	39.0	52.4	62.5	88.5	111.2	146.7	182.5	223.7	272.1	327.9	389.6							
																133.4	100.6	65.8	36.7																															

表 7-29 (2) P_A 北車道工作車施工期間拱度紀錄

S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	梁 節	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19										
-6.5	33.6	56.7	66.3	68.2	58.6	49.4	34.0	24.7	16.7	11.1	4.1	2.8	-4.1	5.6	7.8	15.8	1.1	原設計預拱度	24.0	51.4	57.6	71.8	79.4	103.9	123.9	150.9	180.5	213.9	251.1	293.6	331.9	365.6	392.6	409.4	411.3	383.3										
0.0	105.0	150.0	158.0	151.0	128.0	103.0	73.0	50.0	31.0	20.0	4.0	3.0	4.0	6.0	8.0	16.0	1.0	施工時修正預拱度	24.0	51.0	59.0	73.0	81.0	106.0	126.0	174.0	212.0	253.0	300.0	354.0	406.0	456.0	489.0	504.0	475.0	393.0										
																-4.3	1.0	66.4.8	C-3 澆注混凝土後	22.0	31.8																									
																17.0	6.1	24°C		23.4	44.3																									
																-3.9	1.2	66.4.9	C-3 工作車移出後	22.3	32.3																									
																16.0	6.0	24°C		22.6	43.8																									
																-8.2	-3.9	1.1	66.4.13	D-4 澆注混凝土後	21.7	31.5	42.0																							
																0.2	15.0	5.5	25°C		22.1	42.3	50.5																							
																-7.3	-3.5	1.3	66.4.16	D-4 工作車移出後	22.0	32.1	43.2																							
																-0.9	14.8	6.2	25°C		23.0	42.5	50.9																							
																-11.7	-7.4	-3.6	1.2	66.4.19	E-5 澆注混凝土後	21.4	31.2	41.8	54.1																					
																7.7	-1.5	14.7	6.0	21°C		22.7	41.6	49.4	76.8																					
																-10.4	-6.7	-3.2	1.4	66.4.22	E-5 工作車移出後	21.6	31.7	42.7	55.7																					
																7.7	-1.1	14.2	22°C		22.4	42.5	50.1	77.3																						
																-12.8	-11.0	-7.1	-3.5	1.2	66.4.28	F-6 澆注混凝土後	21.0	30.8	41.3	53.8	62.4																			
																16.0	7.6	-1.4	15.0	6.2	21°C		22.4	42.1	49.0	75.2	81.0																			
																-10.1	-9.3	-6.2	-3.0	1.4	66.5.1	F-6 工作車移出後	21.3	31.7	42.4	55.9	65.6																			
																116.5	8.4	0.1	15.1	5.9	25°C		22.0	42.6	49.1	75.8	80.8																			
																-14.0	-11.4	-10.2	-6.7	-3.3	1.2	66.5.5	G-7 澆注混凝土後	20.7	30.5	41.0	53.8	62.8	87.3																	
																-5.3	15.6	7.9	-0.4	14.8	6.2	28°C		22.3	42.5	49.9	76.4	81.9	107.8																	
																-10.9	-9.3	-8.9	-6.0	-3.0	1.4	66.5.8	G-7 工作車移出後	20.9	31.0	42.0	55.4	65.3	90.9																	
																-0.6	19.4	10.5	0.7	15.4	6.2	28°C		22.3	42.5	50.5	78.5	84.7	112.5																	
																-13.1	-13.2	-11.0	-10.0	-6.6	-3.3	1.2	66.5.13	H-8 澆注混凝土後	20.3	30.0	40.4	53.0	62.1	86.8	106.7															
																0.1	-0.6	18.0	10.1	0.5	15.9	6.2	27°C		21.6	41.7	49.2	76.8	82.6	109.5	140.4															
																-6.1	-8.4	-7.7	-7.9	-5.5	-2.8	1.4	5.18		20.7	30.8	41.8	55.6	66.1	92.5	114.6															
																6.4	5.2	21.8	12.0	1.3	16.1	6.8	22°C		21.9	42.4	50.4	78.6	86.2	114.5	146.6															
																1.9	-10.2	-11.3	-9.8	-9.3	-6.2	-3.2	1.2	8.28		20.1	29.8	40.3	53.2	62.6	87.8	108.7	153.5													
																15.9	-1.6	-1.0	16.9	8.4	0.3	14.8	5.9	26°C		21.0	42.7	47.7	75.1	80.7	107.2	138.3	168.3													
																7.7	-4.4	-7.3	-7.0	-7.6	-5.3	-2.7	1.3	8.28		20.4	30.5	41.4	55.1	65.9	92.5	115.2	160.9													
																22.2	3.5	2.4	19.0	9.1	-0.5	15.1	5.8	28°C		21.3	41.0	48.5	76.7	83.4	111.7	134.0	175.3													
																10.4	6.1	-9.2	-10.7	-9.4	-9.1	-6.2	-3.2	1.1	6.2		19.8	29.5	39.8	52.7	62.2	87.4	108.7	151.6	188.8											
																30.1	21.8	3.0	-0.1	19.2	10.2	-0.1	15.3	6.1	23°C		20.8	40.4	47.4	75.2	81.0	108.8	140.6	170.9	210.0											
																21.4	14.4	-3.5	-6.7	-6.7	-7.4	-5.3	-2.8	1.3	6.5		20.2	30.2	40.9	54.8	65.5	92.2	115.2	158.3	197.2											
																32.8	24.4	4.9	3.2	19.6	10.4	0.0	15.2	5.6	26°C		21.1	40.8	48.3	76.4	83.0	111.7	144.2	175.7	216.0											
																27.2	16.7	10.1	-8.8	-10.5	-9.3	-9.1	-6.2	-3.3	1.0	6.10		19.6	29.2	39.3	52.2	61.6	86.7	108.0	148.8	185.3	228.0									
																46.5	23.5	17.5	-0.1	0.1	17.3	8.7	-0.9	14.6	5.8	27°C		20.2	39.8	46.0	72.8	77.9	104.8	135.4	163.9	201.7	243.5									
																41.3	27.7	18.4	-3.1	-6.5	-6.6	-7.4	-5.3	-2.8	1.2	6.14		19.9	29.8	40.5	54.3	64.7	91.4	114.6	155.3	193.5	238.1									
																57.3	32.5	23.8			10.0	-0.5	15.1	5.7	29°C		20.3	40.1	46.9	74.6	80.0	108.2	140.5	171.4	211.4	255.2										
																47.1	32.4	20.4	12.6	-8.9	-10.7	-9.5	-9.2	-6.3	-3.3	0.9	6.27		19.3	28.8	38.7	51.5	60.7	85.7	106.9	146.6	180.1	221.5	270.7							
																60.1	44.7	22.5	16.1	-1.3	-1.5	16.1	7.8	-1.6	14.4	5.5	32°C		20.1	39.1	45.4	72.0	76.6	103.3	133.6	162.7	199.6	240.1	279.2							
																67.6	48.8	33.1	21.8	-2.0	-5.7	-6.2	-7.1	-5.2	-2.8	1.1	7.2		19.7	29.6	40.2	54.0	64.7	91.4	114.9	154.2	192.2	234.7	289.0							
																77.7	62.0	23.6	24.0	4.0	2.6	18.5	9.4	-0.9		6.0	29°C		21.2	40.4	47.2	74.4	80.3	108.6	141.8	172.8	213.8	257.2	300.5							
																71.1	51.9	35.6	22.5	13.9	-8.3	-10.2	-9.2	-9.0	-6.2	-3.4	0.9	7.7		19.1	28.6	38.5	51.2	60.4	85.4	106.8	146.9	176.2	216.3	263.5	318.7					
																97.5	58.8	43.8	21.2	15.1	-3.0	-2.4	15.4	7.3	-1.7	14.6	6.2	28°C		20.2		45.2	71.4	75.4	101.5	131.6	160.2	198.6	239.4	278.0	344.8					
																92.6	69.3	49.4	33.2	21.9	-2.5	-6.1	-6.5	-7.4	-5.3	2.9	1.0	7.13		19.4	29.2	39.6	53.5	63.7	90.1	113.4	149.8	186.2	228.8	278.3	336.6					
																118.9	76.9	57.5	32.1	22.4		1.3	17.5	8.6	0.6	14.7	6.1	29°C		20.2	40.4	46.8	74.4	79.6	107.7	139.6	171.0	212.4	257.0	300.0	379.5					
																92.9	76.9	55.9	38.1	24.2	14.9	-8.4	-10.4	-9.5	-9.3	-6.4	-3.5	0.8	7.21		18.8	28.2	37.8	50.3	59.3	83.8	104.7	138.2	171.2	209.7	254.8	306.9	364.5			
																105.2	104.4	65.0	48.8	25.1	18.1	-0.6	-0.8	19.3	9.0	-0.1	14.9	6.4	29°C		19.4	38.2	44.3	70.4	74.5	100.6	130.8	160.2	198.6	239.7	279.6	346.7	388.4			
																111.6	92.6	68.8	48.6	32.5	21.4	-2.7	-6.3	-6.8	-7.6	-5.5	-3.0	0.9	7.25		19.1	28.8	39.0	52.4	62.5	86.5	111.2	146.7	182.5	223.7	272.1	327.9	389.6			

附註：

一、本表單位為公厘 (mm)。

二、原設計預拱度：係承包商提供之計算資料，未考慮工作車施工期間因混凝土潛變所造成之撓度。

三、施工時修正預拱度：

1. P_B 與 P_O 係依各節施工時間不同之混凝土潛變：係數 ϕ (0.1 ~ 0.5) 計算而得之預拱值。2. P_A 與 P_S 係依 P_B 與 P_O 施工後實際拱度變化結果予以調整後所得之預拱值。3. P_C 未考。

四、表中上欄係施工中各階段計算拱度值：各墩已考慮如附註 3.1.2.3. 所提之潛變因素。

五、表中下欄係施工中各階段實測拱度值。

表 7-29 (3) P_B 南車道工作車施工期間拱度紀錄

S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	梁 節	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
392.4	390.4	373.8	346.0	312.2	271.4	233.3	192.4	159.4	130.8	106.4	82.5	66.6	54.0	43.4	34.7	33.5	12.4	原設計預拱度	10.0	32.9	33.1	40.3	47.2	57.7	71.4	91.4	114.5	141.4	172.6	209.2	241.6	270.6	292.3	305.3	303.5	279.0				
392.0	390.0	374.0	346.0	312.0	271.0	233.0	192.0	159.0	131.0	106.0	83.0	67.0	54.0	43.0	35.0	34.0	12.0	施工時修正預拱度	15.0	33.0	34.0	41.0	49.0	60.0	73.0	95.0	120.0	147.0	182.0	222.0	260.0	295.0	322.0	339.0	339.0	303.0				
																		C-3 澆注混凝土後																						
																		C-3 工作車移出後																						
																		D-4 澆注混凝土後	7.7	13.0	16.9																			
																		D-4 工作車移出後	8.0	13.6	17.9																			
																		E-5 澆注混凝土後	7.4	12.7	16.3	21.9																		
																		E-5 工作車移出後	7.6	13.2	17.3	23.3																		
																		F-6 澆注混凝土後	7.0	12.3	15.9	21.6	30.2																	
																		F-6 工作車移出後	-2.0	38.0	22.0	36.0	30.0																	
																		G-7 澆注混凝土後	7.3	12.9	17.1	23.7	33.3																	
																		G-7 工作車移出後	-2.0	38.0	23.0	40.0	34.0																	
																		H-8 澆注混凝土後	6.7	12.0	15.7	21.6	30.4	40.7																
																		H-8 工作車移出後	-3.0	36.0				53.0																
																		I-9 澆注混凝土後	6.9	12.5	16.7	23.2	32.9	44.3																
																		I-9 工作車移出後	-3.0	37.0	23.0	41.0	36.0	64.0																
																		J-10 澆注混凝土後	6.3	11.5	15.2	20.9	29.7	40.2	53.7															
																		J-10 工作車移出後	-2.0	37.0	22.0	39.0	32.0	58.0	60.0															
																		K-11 澆注混凝土後	6.7	12.3	16.6	23.5	33.7	45.9	61.6															
																		K-11 工作車移出後	-2.0	39.0	27.0	47.0	43.0	74.0	78.0															
																		L-12 澆注混凝土後	6.7	11.3	15.1	21.1	30.3	41.3	55.7	74.4														
																		L-12 工作車移出後	-6.0	35.0	23.0	39.0	34.0	61.0	65.0	88.0														
																		M-13 澆注混凝土後	6.4	12.0	16.3	23.2	33.6	46.0	62.3	83.7														
																		M-13 工作車移出後	-3.0	37.0	23.0	40.0	36.0	65.0	69.0	95.0														
																		N-14 澆注混凝土後	5.8	11.0	14.7	20.7	29.9	41.0	55.8	74.7	97.7													
																		N-14 工作車移出後	-3.0	35.0	21.0	37.0	31.0	59.0	62.0	86.0	120.0													
																		O-15 澆注混凝土後	6.2	11.7	15.9	22.8	33.2	45.8	62.3	85.4	109.0													
																		O-15 工作車移出後	-1.0	35.0	21.0	39.0	34.0	62.0	67.0	93.0	128.0													
																		P-16 澆注混凝土後	5.6	10.7	14.3	20.2	29.3	40.4	55.1	74.7	97.6	122.2												
																		P-16 工作車移出後	-4.0	33.0	18.0	35.0	29.0	56.0	59.0	83.0	117.0	136.0												
																		Q-17 澆注混凝土後	5.9	11.3	15.5	22.3	32.5	45.1	61.8	82.9	109.0	136.6												
																		Q-17 工作車移出後	-4.0	35.0	20.0	38.0	33.0	62.0	69.0	95.0	133.0	156.0												
																		R-18 澆注混凝土後	5.3	10.3	13.8	19.6	28.5	39.5	54.1	72.9	96.5	121.3	152.6											
																		R-18 工作車移出後	-4.0	33.0	18.0	34.0	27.0	54.0	57.0	81.0	115.0	134.0	148.0											
																		S-19 澆注混凝土後	5.7	11.1	15.3	22.1	32.4	45.2	62.1	83.5	110.3	139.0	174.2											
																		S-19 工作車移出後	-4.0	34.0	19.0	36.0	32.0	60.0	66.0	93.0	131.0	155.0	175.0											
																		T-20 澆注混凝土後	5.1	10.1	13.6	19.3	28.2	39.3	54.0	72.9	96.8	122.2	153.8	187.5										
																		T-20 工作車移出後	-5.0	32.0	16.0	32.0	25.0	51.0	53.0	77.0	111.0	129.0	143.0	193.0										
																		U-21 澆注混凝土後	5.4	10.7	14.8	21.4	31.5	43.9	60.7	81.5	106.2	136.6	171.7	209.4										
																		U-21 工作車移出後	-4.0	33.0	18.0	34.0	28.0	56.0	60.0	85.0	121.0	143.0	160.0	213.0										
																		V-22 澆注混凝土後	4.8	9.7	13.0	18.5	27.1	37.6	52.1	70.2	93.7	118.3	149.4	182.7	218.2									
																		V-22 工作車移出後	-4.0	33.0	17.0	33.0	26.0	52.0	55.0	79.0	114.0	132.0	148.0	199.0	242.0									
																		W-23 澆注混凝土後	5.1	10.3	14.3	20.6	30.3	42.4	58.6	78.8	105.0	132.7	167.3	204.7	234.1									
																		W-23 工作車移出後	-4.0	34.0	18.0	34.0	28.0	56.0	60.0	86.0	122.0	143.0	161.0	216.0	263.0									
																		X-24 澆注混凝土後	4.5	9.2	12.4	17.6	25.7	35.8	49.6	66.8	89.5	113.1	143.3	175.3	209.2	244.8								
																		X-24 工作車移出後	-5.3	32.3	15.2	30.7	22.4	47.0	47.7	68.9	100.1	116.0	127.5	174.7	214.9	235.2								
																		Y-25 澆注混凝土後	4.8	9.9	13.6	19.7	29.5	40.4	56.1	75.4	100.9	127.5	160.6	196.9	235.0	275.2								
																		Y-25 工作車移出後	-3.8	33.4	17.4	33.6	26.2	52.7	54.8	78.8	112.6	131.7	147.2	198.9	244.6	270.4								
																		Z-26 澆注混凝土後	4.2	8.8	11.7	16.5	24.1	33.5	46.6	62.7	84.4	106.5	134.3	164.7	196.3	229.5	260.1							
																		Z-26 工作車移出後	-4.9	29.5	20.0	45.1	42.9	62.7	95.5	109.8	119.9	165.4	204.2	218.3	272.2									
																		AA-27 澆注混凝土後	4.5	9.4	12.6	18.1	27.3	38.1	53.2	71.3	95.7	120.8	152.1	186.6	222.7	261.0	297.1							
																		AA-27 工作車移出後	-4.3	27.9	17.8	42.9	40.3	60.6	93.7	109.3	119.7	167.5	208.7	225.3	282.3									
																		BB-28 澆注混凝土後	3.9	8.3	11.0	14.8	22.2	30.9	43.1	57.8	78.1	98.4	123.5	151.2	179.6	209.1	236.1	262.3						
																		BB-28 工作車移出後	-4.2	8.9	11.8	16.9	24.5	35.5	49.6	66.4	88	112.1	140.7	172.1	204.5	238.5	270.5	302.2						
																		CC-29 澆注混凝土後	3.4	7.6	9.8	13.7	19.8	27.5	38.6	51.6	68.1	87.4	109.3	133.1	156.8	181.3	202.8	223.6	241.7					
																		CC-29 工作車移出後	-4.1																					

附註：

一、本表單位爲公厘（ mm ）。

二、原設計預拱度：係承包商提供之計算資料，未考慮工作車施工期間因混凝土潛變所造成之撓度。

三、施工時修正預拱度：

1. P_s 與 P_0 係依各節施工時間不同之混凝土潛變
：係數 ϕ (0.1 ~ 0.5) 計算而得之預拱值。

2. P_A 與 P_E 係依 P_B 與 P_D 施工後實際拱度變化結果予以調整後所得之預拱值。

3. P_c 未考慮。

四表中上欄係施工中各階段計算拱度值：各墩已考慮如附註三 1. 2. 3. 所提之潛變因素。

五表中下欄係施工中各階段實測拱度值。

附註：

- 一、本表單位為公厘 (mm)。
- 二、原設計預拱度：係承包商提供之計算資料，未考慮工作車施工期間因混凝土潛變所造成之撓度。
- 三、施工時修正預拱度：
 1. P_s 與 P_0 係依各節施工時間不同之混凝土潛變係數 ϕ (0.1 ~ 0.5) 計算而得之預拱值。
 2. P_A 與 P_E 係依 P_s 與 P_0 施工後實際拱度變化結果予以調整後所得之預拱值。
 3. P_c 未考慮。

四、表中上欄係施工中各階段計算拱度值；各墩已考慮如附註三 1. 2. 3. 所提之潛變因素。

五、表中下欄係施工中各階段實測拱度值。

表 7-29 (5) P_c 南車道工作車施工期間拱度紀錄

S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	梁	簡	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19											
260.3	250.1	234.8	208.0	191.8	166.6	144.6	115.0	90.6	69.9	53.5	38.2	29.4	27.9	8.0				原設計預拱度		12.0	28.0	29.2	38.6	55.6	67.8	92.6	112.0	139.6	159.2	184.5	198.8	213.1	219.1	215.2														
270.0	250.0	235.0	208.0	192.0	167.0	145.0	115.0	91.0	70.0	54.0	38.0	29.0	28.0	8.0				施工時修正預拱度		12.0	28.0	29.0	39.0	56.0	68.0	93.0	112.0	140.0	159.0	185.0	199.0	213.0	219.0	225.0														
															4.9	1.7			D-4 澆注混凝土後		2.8	6.8																										
														5.5	2.0		65.3.17	D-4 工作車移出後		3.0	7.4																											
														11.9	16.1					16.5	20.6																											
														12.4	5.8	2.1		E-5 澆注混凝土後		3.0	7.4	14.7																										
														12.9	6.1	2.3	65.4.1	E-5 工作車移出後		3.1	7.7	15.5																										
														21.3	12.5	16.5				16.7	20.9	14.2																										
														21.8	13.0	5.4	2.0	F-6 澆注混凝土後		3.1	7.6	15.2	23.8																									
														24.0	14.2	6.8	2.6	65.4.22	F-6 工作車移出後		3.3	8.3	16.4	26.1																								
														33.7	22.0	13.0	16.9			17.0	21.2	15.1	33.5																									
														38.2	22.7	13.8	6.5	2.4	G-7 澆注混凝土後		3.2	8.0	15.7	31.8	41.1																							
														40.7	24.9	14.9	7.1	2.7	65.5.10	G-7 工作車移出後		3.2	8.0	15.9	25.4	41.8																						
														48.5	34.7	23.0	13.9	17.2		17.8	22.5	16.5	35.4	55.3																								
														54.2	38.7	23.6	14.1	6.7	2.5	65.5.16	H-8 澆注混凝土後		3.1	7.5	15.0	23.8	39.3	52.6																				
														55.5	44.3	31.4	21.1	12.2	16.5	28°C		16.7	20.7	13.6	30.9	49.4	71.6																					
														59.2	42.6	26.1	15.5	7.4	2.8	65.5.21	H-8 工作車移出後		3.4	8.3	16.6	26.8	43.6	58.6																				
														62.7	49.9	34.0	22.8	13.4	16.9	31°C		17.5	22.1	16.8	35.4	56.3	79.9																					
														75.9	56.8	40.8	25.0	14.8	7.1	2.6	65.5.27	I-9 澆注混凝土後		3.2	7.7	15.4	24.7	40.3	54.0	75.1																		
														85.5	60.0	47.5	32.4	21.8	13.2	17.1	28°C		16.9	21.4	14.8	33.5	52.6	75.8	93.8																			
														81.6	61.2	43.8	26.9	15.9	7.7	2.9	65.6.2	I-9 工作車移出後		3.4	8.1	16.6	26.9	43.4	59.0	81.3																		
														92.4	64.9	52.1	35.4	23.5	13.5	17.3	28°C		17.4	22.5	16.9	36.7	57.3	81.9	101.4																			
														96.1	75.4	56.6	40.6	24.8	14.7	7.1	2.6	65.6.10	J-10 澆注混凝土後		3.2	7.4	15.2	24.4	39.5	53.5	73.9	91.7																
														96.8	85.7	60.4	48.3	33.2	22.2	12.8	17.1	28°C		17.3	21.4	15.0	33.5	52.4	75.1	93.1	105.5																	
														107.1	83.6	62.6	44.7	27.4	16.2	7.9	2.9	65.6.14	J-10 工作車移出後		3.8	8.3	16.8	27.5	44.1	60.3	83.3	104.0																
														108.7	95.7	67.7	54.0	36.8	24.2	13.9	17.4	25°C		18.2	23.2	18.0	37.9	59.0	83.9	104.8	120.2																	
														122.1	97.5	76.3	57.2	41.0	25.0	14.8	7.2	2.5	65.6.21	K-11 澆注混凝土後		3.5	7.5	15.1	24.6	39.6	53.9	74.6	92.7	116.1														
														122.4	96.2	86.1	61.0	48.6	32.8	22.0	3.2	17.4	29°C		17.3	21.4	14.8	33.0	52.3	75.2	93.6	106.6	121.5															
														130.1	104.0	81.1	60.6	43.2	26.3	15.4	7.6	2.7	65.6.25	K-11 工作車移出後		3.6	7.8	15.9	26.1	42.0	57.8	80.1	100.1	125.3														
														134.5	105.9	93.4	65.9	52.1	34.9	23.4	13.7	17.7	29°C		17.7	22.1	16.4	35.4	56.4	81.2	101.2	116.5	134.6															
														139.9	116.1	93.0	72.8	54.6	39.1	23.7	14.0	6.9	2.4	65.7.5	L-12 澆注混凝土後		3.4	7.0	14.1	23.0	36.9	50.6	70.2	87.2	109.0	129.2												
														144.9	123.1	97.5	87.7	62.2	50.2	33.7	23.3	13.7	17.7	25°C		17.8	22.1	15.6	33.5	53.2	76.4	93.6	106.4	119.7	133.7													
														156.0	129.1	102.9	80.1	59.8	42.5	25.8	15.2	7.5	2.7	65.7.9	L-12 工作車移出後		3.6	7.6	15.4	25.5	40.5	56.6	78.6	98.4	123.6	147.8												
														151.2	128.3	101.5	89.7	63.4	50.5	33.9	23.0	13.5	17.7	29°C		17.7	21.8	15.4	33.9	53.9	77.7	96.2	110.2	125.9	141.7													
														158.0	136.0	113.0	90.4	70.8	53.1	38.0	23.0	13.6	6.7	2.4	65.7.15	M-13 澆注混凝土後		3.3	6.7	13.4	22.1	35.1	48.7	67.6	83.8	104.9	124.7	147.4										
														159.7	129.2	112.1	87.4	79.8	56.0	45.6	30.9	21.1	13.5	17.5	29°C		17.3	20.5	13.2	29.9	47.8	68.8	83.9	94.1	105.7	117.4	166.5											
														179.4	153.1	126.7	100.8	78.3	58.4	41.5	25.2	14.8	7.4	2.7	65.7.20	M-13 工作車移出後		3.5	7.3	14.8	24.6	38.9	54.9	76.2	95.5	120.2	144.0	170.8										
														181.0	146.7	124.3	98.4	87.1	60.8	48.9	33.0	21.7	12.7	17.7	30°C		17.7	21.6	15.0	32.8	52.2	75.9	93.1	106.5	120.7	135.2	188.9											
														166.1	151.6	130.4	108.7	86.9	68.0	51.1	36.6	22.1	13.1	6.5	2.3	65.7.30	N-14 澆注混凝土後		3.2	6.3	12.6	20.8	32.9	46.2	64.6	79.3	99.2	117.8	138.9	152.3								
														166.0	149.0	121.0	107.0	84.0	76.0	56.0	46.0	32.0	22.0	14.0	20.0	31°C		20.0	24.0	15.0	32.0	49.0	68.0	81.0	89.0	97.0	106.0	151.0	169.0									
														194.9	174.9	149.0	123.2	97.8	75.9	56.6	40.3	24.4	14.4	7.2	2.6	65.8.4	N-14 工作車移出後		3.4	6.9	14.0	23.5	37.0	52.6	73.1	91.7	115.5	138.6	164.8	183.6								
														186.5	163.5	134.5	115.5	89.5	82.5	59.5	48.5	32.5	22.5	13.5	19.5	30°C		19.5	23.5	15.5	32.5	51.5	71.5	85.5	97.5	107.5	119.5	166.5	188.5									
														181.5	157.0	143.5	123.6	103.3	82.6	64.7	48.7	35.0	21.1	12.5	6.3	2.2	65.8.15	O-15 澆注混凝土後		3.0	5.7	11.6	19.4	30.5	43.1	59.8	73.8	92.2	109.2	128.6	140.3	153.3						
														189.2	137.5	123.5	101.0	89.8	71.7	67.8	48.2	40.4	28.4	19.8	13.6	17.4	29°C		17.5	20.0	11.2	25.8	41.4	58.6	69.3	73.6	78.2	82.4	122.6	133.4	132.5							
														217.7	187.2	168.0	143.0	118.3	93.8	72.8	54.4	38.7	23.4	13.8	6.9	2.5	65.8.21	O-15 工作車移出後		3.2	6.3	13.0	22.1	34.6	49.7	69.1	86.7	109.1	131.0	156.0	173.9	193.9						
														211.8	164.7	146.8	118.9	104.1	82.6	76.4	55.3	44.5	30.4	21.6	12.8	18.0	30°C		17.8	21.0	13.2	29.2	46.0	66.0	78.8	85.9	96.1	102.0	146.9	162.6	173.7							
														181.4	166.5	144.3	132.8	114.8	96.3	77.1	60.6	45.8	32.9	19.8	11.7	5.9	2.1	65.8.27	P-16 澆注混凝土後		3.1	5.8	11.6	19.2	29.5	41.7	57.3	70.3	87.0	102.3	116.9	129.5	140.5	148.5				
														186.2																																		

附註：

一、本表單位為公厘 (mm)。

二、原設計預拱度：係承包商提供之計算資料，未考慮工作車施工期間因混凝土潛變所造成之撓度。

三、施工時修正預拱度：

1. P_B 與 P₀ 係依各節施工時間不同之混凝土潛變：係數 ϕ (0.1 ~ 0.5) 計算而得之預拱值。

2. P_A 與 P_E 係依 P_B 與 P₀ 施工後實際拱度變化結果予以調整後所得之預拱值。

3. P_C 未考慮。

四、表中上欄係施工中各階段計算拱度值：各墩已考慮如附註三 1. 2. 3. 所提之潛變因素。

五、表中下欄係施工中各階段實測拱度值。

表 7-29 (6) P_c 北車道工作車施工期間拱度紀錄

S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	梁 節	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17											
260.3	250.1	234.8	208.3	191.8	166.6	144.6	115.0	90.6	69.6	55.5	38.2	29.4	27.9	8.0				原設計預拱度	12.0	28.0	29.2	38.6	55.6	67.8	92.6	112.0	139.6	159.2	184.5	198.8	213.1	219.1	215.2												
293.0	290.0	269.0	228.0	192.0	167.0	145.0	115.0	91.0	70.0	54.0	38.0	29.0	28.0	8.0				施工時修正預拱度	12.0	28.0	29.0	39.0	56.0	68.0	93.0	112.0	140.0	159.0	185.0	219.0	253.0	265.0	252.0												
														4.9	1.7			D-4 澆注混凝土後	2.8	6.8																									
														10.7	14.2			D-4 工作車移出後	21.4	6.8																									
														5.5	2.0			E-5 澆注混凝土後	3.0	7.4																									
														8.6	13.7			E-5 工作車移出後	21.1	7.1																									
														12.4	5.8	2.1		F-6 澆注混凝土後	3.0	7.4	14.7																								
														19.7	8.9	13.9		F-6 工作車移出後	20.8	8.2	24.0																								
														12.9	6.1	2.3		G-7 澆注混凝土後	3.1	7.7	15.5																								
														20.5	9.4	14.2		G-7 工作車移出後	21.4	8.8	25.7																								
														21.8	13.0	5.4	2.0	H-8 澆注混凝土後	3.1	7.6	15.2	23.8																							
														30.8	21.5	9.5	14.5	H-8 工作車移出後	21.4	8.6	26.2	33.2																							
														24.0	14.2	6.8	2.6	I-9 澆注混凝土後	3.3	8.3	16.4	26.1																							
														30.9	21.6	6.9	14.2	I-9 工作車移出後	21.5	8.9	26.8	33.3																							
														38.2	22.7	13.8	6.5	2.4	J-10 澆注混凝土後	3.2	8.0	15.7	31.8	41.1																					
														42.5	29.5	20.1	8.7	13.4	J-10 工作車移出後	21.1	7.1	25.1	32.3	50.4																					
														40.7	24.9	14.9	7.1	2.7	K-11 澆注混凝土後	3.2	8.0	15.9	25.4	41.8																					
														45.1	31.7	21.6	9.4	14.0	K-11 工作車移出後	21.4	8.9	27.0	35.5	53.1																					
														54.2	38.7	23.6	14.1	6.7	2.5	L-12 澆注混凝土後	3.1	7.5	15.0	23.8	39.3	52.6																			
														60.7	43.5	30.9	21.6	9.8	14.1	L-12 工作車移出後	21.4	8.8	26.4	33.9	50.5	63.4																			
														59.2	42.6	26.1	15.5	7.4	2.8	M-13 澆注混凝土後	3.4	8.3	16.6	26.9	43.4	59.0	81.3																		
														67.0	48.2	34.2	22.6	10.1	14.1	M-13 工作車移出後	22.0	10.1	29.0	39.0	58.1	73.5																			
														75.9	56.8	40.8	25.0	14.8	7.1	2.6	N-14 澆注混凝土後	3.2	7.7	15.4	24.7	40.3	54.0	75.1																	
														82.0	62.5	45.3	32.2	21.7	9.6	14.3	N-14 工作車移出後	21.4	9.1	27.0	35.7	52.6	66.3	94.0																	
														81.6	51.2	43.8	26.9	15.9	7.7	2.9	O-15 澆注混凝土後	3.4	8.1	16.6	26.9	43.4	59.0	81.3																	
														90.9	69.2	50.2	35.8	23.5	10.4	14.3	O-15 工作車移出後	21.9	10.0	29.1	39.2	58.3	74.1	104.1																	
														96.1	75.4	56.6	40.6	24.8	14.7	7.1	2.6	P-16 澆注混凝土後	3.2	7.4	15.2	24.4	39.5	53.5	73.9	91.7															
														96.5	81.8	62.1	45.1	32.1	21.8	10.0	14.3	P-16 工作車移出後	21.6	8.8	27.1	35.0	52.4	65.6	93.6	98.5															
														107.1	85.6	62.6	44.7	27.4	16.2	7.2	2.9	Q-17 澆注混凝土後	3.8	8.3	16.8	27.5	44.1	60.3	83.3	104.2															
														109.7	91.8	69.3	49.5	34.8	23.5	11.4	14.2	Q-17 工作車移出後	21.6	9.5	28.8	38.5	58.2	73.3	104.1	113.6															
														122.1	97.5	76.3	57.2	41.0	25.0	14.8	7.4	2.5	R-18 澆注混凝土後	3.5	7.5	15.1	24.6	39.6	53.9	74.6	92.7	116.1													
														135.5	101.2	84.5	64.3	46.2	32.6	22.2	10.4	14.0	R-18 工作車移出後	21.8	9.2	27.4	35.8	53.7	68.4	96.2	104.2	129.2													
														130.1	104.0	81.1	60.6	43.2	26.3	15.4	6.9	2.7	S-19 澆注混凝土後	3.6	7.8	15.9	26.1	42.0	57.8	80.1	100.1	125.3													
														147.6	110.3	92.4	69.7	49.8	34.6	23.3	10.4	14.2	S-19 工作車移出後	21.7	9.9	28.5	38.7	57.5	74.2	104.7	114.2	142.3													
														139.9	116.1	93.0	72.8	54.6	39.1	23.7	14.0	7.5	2.4	T-20 澆注混凝土後	3.4	7.0	14.1	23.0	36.9	50.6	70.2	87.2	109.0	129.2											
														148.0	133.4	98.8	84.4	63.7	46.2	32.7	22.2	10.4	14.5	T-20 工作車移出後	21.7	9.0	27.2	34.9	52.4	65.6	93.5	100.6	125.6	128.9											
														156.0	129.1	102.9	80.1	59.8	42.5	25.8	15.2	7.5	2.7	U-21 澆注混凝土後	3.6	7.6	15.4	25.5	40.5	56.6	78.6	98.4	123.6	147.8											
														163.0	145.7	108.4	91.0	68.4	48.8	34.3	23.0	10.4	14.1	U-21 工作車移出後	21.4	9.7	27.8	37.2	55.0	69.6	107.9	137.2	161.2												
														158.0	136.0	113.0	90.4	70.8	53.1	38.0	23.0	13.6	6.7	2.4	V-22 澆注混凝土後	3.3	6.7	13.4	22.1	35.1	48.7	67.6	83.8	104.9	124.7	147.4									
														169.1	138.6	125.9	95.5	78.4	59.6	47.7	29.9		8.6	13.5	V-22 工作車移出後	20.6	7.7	24.6	32.2	48.6	60.6	87.0	92.3	115.7	116.8	168.4									
														179.4	153.1	126.7	100.8	78.3	58.4	41.5	25.2	14.8	7.4	2.7	W-23 澆注混凝土後	3.5	7.3	14.8	24.6	38.9	54.9	76.2	95.5	120.2	144.0	170.8									
														190.6	155.0	141.0	105.9	87.8	66.6	53.1	33.6	23.2	11.0	14.8	W-23 工作車移出後	21.8	10.0	27.6	35.6	53.4	67.6	95.8	102.9	129.4	133.0	188.0									
														166.1	151.6	130.4	108.7	86.9	68.0	51.1	36.6	22.1	13.1	6.5	2.3	X-24 澆注混凝土後	3.2	6.3	12.6	20.8	32.9	46.2	64.0	79.3	99.2	117.8	138.9	152.3							
														182.2	152.3	125.4	116.9	86.7	74.5	57.6	41.3	29.4	20.5	9.8	14.5	X-24 工作車移出後	21.5	8.2	24.3	30.5	45.5	56.5	80.5	82.6	104.3	100.5	148.9	174.0							
														21.6	174.9	149.0	123.2	97.8	75.9	56.6	40.3	24.4	14.4	7.2	2.6	Y-25 澆注混凝土後	3.4	6.9	14.0	23.5	37.0	52.6	73.1	91.7	115.5	138.6	164.8	188.6							
														200.1	136.5	124.9	92.3	78.1	59.3	42.1	29.7	20.8	9.5	14.1	Y-25 工作車移出後	20.7	7.7	24.5	29.9	44.1	58.1	83.5	87.9	110.9	110.3	161.9	191.6								
														181.5	157.0	143.5	123.6	103.3	82.6	64.7	48.7	35.0	21.1	12.5	6.3	2.2	Z-26 澆注混凝土後	3.0	5.7	11.6	19.4	30.5	43.1	59.8	73.8	92.2	109.2	128.6	140.3	153.3					
														226.8	167.3	145.2	114.2	107.3	79.0	68.5	52.8	37.4	27.0	19.2	8.5	14.0	Z-26 工作車移出後	20.7	7.3	22.5	27.5	41.5	50.7	73.1	73.1	90.5	84.5	129.3	152.8	200.3					
														217.7	187.2	168.0	143.0	118.3	93.8	72.8	5																								

表 7-29(7) P_D 南車道工作車施工期間拱度紀錄

S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	梁	简	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19							
309.0	313.9	303.8	284.1	258.1	226.8	189.4	158.7	127.0	100.6	78.1	62.1	50.1	45.6	36.0	30.6	30.6	9.4	原设计预拱度		14.3	35.9	32.9	37.9	39.8	48.0	53.3	70.9	88.2	109.1	134.5	163.0	185.7	203.4	216.0	220.5	209.1	175.1							
309.0	314.0	304.0	284.0	258.0	207.0	172.0	146.0	120.0	101.0	78.0	62.0	50.0	46.0	36.0	31.0	31.0	9.0	施工时修正预拱度		14.0	36.0	33.0	38.0	40.0	48.0	53.0	71.0	88.0	114.0	146.0	182.0	212.0	241.0	263.0	277.0	267.0	222.0							
																	11.0	9.4	65.11.28	C-3 灌注混凝土土后	12.9	16.5																						
																	18.9	-6.4	18°C		12.2	35.1																						
																	11.3	9.5	65.12.2	工作车移出后	13.1	16.9																						
																	17.6	-9.0	18°C		12.2	34.9																						
																	15.0	11.3	9.5	65.12.8																								
																	18.3	17.0	-7.1	19°C	12.3	34.1	23.9																					
																	15.7	11.7	9.6	65.12.9																								
																	17.7	17.1	-6.5	12°C	12.9	16.8	17.0																					
																	18.8	15.6	11.6	9.5	11.9	15.2	15.2	19.0	22.4	30.8	34.0																	
																	30.5	17.1	17.7	-6.3	18°C	12.4	16.0	15.9	19.5																			
																	20.1	16.3	12.0	9.7	11.9	33.1	23.1	36.9																				
																	30.5	17.8	18.2	-6.2	19°C	11.9	33.1	23.1	36.9																			
																	29.1	19.4	15.9	11.8	9.6	12.2	15.7	19.3	21.7																			
																	40.5	29.5	17.1	17.4	-6.7	22°C	10.5	23.3	22.8	36.9	32.9																	
																	31.1	20.7	16.6	12.1	9.7	12.2	16.2	16.6	20.9	24.0																		
																	41.8	31.0	18.1	17.9	-6.4	20°C	12.2	33.6	24.0	38.6	34.8																	
																	33.1	29.7	19.8	16.0	11.8	9.5																						
																	57.1	40.5	30.3	17.9	17.9	-6.3	22°C	11.1	32.8	22.1	35.9	31.3	54.5															
																	37.0	32.3	21.4	16.9	12.2	9.7																						
																	61.2	43.7	32.8	18.7	18.4	-6.2	13°C	12.2	16.1	16.5	21.1	24.7	34.7															
																	44.7	34.6	30.6	20.3	16.3	11.9	9.5	66.1.2																				
																	69.3	57.1	41.4	30.9	17.7	17.7	-6.4	16°C	11.7	15.2	15.2	19.0	22.4	30.8	34.0													
																	51.5	39.4	33.8	22.3	17.3	12.4	9.8	66.1.4																				
																	75.7	62.1	43.3	32.8	18.6	18.2	-6.2	13°C	11.4	33.2	22.9	37.9	34.9	58.6	57.4													
																	59.9	47.5	36.4	31.7	21.0	16.6	12.0	9.6	66.1.9																			
																	89.4	71.2	58.4	42.2	31.6	17.9	18.0	-6.4	19°C	11.0	32.1	20.6	35.5	31.5	54.3	49.9	69.3											
																	69.0	54.0	41.1	35.0	22.9	17.7	12.5	9.8	66.1.11																			
																	99.3	79.5	64.1	45.5	32.5	18.1	17.6	-7.0	19°C	11.9	15.9	16.6	21.7	26.9	37.6	44.1	61.2											
																	80.4	63.4	49.9	38.0	32.3	21.5	16.8	12.1	9.6	66.1.18																		
																	90.9	93.5	75.3	61.5	43.7	31.7	18.0	17.7	-6.5	15°C	11.3	15.0	15.1	19.3	23.4	32.7	37.7	53.1	66.1									
																	92.2	72.4	56.6	42.8	35.5	23.5	17.9	12.6	9.8	66.1.18																		
																	102.9	103.3	81.7	65.9	46.5	33.4	19.0	18.3	-6.1	16°C	10.9	31.9	22.0	37.5	35.1	60.1	60.3	82.9	106.9									
																	97.3	77.8	61.2	48.1	36.5	31.0	20.4	15.8	12.2	9.6	1.22																	
																	115.8	96.5	98.2	78.3	63.3	44.3	32.5	18.9	18.5	-6.1	18°C	11.2	14.9	14.9	19.3	23.5	33.1	38.4	54.7	68.9	89.5							
																	112.5	89.7	70.2	54.8	41.2	34.1	22.3	16.9	12.7	9.8	1.25																	
																	133.2	112.3	109.4	86.0	68.4	47.9	34.6	16.9	18.4	-6.1	18°C	11.5	15.6	16.4	21.8	27.3	38.7	46.2	65.2	83.6	107.3							
																	120.2	96.7	77.1	60.5	47.5	36.1	30.9	20.4	15.9	12.2	9.6	1.29																
																	135.8	121.4	102.6	104.8	80.9	65.8	46.4	33.9	19.6	18.8	-6.2	14°C	10.4	31.8	21.8	37.4	35.2	60.9	63.0	86.8	112.6	135.3						
																	140.0	110.7	89.7	70.1	54.7	31.2	34.2	22.5	16.9	12.7	9.8	2.1																
																	146.0	130.9	108.7	107.4	84.5	67.3	47.4	34.3	19.5	18.5	-6.1	15°C	11.4	15.5	16.2	21.6	27.2	38.7	46.4	66.0	84.9	109.6	139.2					
																	141.0	120.8	97.2	77.5	60.8	49.7	36.1	30.8	20.4	15.6	12.2	9.6	2.8															
																	153.0	133.0	120.7	101.1	101.4	80.2	64.4	45.7	33.3	19.2	18.2	-6.1	12°C	10.8	14.5	14.5	18.9	23.1	32.8	38.4	56.1	72.7	93.1	119.1	148.9			
																	160.1	136.5	109.8	87.2	68.2	53.1	39.3	33.2	20.2	16.5	12.7	9.8	2.8															
																	161.1	141.7	127.0	104.8	104.0	81.8	65.4	46.6	33.6	19.1	18.4	-6.4	16°C	11.1	15.1	15.7	20.9	26.3	37.4	44.8	64.5	83.5	106.5	135.1	167.2			
																	170.9	139.9	120.2	96.7	77.0	60.5	46.5	36.3	31.2	20.9	15.9	12.2	9.5	2.14														
																	169.7	138.3	123.1	131.0	93.1	94.3	74.7	60.7	42.4	31.2	18.0	18.1	-6.3	16°C	10.3	31.4	20.1	34.3	30.9	54.5	54.1	75.4	98.4	115.7	147.6			
																	194.2	159.1	135.7	109.2	86.8	77.9	52.0	40.1	33.7	22.5	16.8	12.6	9.7	2.38														
																	192.3	160.6	139.2	124.9	104.0	102.7	81.5	65.5	47.0	34.3	19.8	19.3	-6.2	22°C	11.4	15.5	16.2	21.6	27.2	38.7	46.4	66.0	84.9	109.6	139.2			
																	213.7	170.5	139.2	119.5	96.3	76.7	60.3	46.5	36.8	31.1	20.8	15.9	12.1	9.5	3.3													
																	205.2	180.3	154.3	130.7	118.3	98.9	99.6	78.7	63.9	45.7	33.3	19.8	19.1	-6.3	13°C	10.9	14.7	15.1	20.0	25.0	35.8	43.1	61.6	79.9	102.0	129.7	160.9	195.2
																	242.3	194.1	158.6	135.2	108.9	96.6	67.8	52.1	40.7	33.7	22.4	16.8	12.5	9.6	3.7													
																	239.5	185.1	157.8	136.6	121.2	100.6	80.2	63.0	44.1	32.2	18.3	17.9	-6.1	14°C	8.7	28.5	17.1	30.5	25.4</									

附註：

一、本表單位爲公厘（mm）。

二、原設計預拱度：係承包商提供之計算資料，未考慮工作車施工期間因混凝土潛變所造成之撓度。

三、施工時修正預拱度：

1. P_s 與 P_0 係依各節施工時間不同之混凝土潛變
：係數 ϕ (0.1 ~ 0.5) 計算而得之預拱值。

2. P_A 與 P_E 係依 P_B 與 P_D 施工後實際拱度變化結果予以調整後所得之預拱值。

3. P_c 未考慮。

四表中上欄係施工中各階段計算拱度值：各墩已考慮如附註三 1. 2. 3. 所提之潛變因素。

五表中下欄係施工中各階段實測拱度值。

表 7-29 (8) P_D 北車道工作車施工期間拱度紀錄[illegible]

附註：

一本表單位爲公厘 (mm)。

二原設計預拱度：係承包商提供之計算資料，未考慮工作車施工期間因混凝土潛變所造成之撓度。

三、施工時修正預拱度：

1. P_B 與 P_D 係依各節施工時間不同之混凝土潛變
：係數 ϕ (0.1 ~ 0.5) 計算而得之預拱值。

2. P_A 與 P_E 係依 P_B 與 P_D 施工後實際拱度變化結果予以調整後所得之預拱值。

3. P_c 未考慮。

四表中上欄係施工中各階段計算拱度值：各墩已考慮如附註三 1. 2. 3. 所提之潛變因素。

五表中下欄係施工中各階段實測拱度值。

表 7-29 (9) P_E 南車道工作車施工期間拱度紀錄

K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	梁 節	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
170.0	160.2	-3.0	23.7	10.6	81.1	63.4	-9.8	39.9	15.9	原設計預拱度	1.1	17.4	15.7	15.9	17.0	15.1	9.6	-2.8	-23.1	-51.4	
170.0	172.0	157.0	139.0	116.0	92.0	71.0	55.0	43.0	14.0	施工時修正預拱度	1.0	21.0	23.0	29.0	36.0	41.0	39.0	30.0	12.0	23.0	
								26.6	13.7	06.6.9	-0.7	3.0									
								44.1	22.6	28°C	6.2	22.7									
									27.5	14.1	06.6.20	0.0	4.7								
								44.2	23.7	27°C	5.8	21.2									
								42.5	26.9	13.9	06.6.24	-0.7	3.5	7.6							
								54.2	-3.6	23.6	28°C	4.8	20.2	16.6							
								44.2	27.7	14.2	06.6.27	-0.2	4.9	10.7							
								55.8	44.2	24.0	30°C	5.8	21.3	18.0							
								57.9	-2.7	26.6	13.9	06.7.1	-1.1	3.4	8.7	14.1					
								65.2	53.5	-3.7	24.1	28°C	5.1	19.5	15.5	30.0					
								60.4	44.3	27.5	14.2	06.7.4	-0.3	4.4	10.6	16.8					
								68.4	56.2	-6.8	20.1	28°C	5.9	21.7	19.2	35.3					
								76.6	57.3	-2.4	26.7	13.9	06.7.8	-1.3	2.5	7.1	11.5	18.1			
								94.9	66.5	55.0	-3.9	24.1	30°C	4.2	18.6	14.2	28.6	35.3			
								82.3	61.0	-4.5	27.7	14.3	06.7.12	-0.6	3.9	9.8	15.2	22.4			
								103.3	72.7	58.9	-5.4	24.2	30°C	5.6	21.0	18.6	25.2	44.0			
								98.0	74.9	56.4	-0.6	26.2	13.9	06.7.17	-1.7	1.8	6.0	9.2	13.5	19.7	
								116.9	96.7	66.9	56.8	-9.9	24.5	28°C	2.7	25.4	20.8	23.6	27.7	28.8	
								106.2	80.1	60.0	-3.4	27.1	14.2	06.7.20	-1.0	3.3	8.8	13.9	20.3	28.6	
								127.2	104.9	73.9	-6.4	26.1	25.3	28°C	3.7	18.3	14.3	38.6	37.0	40.1	
								115.9	92.8	71.1	54.7	-0.3	25.7	13.8	06.7.24	-2.0	0.9	4.0	5.9	8.1	10.4
								131.1	117.8	98.1	69.8	58.5	-5.6	25.0	27°C	2.7	15.5	10.1	22.1	25.6	24.2
								126.4	100.8	77.3	58.3	-2.3	26.6	14.2	06.7.27	-1.5	2.2	6.7	10.2	14.1	18.1
								141.9	125.6	104.9	75.4	-6.4	26.4	24.0	26°C	2.4	11.8	11.7	25.8	31.4	33.0
								127.8	107.0	86.8	67.8	52.4	39.0	25.0	13.7	06.8.4	-2.7	-0.4	1.9	2.3	2.4
								135.1	121.8	111.0	94.3	66.6	55.4	-6.4	24.4	30°C	0.1	11.6	2.7	17.6	10.9
								144.0	119.5	95.9	74.2	56.5	41.4	26.1	14.1	06.8.9	-2.1	0.5	4.8	7.1	9.6
								147.9	143.1	121.5	101.2	72.2	59.3	-6.8	25.3	28°C	0.5	12.5	5.2	15.7	17.4
								135.1	97.9	80.5	63.8	50.0	37.7	24.4	13.5	06.8.10	-3.5	-1.9	-0.9	-2.3	-4.7
								145.8	119.2	103.8	89.4	64.4	54.6	24.9	13.9	30°C	-0.4	8.7	-2.6	4.0	0.8
								151.1	129.4	106.0	88.9	69.7	53.7	39.9	25.4	13.9	06.8.23	-2.8	-0.3	2.3	3.5
								159.3	133.9	120.1	109.6	92.7	55.6	-5.2	24.4	28°C	-0.3	9.8	0.0	1.8	
								109.6	100.2	93.4	75.2	66.1	53.5	-2.8	33.1	21.6	12.2	06.8.31	-2.4	-0.1	
								98.7	104.2	84.5	87.0	85.1	75.9	54.7	-4.3	22.1	25.4	28°C	-0.6	8.8	
								144.5	128.0	114.9	91.2	77.6	61.4	-4.8	35.8	22.9	12.7	06.9.6	-1.6	1.8	
								151.1	146.3	117.3	111.5	102.9	88.1	62.9	53.9	-4.3	24.7	28°C	-1.8	8.5	
								168.9	164.4	143.7	113.0	93.4	72.1	54.5	39.4	24.6	13.3	06.9.9	-0.1	3.7	
								152.8	158.9	120.2	114.0	104.8	89.5	63.6	54.1	46.8	24.8	30°C	-0.9	9.3	

附註：

一、本表單位為公厘 (mm)。

二、原設計預拱度：係承包商提供之計算資料，未考慮工作車施工期間因混凝土潛變所造成之撓度。

三、施工時修正預拱度：

1. P_0 與 P_0 係依各節施工時間不同之混凝土潛變：係數 ϕ (0.1~0.5) 計算而得之預拱值。2. P_A 與 P_E 係依 P_0 與 P_0 施工後實際拱度變化結果予以調整後所得之預拱值。3. P_c 未考慮。

四、表中上欄係施工中各階段計算拱度值：各墩已考慮如附註三 1. 2. 3. 所提之潛變因素。

五、表中下欄係施工中各階段實際拱度值。

六、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

七、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

八、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

九、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

十、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

十一、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

十二、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

十三、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

十四、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

十五、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

十六、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

十七、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

十八、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

十九、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

二十、表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

附註：1. 本表單位為公厘 (mm)。

2. 表中上欄係施工中各階段計算拱度值：各墩已考慮如附註三 1. 2. 3. 所提之潛變因素。

3. 表中下欄係施工中各階段實際拱度值。

4. 表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

5. 表中「原設計預拱度」係指原設計圖中各墩已考慮之潛變因素。

~ 270 ~

K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	梁 節	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
170.0	-60.2	-43.0	123.7	101.6	81.1	63.4	-9.8	34.9	13.9	原設計預拱度	1.1	17.4	15.7	15.9	17.0	15.2	9.6	-2.8	-23.1	-51.4
170.0	-72.0	-57.0	139.0	116.0	92.0	71.0	56.0	-3.0	-4.0	施工時修正預拱度	1.0	21.0	23.0	29.0	36.0	-1.0	39.0	30.0	2.0	23.0
								26.6	13.7	66.7.21	-0.7	3.0								
								-5.3	22.5	35°C	-10.0	19.8								
								27.5	14.1	66.7.24	0.0	-4.7								
								-7.0	27.2	27°C	-10.1	19.9								
								-2.5	26.9	66.7.30	-0.7	3.5	7.6							
								-8.9	-6.0	25°C	-9.1	17.5	22.0							
								-2.2	27.7	66.8.6	-0.2	-4.9	10.7							
								-8.2	-6.0	35°C	-11.0	17.8	21.6							
								57.9	-1.7	66.8.10	-1.1	3.4	8.7	14.1						
								73.8	-9.7	26°C	-12.2	15.8	20.6	23.6						
								60.0	-4.3	66.8.14	-0.3	-4.0	10.6	-6.8						
								75.1	5.9	30°C	-11.7	17.3	22.4	26.6						
								76.6	57.3	66.8.18	-1.3	2.5	7.1	11.5	18.1					
								92.8	80.1	26°C	-12.0	16.2	19.8	22.8						
								82.3	61.0	66.8.21	-0.6	3.9	9.8	-15.2	22.4					
								92.8	80.1	27°C	-11.7	17.5	22.1	26.0	29.4					
								48.0	74.9	66.8.28	-1.7	1.6	6.0	9.2	1.5	15.7				
								106.1	86.6	27°C	-12.9	14.4	17.4	28.9	19.6	37.5				
								105.2	80.1	66.9.1	-1.0	3.3	8.8	13.9	20.3	28.6				
								114.5	92.7	26°C	-12.8	16.0	20.4	23.8	26.3	-9.6				
								115.9	92.8	66.9.6	-2.0	7.9	-4.0	5.9	8.1	12.4	11.7			
								-47.5	104.6	26°C	-14.7	12.1	13.7	24.2	13.5	22.7	27.7			
								-26.4	100.8	66.9.9	-1.5	2.2	6.7	10.2	14.1	18.1	20.5			
								-62.8	116.2	26°C	-12.0	14.9	18.2	20.9	22.1	34.5	-20.1			
								-27.5	107.0	66.9.13	-2.7	-7.4	1.9	2.3	2.4	2.0	0.7	-5.0		
								-10.1	158.9	26°C	-15.1	-10.7	10.6	8.2	5.9	1.1	12.0	4.5		
								144.0	119.5	66.9.16	-2.1	0.5	-4.8	7.1	9.6	11.8	12.1	11.8		
								157.4	152.0	26°C	-12.2	15.0	14.2	14.2	13.8	22.7	26.2	20.6		
								133.4	97.9	66.9.21	-3.5	-1.9	-0.9	-2.3	-4.7	-8.6	-15.6	-34.9		
								123.5	129.5	27°C	-15.2	10.3	9.8	6.8	1.4	63.0	2.4	-9.7	-20.7	
								15.4	124.4	66.9.25	-6.2	-0.3	2.3	3.5	5.4	-4.6	3.0	-0.7	1.5	
								158.0	136.4	26°C	-15.8	9.5	8.8	6.4	1.8	6.7	6.5	-3.8	-9.0	
								129.6	120.2	66.9.31	-2.4	-0.2	1.7	1.1	1.1	-0.5	-4.1	-8.4	-10.9	-6.1
								126.0	126.0	26°C	-15.4	8.2	5.7	7.1	1.1	-4.8	-10.0	-12.0	-29.2	-40.1
								122.5	122.5	66.9.4	-1.6	1.5	5.3	7.5	9.6	1.4	10.6	10.9	19.1	
								121.6	121.6	26°C	-15.5	7.5	5.6	5.6	5.6	1.5	-7.6	-27.8	-21.5	
								188.9	166.4	66.9.11	-0.1	3.7	10.9	16.1	21.8	26.8	29.8	21.1	21.1	51.2
								172.7	158.7	27°C	-14.2	12.6	13.8	13.6	12.0	20.8	25.5	22.1	21.1	37.0

一、本表單位爲公厘（mm）。

二原設計預拱度：係承包商提供之計算資料，未考慮工作車施工期間因混凝土潛變所造成之撓度。

三、施工時修正預拱度：

1. P_s 與 P_0 係依各節施工時間不同之混凝土潛變
：係數 ϕ (0.1 ~ 0.5) 計算而得之預拱值。

2. P_A 與 P_E 係依 P_B 與 P_D 施工後實際拱度變化結果予以調整後所得之預拱值。

3. P_c 未考慮。

四表中上欄係施工中各階段計算拱度值：各墩已考慮如附註三 1. 2. 3. 所提之潛變因素。

互表中下欄係施工中各階段實測拱度值。

表 7-29 (11) 北車道鉸接施工期間拱度紀錄

日期 溫度		A-T	A-S	A-R	A-18	A-19	A-20 B-T	B-S	B-R	B-18	B-19	B-20 C-R	C-Q	C-P	C-16	C-17	C-18 D-T	D-S	D-R	D-18	D-19	D-20 E-L	E-K	E-J	E-10	E-11	E-12
66.6.18 26°C	C-D(N) 鉸接澆注混凝土前												288.6	254.1	267.5	289.5		338.7	308.8	205.3	225.3						
66.6.19 27°C	C-D(N) 鉸接澆注混凝土後												288.6	254.1	202.1	217.8	230.9	214.9	199.7	240.8	263.0						
66.6.25 26°C	Pss 拆除工作車後一週							411.1	376.3	342.4	365.5		288.6	254.1													
66.7.18 26°C	C-D(S) 鉸接澆注混凝土前							391.1	310.7	299.8	350.0		309.9	255.0													
66.7.19 28°C	C-D(S) 鉸接澆注混凝土後												281.4	249.6	202.1	217.8	230.9	214.9	199.7	240.8	263.0						
66.7.27 26°C	"												289.7	237.5	114.1	154.4	153.0	167.8	116.5	243.4	287.3						
66.8.1 25°C	"												281.4	249.6	202.1	217.8	230.9	214.9	199.7	240.8	263.0						
66.8.23 26°C	B-C(N) 鉸接澆注混凝土前							415.5	379.3	335.8	359.7		281.4	244.9	202.1	217.8	230.9	214.9	199.7	240.8	263.0						
66.8.23 27°C	B-C(N) 鉸接澆注混凝土後							407.7	327.6	125.0	161.0		281.4	244.9	202.1	217.8	230.9	214.9	199.7	240.8	263.0						
66.8.27 26°C	B-C(N) 附加鋼筋預力前							464.6	425.7	211.1	224.9	232.0	219.1	193.5	202.1	217.8	230.9	214.9	199.7	240.8	263.0						
66.9.4 28°C	B-C(S) 鉸接澆注混凝土前							464.6	425.7	211.1	224.9	232.0	219.1	193.5	202.1	217.8	230.9	214.9	199.7	240.8	263.0						
66.9.4 31°C	B-C(S) 鉸接澆注混凝土後							432.2	350.4	125.1	162.8	151.7	152.8	120.7	98.2	137.5	130.8	147.6	97.5	237.5	281.3						
66.9.13 30°C	Pc 主鋼筋預力前							464.6	425.7	211.1	224.9	232.0	219.1	193.5	202.1	217.8	230.9	214.9	199.7	240.8	263.0						
66.9.18 26°C	Pc 主鋼筋預力後							410.9	352.4	100.0	127.8	123.2	124.1	97.8	78.3	114.8	107.3	125.1	76.6	222.4	264.2						
66.10.6 24°C	"	16.6	22.5	443.6	464.0			471.0	429.6	201.0	215.0	223.8	210.4	187.7	189.3	203.7	215.4	201.3	183.8								
66.10.14 23°C	D-E(S) 鉸接澆注混凝土前							390.3	313.5	124.3	150.2	152.4	154.1	122.3	110.7	151.9	147.1	163.7	113.1								
66.10.15 25°C	D-E(S) 鉸接澆注混凝土後	16.6	22.5	443.6	464.0			471.0	429.6	201.0	215.0	223.8	210.4	187.7	189.3	203.7	215.4	201.3	183.8	249.8	264.7						
66.10.28 23°C	A-B(N) 鉸接澆注混凝土前	16.6	22.5	443.6	464.0			471.0	429.6	201.0	215.0	223.8	210.4	187.7	189.3	203.7	215.4	201.3	183.8	249.8	264.7						
66.10.28 27°C	A-B(N) 鉸接澆注混凝土後	4.6	9.3	337.9	334.4			336.6	268.1	131.1	163.1	156.5	157.9	125.4													
66.10.31 25°C	D-E(N) 鉸接澆注混凝土前							471.0	429.6	201.0	215.0	223.8	210.4	187.7	189.3	203.7	215.4	201.3	183.8	249.8	264.7						
66.11.2 21°C	D-E(N) 鉸接澆注混凝土後	16.6	22.5	443.6	464.0			471.0	429.6	201.0	215.0	223.8	210.4	187.7	189.3	203.7	215.4	201.3	183.8	249.8	264.7						
66.11.2 22°C	D-E(N) 鉸接澆注混凝土後	4.6	9.3	337.9	334.4			336.6	268.1	131.1	163.1	156.5	157.9	125.4													
66.11.5 22°C	A-B(S) 鉸接澆注混凝土前	5.8	15.1	342.0	355.0	368.0	368.0	346.2	318.3	221.4	235.2	243.5	228.4	203.0													
66.11.5 22°C	A-B(S) 鉸接澆注混凝土後	5.8	15.1	342.0	355.0	368.0	368.0	346.2	318.3	221.4	235.2	243.5	228.4	203.0													

附註：1.本表單位為公厘（mm）。

2.表格中上欄為承包商，依潛變係數 $\phi = 2.5$ 。

計算之各階段拱度值。

3.表格中下欄為施工中實測之拱度值。

4.表中「鉸接澆注混凝土前」底版部分已先行澆注混凝土完畢。

表 7-29 (12) 南車道鉸接施工期間拱度紀錄

日期 溫度		A-T	A-S	A-R	A-18	A-19	A-20 B-T	B-S	B-R	B-18	B-19	B-20 C-R	C-Q	C-P	C-16	C-17	C-18 D-T	D-S	D-R	D-18	D-19	D-20 E-L	E-K	E-J	E-10	E-11	E-12
66.6.18 26°C	C-D(N) 双接澆注混凝土前														267.5	289.5		338.7	308.8	225.3	237.5						
66.6.19 27°C	C-D(N) 双接澆注混凝土後												281.4	244.9	267.5	289.5		338.7	308.8	225.3	237.5						
66.6.25 26°C	Pss 拆除工作車後一週							411.1	376.3	342.4	365.5		281.4	244.9													
66.7.18 26°C	C-D(S) 双接澆注混凝土前							429.1	321.2	310.9	359.9		267.9	208.7													
66.7.19 28°C	C-D(S) 双接澆注混凝土後												281.4	244.9	267.5	289.5		338.7	308.7	225.3	237.5						
66.8.23 26°C	B-C(N) 双接澆注混凝土前							415.5	379.3	335.8	359.7		281.4	244.9	202.1	217.8	230.9	216.9	199.7	263.0	276.8						
66.8.23 27°C	B-C(N) 双接澆注混凝土後							459.7	350.4	210.1	252.0		229.7	174.5	108.0	149.0	148.4	153.8	62.9	268.5	322.4						
66.8.27 26°C	B-C(N) 附加鋼筋預力前							415.5	379.3	335.8	359.7		281.4	244.9	202.1	217.8	230.9	216.9	199.7	263.0	276.8						
66.9.4 28°C	B-C(S) 双接澆注混凝土前							448.5	340.0	177.3	216.3		203.6	152.2	90.5	131.2	128.3	135.0	46.7	251.2	304.3						
66.9.4 31°C	B-C(S) 双接澆注混凝土後							415.5	379.3	335.8	359.7		281.4	244.9	202.1	217.8	230.9	216.9	199.7	263.0	276.8						
66.9.13 30°C	Pc 主鋼筋預力前							481.9	372.5	153.8	192.1		184.9	135.5	96.3	137.9	136.5	143.0	53.7	259.6	313.0						
66.9.18 26°C	Pc 主鋼筋預力後							464.6	425.7	211.1	224.9	232.0	219.1	193.5	202.1	217.8	230.9	216.9	199.7	263.0	276.8						
66.9.25 25°C	B-C(S) 拆吊架模板							468.3	358.3	93.7	124.5	116.7	119.5	80.1	77.0	116.4	113.9	120.5	48.4	239.5	289.9						
66.10.8 24°C	"							457.3	418.8	229.9	244.8	253.2	239.1	211.3	219.7	236.6	250.5	235.3	199.8	257.9	271.5						
66.10.14 23°C	D-E(S) 双接澆注混凝土前							473.4	363.5	138.0	166.1	160.7	159.2	115.8	106.5		152.6	54.2	212.5	261.0							
66.10.15 25°C	D-E(S) 双接澆注混凝土後	12.2	19.5	450.2	469.8			471.0	429.6	201.0	215.0	223.8	210.4	187.7	201.2	216.8	229.5	215.7	198.5	151.0	158.4	164.7	152.0	132.9	6.6	2.6	
66.10.22 27°C	"	21.4	86.8	487.5	461.5			432.4	326.9	135.0	169.6	161.9	160.2	113.3	112.2	156.2	150.4	155.8	69.3	86.5	121.7	172.5	109.6	201.2	23.5	-5.2	
66.10.28 23°C	A-B(N) 双接澆注混凝土前	12.2	19.5	450.2	469.8			471.0	429.6	201.0	215.0	223.8	210.4	187.7	201.2	216.8	229.5	215.7	198.5	151.0	158.4	164.7	152.0	132.9	6.6	2.6	
66.10.28 27°C	A-B(N) 双接澆注混凝土後	32.0	95.4	466.9	441.3			425.0	319.2	135.0	169.7		161.2	125.3			115.6	161.4	73.3	85.0	121.4	171.6	109.4	202.0	28.2		
66.11.2 21°C	D-E(N) 双接澆注混凝土前	16.6	22.5	443.6	464.0			471.0	429.6	201.0	215.0	223.8	210.4	187.7													
66.11.2 21°C	D-E(N) 双接澆注混凝土後	17.0	81.0	428.1	399.9			395.0	295.2	135.5	170.2	160.8	161.3	115.9													
66.11.5 22°C	A-B(S) 双接澆注混凝土前	16.6	22.5	443.6	464.0			471.0	429.6	201.0	215.0	223.8	210.4	187.7													
66.11.5 22°C	A-B(S) 双接澆注混凝土後	17.8	83.2	413.5	383.1			376.8	278.6	135.7	171.3	161.9	161.6	116.0													
66.11.2 21°C	D-E(N) 双接澆注混凝土前														201.2	216.8	229.5	215.7	198.5	151.0	158.4	164.7	152.0	132.9	6.6	2.6	
66.11.2 22°C	D-E(N) 双接澆注混凝土後														115.3	158.8	157.7	163.7	74.3	85.5	123.6	174.3	109.3	204.3	17.8	-11.8	
66.11.5 22°C	A-B(S) 双接澆注混凝土前														201.2	216.8	229.5	215.7	198.5	151.0	158.4	164.7	152.0	132.9	6.6	2.6	
66.11.5 22°C	A-B(S) 双接澆注混凝土後														127.7	173.3	172.6	177.6	86.8	99.1	158.4	189.5	125.5	216.1	18.4	-11.1	
66.11.5 22°C	A-B(S) 双接澆注混凝土前														201.2	216.8	229.5	215.7	198.5	151.0	158.4	164.7	152.0	132.9	6.6	2.6	
66.11.5 22°C	A-B(S) 双接澆注混凝土後														128.0	173.4	172.3	177.3	87.5	93.0	132.0	183.0	119.2	211.0	19.4	-10.4	

附註：1.本表單位為公厘(mm)。

2.表格中上欄為承包商，依潛變係數 $\phi = 2.5$ 計算之各階段拱度值。

3.表格中下欄為施工中實測之拱度值。

4.表中「双接澆注混凝土前」底版部分已先行澆注混凝土完畢。

3-14 橋墩 C 預拱量不足之檢討

橋墩 C 南車道施工至第14節（該墩共18節）時發現實際之預拱量（又稱拱勢）較預計者有愈來愈小之情事，就是撓度（Deflection）較預計者為大之現象，其情勢如圖 7-89 所示。本工務所於察覺後即於工地與承包商共商其原因，承包商認為

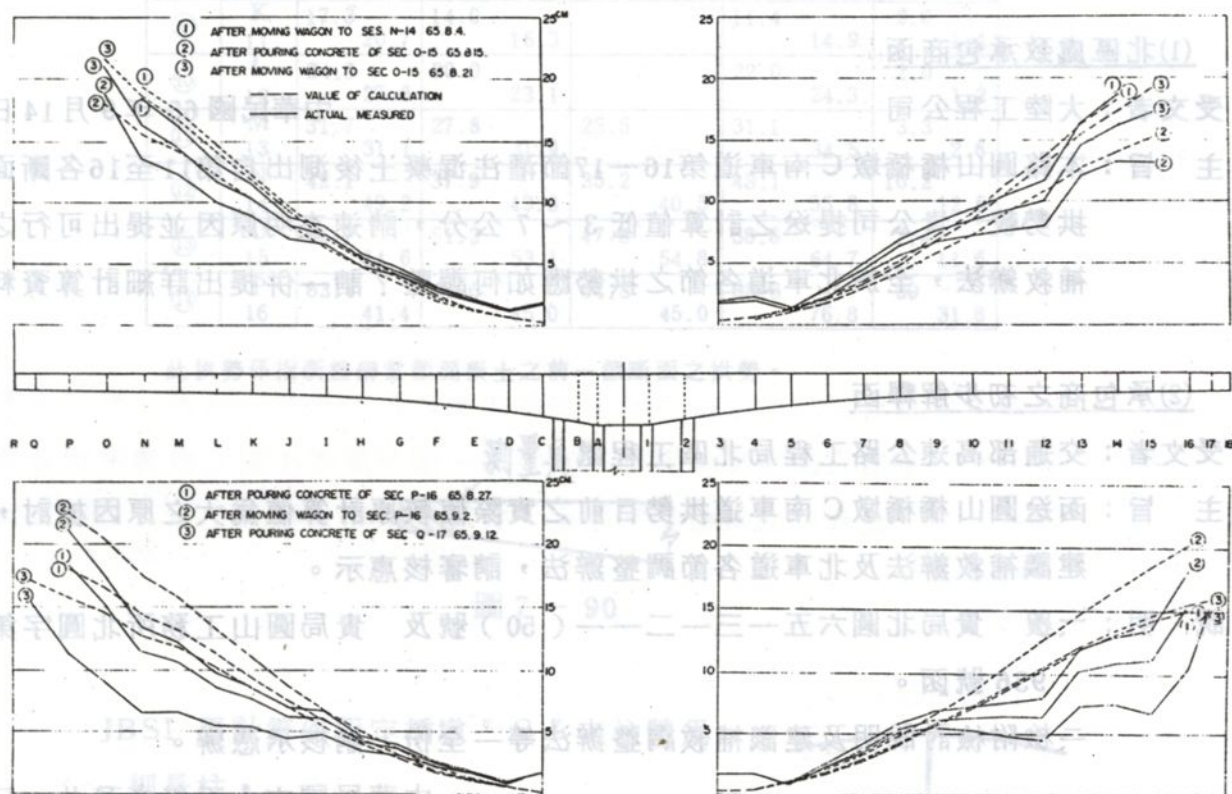


圖 7-89 Pc 預拱變化情形

係可能由於用於計算之混凝土重量與實際者稍有差別，及橋墩 C 柱體之剛性與實際有差別所致，並提出說明書（詳下列附件）。惟本工務所認為事態嚴重，乃呈報上級並隨即召開緊急研討會，邀請原設計顧問工程司 T.T.Lin 公司、承包商之支援顧問工程師 JBSI 等人員會商研討可能原因及以後之對策，討論之結果認為情勢雖不甚嚴重，惟仍須求得某些對策，討論之結果如下列之附件。

為使讀者有真實之體會及了解，所有有關文件均照原始文字刊出。其中用辭上有拱勢較大或較小等混淆不清之嫌，係執筆者之觀念所致，實際上係指預拱（pre-camber）則向上，指撓度則向下之分別所致，實際情況係實測之預拱度較預計者為低，亦就是實測之標高較預計之標高為低，請讀者注意。

研討結果之文件

- (1) 北工處致承包商函。
- (2) 承包商之初步解釋函。

(3)研討會會議紀錄。

(4) JBSI Dr. Inomata 之見解。

(5)承包商至北工處之建議函。

(6) T.Y. Lin 公司 Mr. Kam Lo 之建議函。

(1)北區處致承包商函

受文者：大陸工程公司

中華民國 65 年 9 月 14 日

主 旨：本路圓山橋橋墩 C 南車道第 16—17 節灌注混凝土後測出自第 11 至 16 各斷面拱勢較 貴公司提送之計算值低 3 ~ 7 公分，請速查明原因並提出可行之補救辦法，至於北車道各節之拱勢應如何調整？請一併提出詳細計算資料。

(2)承包商之初步解釋函

受文者：交通部高速公路工程局北區工程處

主 旨：函送圓山橋橋墩 C 南車道拱勢目前之實際值較原計算值為大之原因檢討，建議補救辦法及北車道各節調整辦法，請審核惠示。

說 明：一、覆 貴局北圓六五一三一二一一（50）號及 貴局圓山工務所北圓字第 936 號函。

二、檢附檢討說明及建議補救調整辦法等一全份，請核示憑辦。

中華民國六十五年九月廿一日

I PIER "C" 南車道之拱勢（Camber）比計算值大之原因

1）混凝土重量產生的拱勢：

A）用於計算的混凝土重量和實際混凝土重量

（單位：噸）

節次	用於計算之重量	實際之重量	差額
⑦ I-J 9-10	120.0 117.2	123.3 120.9	3.3 3.7
⑧ J-K 10-11	113.2 110.9	116.5 114.6	3.3 3.7
⑨ K-L 11-12	107.3 105.5	110.7 109.1	3.4 3.6
⑩ L-M 12-13	102.3 100.9	105.6 104.5	3.3 3.6
⑪ M-N 13-14	98.2 97.3	101.3 100.8	3.1 3.5
⑫ N-O 14-15	94.9 94.5	98.0 98.0	3.1 3.5
⑬ O-P 15-16	92.6 92.6	95.7 96.1	3.1 3.5
⑭ P-Q 16-17	91.1 57.3	99.7 65.0	8.6 7.7

B) 最初之拱度計算值比較

(單位: mm)

節數	断面	JBSI 原計算值	修正計算(A)	伸臂式計算	實際拱勢(B)	差 (B) - (A)
⑦	I 9	8.7 10.8	6.2 7.4		6.7 8.3	0.5 0.9
⑧	J 10	12.4 15.1	9.6 11.3		12.5 13.6	2.9 2.3
⑨	K 11	17.3 20.7	14.0 16.3		11.4 14.9	-2.6 -1.4
⑩	L 12	24.3 27.6	20.0 23.1		22.0 24.3	2.0 1.2
⑪	M 13	31.7 31.1	27.8 31.9	25.5 —	31.1 34.5	3.3 2.6
⑫	N 14	42.1 49.2	37.9 43.3	35.2 40.5	48.1 55.8	10.2 12.5
⑬	O 15	55.7 64.6	51.2 53.1	47.8 54.8	58.6 64.7	7.4 11.6
⑭	P 16	83.4 41.4	68.6 45.0	64.3 45.0	98.6 76.8	30 31.8

此拱勢係指新搗鑄當節混凝土之前一節断面之拱勢。

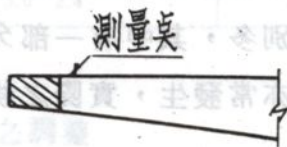


圖 7 - 90

JBSI 原計算係假定橋墩 "C" 之柱體為

一細長柱。

修正計算係考慮實際柱體之寬度及其剛性。

另以固定於橋墩面之伸臂式計算的結果來

比較得知修正計算值是妥當正確的。



JBSI 原計算



修正計算



伸臂式計算

圖 7 - 91

C) 混凝土重量增加的拱勢計算值

表 7 - 29

節數	斷面	修正計算值(A)		實際的拱勢(B)		差值(B)-(A)	
⑦	I 9	6.4	7.6	6.7	8.3	0.3	0.7
⑧	J 10	9.9	11.6	12.5	13.6	2.6	2.0
⑨	K 11	14.4	16.9	11.4	14.9	-3.0	-2.0
⑩	L 12	20.6	23.9	22.0	24.3	1.4	0.4
⑪	M 13	28.7	33.0	31.1	34.5	2.4	1.5
⑫	N 14	39.1	44.9	48.1	55.8	9.0	10.9
⑬	O 15	52.9	55.1	58.6	64.7	5.7	9.6
⑭	P 16	75.1	51.0	98.6	76.8	23.5	25.8

混凝土重量增加拱勢之計算值與實際拱勢比較，第⑫⑬⑭節的實際拱勢偏大，尤其是第⑭節增加特別多，其中有一部分原因不明，但通常預力混凝土施工中，此程度的差值亦常發生，實際之拱勢包括施工中之潛變及鬆弛所導致者。

E 值採用 $2.8 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ 應屬妥當。

I 之採用值經重新計算檢查後亦無相差。

2) 施預力及工作車移動後之拱勢：

表 7 - 30

節數	斷面	JBSI 原計算值	修正計算值(A)	實際之拱勢(B)	差值(B)-(A)
⑦	I 9	-12.0	-8.2	-10.0	-1.8
			-13.5	-11.7	-2.4
⑧	J 10	-9.8	-6.5	-9.7	-3.2
			-10.9	-9.9	-2.5
⑨	K 11	-16.2	-13.0	-5.2	7.7
			-17.9	-6.2	8.4
⑩	L 12	-20.3	-17.1	-17.5	-0.4
			-22.2	-17.8	1.5
⑪	M 13	-24.9	-23.3	-14.8	8.5
			-27.0	-13.6	12.3
⑫	N 14	-30.1	-30.2	-27.2	3.0
			-32.5	-29.2	4.4
⑬	O 15	-36.0	-38.5	-23.1	15.4
			-38.6	-23.3	19.3
⑭	P 16	-41.8	-42.8	-32.5	10.3
			-45.0	-33.2	13.1

工作車移動所產生的拱勢應不會增大，其差值可考慮在 $\pm 3 \text{ mm}$ 以內。

施預力產生的拱勢計算是採用鋼腱的平均應力。實際上因為鋼腱的滑動量，先端部分應力較小，故其實際之拱勢亦較計算值為小。

拱勢值計算由於施預力所產生者與實

際測量所得者可說是相符。

3) 施工中之潛變及鬆弛之影響拱勢：

拱勢計算通常不考慮施工中之潛變及鬆弛所產生者。

但是橋墩 " C " 南車道的每一循環施工期間較長，故由潛變及鬆弛關係，其拱勢亦受影響而增大。

例如第⑭節 (Q - 17) 之施工，混凝土搗注後第二天 (9 月 12 日) 到施預力前之早晨 (9 月 14 日) 止，其拱勢變化如下所示：

表 7 - 32

R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3.7	3.1	2.9	2.8	1.1								3.3	3.4	4.4	4.1	8.6						
	3.9	2.5	3.0	2.4									3.9	4.9	5.5	7.1						

II 今後的調整辦法

1) 橋墩 " C " 北車道之調整

增加預拱量在南車道由混凝土之搗注所增加之撓度。並且在施預力時加預力至容許量 606 Kg/cm^2 之壓力，以補其拱度之不足，如後附表所示。

2) 橋墩 " C " 南車道之調整

工作車拆除預計可多上撓 20 mm，並且以下列辦法調整：

A) 利用現有預留鋼腱孔，穿拉四條鋼腱以使今後的潛變發生時增加向上之拱度，拉四條鋼腱約可上撓 20 mm。

B) 橋墩 " D "、橋墩 " B " 對橋墩 " C " 接合端稍許鑄高，用重量使其接合，除去重量後，其反力可使橋墩 " C " 部分約抬高 10 mm。

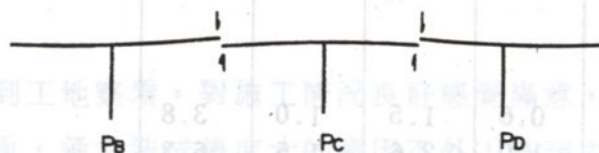


圖 7 - 92

C) 橋墩 " C " 橫隔樑施工時利用重量使用北車道下沉，樑搗注後除去重量，可使南車道上升。



圖 7 - 93

PIER "C" 拱勢修正計算 (Camber Adjustment)

表 7 - 33

節 數	斷 面	由 ⑫ 節 (N-O) 14-15 多產生之 撓度 混凝土重所	由 ⑬ 節 (O-P) 15-16 多產生之 撓度 混凝土重所	由 ⑭ 節 (P-Q) 16-17 多產生之 撓度 混凝土重所	伸 臂 施 工 中 潛 變 之 撓 度	拱 度 總 增 加 值	工 地 預 定 調 整 值 (mm)	拱 勢 + —
⑭	R					-20.5	-21	施預力 606 Kg/cm ²
⑬	Q			35.3	0	35.3	35	"
⑫	P		11.9	30.0	1.1	43.0	43	"
⑪	O	12.2	10.0	25.7	2.1	49.5	50	"
⑩	N	10.0	8.1	20.5	2.9	41.5	42	"
⑨	M	8.0	6.5	16.3	3.5	34.3	17	"
⑧	L	6.2	5.0	12.7	3.8	27.7	施預力 606 Kg/cm ²	
	K	4.7	3.8	9.6	3.9			
	J	3.4	2.8	7.1	3.5			
	I	2.4	2.0	5.0	3.0			
	H	1.6	1.3	3.3	2.3			
	G	1.0	0.8	2.1	1.7			
	F							
	E							
	D							
	C							
	B							
	A							
	0							
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6	0.7	0.6	1.5	1.0	3.8		
	7	1.2	1.0	2.6	1.5	6.3		
	8	1.9	1.6	4.0	1.9	9.4		
	9	2.8	2.3	5.8	2.3	13.2		
	10	3.9	3.2	8.1	2.6	17.8		
	11	5.3	4.3	10.8	2.8	23.2		
⑨	12	6.9	5.6	14.1	2.5	29.7	施預力 606 Kg/cm ²	
⑩	13	8.7	7.1	17.9	2.1	35.8	18	施預力 606 Kg/cm ²
⑪	14	10.8	8.8	22.1	1.4	43.1	43	"
⑫	15	13.0	10.6	26.8	1.0	51.4	51	"
⑬	16		12.6	31.8	0.5	44.9	45	"
⑭	17			34.9	0	34.9	35	"
	18						-17	"

(3)圓山橋上部結構懸臂箱梁預拱及撓度問題研討會會議紀錄

時間：9月25日上午9時

地點：北工處會議室

出席：設計組 胡銘煌 廖德銘

施工組 林安彥

北工處 賴景波 林炳方 葉韓生 許明群 鄭 洹 張純青

葉和瑞 張勝吉

林同棧顧問公司 Kam Shing Lo W. J. Jurkovich 鄭學燊

大陸工程公司 Shun Ji INOMATA Hironobu Sakai 康政雄

王文吉 何開藩

主席：石處長中光

記錄：程經華

一、橋墩C南車道拱勢實測值較計算值低原因之探討：

Dr. Inomata 報告：

根據日本已往之實例類似圓山橋構造之橋樑中其撓度之計算值與實測值之差異

(1)公路橋(浜名湖橋)跨徑240公尺者達10公分，(2)跨徑65公尺者(鐵路橋)

差2.5公分，(3)跨徑105公尺者(鐵路橋)差6公分，通常情況兩者差值為5

~6公分，查其原因係由施工期間之混凝土潛變所引起。由於混凝土潛變甚復

雜，影響因素甚多，諸如周圍環境之濕度、混凝土拌合、骨材性質、水灰比及

混凝土體積與結構物表面積比等，使在一特定期間之潛變值無法很正確計算。

施工期間之混凝土潛變雖理論上有公式可計算，但甚為複雜且與實際值頗有出

入，對實際施工似無甚大價值，因而在日本習慣上施工期間之混凝土潛變均不

予計算，而僅考慮完工後之潛變。橋墩C南車道拱勢差值較大之原因似係因未

計入此項施工期間之混凝土潛變所致。

Dr. Lo 報告：

9月24日下午曾到工地察看，對施工情況良好感覺滿意，拱勢實測值較計算值

低7公分不算嚴重，通常造成撓度大的原因不外(1)施預力不夠，(2)混凝土彈性

模數 E_c 低及(3)混凝土之潛變等，根據圓山橋施工紀錄判斷(1)施預力後鋼腱之伸

長量較計算量長，表示施預力結果預力量足夠，(2)施預力後之上拱量較計算值

為少，可判斷 E_c 值並非過小，(3)由上述情況推定可能原因為混凝土潛變所引起。

結論：(1)拱勢實測值較計算值低7公分係由混凝土潛變所產生。

(2)兩者差7公分雖稍嫌大一點，但既由混凝土潛變所引起，對結構安全無

甚影響。

二、關於拱勢之調整：

A 橋墩 C 南車道拱勢之調整：

Dr. Inomata 報告：

(1) 將 4 條預留鋼腱暫時施預力以促向上撓度。

(2) 工作車儘可能早拆除以減少繼續下垂。

Dr. Lo 報告：

(1) 同意工作車應儘早拆除。

(2) 預留鋼腱暫不施預力，俟觀測一段期間，其撓度惡化時再予施預力。

(3) 兩墩懸臂末端鉸接閉合差宜在 2 公分以內。

B 橋墩 C 北車道未施工各節拱勢之修正：

Dr. Inomata 報告：

橋墩 C 北車道拱勢將可能與南車道顯示者一樣，南車道觀測所得之差值可作為北車道各節拱勢調整之用，惟為避免縱坡突然改變，此項修正在北車道剩餘之 4 節中應徐緩調整。

Dr. Lo 報告：

同意 Dr. Inomata 所提意見。

C 其他各墩拱勢之調整：

Dr. Inomata 報告：

根據橋墩 C 南車道施工情形，施工期間之潛變量可用彈性變形量乘以一係數求得，對橋墩 C 言，採用係數 0.4 — 0.3 似為合理，但對其他各墩言，此值可能太大，因為(1)由於工作熟練每節施工期間將會縮短，(2)因在冬季施工濕度較大，因此可降低為 0.3 — 0.2 似較適合。

Dr. Lo 報告：

其他各墩應採用較高之係數 0.4 — 0.3，在各墩懸臂施工至 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{2}{3}$ 長度時隨時核算，並作適當調整。

結論：請大陸公司就以上各點提出書面建議以便送請林同棧顧問公司審核。

三、為適合位於懸臂梁末端橫隔梁附加鋼腱及主鋼腱能施加預力，懸臂梁末端梁腰擴大因而增加混凝土自重所產生之應力及撓度是否有影響案。

結論：請大陸公司詳予檢討後送核。

四、散會

(4) JBIS, Dr. Inomata 之見解

Observation On Deflection

1. Cause of discrepancy between calculated elastic deflection and measured one

The discrepancy will result from the development of concrete creep during the construction period.

The measured deflection curve showed some irregularity in the profile, however the corrected deflection curve showed very smooth profile, when the irregularity due to the error in placing formworks is eliminated.

The deflection increased in several days at each section. This increase could be thought to be the result of development of creep.

The development of creep depends upon humidity of environment, concrete mix, quality of aggregate, quantity of cement and water used in one cubic meter concrete and ratio of concrete volume to surface area of structure. However, the final value of creep deformation can be estimated within practically required range of accuracy. Because of too complicated phenomenon of concrete creep, it is very difficult to predict the development of creep which occurs during a given specific time.

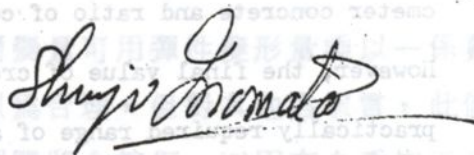
As stated above, the creep phenomenon of concrete is too complicated to be dealt with any simple mathematics. It is common to neglect the development of creep during cantilever construction period, and consider the effect of creep on the assumption that the concrete creep will begin only after the completion of the cantilever. If the construction period is not too long and the final value of concrete creep is not too great, the above assumption could be applied to cantilever construction work with rather small discrepancy between the calculated elastic deflection and the measured one. However, rather rapid development of creep could be expected even in a short time, if the final value of creep could be greater than

the usual value.

For this bridge, only elastic deflection was calculated at each construction stage, according to a common practice. It is only natural that the measured deflection deviated from the calculated elastic deflection with time. There are no worries on the structural safety of the bridge.

2. Countermeasure for other piers

The creep deflection during the cantilever construction period could be estimated by multiplying a certain coefficient to the calculated elastic deflection. This coefficient can be estimated using the results obtained on the completed cantilever. In applying this method to the other cantilever to be constructed, necessary modification should be taken in determining the coefficient. Above all, the effect of construction period, humidity and concrete mix to the development of creep should be properly taken into account.


Dr. Eng. Shunji Inomata

(5) 承包商致北工處之建議函

受文者：交通部高速公路工程局北區工程處

事由：為檢奉圓山橋主橋橋墩 C 南車道懸臂箱梁拱勢變化建議修正調整辦法草案
敬請鑒核由。

一、九月廿一日敝公司 65.工發字第三四六號函及附件計達。

二、本案主橋橋墩 C 南車道懸臂箱梁完成後之拱勢，目前實測數值較原估算數為大一節，經初步檢討其發生原因及建議補救調整辦法，經以前函陳報核辦在卷，茲遵貴方要求，特再邀約原設計人 Dr. S. Inomata, JBSI 專程來台，會商研討，於本月廿五日上午在 貴處召集之會議中，曾有所解說，渠認為此項差異之產生，主要當係由於構體混凝土潛變 (Concrete Creep) 所致，並曾列舉日本若干公路與鐵路橋梁發生類同情事之實例，其差異數值有高達十公分者，且以潛變致生之原由及其影響因素，較為複雜，目前尚不易以計算分析而求得正確之數值，建議迅速拆移現在南車道末端工作車，續繼觀測變化實況，以為調整修正北車道及其他各墩懸臂箱梁今後拱勢控制之依據。

三、查有關混凝土構造潛變問題，早於六十三年九月下旬林同棧顧問工程師來台第一旅次研討會中，曾有提及，當時均以其發生及影響因素甚多，且台灣以往並無長期觀察紀錄資料，可供參考，自無法獲有較正確之數值，而文獻所述，潛變將與構體所承受之應力強度，混凝土之品質與構成，構體之尺寸，及溫度，濕度等所關聯，現場實際施工更當有別於實驗室之研究試驗，及理論性之計算分析，恐難作精確有效之控制。

四、隨函附奉 Dr. Inomata 書面建議修正調整辦法草案一式三份，敬請鑒核示遵以利施工進行為禱。

大陸工程股份有限公司

中華民國六十五年九月廿七日

PROPOSED MEASUREMENT TO BE TAKEN FOR CORRECTION OF THE
DISCREPANCY BETWEEN ORIGINAL CALCULATED DATA AND ACTUAL
MEASURED VALUE OF CAMBERS FOR YUANSHAN BRIDGE

Correction relating to the south bound lane

The south bound lane of Pier C has been completed, therefore it is better to leave it as now, except continuing the measurement of deflection of the cantilever end at every ten days. From this measurement, the probable deflection could be estimated at the time of connection between two cantilevers. If this probable deflection becomes too large, the reserved tendons will be inserted into the ducts and be tensioned temporarily to regulate the deflection.

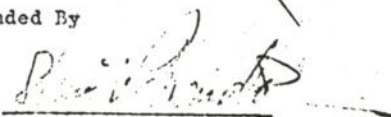
Correction relating to the north bound lane

On the assumption that the deflection behaviour in the north bound lane will be the same as in the south bound lane, the following correction could be carried out. The differences found from the south bound lane could be added at each section of the north bound lane, but in order to prevent any abrupt change in the profile of the girder, this correction should be carried out gradually, as shown in the attached figure, over the remaining four segments.

Correction relating to other Piers

The creep deflection during the construction period, observed on the south bound lane of Pier C, could be estimated by multiplying a certain coefficient to the calculated elastic deformation. The calculation results show that a factor of 0.4-0.3 seems to be reasonable in the case of the south bound lane of Pier C. As for other Piers, this value could be too large, because the construction period will be reduced for the other Piers and the humidity becomes higher during winter time. These two factors will certainly reduce the creep deflection for the other Piers. Therefore a correction factor of 0.3-0.2 seems to be appropriate for the time being. However, this figure should be properly adjusted considering the discrepancy between the calculated and measured deflections in the process of construction.

Recommended By

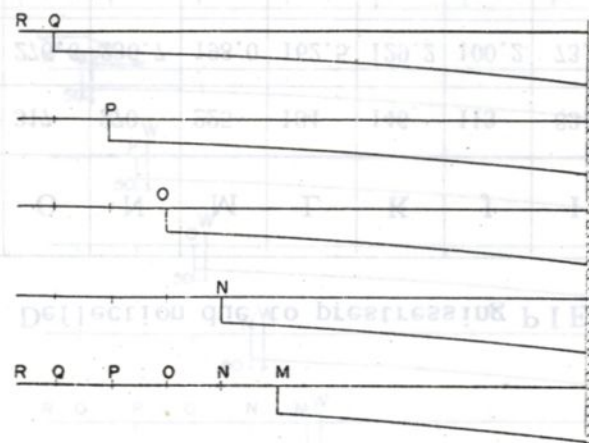


Dr. S. Inomata

Sept. 25, 1976

表 7 - 34 Deflection due to concrete own weight PIER-C West-side

CASE \ SECTION	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B'
1	429.2	400.6	354.9	309.5	264.9	222.0	181.5	144.3	111.0	81.9	57.2	37.1	21.5	10.3	3.3	0.2	0
2	340.2	318.7	284.5	250.2	216.1	182.8	150.8	117.0	93.8	69.7	49.0	32.0	18.6	9.0	2.9	0	0
3	266.9	252.2	226.6	200.8	174.9	149.4	124.5	94.0	78.9	59.0	41.7	27.5	16.1	7.8	2.5	0	0
4	204.8	195.8	176.9	157.8	138.6	119.6	100.8	75.6	65.1	49.2	35.0	23.3	13.7	6.7	2.2	0	0
5	153.1	148.3	134.7	120.8	106.9	93.2	79.4	58.9	52.5	42.1	28.8	19.4	11.5	5.6	1.9	0	0



CASE 1

CASE 2

CASE 3

CASE 4

CASE 5

圖 7 - 94

表 7 - 35 Deflection due to prestressing PIER - C west-side

CASE \ SECTION	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B
1	446	415	366	317	270	225	184	146	113	83.3	58.4	38.0	22.1	10.5	3.4	1.9	0
2	383.9	358.3	317.7	276.6	236.7	198.0	162.5	129.2	100.2	73.7	51.4	33.1	18.9	8.5	2.3	1.4	0
3	309.1	289.6	258.7	227.2	195.7	164.7	135.9	108.4	84.2	61.7	42.7	27.0	14.8	6.0	0.9	0.8	0
4	239.8	225.5	202.9	179.5	156.2	132.4	110.0	88.0	68.5	49.9	34.1	21.0	10.8	3.5	0	0	0
5	176.6	166.7	151.1	134.8	118.5	101.4	85.0	68.2	53.2	38.4	25.7	15.1	6.8	1.0	0	0	0

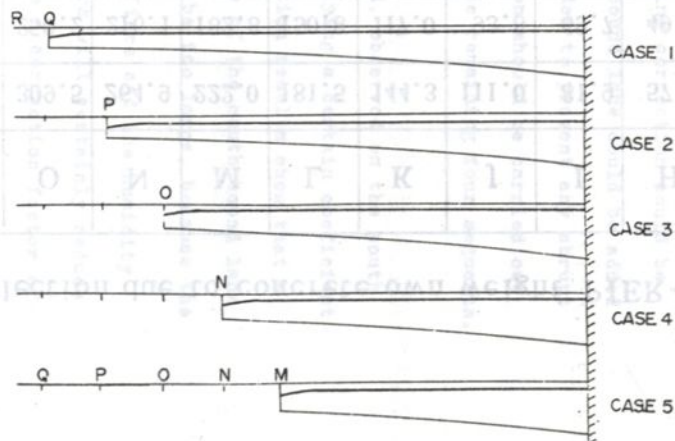


圖 7 - 95

表 7 - 36 Deflection due to wagon weight P I E R - C west-side

CASE \ SECTION	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B
1	95.2	86.9	73.8	61.5	50.0	39.9	31.0	23.4	17.2	12.1	8.1	5.0	2.8	1.3	0.4	0	0
2	86.9	79.7	68.1	57.1	46.7	37.4	29.2	22.1	16.3	11.5	7.7	4.8	2.7	1.3	0.4	0	0
3	73.8	68.1	59.0	50.0	41.4	33.4	26.2	20.1	14.8	10.5	7.1	4.4	2.5	1.2	0.4	0	0
4	64.0	57.0	50.0	42.9	36.0	29.3	23.2	17.9	13.3	9.5	6.5	4.1	2.3	1.1	0.4	0	0
5	50.2	46.7	41.3	36.0	30.7	25.4	20.3	15.8	11.9	8.6	5.8	3.7	2.1	1.0	0	0	0

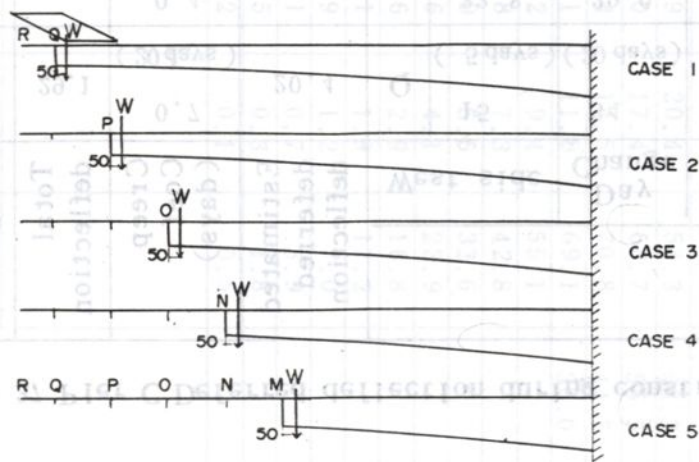


圖 7 - 96

表 7 - 37 Pier C Deferred deflection during construction

Construction stage	Measure point	Deflection due to own weight	Deflection due to prestress	Deflection due to wagon weight	Total deflection	Creep Coef (days)	Estimated deferred deflection	Pier C west-side				East West	Estimated deferred deflection
								West side	Day Change	East side			
⒱	Q	400.6	-415.0	0 86.9 43.5	29.1	0.7 (20 days)	20.4	Q 15 (5 days)	34 (20 days)	17 15 (5 days)		17	20.4
⑭	P	354.9 284.5 319.7	-317.7	68.1	70.1	0.4 (12 days)	28.0	P 33.8 (14 days)	29.0 (12 days)	16 38.9 (14 days)	1.15	16	33.6
⑬	O	250.2 200.8 225.5	-227.0	50.0	48.5	0.4 (12 days)	19.4	O 21.1 (12 days)	21.1 (12 days)	15 28.9 (12 days)	1.37	15	23.3
⑫	N	174.9 138.6 156.8	-156.2	36.0	36.6	0.3 (12 days)	11.0	N 12.8 (17 days)	9.0 (12 days)	14 15.3 (17 days)	1.19	14	13.2
⑪	M	119.6 93.2 106.4	-101.4	25.4	30.4	0.3 (12 days)	9.1	M 10.9 (15 days)	7.8 (12 days)	13 13.8 (15 days)	1.27	13	10.9
last first average								L 1.0 (11 days)		12 1.9 (11 days)	Average 1.2		
								K 4.8 (14 days)		11 6.4 (14 days)			

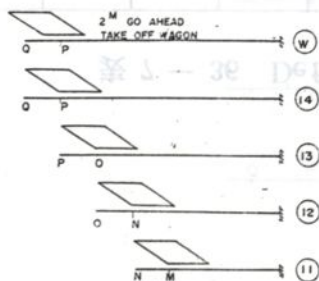


圖 7 - 97

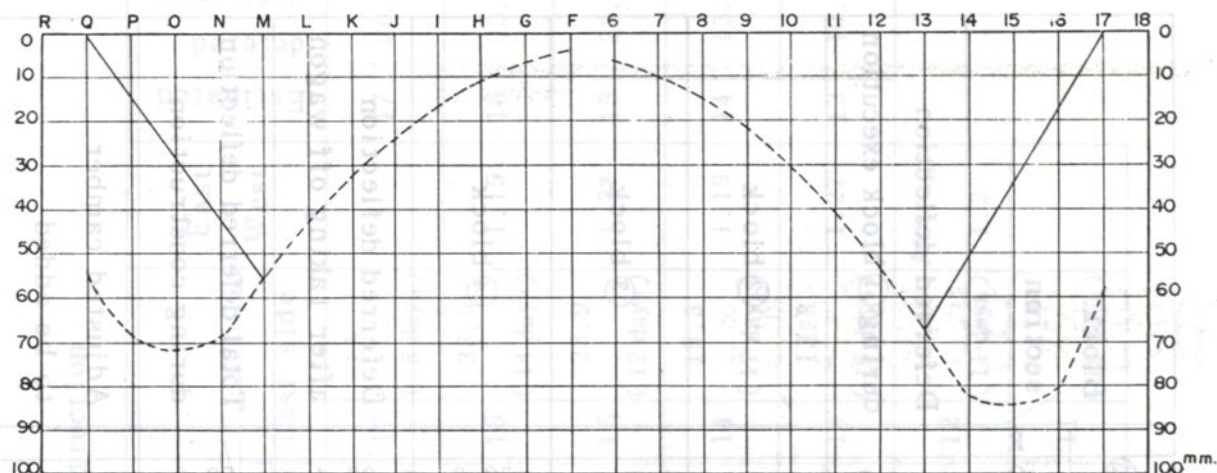
表 7 - 38

Pier C North Camber Adjustment

Block	section	Deferred deflection during ⑪ block execution	⑫ block	⑬ block	⑭ block	Deferred deflection after taking off wagon	Total deferred deflection during construction	Adjusted camber to be added
	R							
⑭	Q				32.9	20.4	53.3	53.3
⑬	P			23.3	28.0	17.4	68.7	55.5
⑫	O		13.5	19.4	23.4	14.5	70.8	44.5
⑪	N	11.4	11.0	15.8	19.1	11.8	69.1	30.0
	M	9.1	8.8	12.6	15.2	9.4	55.1	
	L	7.1	6.8	9.8	11.8	7.3	42.8	
	K	5.4	5.2	7.4	9.0	5.6	32.6	
	J	3.9	3.8	5.5	6.6	4.1	23.9	
	I	2.8	2.7	3.8	4.6	2.9	16.8	
	H	1.8	1.8	2.6	3.1	1.9	11.2	
	G	1.2	1.1	1.6	1.9	1.2	7.0	
	F	0.6	0.6	0.9	1.1	0.7	3.9	
	E	0.3	0.3	0.4	0.5	0.3	1.8	
	D		0.1	0.1	0.2	0.1	0.5	
	C							
	B							
	A							
	1							
	2							
	3	0	0	0.1	0.1	0	0.2	
	4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.2	
	5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.4	2.9	
	6	0.9	0.9	1.3	1.6	0.9	5.6	
	7	1.6	1.5	2.2	2.7	1.5	9.5	
	8	2.4	2.4	3.5	4.2	2.3	14.8	
	9	3.5	3.4	5.0	6.1	3.4	21.4	
	10	4.9	4.8	7.0	8.5	4.7	29.9	
	11	6.6	6.5	9.4	11.5	6.3	40.3	
	12	8.6	8.4	12.3	14.9	8.2	52.4	
	13	10.9	10.7	15.5	18.9	10.4	66.4	
⑪	14	13.5	13.2	19.3	23.4	12.9	82.3	32.0
⑫	15		16.0	23.3	28.4	15.6	83.3	50.5
⑬	16			27.6	33.6	18.5	79.7	62.5
⑭	17				37.0	20.4	57.4	57.4
	18							

PIER C NORTH

ESTIMATED DEFERRED DEFLECTION DURING SEGMENTAL CONSTRUCTION



September 27, 1976
CPT-(65)-9-0251

Mr. C.K. Shih, Director
Northern District Head Office, TAFCB
9th Floor, 1 Tun-Hwa S. Road
Taipei, Taiwan

Subject: Yuan Shan Bridge, Project 12

Dear Mr. Shih:

This is to confirm the findings of the meeting with the contractor (CEC & FKK), TAFCB, and T.Y. Lin held in your office on September 25, 1976. The conclusions are:

1. The discrepancy in camber curves were due to the reason that F.K.K. did not include the creep effect in the calculated camber curves during construction. T.Y. Lin recommended that the creep effect must be included in the camber curve during construction. The creep ratio of the built cantilever of pier C should be used now. This ratio should be reviewed and revised as necessary when construction work carries on.
2. Remove the wagon on pier C as soon as possible to reduce deflections of the built cantilever.
3. Stress of the reserve cables may be necessary for the cantilevers of pier C, but the operation can be exercised later with further observations of the deflection curves.

4. T.Y. Lin recommended that discrepancy of 2 cm between cantilever tips should be aimed at.
5. F.K.K. should propose methods to correct the camber curves for the other cantilevers under construction, and should submit the same for review.

Mr. C.K. Shih
Sept, 27, 1976
Page 2

A copy of F.K.K.'s proposal had been submitted for review on Sept. 26, 1976. Referring to the above we have the following comments:

1. Measurement of deflections for the south bound lane of pier C should be read not only at the cantilever end but at a few intermediate points also. If the deflections of the cantilever ends of pier C become too large to be corrected by the reserved cables, the connecting ends from pier D and pier B may be built at lower level in order to make the connection. Therefore, continue measurement of the constructed cantilever at pier C is necessary.
2. Agree.
3. We feel the higher coefficients of 0.4 - 0.3 should be used for the next cantilever constructions. This coefficient should be reviewed after the next cantilever has been built up to $\frac{1}{2}$ or $\frac{2}{3}$ of its length and adjust again if necessary.

We visited the construction site at the afternoon of Sept. 24, 1976, and find the work to be satisfactory.

If you have any further questions, please do not hesitate to contact us.

Best regards,

T. Y. LIN INTERNATIONAL

Kam Lo
Vice President

cc: T.Y. Lin, Taiwan, Inc.
Mr. Ernest Loh

KL/ys

3-15 通車後之觀測

本工程完成通車爲了解拱度之變化，曾繼續予以觀測一年，結果如表 7-39 所示。

該項觀測因係在開放行車情形下辦理，每次之測點不一定完全一致，且觀測期間因行車稍有跳動，所得之結果難免誤差稍大，並非絕對值，僅可供爲了解拱度變化趨勢之參考。

表內所列數字爲兩點之高差而非標高如

a ; $+0.167 = \text{ELV. 鉸點 AB} - \text{ELV. 橋墩 A}$

b ; $-0.127 = \text{ELV. 橋墩 B} - \text{ELV. 鉸點 AB}$

c ; $-0.421 = \text{ELV. 鉸點 BC} - \text{ELV. 橋墩 B}$

表 7-39 圓山主橋鉸點高度變化檢測表

日期	氣溫℃	橋墩A	鉸點AB	橋墩B	鉸點BC	橋墩C	鉸點CD	橋墩D	鉸點DE	橋墩E	附註
設計		+0.167 ^(a)	-0.127 ^(b)	-0.421 ^(c)	-0.630	-0.765	-0.858	-0.853	-0.493		
67.2.4	15	+0.382	-0.312	-0.307	-0.737	-0.666	-0.979	-0.782	-0.543		
67.3.3		+0.359	-0.305	-0.311	-0.704	-0.668	-0.928	-0.824	-0.542		
67.3.17	21.5	+0.367	-0.315	-0.302	-0.673	-0.660	-0.971	-0.799	-0.537		
67.6.5	35	+0.241	-0.187	-0.381	-0.667	-0.746	-0.905	-0.835	-0.509		
67.6.14		+0.249	-0.196	-0.387	-0.659	-0.754	-0.876	-0.860	-0.475		
67.7.3	36	+0.248	-0.196	-0.368	-0.680	-0.726	-0.904	-0.847	-0.489		
67.8.3	35	+0.214	-0.160	-0.405	-0.645	-0.757	-0.875	-0.879	-0.458		
67.9.1	33	+0.221	-0.170	-0.359	-0.687	-0.724	-0.906	-0.850	-0.486		
67.9.25	30-33	+0.179	-0.125	-0.392	-0.652	-0.759	-0.870	-0.876	-0.462		
67.11.1	21-25	+0.180	-0.127	-0.376	-0.667	-0.727	-0.907	-0.858	-0.478		

4. 兩懸臂梁之中央鉸接

4-1 鉸節構造

如第(二、一·5)節所述，本橋之鉸接係採用雄雌接樺方式。接樺分爲兩部分。

A. 橋梁行車方向接樺

爲拘束兩懸臂梁垂直方向之相對移位，但具可自由轉動及橋梁行車方向可水平伸縮之 Roller 式鉸接。每一梁腹嵌裝有接樺一套。按原設計雌樺爲由鋼板焊製之鐵箱，雄樺爲於其頂底兩面均鑲有供與雌樺接觸滑動用鋼板（鋼板面上再鑲有摩擦係數低，富於滑動性之 Fluorogold 2.4 mm 厚）之混凝土塊，但實施時爲顧及：

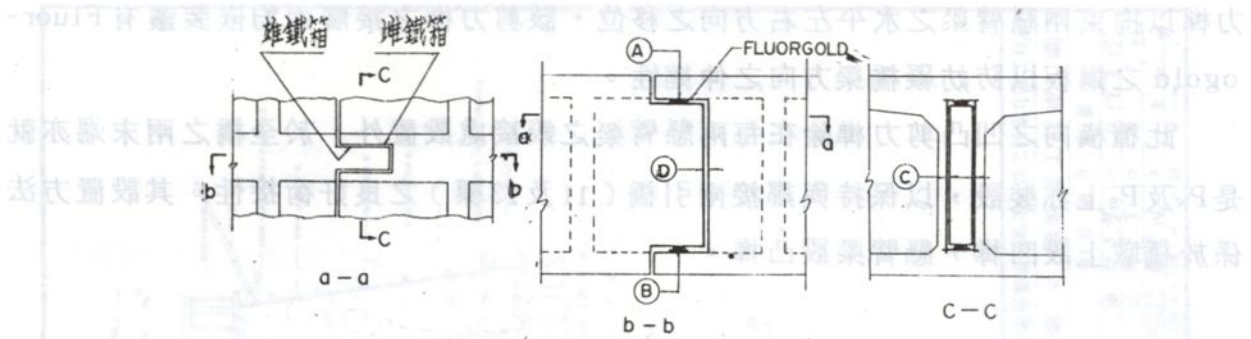
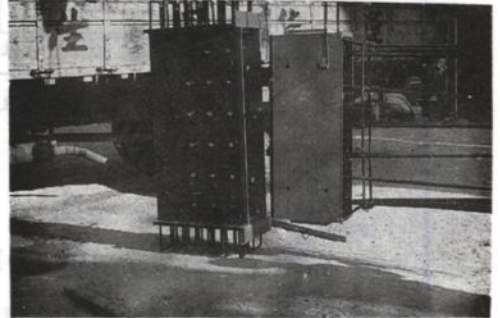


圖 7 - 99 鉸 接 樁

- (1) 必須確實的做到雄雌兩接樁之上、下 (圖示①、②) 兩接觸面密接，以避免如有空隙時，由於行車之振動必引起該處之往復撞擊，影響接樁之功能，甚而導致損壞。



照片 7 - 13 鉸接樁

- (2) ①、②兩接觸面非但要密接，亦須平整，其曲面 (上、下兩塊鑲有 Fluorogold

之鋼板有一塊帶有 $R = 6.8 \text{ M}$ 之曲度) 應與橋軸保持正確方向，始能維持良好之伸縮性與轉動性。

- (3) 雄雌兩接樁之側面應保持合適間隔 (圖示③按原設計為 1 公分) 以免因有接觸而影響伸縮性。

- (4) 兩接樁間應保留適當距離 (圖示④) 以保持有效之伸縮量。

經再三研討為確實達到上列要求，雄樁如按原設計維持為混凝土，則無論採預鑄式或就地澆注，均甚難達到，而可能會產生相當大之誤差。最後決定雄樁亦改為鐵箱製外殼內填混凝土，鐵箱與雌樁一併在鐵工廠製造以達上列各項要求，至於內填混凝土則以預鑄方式於工地填充。

B. 橋梁直角方向 (橫斷方向) 接樁

此方向之構造較為單純簡單，僅於箱梁三格間中之兩外格間之底版，設凹凸剪

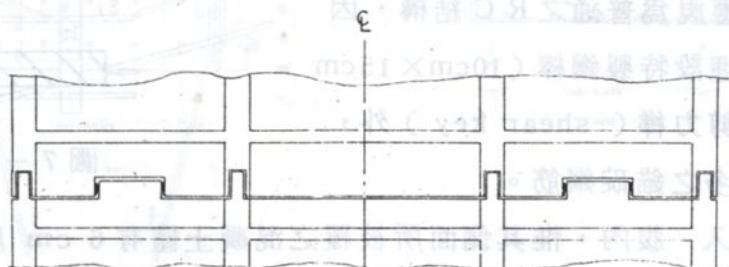


圖 7 - 100 直角方向接樁

力樁以拘束兩懸臂梁之水平左右方向之移位，該剪力樁之接觸面均嵌裝鑲有 Fluorogold 之鋼板以防妨礙橋梁方向之伸縮性。

此種橫向之凹凸剪力樁除在每兩懸臂梁之鉸接處設置外，於全橋之兩末端亦就是 P_N 及 P_s 上亦裝設，以保持與鄰接兩引橋（11及13標）之良好銜接性。其設置方法係於橋墩上設凹樁，懸臂梁設凸樁。

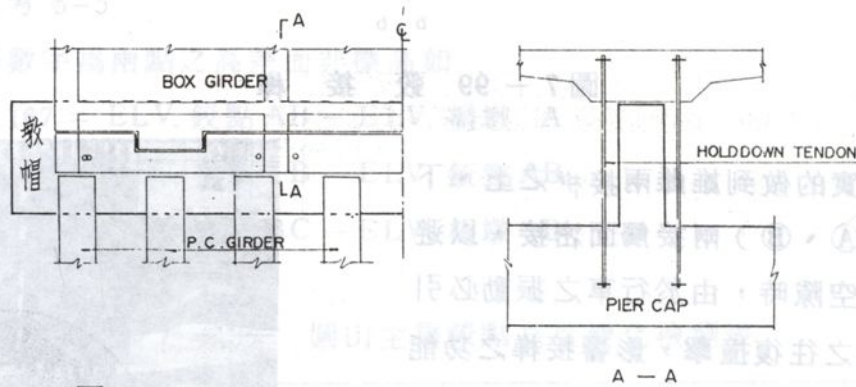


圖 7 - 101 P_N 、 P_s 上剪力樁

至於兩端之垂直方向則另以固定拉桿將懸臂梁拉住於橋墩。

4 - 2 接樁之製造

接樁因構造細膩，製造必須仔細以求準確堅牢，以謀能有效的發揮應有功能外更應求使用壽命之延長，乃要求承包商務必要尋覓可靠、技術精湛之鐵工廠製造，經承包商選定委由力霸公司（工作車亦由該公司製造）製造，本工務所為慎重計，每於重要階段如放樣、組合、焊接、試裝等時，均派專人至工廠檢驗。

本接樁實際上相當於整個混凝土構造物之一個預鑄體，必須鑲裝於箱梁混凝土內，曾就各種可能情況加以考慮，並做了很多改良如圖 7 - 102 所示。

雄樁以預鑄方式填充混凝土後，實質上等於分節澆注之單獨一節，僅梁腹部分伸出於箱外。由於受荷重時兩鉸接懸臂梁之撓度不同，將使該雄樁與箱梁之銜接處受較大之剪力，而此處非但接觸面小，又不施加預力，應視為普通之 RC 結構，因此該銜接面除埋設特製鋼棒（ $10\text{cm} \times 15\text{cm}$ ）二支以供為剪力樁（shear key）外，尚留有為數甚多之錨碇鋼筋。

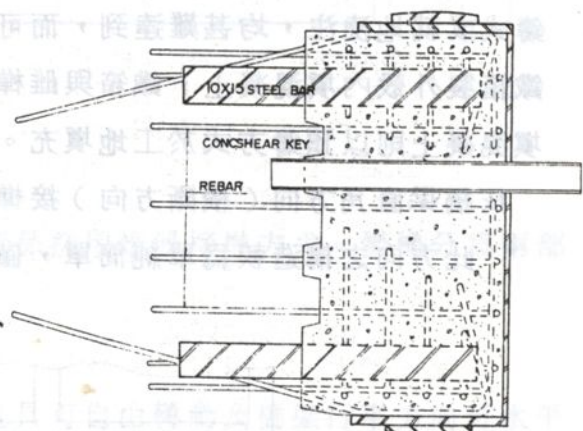


圖 7 - 103

雌樁係嵌入腹內，惟其側面所被覆之混凝土僅有 6 cm 厚，為防其剝落，乃於鐵箱外側焊接 studs，以增強側面混凝土之附着力。其頂及底兩面亦予以預焊鋼筋以增強與頂版及底版之銜接（圖 7 - 102）。另於鐵箱背面與梁腹之銜接處，為



圖 7-102 鉸接樺

提高接觸效果及抗剪力亦焊有為數較多之錨碇鋼筋。

4-3 懸臂梁末節混凝土施築時應注意之特性

每墩懸臂梁以工作車施築至最後第二節後即予以拆除，保留最後一節以供安裝及施築兩墩間中央鉸接之用，鉸接節之施築，係另裝吊架及立模施工。本橋由於為配合地形採取了不等跨徑構造，及為減少施工中之偏心採取兩側懸臂梁不對稱作業，致鉸接節之施築有下列特性應予考慮：

- (1) 鉸接兩邊已施做部份之懸臂長度不等 ($L_1 \neq L_2$)。
- (2) 鉸接處兩懸臂梁末節長度不相等 ($l_1 \neq l_2$)。
- (3) 鉸接處兩懸臂梁末節重量不相等 ($W_1 \neq W_2$)。

由於以上之原因乃使各施工階段，如裝吊架、澆注混凝土、施預力、拆除吊架等各階段均使兩邊產生不同之撓度。此外由於溫度之變化非但引起不同之撓度，更因伸縮而產生水平方向之移位。

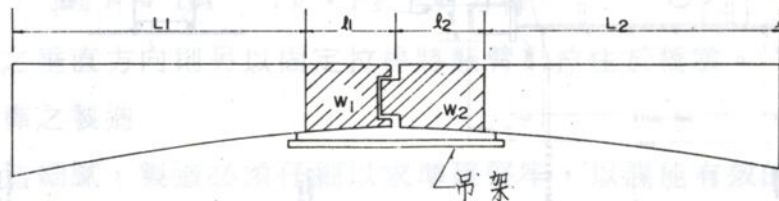


圖 7-104 末端鉸接節施工時兩懸臂樑之關係

在鉸接節之混凝土澆注作業中，由於上列各種因素所引起兩邊的撓度相差甚鉅，或因水平移位，將使吊架失去平衡而可能：

- (1) 影響混凝土之品質。
- (2) 對於新舊混凝土的銜接面有不良後果。
- (3) 將誘使鉸接處產生過大之額外剪力。

4-4 顧問工程司所建議之一般施築法

本所在研議鉸接之施築方法時，為慎重計曾請教權威人士及蒐覓有關已有施工報告等資料，惟未獲具體實用之方法。本橋原設計顧問工程司所提供之參考方法為，使用足夠斷面之鋼梁將兩邊已完成懸臂梁夾緊，使之穩定後施築，此方法雖正確可行，但由於：

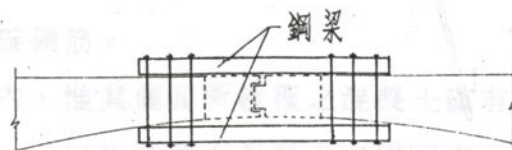


圖 7-105 一般性施工法

(1)未事先準備於已施築懸臂梁中預留必須裝置。

(2)難於短期內調度應用器材。

(3)未事先做配合之應力分析。

(4)施工時間恐較費時。

等原因致未予採納。

4-5 本工務所所擬之構想

本工務所在研議鉸接節施築案時，除前列(4-3)各項因素外尚考慮：

(1)兩墩間懸臂箱梁最後第二節完成後的預拱度與所預計者難免有所差誤，鉸接節

四面(包括南、北車道)均應予以適當調整。

(2)鉸接完成後，產生於該處之額外剪應力宜使儘量減少。

(3)鉸接完成後，宜使鉸接裝置(接樺)保持最佳功能。

等條件。

為適應上列各項情況並解決疑慮，最後決定採用壓重法。即在已完成兩懸臂梁前端，加壓適當的重量，隨情況之變化隨時調整壓重量以保持兩邊的平衡，以避免意外不良應力的產生。模板之組立係於已完成兩懸臂梁之底版吊裝工字梁以構成承架兼為手脚架，並於其上面拼組，其施工步驟如下：

(1)裝吊承架時，吊架及底模應具活動性，以適應施工期間的伸縮及撓度變化如圖7-106所示。

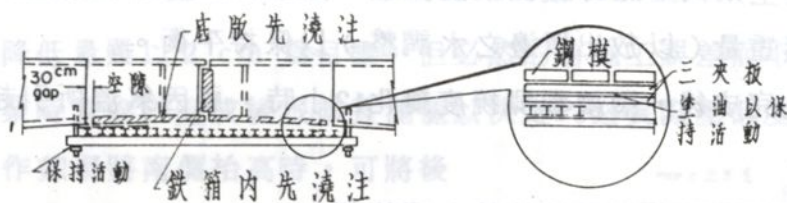
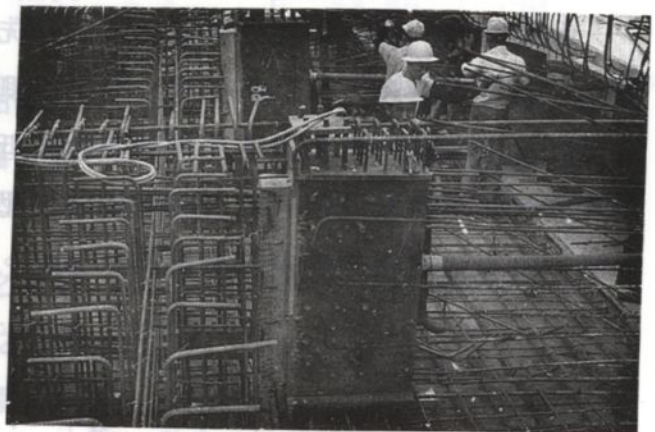


圖 7-106 吊 承 架



照片 7-14



照片 7-15

(2)裝置鋼製接樁時，雄樁箱內部混凝土應預先澆注。安裝前宜先預估施工期間的角度變化 α ，預作調整如圖7-107所示，且施工期間亦應保持接樁之功能。

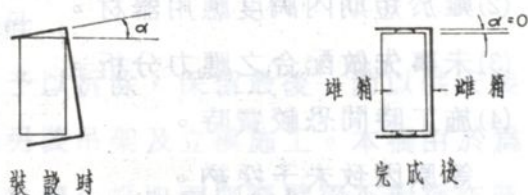


圖 7 - 107

(3)混凝土分兩次澆注，其順序如下：

①第一次澆注底版並固定接樁。

②澆注梁腹及頂版混凝土。

(4)由於第一次及第二次澆注混凝土間須十天以上，所以澆注底版混凝土時，在新舊混凝土接觸面保留 30 cm 空隙 (gap) 暫時保持自由狀態。

(5)組立梁腹及頂版模板，結紮鋼筋並安放鋼鍵。

(6)計算為調整施工誤差以及調節施工各階段的撓度變化所需的加壓重量。為易於隨時調整加壓重量，宜配置水箱並以水為壓重體。

(7)梁腹及頂版混凝土之澆注，為減少溫度變化產生之困擾，宜選於氣溫較穩定的早晨 5 時開始施工，並預作各項準備工作快速施工，於 2 小時內完成（初擬前完成）。



圖 7 - 16

(8)在澆注混凝土期間，隨時觀測撓度變化，如兩邊之相對撓度差大於 2 mm，應即調整加壓重量（以放出單邊之水調整）以保持平衡。

(9)澆注混凝土完成後，繼續觀測撓度變化 12 小時，視因氣溫所引起之變化，隨時調整壓重。

4 - 6 橋墩 C 與 D 北側車道鉸接之實施例

A. 一般情況

本鉸接處，橋墩 C 部分係於 65 年 11 月先完成，橋墩 D 則延至 66 年 4 月始完成。橋墩 C 第 17 節（最後第二節）完成後之實測結果南北車道之預拱誤差為，北車道高出預計者 +19mm，南車道則反而較預計者低約 25 mm，兩者之相對誤差約 44 mm。為調整南北車道之高差，擬將北車道略予壓低約 10 mm，南車道略予抬高約 10 mm，期使兩車道之相對誤差降減為約 20 mm。

$P_C - N_{17}$ (65.11)	+19	$P_D - N_s$ (66.2)
$P_C - S_{17}$ (65.9)	-25	$P_D - S_s$ (66.4)

圖 7 - 108 P. 南北車道高差

北車道壓低之方法，由於精確之計算甚為複雜且往後之施工誤差亦甚難控制，故過於詳細之分析似無甚意義，乃假想擬於鉸接節施築時將 P_c 端以壓重壓低約 20 mm，俟鉸接完成後移除壓重，此時之反彈量設為原壓低量之一半，則如此之操作實質上可將北車道壓低 10 mm。這樣的假想如兩邊之懸臂樑情況相同為對稱時（臂長相同、影響撓度之斷面係數等均相同）理應成立，惟實際上本橋兩懸臂樑並不對稱，所以上列數字僅為近似值而已。為配合 P_c 之以壓重壓低 2 cm，後施築之 P_b 亦須調整預拱度較原訂者預為降低 2 cm 施築，如圖 7-109 所示。

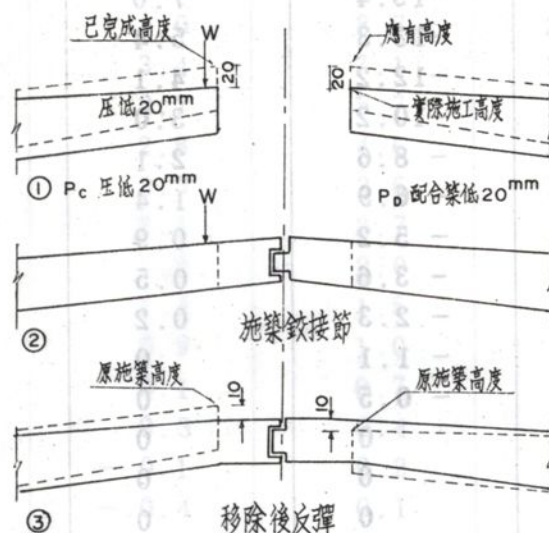


圖 7-109 懸臂樑端之高度調整

當然 P_b 之降低量雖以 2 cm 為目標，但必然的有施工誤差而不可能正好為 2cm，因此實際作業時宜俟 P_b 完成後根據實測值以決定 P_c 之實際壓低度及壓重量。

相反的操作如擬將南側抬高時，可將後施築之 P_b 較原預計者預為築高，而於 P_b 加壓施築鉸接節，完成後移除壓重就可將 P_c 抬高。

B. 預備資料

- (1) 單位重量 (1 T) 作用於不同節點時產生於各節點之撓度如下 (係由電腦計算所得者)。
 - (2) 預拱量之預計值與施工後實測值之比較
- 鉸接節施築前兩邊已施築懸臂之實測預拱度如表 7-40, 7-41, 及圖 7-111 所示。

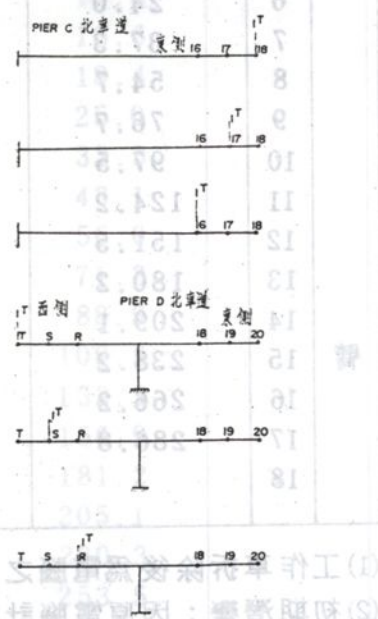


圖 7-110

表 7 - 40 P_c 北車道預拱度表

單位：mm

節 點	計 算 值				實 測 值
	工作車拆除後	初 期 潛 變	末 端 加 重	預計值(合計)	
西 臂	R				
	Q	297.2	- 7.2	15.1	305.1
	P	263.9	- 9.2	12.8	267.5
	O	233.9	-11.5	10.7	233.1
	N	198.6	-10.4	8.7	196.9
	M	175.2	-13.4	7.0	168.8
	L	147.3	-13.3	5.4	139.4
	K	120.5	-12.2	4.1	112.4
	J	94.5	-10.2	3.0	87.3
	I	72.6	- 8.6	2.1	66.1
	H	53.7	- 6.9	1.4	48.2
	G	37.7	- 5.2	0.9	33.4
	F	24.3	- 3.6	0.5	21.2
	E	14.1	- 2.3	0.2	12.0
	D	7.0	- 1.1	0	5.9
	C	2.7	- 0.5	0	2.2
	B	0.5	0	0	0.5
	A	0.1	0	0	0.1
	0	0	0	0	0
東 臂	1	0.1	0	0	0.1
	2	0.9	0	0	0.9
	3	3.3	- 0.3	0	3.0
	4	6.8	- 0.3	0.1	6.6
	5	14.0	- 0.7	0.3	13.6
	6	24.0	- 1.0	0.6	23.6
	7	37.3	- 1.4	1.1	37.0
	8	54.7	- 2.2	1.7	54.2
	9	76.7	- 3.3	2.5	75.9
	10	97.5	- 2.8	3.4	98.1
	11	124.2	- 3.2	4.6	125.6
	12	151.5	- 2.5	6.0	155.0
	13	180.2	- 0.9	7.6	186.9
	14	209.1	+ 1.6	9.5	220.2
	15	238.2	+ 4.8	11.4	254.4
	16	266.2	+ 9.2	13.6	289.0
	17	286.8	+11.1	14.9	312.8
	18				

(1) 工作車拆除後為電腦之 out put data。

(2) 初期潛變：因原電腦計算時未加施工期之潛變故予以修正。

(3) 末端加重：為末端樑腹擴大約增重14 T，原電腦處理時未予考慮故予以修正。

表 7 - 41 P_b 北車道預拱度表

單位：mm

節 點		計 算 值				實 測 值
		工作車拆除後	初 期 潛 變	末 端 加 重	預計值(合計)	
西 臂	T					
	S	342.3	8.8	16.9	368.0	349.6
	R	313.4	6.7	14.7	334.8	278.8
	Q	282.8	5.9	12.5	301.2	231.0
	P	251.9	4.8	10.5	267.2	185.1
	O	220.1	4.0	8.7	232.8	144.2
	N	188.8	3.4	7.1	199.3	130.8
	M	153.4	3.7	5.7	162.8	92.6
	L	130.6	2.8	4.6	138.0	100.3
	K	104.8	2.3	3.6	110.7	128.4
	J	82.7	2.1	2.7	87.5	80.2
	I	64.5	1.8	2.0	68.3	63.6
	H	49.5	1.4	1.5	52.4	47.6
	G	37.7	0.9	1.0	39.6	27.4
	F	31.7	0.1	0.7	32.5	37.8
	E	20.7	0.3	0.4	21.4	42.2
	D	15.4	- 0.1	0.2	15.5	28.7
	C	11.1	- 0.4	0.1	10.8	28.3
	B	9.5	- 0.6	0.1	9.0	4.8
A	9.0	- 0.8	0	8.5		
東 臂	0	0.1	- 0	0	0.1	
	1	9.0	- 1.3	0	7.7	
	2	10.9	- 1.9	0.1	9.1	
	3	12.9	- 2.3	0.2	10.8	
	4	16.0	- 2.7	0.3	13.6	
	5	21.1	- 3.2	0.5	18.4	
	6	27.9	- 3.7	0.8	25.0	
	7	36.4	- 4.3	1.2	33.3	
	8	46.2	- 4.8	1.7	43.1	
	9	59.1	- 5.3	2.2	56.0	
	10	74.3	- 6.0	3.0	71.3	
	11	91.6	- 6.6	3.9	88.9	
	12	111.6	- 7.3	4.9	109.2	
	13	135.1	- 8.1	6.2	133.2	
	14	158.2	- 8.9	7.6	156.9	
	15	181.3	- 9.9	9.3	181.2	
	16	203.7	- 9.7	11.1	205.1	
	17	227.1	-10.0	13.2	230.3	
	18	248.1	- 9.9	15.3	253.5	
19	261.0	- 9.7	16.7	268.0		
20						

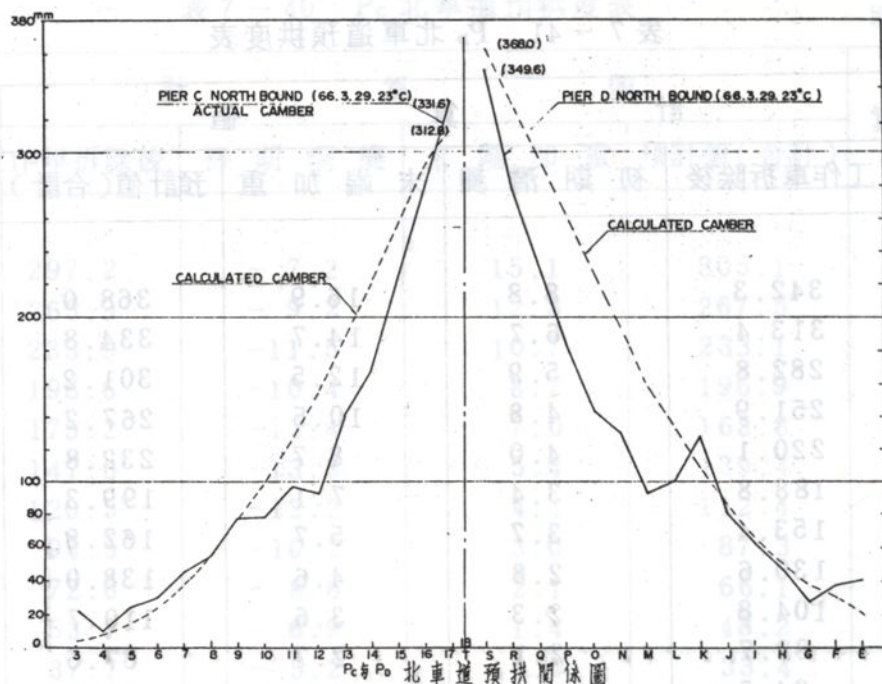


圖 7 - 111

(3) P_c 與 P_D 鉸接部相對預拱度理論值之計算

① 豎模前 $P_c - N_{17}$ 與 $P_D - N_s$ 之理論預拱度差 Δh_{17} 為

$$\Delta P_c - N_{17} = 312.8 \text{ mm} = \textcircled{17}$$

$$\Delta P_D - N_s = 368.0 \text{ mm} = \textcircled{S}$$

$$\Delta h_{17} = \textcircled{S} - \textcircled{17} = 55.2 \text{ mm}$$

} 詳表

② 假設豎立模板後 Δh_{17} 仍保持 55.2 mm。惟紮鋼筋澆注混凝土前因兩邊之鋼筋重量所產生之撓度不同，此時之預拱差調整為 $\Delta h_{17}' = 51.3 \text{ mm}$ 。

③ 設豎模前鉸接點（為 $\Delta P_c - N_{18} = \textcircled{18}$ 與 $\Delta P_D - N_T = \textcircled{T}$ ）之假想預拱度為 $\textcircled{18}$ 即因完成後應 $\Delta h_{18} = 0$

$$\textcircled{18} = \textcircled{T} = 321.5 \text{ mm (電腦之 out put Data)}$$

$$\textcircled{18}' = \textcircled{18} + \Delta h' + \Delta h'' + \Delta h'''$$

$$= 321.5 + \frac{8.4 \times 3.25 + 12.42 \times 2.0}{200 + 3.25} + \frac{14 \times 0.895 \times 3.25 + 14 \times 1.553 \times 2}{3.25 + 2.0}$$

$$+ 3.0$$

$$= 321.5 + 9.93 + 16.04 + 3.0$$

$$= 350.5 \text{ mm}$$

$\Delta h'$: 因澆注南北車道連接版而產生之撓度為電腦之 out put Data。

$\Delta h''$: 因末端增重 14 T 所產生之撓度。

$\Delta h'''$: 增重混凝土於施工中之潛變所增加之撓度。

④澆注鉸接節混凝土後之第17節之預拱差 $\Delta h_{17}''$ 爲

$$\Delta h_{17}'' = 55.2 - [1.553 \times 82.1 - 0.895 (86.1)]$$

$$= 55.2 - 50.4$$

$$= 4.8 \text{ mm}$$

上式中 82.1 及 86.1 爲鉸接節混凝土作用於吊架之反力，圖 7-112。

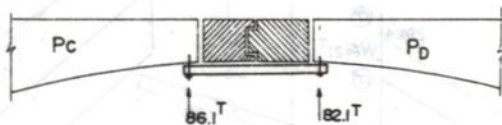


圖 7-112

(4) 施工過程中各階段之拱度變化及處理

①豎模前之拱度處理，即 P_c 壓重量 W_1 之計算

爲使 Δh_{17} 保持 55.2 mm， P_c 應壓下量 Δd_{17}

$$\Delta d_{17} = 55.2 - (349.6 - 331.6) = 37.2$$

$$\text{得 } (17)' = (17) - 37.2 = 331.6 - 37.2 = 294.4$$

此時之 (18) 之假想高度 (18)''

$$(18)'' = (18)' = 350.5 - \frac{37.2 \times 32.5}{5.25} = 327.5$$

設於 (16) 點加壓重 W_1 ，(圖 7-113)。

$$\text{即 } W_1 = 37.2 / 0.815 = 45.6 \text{ T}$$

$$(16)' = 275.7 - (45.6 \times 0.745) = 241.7$$

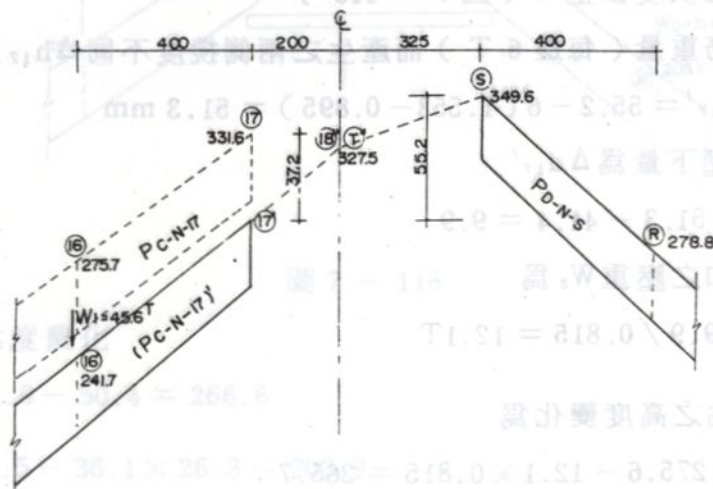


圖 7-113

② 豎模及紮鋼筋後之拱度變化，（圖 7-114）。

模板包括承架之重量為 30T

鋼筋重量每邊為 6T

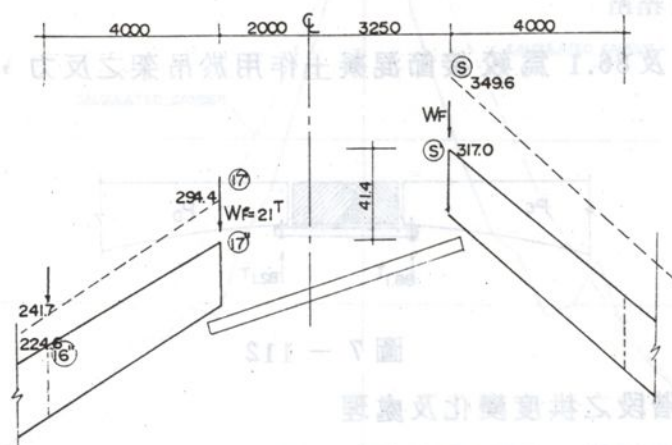


圖 7-114

則豎模及鋼筋產生於兩懸臂梁末端節點之反力 W_F 為

$$W_F = \frac{30}{2} + 6 = 21 \text{ T}$$

此時各節點拱度之變化為

$$\textcircled{S}' = 349.6 - 21 \times 1.533 = 317.0$$

$$\textcircled{R}' = 278.8 - 21 \times 1.395 = 249.5$$

$$\textcircled{17}'' = 294.4 - 21 \times 1.895 = 275.6$$

$$\textcircled{16}'' = 241.7 - 21 \times 0.815 = 224.6$$

③ 紮鋼筋後之拱度修正，（圖 7-115）。

此時因鋼筋重量（每邊 6T）而產生之兩側撓度不同 Δh_{17} 應修正為

$$\Delta h_{17}' = 55.2 - 6(1.553 - 0.895) = 51.3 \text{ mm}$$

設 P_c 應再壓下量為 $\Delta d_{17}'$

$$\text{則 } \Delta d_{17}' = 51.3 - 41.4 = 9.9$$

應於①⑥再加之壓重 W_2 為

$$W_2 = 9.9 / 0.815 = 12.1 \text{ T}$$

此時各節點之高度變化為

$$\textcircled{17}''' = 275.6 - 12.1 \times 0.815 = 265.7$$

$$\textcircled{16}''' = 224.6 - 12.1 \times 0.745 = 215.6$$

$$\Delta h_{17}' = 317.0 - 265.7 = 51.3$$

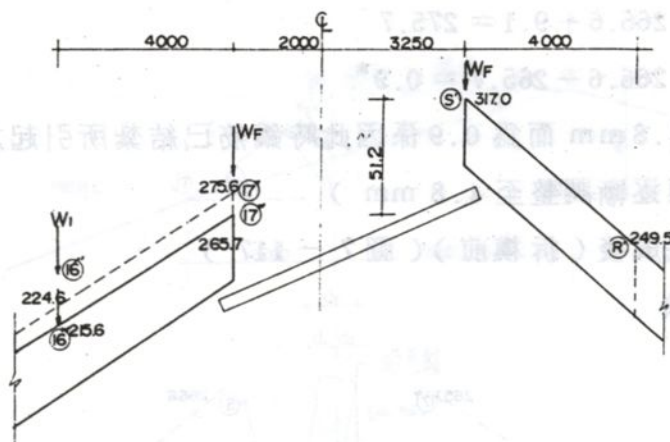


圖 7 - 115

④ P_D 之壓重量，(圖 7 - 116)

混凝土澆築前應於 P_D 加壓，使預降至兩側之預拱差保持 $\Delta h_{17}'' = 4.8 \text{ mm}$ (施工期間應隨時調節壓重量以維持此預拱差)

⑤之調整量 Δd_s 為

$$\Delta d_s = 55.2 - 4.8 = 50.4$$

應於⑧點加之壓重量 W_D 為

$$W_D = 50.4 / 1.395 = 36.1 \text{ T}$$

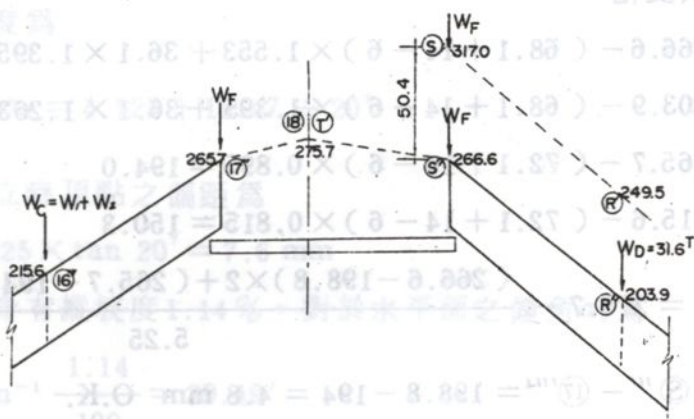


圖 7 - 116

各節點之預拱度變化

$$\textcircled{S}'' = 317.0 - 50.4 = 266.6$$

$$\textcircled{R}'' = 249.5 - 36.1 \times 26.3 = 203.9$$

$$\begin{aligned} \textcircled{T}' - \textcircled{S}'' &= \left(327.5 - \frac{0.895 \times 86.1 \times 32.5 + 1.553 \times 82.1 \times 2}{5.25} \right) \\ &\quad - (349.6 - 1.553 \times 82.1) = 9.1 \end{aligned}$$

$$\textcircled{18}' = \textcircled{T}' = 266.6 + 9.1 = 275.7$$

$$\textcircled{S}'' - \textcircled{17}''' = 266.6 - 265.7 = 0.9^*$$

*註(此時不為 4.8 mm 而為 0.9 係因此時鋼筋已結紮所引起之影響，俟混凝土澆注之進行應逐漸調整至 4.8 mm)

⑤混凝土澆注完成後(拆模前)(圖 7-117)

此時 W_D 已移除

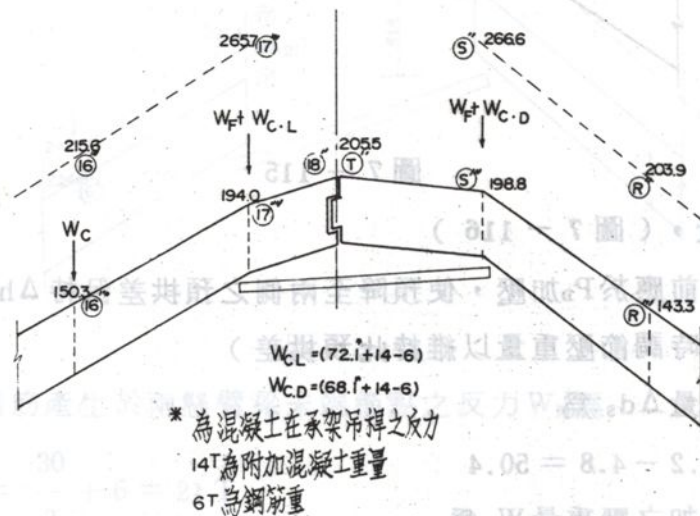


圖 7-117

各節點之預拱變化

$$\textcircled{S}''' = 266.6 - (68.1 + 14 - 6) \times 1.553 + 36.1 \times 1.395 = 198.8$$

$$\textcircled{R}''' = 203.9 - (68.1 + 14 - 6) \times 1.395 + 36.1 \times 1.263 = 143.3$$

$$\textcircled{17}''' = 265.7 - (72.1 + 14 - 6) \times 0.895 = 194.0$$

$$\textcircled{16}''' = 215.6 - (72.1 + 14 - 6) \times 0.815 = 150.3$$

$$\textcircled{18}'' = \textcircled{T}'' = 275.7 - \frac{(266.6 - 198.8) \times 2 + (265.7 - 194.0) \times 3.25}{5.25} = 205.5$$

$$\Delta h_{17}'' = \textcircled{S}''' - \textcircled{17}''' = 198.8 - 194 = 4.8 \text{ mm O.K.}$$

(5) 雄雌樺安裝時之角度調整

以 P_C 及 P_D 北車道為例

如前節計算 $\Delta h_{17} = 4.8 \text{ mm}$

為簡化計算及作業假設 $\textcircled{S} \doteq \textcircled{T} = \textcircled{18}$

①雌樺裝設於 P_C (圖 7-118)

(a) 因預拱度之不同產生之斜角

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \frac{4.8}{2000} = 8.25'$$

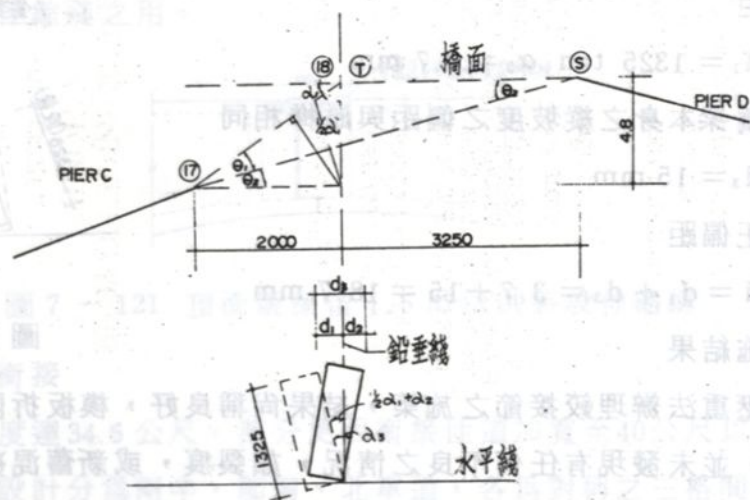


圖 7 - 118

擬調整半數 $\frac{1}{2} \alpha_1 = 4.125'$

(b) 為適應澆注混凝土而產生之承架撓度，承架本身亦設有拱度 9 mm，由此而產生之斜角

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \frac{9}{2000} = 15.47'$$

(c) 應調整之角度為

$$\frac{1}{2} \alpha_1 + \alpha_2 = 4.125 + 15.47 \doteq 20'$$

得雌樺之直立時頂點之偏距為

$$d_1 = 1325 \times \tan 20' = 7.6 \text{ mm}$$

(d) 由於橋梁本身有縱坡度 1.14%，對於水平面之偏角 α_3 為

$$\alpha_3 = \tan^{-1} \frac{1.14}{100} = 39.19'$$

$$d_3 = 1.325 \times \tan \alpha_3 = 15 \text{ mm}$$

(e) 得，對垂直線應調整之偏距 d 為

$$d = 15 - 7.6 = 7.4 \text{ mm}$$

② 雄樺

(a) 預拱度產生之斜角 $\alpha_1 = 0$

(b) 模板拱度產生之斜角

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \frac{9}{3250} = 9.5'$$

(c) 得偏距

$$d_1 = 1325 \tan \alpha_2 = 3.7 \text{ mm}$$

(d) 修正橋梁本身之縱坡度之偏距與雌樁相同

$$d_3 = 15 \text{ mm}$$

(e) 總修正偏距

$$d = d_1 + d_3 = 3.7 + 15 = 18.7 \text{ mm}$$

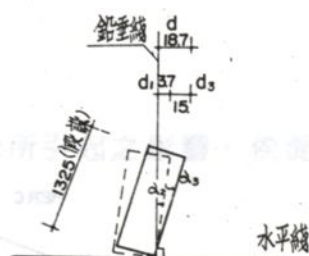


圖 7 - 119

4 - 7 實施結果

按以上以壓重法辦理鉸接節之施築，結果尚稱良好，模板拆除後其外表均經詳細之目視檢查，並未發現有任何不良之情況，如裂痕，或新舊混凝土銜接不良等。作業時間，最初一處（ P_c 與 P_b 北側）雖較費時，但至最後一處之鉸接作業時間包括施預力，末節之鋼腱包括主鋼腱及附加鋼腱、預留鋼腱、紮拉鋼腱等多達30股，僅費時40天而已。

4 - 8 兩端銜接節之施築

至於主橋兩端與 P_N 及 P_S 之銜接節之作業方式，與中間鉸接節相同，亦採用壓重法，惟該處無須裝置接樁，作業較為單純，作業上應注意事項為：

- (1) 模板承架要保持活動性以適應施工中撓度之變化及已施築懸臂梁之伸縮性。
- (2) 因模板承架之橋墩端支點B之絕對高度為不變，因此施工中要隨時調整壓重量以保持懸臂梁端支點A之高度，以防對新澆混凝土有不良影響。
- (3) 壓重量要預為計算以謀求完成後產生於橋墩之反力R要適中，不論正、負均不宜過大，如正反力過大將增加懸臂末端之正力矩，如負反力過大將增加固定拉桿之負荷，甚而由橋墩頂面浮起。

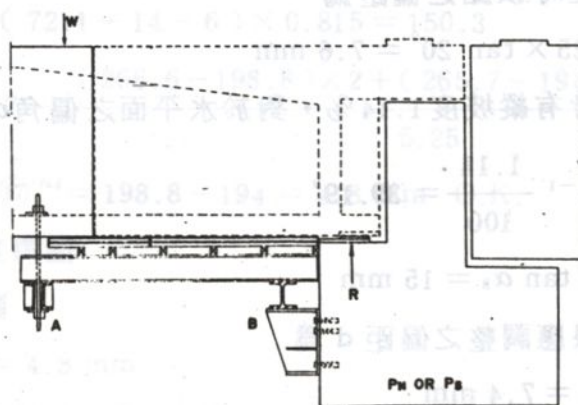


圖 7 - 120 兩端銜接節之撐架

- (4) 完成後應依細部設計之規定將固定拉桿施加預力。
- (5) 其餘施工上應注意之點，程序與中央鉸接相同。

兩端銜接節及中央鉸接節均於其頂橋面相接處保留寬約1.5公尺之間隔暫緩澆

注混凝土留供裝設伸縮縫之用。

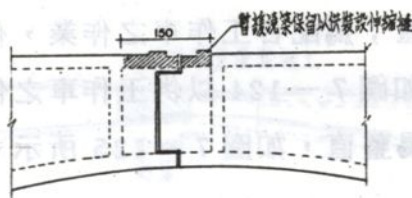


圖 7 - 121 頂面版保留 1.5 M 以供裝設伸縮縫

5. 南北車道之銜接

本橋因標準寬度達 34.6 公尺，部分更因銜接匝道加寬至 40 公尺以上，為配合工作車之作業，依原設計分為兩半，即南、北車道，各為對稱之三格間箱梁分開施築。兩車道中間保留 50 cm 寬之銜接帶，俟鉸接完成後才將兩箱梁銜接構成為一整體。雖然全橋之大部分為標準寬，因兩車道對稱，致銜接帶位於中央分隔欄下面如圖 A，其銜接作業較為單純，即使兩邊懸臂箱梁因施工誤差而有預拱量之差異，亦因中央分隔帶之分割而互不牽連，較易處理。惟有部分（ P_D 以東）由於橋面之加寬使兩車道雖並不對稱，但箱梁仍然以對稱施築，使銜接帶不再位於中央分隔欄下面而偏出其外面，如圖 B，且有極少部分更偏出路肩範圍而位於車道上。所幸這一部分因預拱度管理良好，尚無銜接高度不平情事，但無論如何就整個結構而言，此一銜接帶將構成最為脆弱（weak）之環節，其銜接作業如不細心處理，將來通車受荷重後可能引起額外應力而產生裂痕等不良現象。

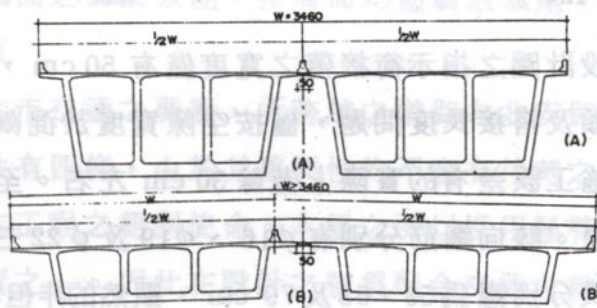


圖 7 - 122 南北車道銜接

5 - 1 模板（圖 7 - 123）

模板係由已完成箱梁之兩懸臂頂橋面以吊模方式組立。

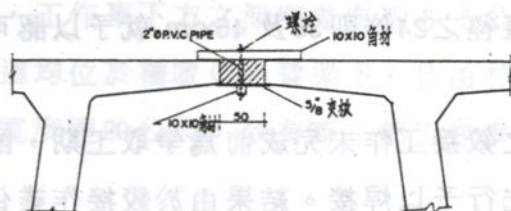


圖 7 - 123

5 - 2 鋼筋

本銜接帶之施築，鋼筋作業曾發生較多之困擾，值得檢討及改良之處亦較多，

茲分述如下：

- (1) 鋼筋整直困難，扭曲不直；為配合工作車之作業，伸出於混凝土外之鋼筋均須暫予彎曲，以留出空隙如圖 7-124 以供工作車之作業。惟整直作業時由於工作環境及場地之限制不易整直，如圖 7-125 所示。

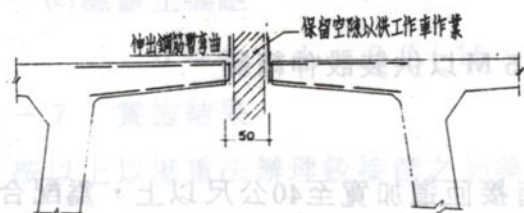


圖 7-124

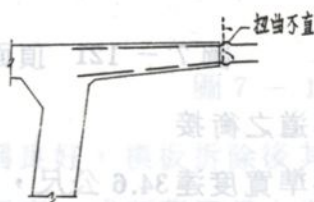


圖 7-125

- (2) 鋼筋折斷；彎曲之鋼筋，由於當初顧慮之不周致有處理不當之處，如彎曲度過大 ($> 90^\circ$)，彎曲半徑過小，致整直時有為數不可忽視之鋼筋折斷，唯有以焊接補救。
- (3) 擠破混凝土；整直作業由於鋼筋之彎折常將混凝土擠剝落，如圖 7-126 所示。

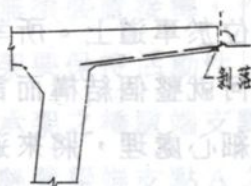


圖 7-126

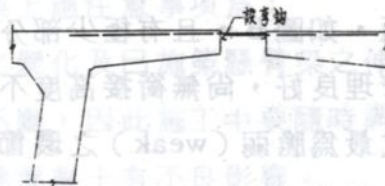


圖 7-127

- (4) 搭接長度不足；依設計圖之指示銜接帶之寬度僅有 50 cm，當初擬繪施工圖時由於顧慮不周，未顧及搭接長度問題，僅按空隙寬度於混凝土外面預留 45 cm 之鋼筋長，更由於施工誤差有的實際上僅餘 30 cm 左右。至施築銜接帶時始發覺搭接長度不足現象。該向鋼筋分別有 $\phi 16$ 、 $\phi 19$ 及 $\phi 22$ 三種，按規定以鋼筋直徑之 36 倍計搭接長分別應為 58、68 及 79 cm，顯然的非但有因施工誤差造成不足者，就是按施工圖正確的預留 45 cm，或更進一步按銜接帶寬度 50 cm 預留亦是不足。檢討之結果正確之做法應如 7-127 所示加設彎勾預留，但為時已晚，已無法挽救，補救之方法為：

- (a) $\phi 16$ 及 $\phi 19$ 者如有直徑之 24 倍即 38 及 45 cm 就予以認可，否則施以焊接。
- (b) $\phi 22$ 者一律焊接。

- (5) 意外事變；在 P_D 與 P_E 之鉸接工作未完成前為爭取工期，配合上項補救措施，將 P_D 東側銜接帶之鋼筋先行予以焊接。結果由於鉸接作業係南、北車道分開澆注混凝土，因此當單邊（南車道）先行澆注混凝土後所引起之單邊撓度，帶動已焊接之另一邊鋼筋，使橋面下緣裂開而剝落，受損範圍長達 20~30 公尺，補救

辦法係將受損部分予以打除後與銜接帶一起重新澆注混凝土。

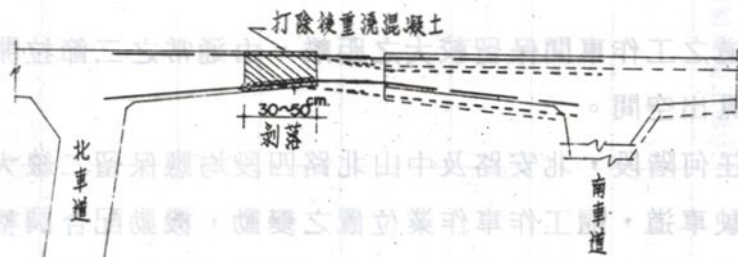


圖 7 - 128

5 - 3 混凝土

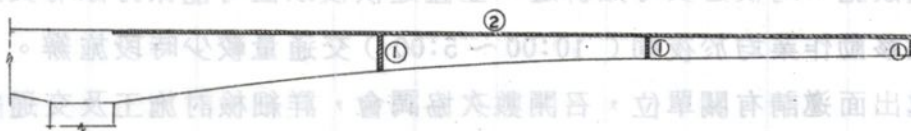


圖 7 - 129

(1) 混凝土強度：同上部結構為 350 Kg/cm^2

(2) 澆注順序 (圖 7 - 129)

① 先施築橫隔梁。

② 一懸臂梁之銜接帶一次澆完。

(3) 為加強新舊混凝土面之銜接效能，接觸面均塗刷環氧劑。

6. 交通維持計畫

本橋因位於台北市交通之要衝，所跨越之道路有北安路、中山北路四段、上圓山飯店道及下山道共有四條，由於其重要性均不容有片刻之阻斷，因此維持施工中之交通暢通為執行本工程之絕對使命。本橋之所以採用懸臂式分節施工法，交通維持亦被列為重要因素之一。因此在設計之初為配合交通之維持，已儘量將梁腹高度減低以留出更多之淨空。但由於橋面高受有限制早已定案，不容再提高，完成後之淨空雖尚有寬裕，但施工中工作車在梁底面下方尚須占用近 2 公尺之工作台，以及工作車移動時更需將工作台放下約 50 cm，致移動階段更需占用約 2.5 公尺之空間，使在施工之某些階段，工作車下方之淨空僅有約 3.5 公尺，不足以維持大型車輛之暢通。此四條交通要道均位於橋墩 C 懸臂梁下，且由於橋梁方向與道路方向形成較大之斜角，而工作車寬度達 20 公尺，致有時一部工作車之施工範圍就覆蓋整條快車道。

為克服上列困難，乃先辦理紙上作業，就可能之情況擬具詳細之施工及交通維持計畫，並採下列措施：

(1)詳測各節施工時所占之空間，繪出關係位置圖，以便留出充分之淨空以供維持交通。

(2)南北兩車道之工作車間保留較大之距離，由通常之三節拉開至6~7節，以便在其中間覓出空間。

(3)無論施工任何階段，北安路及中山北路四段均應保留二線大型車輛車道。

(4)車輛之行駛車道，隨工作車作業位置之變動，機動配合調整，因此須拆除部分既有設施如分隔島等及開闢便道以留出較寬之車道。

(5)準備大量標誌及馬標。

(6)遇有部分工作台妨礙淨空時暫予拆除。

(7)既有交通設施，均俟必要時始拆遷，並儘速恢復以儘可能保持原有交通功能。

(8)工作車之移動作業均於夜間(10:00~5:00)交通量較少時段施辦。

(9)由北工處出面邀請有關單位，召開數次協調會，詳細檢討施工及交通維持計畫，至各方滿意始付諸實施。

本工程之交通維持作業，由於準備作業周詳，事先與有關各方有充分之協調，實施時又承各有關單位如，情治單位、交通管理單位、承包商、上級各層之密切合作，很圓滿之達成任務。整個實施階段，非但無阻斷情事，連短暫的阻塞(5分鐘以上)亦極少發生，更無任何意外事故，可稱為很成功之交通維持作業。

表7-42為交通維持計畫說明

圖7-130為公共設施遷移計畫

圖7-131為分節施工時車道變換計畫之一例

表 7 - 42 交通維持計畫

預定日期	作業內容	參考圖號	影響情形			擬請協助事項	備註
			上圓山路	中山北路四段	北安路		
自64.12.26. 至65.1.20.	架工作車	②	進口處淨寬僅餘4公尺 行車稍不便。			擬請圓山派出所派員 交通七分隊 疏導交通。	市政府如同意拓寬便 道(須移開4標)淨 寬可增至7公尺。
自65.2.7. 至65.2.24.	南側第二節	④	車輛須繞工作車後側通 行,路線不太順,行車 稍不便。			"	
自65.2.25. 至65.3.12.	南側第三節 施	⑤	同上	淨寬僅3.5公尺,大型車 應繞工作車後方路線不太 順行駛不便,但可暫拆分 隔道以保持4.5公尺淨寬。		"	
自65.3.13. 至65.3.27.	南側第四節 施	⑥		大型車應繞工作車後方路 線已較前節為順。		"	
自65.6.13. 至65.6.25.	北側第三節施	⑫	淨寬僅3.5公尺,行駛 稍不便。			"	
自65.7.9. 至65.7.21.	北側第五節 施	⑭		須拆移分隔道,以保持較 大寬度供大型車行駛,高 度3.6 M以上者須繞道。		"	
自65.7.22. 至65.8.3.	北側第六節 施	⑮		"		"	
自65.8.4. 至65.8.15.	北側第七節 施	⑮		"		"	
自65.2.25. 至65.10.2.	南側第三節至北側 第十一節移工作架	④~ ⑳	每次工作車移動時(約需3小時)車輛避免由工作 車下方或前面行駛為宜。			"	
自65.2.25. 至65.4.24.	南側第三節至第六節 施	⑤~ ⑧		重型車(卡車大客車)繞 工作車左側行駛。		"	①於工作車側面掛警 告牌(E)。
自65.6.26. 至65.8.3.	北側第四節至第六節 施	⑬~ ⑮		重型車(卡車大客車)繞 工作車右側行駛。		"	②豎立指示牌(D)並 以標線或混凝土塊 分隔車道。
自65.8.4. 至65.9.20.	北側第七至第十節 施	⑯~ ⑲		重型車(卡車大客車)繞 工作車左側行駛。		"	

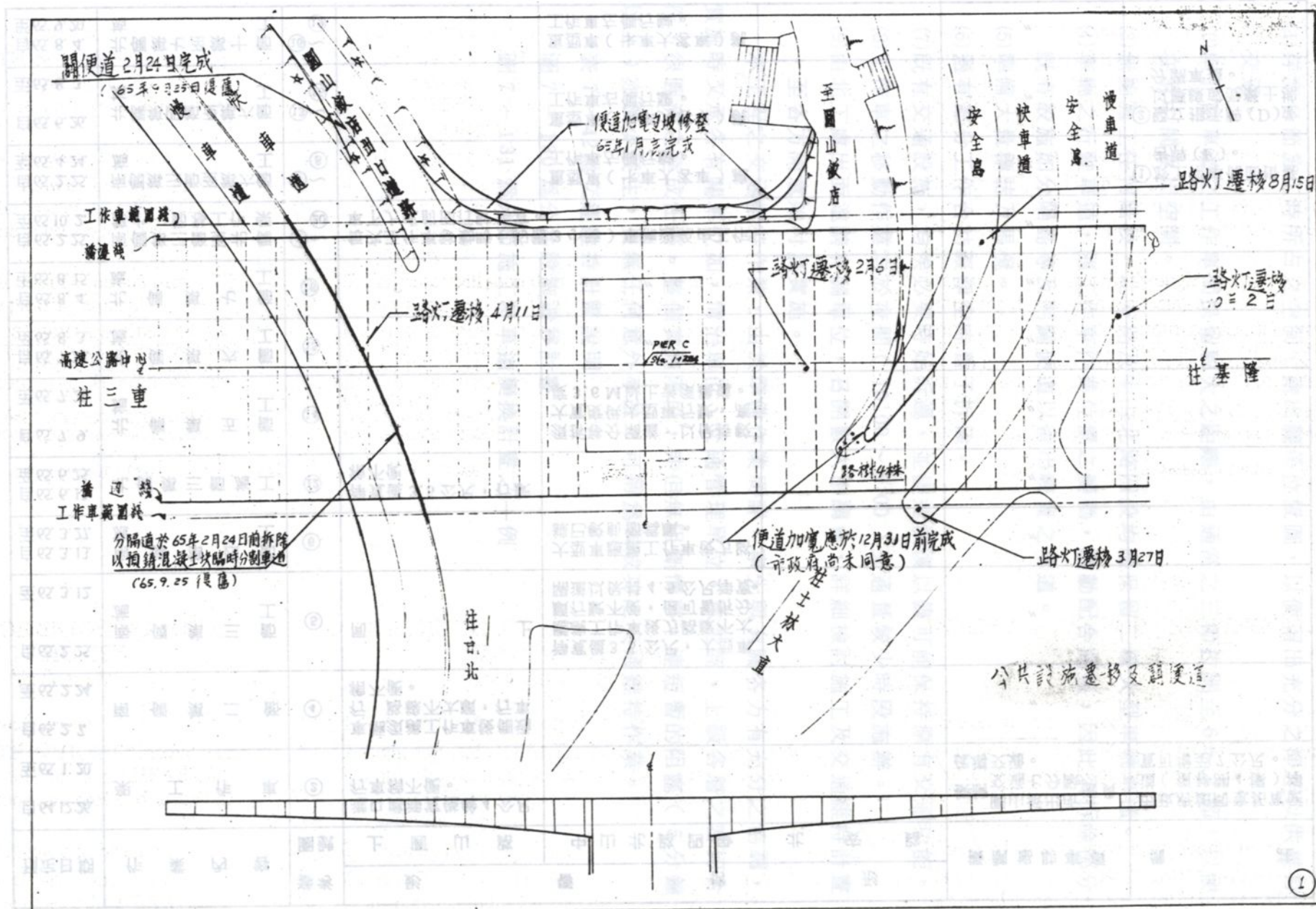


圖 7 - 130 公共設施遷移計畫

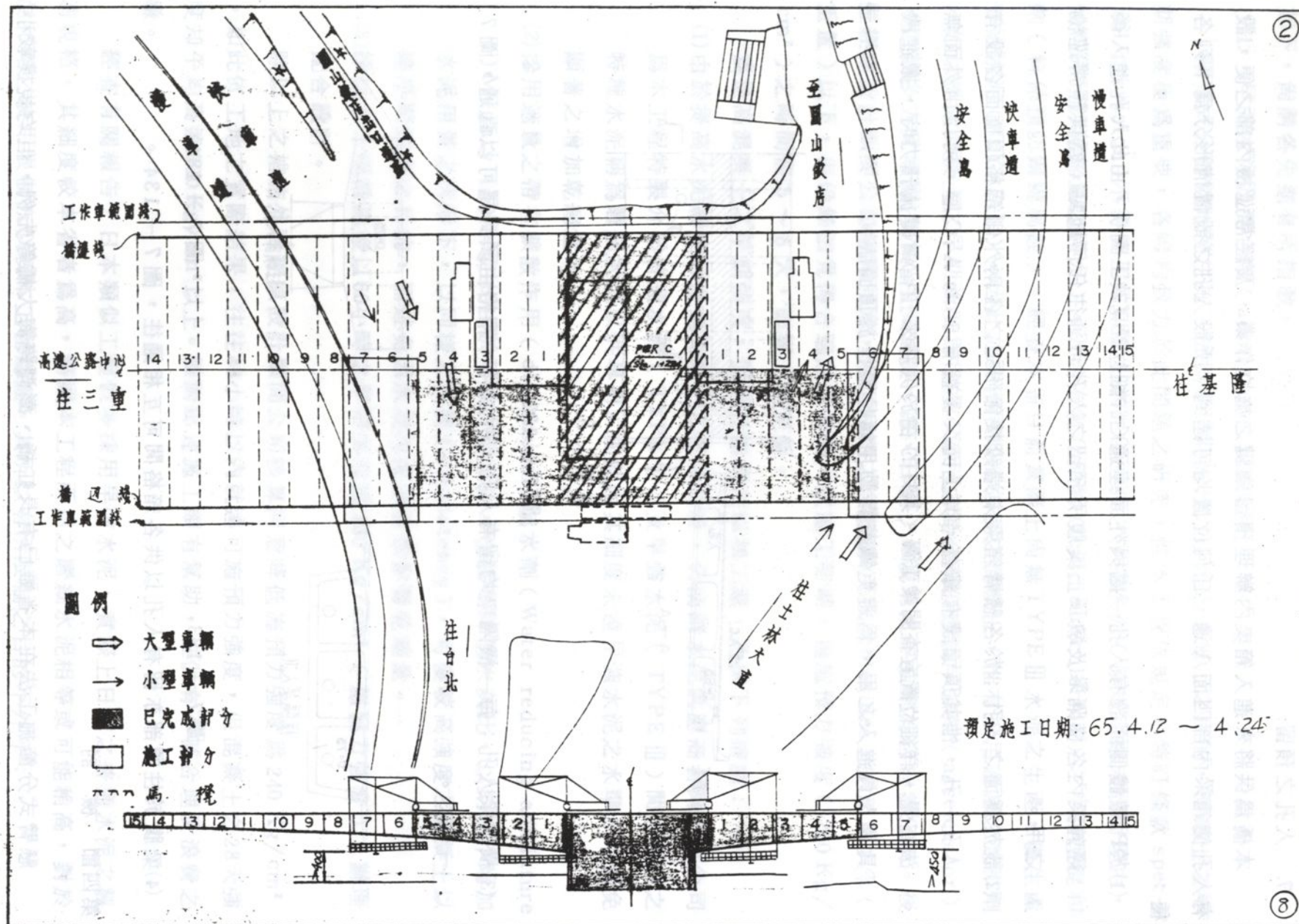


圖 7 - 131 車道變更計畫例

7. 人孔之預留

本橋爲供將來進入箱梁內辦理預留鋼腱之施拉作業，及經常巡檢內部之便，設有人孔使箱梁內部四面八通，任何位置均可達到。所設人孔之設置情形分爲下列各種：

- (1)於P.墩體側面設有人孔一處與外面連通（詳細位置見竣工圖），由此人孔進入後經箱梁內各橫隔梁及墩頂上梁腹所預留之人孔可通往任何地點，爲供經常巡檢之用。
- (2)設於橋面之人孔；於各懸臂箱梁末端鉸接節附近之各兩外側箱格頂橋面各設有人孔一孔，惟其頂面設有鐵蓋，其上面又覆蓋有 5 cm A.C.層，所以由外面無法查覺，詳細位置宜查閱竣工圖。其目的在於供將來預留鋼腱施預力時，搬進機具及人員進入之用，爲避免鐵蓋鬆動用螺栓緊栓於頂面版。

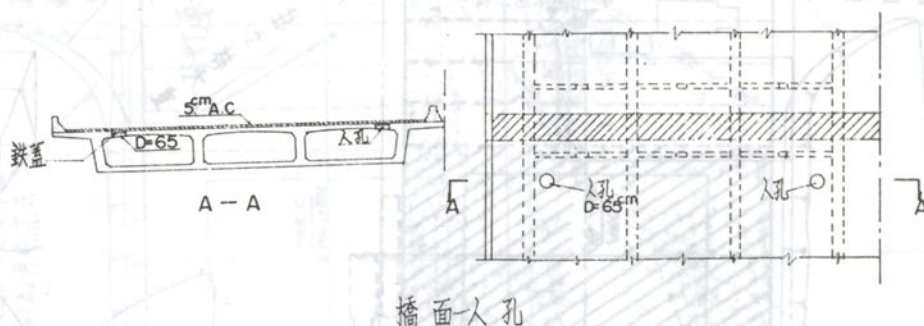


圖 7 - 132

- (3)橫隔梁人孔；每一橫隔梁均留有人孔，所以同一箱格由頭到尾可以直通，圖 7 - 133。

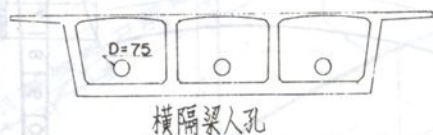


圖 7 - 133

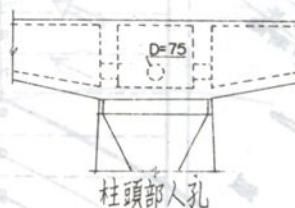


圖 7 - 134

- (4)梁腹於柱頭部亦留有人孔以供各箱格間可互相通往，圖 7 - 134。

第四節 檢討

懸臂式分節施工法在本省雖已有長虹橋、澎湖跨海大橋等先例，但均規模較小，構造亦較單純。至於本橋非但跨徑較大，橋面寬度之大更是少見，構造亦較爲複雜，施工地點又位於都市繁華之特殊地區，實施後覺得值得檢討之點頗多，茲分述

如下，尚請各先進有所指教。

1. 早強水泥及混合劑 (admixture) 之使用

懸臂式分節就地澆注施工法為欲早期施預力以達迅速施工之目的，混凝土之早期強度極為重要，各國均致力於此問題之研究。惟本工程依規定（特訂條款 special provision）不得使用 TYPE III 水泥即所謂之早強水泥（原規定雖未說明理由，惟料係預防乾縮量之過大），及含有氯化鈣物（calcium chloride）之早強型混和劑（料係預防鋼腱腐蝕）。經查本省目前實際上尚無 TYPE III 水泥之生產，僅生產普通水泥（TYPE I），因此如要獲早期高強度之混凝土，惟有摻用適當之混和劑。如以提高混凝土之早期強度為目的，適用之混合劑似應為早強劑（accelerator），但經多方覓尋國內外（主要為美、德、日製），現有之早強劑均含有氯化劑。後雖經原設計顧問公司解釋同意，將混和劑之含氯量（Cl, chlorides）放寬為 1%（重量）以下，但仍無法覓得合適之早強劑，致施工初期，達施預力強度（ 260 Kg/cm^2 ）之時間需 5～6 天，影響工進至鉅。

為提高混凝土之早期強度，使早日施預力以利工進，乃採下列措施：

- (1) 由於提高水泥細度可促進混凝土之早期強度，仍商請水泥供應商台灣水泥公司為本工程特製介於普通水泥（TYPE I）及早強水泥（TYPE III）間之細度之特種水泥稱為磨細水泥以供專用。如此因其細度未達早強水泥之水準，可避免顯著之增加乾縮量。
- (2) 摻用適量之帶有擴散作用（dispersion）減水劑（Water reducing admixture）Mighty 150。如此由於可減少用水量，也就是降低水灰比，以期在不增加水泥用量之情形下，以同樣之稠度（consistency），可獲較高強度之混凝土以達早期強度之目的，而避免因水泥用量過多致影響乾縮量。
- (3) 採以上二項措施後以 60 小時之早期強度為 260 Kg/cm^2 （施預力強度），辦理配合設計。

除以上之措施外再經原設計顧問公司核算同意降低施預力強度為 240 Kg/cm^2 。如此依工地之實際結果，往往 48 小時以內就達可施預力強度，但混凝土之 28 天強度却平均高達 500 Kg/cm^2 以上。雖對迅速施工頗有幫助，惟似有不甚合理及浪費之嫌。

經查有關報告，日本類似工程似多採用早強水泥，實際上日本之普通水泥之製造規格，其細度較本省者為高，略與本工程所用之磨細水泥相等或可能稍高，對於混和劑之使用限制亦似較本工程為鬆。其所以有所限制之目的不外乎：

- (1) 忌乾縮量過大而使預力損失增大。
- (2) 鋼腱腐蝕之顧忌，但實際上混凝土與鋼腱並非直接接觸，兩者間尚有套管及水泥

漿 (grout) 層隔開，是否有腐蝕之虞似有商榷之處。

本省對於以上兩項似尚無具體的或完善的研究報告，實有待有關學術、研究機構能有進一步之研究，以供今後類似工程之參考。

2. 蒸氣養護

如衆所知，蒸氣養護爲混凝土獲得早期強度之有效途徑之一，本工程於預力基樁之預鑄作業曾採用而獲有良好之效果。至於懸臂梁之施築，初期在覓尋早期強度之解決方案時，顧問工程司方面亦曾數次建議採用蒸氣養護，但承包商方面基於：

- (1) 設備費龐大，勢必增加成本。
- (2) 施工體龐大（爲三格間箱梁）覆蓋作業能否完善，以防止蒸氣漏溢，保持全面均勻而適度之溫度，以達預期之效果不無疑問。
- (3) 實際工作經驗，如何配合工作車作業，提高工作效率，其實際效果不無疑問。
- (4) 擬具可行之實際計畫及調度機具設備，須費相當時日對整個工進之實際幫助有限。

等顧慮而無意採納，本所亦基於同樣見解而不積極催促，致未採用，惟蒸氣養護如事前有周全之準備仍不失爲有效可行之方法之一。今後如有類似工程或要求早期強度時，宜予以慎重考慮。

3. 套管內灌漿料宜否摻用鋁粉 (Aluminium powder)

依特訂條款之規定，灌漿 (grout) 得摻用爲增加工作性 (workability) 及減低乾縮量之混和劑，但禁用含有腐蝕性原素之混合劑，飛灰或鋁粉。其目的料係在於增加工作性以利灌注作業，並防止鋼腱之腐蝕。由於灌漿料將與鋼腱直接接觸，因此含有腐蝕性原素混和劑之禁用應爲理所當然，惟鋁粉之禁用似有商榷之餘地。

查鋁粉之摻用，其作用係供膨脹劑 (expansion agent) 之用，其目的爲使灌入套管內之水泥漿因膨脹而擠滿於套管內以收；

- (1) 減少套管內之空隙。
- (2) 增加與鋼腱及套管之黏著力。

之效，似爲良好而有利之添加劑。惟一可能之顧慮爲鋁粉與鋼腱之電位差可能引起鋼腱之腐蝕，惟實際上摻用之鋁粉量極有限，約爲水泥量之 0.005 ~ 0.015%，且其凝結後之導電性及實際可能產生之電位差似尚無可靠之資料可查。在日本依土木學會、建築學會、道路協會等之規範，均推薦宜摻用鋁粉。個人亦認爲摻用鋁粉可能利多害少，宜請有關學術研究機構做進一步之檢討。

4. 預留鋼腱之配置

預留鋼腱 (Reserve cable) 之構想雖很好值得效法，但實際保留數量稍有過少之嫌。以橋墩中心斷面之有效預力而計， $2 \times 148 = 296T$ 之預留有效預力僅爲總有

效預力量之約 1.5 % 而已。將來之實際效果恐不大，個人建議將來類似工程應增留至 5 % 左右為宜。

5. 預埋備用套管

類似本橋預埋套管施工法，為預防施工中因：

- (1) 套管發生阻塞致無法穿配鋼腱時，
 - (2) 因摩擦損失較預計量為大致無法達到預計有效預力量時，
- 得以補救，宜另預埋套管若干以供備用 (spare)，本工程橋墩 C 因有此備用套管，才於發現細部設計所用摩擦係數有偏差時得以加裝鋼腱以資補救。

6. μ 、 k 值之檢討

μ 、 k 值為計算摩擦損失之依據，其數值之高低影響有效預力甚鉅，直接可左右鋼腱之使用量，而影響工程成本。影響 μ 、 k 值之因素甚多如：

- (1) 套管之材質
- (2) 套管之剛性及口徑
- (3) 鋼腱之種類
- (4) 套管之配置結紮及混凝土施工之良窳
- (5) 預力方式 (system) 之不同

因此如本工程之僅指定有效預力，而其他有關事項均留由承包商自由選擇並提出細部設計者，承包商為減低成本難免提出甚多理由以低估 μ 、 k 值之情事。而所有計算均以電腦處理，使監造方非但甚難以核算，更難於事先發覺。雖有些規範規定 μ 、 k 值得以摩擦試驗求得之實測值為準，但實際上如以本橋為例（相信大部分工程均如是）在有實際構造物得以供為試驗前，細部設計應早確定，且實際構造物施築之初（柱頭部之施築）就需將全部套管按細部設計配置，實無可能事先有實測值以供為細部設計之依據。實測值僅可供為爾後施預力時之管理與控制之參考而已。因此僅指定有效預力而留有承包商辦理細部設計者，宜另明確的規定 μ 、 k 值及可能影響該值之有關規定，以免施工時有所困擾。

7. 套管之剛性

綜觀本橋之施預力紀錄有下列現象：

- (1) μ 值稍有偏高，似在 0.3 以上。
- (2) k 值稍為偏低，似在 0.004 以下。

查究其原因，在於套管本身之剛度不夠所致，由於規範並未規定套管用鋼板之厚度，因此對於承包商使用 0.35 mm 鋼板製造套管一事本所並未提出異議，因 0.35 mm 已較本省常用者為厚，致製造 $\phi 42$ mm 以下者雖尚為良好，但用於製造本橋主鋼腱用較大口徑如 $\phi 65$ mm 者，雖為增加剛性在製造方面加以改良加設兩道

凸峯，仍有剛性不夠之嫌。此由實際作業時，直線部分因配用鋼管為襯管，大幅之補助提高剛性乃得以使 k 值略有降低。但曲線部分因無法使用鋼管襯管，而改配用軟性塑膠管，致效果較差無法有效的增加剛性致 μ 值無法降低而有偏高之現象可窺知。

由如上之觀察，可知套管之剛性將影響 μ 、 k 值，而套管之剛性受鋼板厚度及管徑之影響甚鉅，今後宜於規範規定套管之剛性，或規定每一不同口徑套管應使用之最小鋼板厚度以供遵循。

8. 鋼腱之水平彎曲

依 AASHO 及一般書上之規定摩擦損失之計算為

$$T_0 = T_x \cdot e^{(kL + \mu\alpha)}$$

即一為沿鋼腱長度 (L) 產生之摩擦損失，另一為因鋼腱之彎曲角度變化 (α) 所產生之損失。其中長度因素係以鋼腱總長度為準應無疑義，惟角度變化，習慣上常僅以垂直方向之角度變化為對象，而水平方向之角度變化就常被忽略。

如本橋之大部分主鋼腱均收束於樑腹填角碇錨，理應有水平彎曲度，但承包商

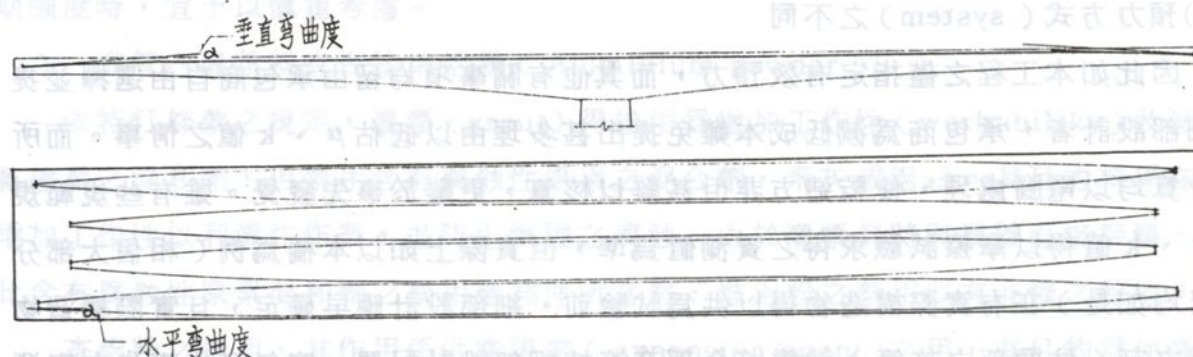


圖 7-135 鋼腱之水平垂直彎曲

於辦理細部設計時均未予計列。本所於校核時雖曾發覺，但以其彎曲度甚為緩和，接受承包商之解釋似可涵蓋於 k 值內，而未予糾正，且實施結果亦未發現有顯著之現象。但最後施築之鉸接節之主鋼腱及附加鋼腱為配合施工需要，於末端錨碇區附近急劇彎出樑腹側面，其彎曲度既急（彎曲半徑小）且角度 (α) 亦大（圖 7-136），似不應再予忽視。因此承包商雖未予計列，但本所核對時均予以糾正，實施結果證明本所之見解較符實情。

由上例可知水平彎曲如彎曲度大者應予以計列彎曲損失，緩和者為簡化計算似可免計，惟應以何值為界尚待進一步之研究，至於如遇有水平及垂直彎曲合處一處者似以其合成方向為考慮對象為宜。

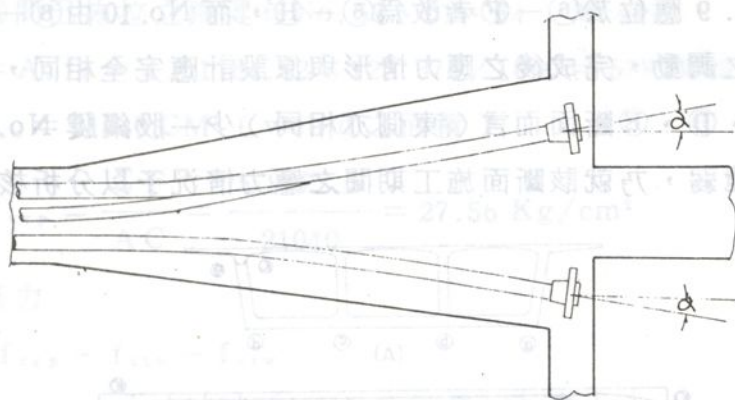


圖 7 - 136 末端之鋼腱平面彎曲

9. 主鋼腱及附加鋼腱與垂直鋼腱之衝突

本箱梁梁腹之寬度僅有 42 cm，內配有垂直鋼腱與主鋼腱（包括附加鋼腱）係直角交叉，因此難免有兩者衝突之現象。主鋼腱與鋼筋有衝突時是以改變鋼筋（包括彎曲、移位、或裁斷）之方式處理。但兩向鋼腱衝突時因均係主要構件，不宜過多之改變更不得予以裁斷，尤其垂直鋼腱因係鋼棒不能彎曲僅能做移位，乃以下列方式處理之。



圖 7 - 137

- (1) 垂直鋼棒在容許適當範圍內可移位者予以移位。
- (2) 垂直鋼棒不能移位時將主鋼腱略予以彎曲以避開。
- (3) 配合上列兩方式以減少主鋼腱之彎曲量。

主鋼腱彎曲時為要恢復原位必須再予以彎曲，致可能產生四處彎曲點（如圖 7 - 137），如將四處彎曲度 α_1 、 α_2 、 α_3 及 α_4 累加，總彎曲度可能相當大，此彎曲度可能產生之摩擦損失應如何估量。

- (1) 併入鋼腱之總彎曲度以 μ 係數計量。
 - (2) 或視為鋼腱之一種波浪現象而涵蓋於 k 值內。
- 為值得探討之課題。

10. 橋墩 C 南側主鋼腱 No. 9 及 No.10 錯排之檢討

P_c 第 EF 節施築時發現在前一節就是 DE 節施築時，將同位於最外側梁腹④相鄰並配之主鋼腱 No. 9 及 No.10 互相接錯，使在東⑥斷面裝的為正確之 No. 9 錨碇，但西側⑦斷面所裝的却為 No.10 錨碇，使⑥ - ⑦間之 No. 9 鋼腱無法施拉。補救之方法係將⑥、⑦兩斷面之錨碇彎出梁腹外側暫不施預力，而將另一端各延至⑧及

⑨斷面，使原來 No. 9 應位於⑥—⑦者改為⑥—⑨，而 No. 10 由⑧—⑨改為⑧—⑦，錯開排置。如此之調動，完成後之應力情形與原設計應完全相同，但施築 FG 及 GH 兩節期間就③、④、⑤斷面而言（東側亦相同）少一股鋼腱 No. 9 未施預力，其中以⑤斷面最為脆弱，乃就該斷面施工期間之應力情況予以分析核算。

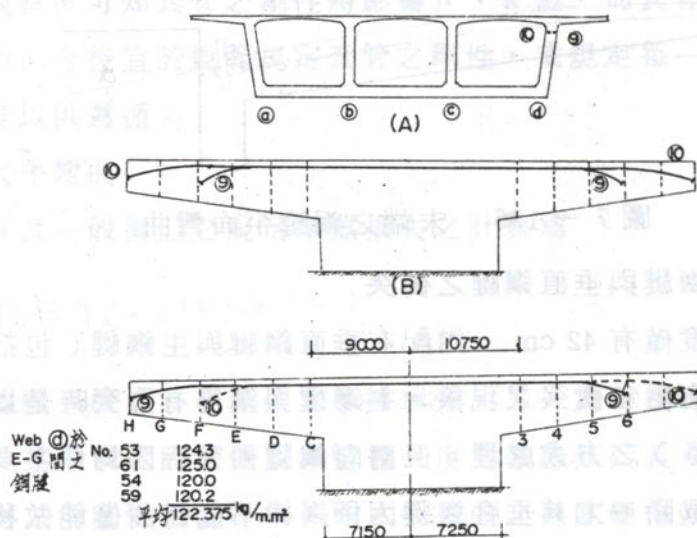


圖 7 - 138

(1) 混凝土自重所產生之混凝土拉應力

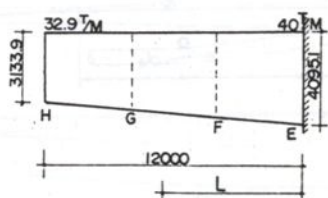


圖 7 - 139

$$\Sigma W = (32.9 + 40.0) \times 12 \times \frac{1}{2} = 437.4 \text{ T}$$

$$M_o = \Sigma W \cdot \ell$$

$$\ell = \frac{3.1339 \times 4 + 4.0951 \times 2}{3.1339 \times 2 + 4.0951 \times 2} \times \frac{1}{3} \times 12 = 5.7341$$

$$M_o = \Sigma W \cdot \ell = 437.4 \times 5.7341 = 2508.09 \text{ T-M}$$

$$\therefore f_{ct0} = \frac{M_o}{E} = \frac{2508.09 \times 10^5}{18.8514 \times 10^6} = 13.3 \text{ Kg/cm}^2$$

(2) 工作車重量所產生之混凝土拉應力

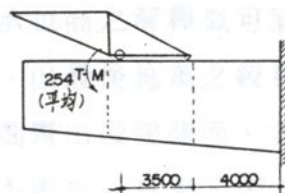


圖 7 - 140

$$M = 254 + 115(4 + 3.5) = 1116.5 \text{ T-M}$$

$$f_{ctw} = \frac{M_w \cdot 1116.5 \times 10^5}{Z \cdot 18.8514 \times 10^6} = 5.92 \text{ Kg/cm}^2$$

(3) 因施預力而產生之混凝土壓應力

實際上所有重量應由全箱梁承受，但在此情況僅梁腹④少一股鋼腱，亦就是梁腹④之應力最為脆弱，為安全及簡化計算僅就④梁腹單獨核算及為採偏於安全側以簡化計算偏心應力亦未予計列。

此時④-⑥間已施拉之鋼腱有 No. 53、61、54、59 四股

$$\Sigma F = A_s f_s = 4 \times 1184.52 \times 122.375 / 1000 = 579.8225 \text{ T}$$

$$A_c = 21040 \text{ CM}^2 \text{ (web ④之面積)}$$

$$f_{ccp} = \frac{\Sigma F}{A_c} = \frac{579822.5}{21040} = 27.56 \text{ Kg/cm}^2$$

(4) 混凝土之應力

$$f_c = f_{ccp} - f_{cto} - f_{ctw}$$

$$= 27.56 - 13.3 - 5.92 = +8.34 \text{ Kg/cm}^2$$

為壓應力所以安全。

11. 施預力時壓力錶讀數宜固定為 606 Kg/cm²

按施預力管理項所做之說明，本工程之預力管理係採管理圖控制法，以圖解法決定施預力之停止點。按實施後之統計大部分壓力錶之讀數均在 590 ~ 600 Kg/cm² 間，就是少者亦在 580 Kg/cm² 以上，與容許最高值 606 Kg/cm² (由鋼腱之拉應力達最高容許值 0.8 f_s 而得) 相差不多，大部分均在 2 % 以內，最多者亦不過 4 %。查其原因，本工程之預力計算由於 k 值假定之偏差，由當初之以鋼腱中心之有效預力值為定數，以計算施預力端之拉力——如此將使每股在施預力端之預力不等——，修改為以施預力端之拉力為定數 (容許最高值) 所致。因而既然每股之假定施拉端之拉力為一定，即雖由於摩擦損失之變化將使施拉端之拉力亦隨之變化，但其幅度不至於太大，因此無論摩擦情況如何，將施拉端之拉力一律提高至原假定之最高值即壓力錶讀數 606 Kg/cm² 的話，就是有預力過大之情形亦不至於太離譜，似有百利而無一害，且可簡化並提高作業效率。至於管理圖仍可供為參考追蹤之用。本工程於工程後期發覺如上之道理後就改按此法則辦理。

12. 每節施築時間之得失

本工程因施工初期，尤其下部結構施工期間，工程進度頗有落後。為追回工期，至上部結構施築時，曾設法克服各種困難，改良施工方法，更不惜配合夜工等致力於縮短每節之施工時間。使由初期之 16~17 天一節減至平均八天一節，最短者曾有六天一節之記錄，超過國外資料所訂之 10~12 天一節之效率甚多。惟事後檢討如此縮短施築時間是否得當，似有商榷之處甚多。

(1) 施預力時之混凝土材齡過短，對潛變及乾縮之影響如何？

(2) 在無合適之早強劑之情況下以多用水泥 (475 Kg/M³) 以獲混凝土之早期強度，對潛變及乾縮之影響又如何？

(3) 由於過於趕工致連夜作業，在工程品質之管理上如鋼筋之排置位置、間隔、結紮及模板之尺寸方面易於疏忽，至於套管配置及結紮之粗糙將易引起漏漿或增

加摩擦損失。

(4)由於工作人員及監造人員之過分疲勞，易生錯誤或發生意外。

(5)施工成本及經濟性。

13. 頂面版預留孔之處理

爲供工作車之固定及移動作業之操作，在頂面版留有爲數頗多之預留孔。就結構上混凝土之應力而言，這些預留孔之是否事後填補似無關重要。且在構造上頂面版混凝土上尚有 5 cm 厚之瀝青混凝土面層。本工務所以爲此 AC 層將具有防水作用乃對於這些預留孔之填補工作未予重視，任由承包商做象徵性之填補。俟 AC 層鋪設完成開放通車後由於連續之天雨始發現 5 cm 之 AC 層並不具備意料中之防水效果而有嚴重之漏水現象。澈底之補修方法應爲，將已鋪之 AC 層移除，由頂上以環氧劑漿 (Epoxy mortar) 逐孔確實之填補，但已開放通車，實際上已不可能如此辦理，乃同意承包商所提，由箱樑內部用環氧劑漿由頂版底面塞填之方式修補，效果雖非百分之百令人滿意，但尚稱良好，尚須長期之觀察，如有漏水者隨時予以修補。最澈底可行之方法應俟將來因拱度之變化或 AC 層之老化而須翻修時，趁 AC 層翻修之機會，由橋面頂逐孔確實之填補。

14. 頂面版預留孔對於應力之影響

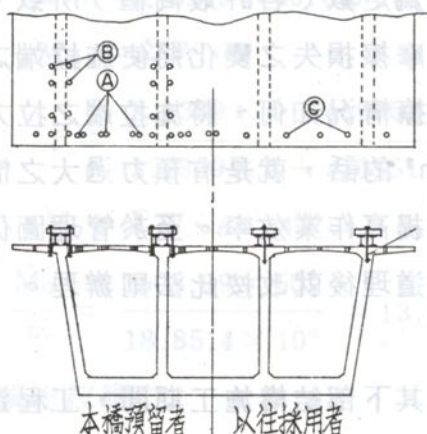


圖 7-141 預留孔

如前述事後之填補對應力雖無甚意義，但就混凝土之整體性而言，預留如此多之孔洞在同一斷面上所占斷面積多達 10%，應力上是否妥當似有商榷之處。本工程之工作車，承包商係委請日本廠商設計。據聞在日本以往之設計並不預留如此多之孔洞，除預留於每節前端（如圖示 A 孔）以供吊掛頂版承架用者爲必須外，預留於梁腹兩側（如圖示 B 孔）以供固定工作車軌道用者多不採用預留孔方式，而係將 P C 鋼棒直接埋置於梁腹內。此法因埋置之鋼棒使用後須裁斷，致僅能使用一次，成本較爲昂貴，所以逐漸改用本橋所採用之預留孔方式。本所由於經驗不足，事先未

知悉，亦未察覺而核可其設計，是否妥當應可供將來類似工程之參考。

15. 箱梁底版之預留孔

至於底版為供吊掛底版承梁亦留有孔洞，此為不可避免且數量亦較少，僅於每節之前端有數孔而已，此預留孔宜予以保留不填補，以供為通氣孔兼為箱梁內有浸水時之滴水孔（weep hole）之用。

16. 排水管之排置

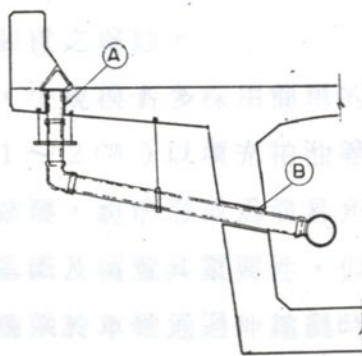


圖 7-142 排水管之排置

本橋之橋面排水，位於地面部分者均由設於欄杆邊之排水孔接裝排水管引入箱梁內（隱蔽），再傳至地面排水溝。其露出於懸臂橋面下面部分為求外觀之整齊，應按預定位置，整齊的、畢直的排置始可收美觀之效。因此施工圖上均詳細的指定每套排水管應留二孔①及②之相對位置，其中①孔較易處理，但②孔因位於梁腹之中腰，有些由於事先顧慮不周致與鋼腱衝突，作業時為避免損傷鋼腱不得不將排水管位置移動，但未顧及配合移動①孔，至裝設排水管（已工程後期）始發覺有些部分、①、②兩孔未對準之情形，因已無法修改致外表上有些排水管斜歪之情形，影響外表美觀，實為憾事。

表 8-1 本橋使用之材料清單

MODEL NO.	說明	數量	單位
SR 2.5-A	第 1 種 鋼筋 2.5 吋	100	磅
SR 4-A	第 2 種 鋼筋 4 吋	100	磅
SR 6-A	第 3 種 鋼筋 6 吋	100	磅

第八章 附屬工程

第一節 伸縮縫

1. 伸縮縫之作用及目的

伸縮縫係裝設於兩連續橋梁之接頭或於橋台處橋梁與路基銜接處之橋面，其作用在於適應橋梁因溫度變化，混凝土之乾縮、潛變等所產生之伸縮，及因受荷重產生撓度所引起之撓角，以維持車輛在任何情況下均能舒適平穩的行駛，並須具有充分之防漏水性，以保護支承裝置之腐蝕。

以往本省橋梁之伸縮縫，小規模者多採用簡單的填充式（dummy joint），就是於兩接觸面留適當空隙（1～2 cm）以填充柏油等軟性材料。至於較大橋梁或伸縮量較大者，雖採用鋼製伸縮縫，視情形或為簡易角鋼式、或為蓋板式、或為齒型。但施工時極大部分均不大認識及留意其重要性，似有草率之嫌，致成品均不甚理想，非但損壞率高，大部分橋梁於車輛通過伸縮縫時更是跳動情形甚為利害，嚴重的影響之舒適性。

近年來由於橋梁大型化、車輛大型化、交通量增大、車速之提高等，使伸縮裝置所受的破壞力隨之大幅提高，損壞情形更形嚴重，已逐漸喚起有關人員之關注與重視。非但在型式方面有多種新式樣之開發，在施工上更有長足之進步。

本路所有橋梁之設計對於伸縮縫已相當重視，大部分橋梁均儘可能的採活荷重多孔連續構造，以減少伸縮縫設置處所以減少困擾。伸縮縫之型式除小部分採用較為堅固之鋼製齒型伸縮縫外大部分均採用較為新型之橡膠製 Transflex 或 Waboflex，在施工上雖亦提高警覺，細心辦理，致平坦性已有大幅之改善，但可能由於施工作業尚未臻完善致仍有損壞率偏高之嫌。

2 本橋之伸縮縫

本橋按原設計係採用 Transflex 橡膠伸縮縫，但亦同意得改用同品質（equivalent）者，承包商要求改用 waboflex 橡膠伸縮縫，經核兩者品質，性能均相同乃准予改用，依使用部位，就是按伸縮量之大小共有三種，（圖 8-2、表 8-1）。

表 8-1 本橋使用之伸縮縫種類

MOEEL NO.	使用部位	相當 Transflex Model NO
SR 2.5 A	第 11 標及 13 標	NO 250
SR 4 A	第 12 標與第 11 及 13 標之交接處 P_N 及 P_S 上	NO 400 A
SR 6.5 A	第 12 標兩懸臂梁中央鉸之接頭	NO 650

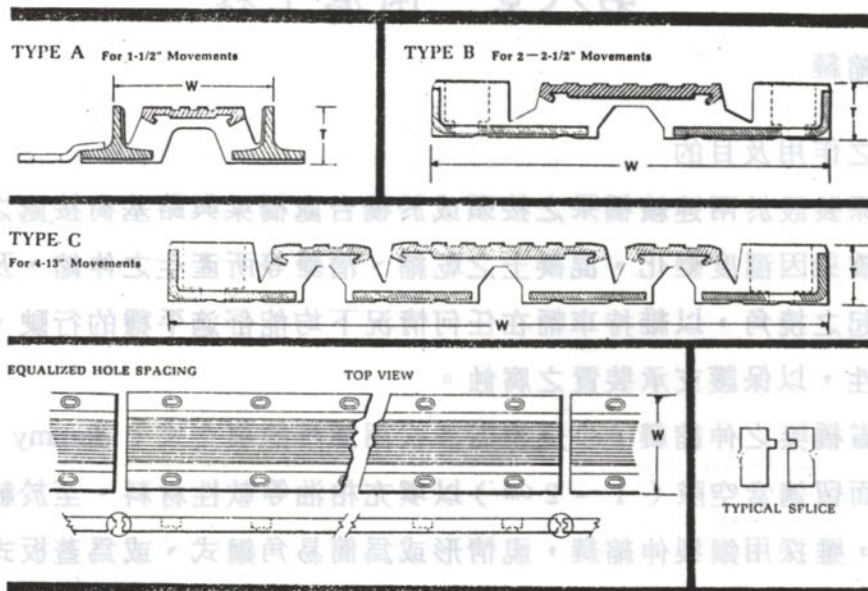


圖 8 - 1 waboflex-sr 標準圖

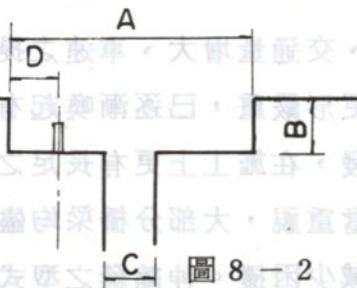


圖 8 - 2 應留安裝缺口

表 8 - 2 WABOFLEX-SR MODELS/DETAIL MEASUREMENTS

TYPE	MODEL NO.	TOTAL MOVEMENT	LENGTH FEET	WIDTH INCHES	THICKNESS INCHES	A		B DEPTH	C		D BOLT C/L
						MIN.	MAX.		MIN.	MAX.	
A 1-1/2" Movements	SR 1.5	1-1/2	6	4-1/2	1-9/16	9-7/16	10-15/16	1-13/16	3/4	2-1/4	15/16
	SR 2A	2	6	10-5/8	1-9/16	9-7/8	11-7/8	1-13/16	1	3	1-1/4
B 2-2 1/2" Movements	SR 2.5A	2-1/2	6	13-3/4	1-13/16	12-3/4	15-1/4	2-1/16	1-3/8	3-7/8	1-1/2
	SR 4A	4	6	23	2-1/8	21-1/4	25-1/4	2-3/8	1	5	1-13/16
C 4-13" Movements	SR 6.5A	6-1/2	6	28	3	25	31-1/2	3-1/4	1-1/2	8	2
	SR 9	9	6	37-3/8	3-3/4	33-1/8	42-1/8	4	1-3/4	10-3/4	2-1/16
	SR 13	13	4	55	5	48-3/4	61-3/4	5-1/4	2	15	2-5/8

此類橡膠伸縮縫 (Transflex 或 waboflex) 為發揮其最佳之有效功能，安裝時宜按當時之溫度，混凝土材齡估計可能之縮短量，以予壓法將伸縮裝置之寬度 (W)，預為壓縮使將來乾縮及潛變穩定後，於平均氣溫時伸縮裝置本身保持不受任何初應力。由於國內似無此種作業之適當參考資料及依據，所以本橋之裝設作業乃參照日本道路協會編纂之「道路橋伸縮裝置便覽」之規定辦理。

3. 伸縮量有關之基本因素

依該便覽之規定，對於伸縮量應考慮之事項為：

(1) 溫度變化；依該便覽規定普通地區應為 $-5^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$ ，但衡量本省係處亞熱帶與該國略有不同，乃決定修正為 $0^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ ，並以 25°C 為平均溫度。

(2) 混凝土之潛變及乾縮。

混凝土因潛變及乾縮所產生之收縮量以表 8-3 及 8-4 所列者為依據估算

表 8-3 混凝土之潛變係數與乾縮量

混凝土之潛變係數	$\phi = 2.0$
混凝土之乾縮量	以溫度下降 20°C 之相當量計

表 8-4 潛變及乾縮量之遞減係數

混凝土之材齡 (月)	0.25	0.5	1	3	6	12	24
潛變及乾縮之遞減係數 (日)	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1

(3) 因荷重而產生之撓度影響。

表 8-5 橋端部撓角與 k 值之關係

l / δ	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000
θ (rad)	1/100	1/125	1/150	1/175	1/200	1/225	1/250	1/375	1/500
k	0.0100	0.0080	0.0067	0.0057	0.0050	0.0044	0.0040	0.0027	0.0020

註 k：假設撓度曲線為 2 次拋物線簡支梁計算

l ：橋之跨徑

δ ：跨徑中間之撓度

θ (rad) 橋端之撓度

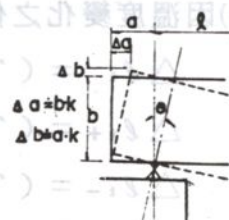


圖 8-3 橋端部之回轉變位

橋梁受荷重後產生撓度，導致梁端之撓角，使伸縮裝置受垂直，水平之迴轉變位。

(4) 地震時之結構物變位

此種影響甚為複雜，目前均暫不予考慮。

(5) 受縱斷坡度影響之變位

坡度較大時，水平移動量 $\times$ 縱坡度 ($\tan \theta$) 所得垂直變位 (Δd) 應予考慮。

(6) 斜橋及曲線橋之變位，如圖 8-5 所示

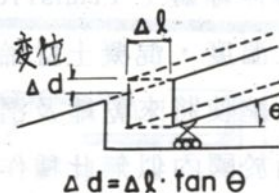
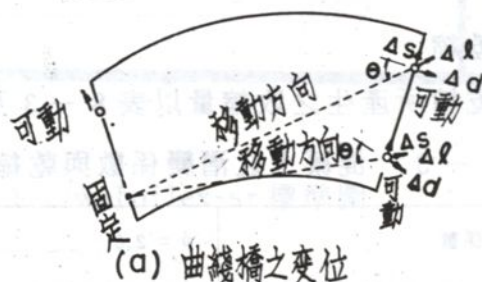
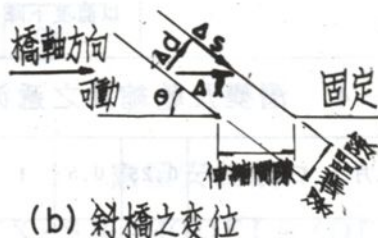


圖 8-4 縱坡度之變位



(a) 曲線橋之變位



(b) 斜橋之變位

圖 8-5

以上各項因素中僅有(1)、(2)兩項為施工時應予考慮調整，其餘各項為設計階段，選擇伸縮裝置型種及能量時應予考慮之因素。

4. 伸縮量之設計

與伸縮量有關之因素如上述，惟通常實際計算時，僅計算溫度變化伸縮量 (Δl_t) 及混凝土之潛變與乾縮之縮短量 ($\Delta l_c + \Delta l_s$) 為基本伸縮量，至於其他各項就不再計算，僅取某些寬餘量以使採用較大能量之伸縮裝置來處理，其計算方式如下：

(1) 因溫度變化之伸縮量

$$\Delta l_t = (T_{\max} - T_{\min}) \alpha \cdot l$$

$$\Delta l_{t+} = (T_{\max} - T_{\text{set}}) \alpha \cdot l$$

$$\Delta l_{t-} = (T_{\text{set}} - T_{\min}) \alpha \cdot l$$

內 Δl_t : 因溫度變化之伸縮量

$\Delta \ell_{t+}$: 因溫度升高之伸長量

$\Delta \ell_{t-}$: 因溫降低之縮短量

T_{max} : 設計最高溫度 50°C

T_{min} : 設計最低溫度 0°C

T_{set} : 裝置時之溫度

α : 膨脹係數 10×10^{-6}

ℓ : 梁 長

(2) 因混凝土潛變或乾縮之縮短量

$$\Delta \ell_c = \frac{\sigma_p}{E_c} \cdot \phi \cdot \ell \cdot \beta$$

$$\Delta \ell_s = 20 \times 10^{-5} \cdot \phi \cdot \beta$$

內 $\Delta \ell_c$: 因潛變之縮短量

$\Delta \ell_s$: 因乾縮之縮短量

E_c : 混凝土之彈性模數

σ_p : 預力產生之平均壓應力

ϕ : 潛變係數 2.0

β : 潛變、乾縮之遞減係數

5. 本橋之實際計算例

本橋伸縮縫之安裝時期在十月中旬至十二月初旬，氣溫位於 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 之間，較平均氣溫略低，混凝土之施注完成期間在 $0 \sim 2$ 年，就一般情形而言混凝土之潛變及乾縮尚未穩定，引橋部分大梁雖完成 6 個月以上但橋面部分完成時間尚短，乃假定 6 個月以取遞減係數 $\beta = 0.3$ ，主橋部分因施工期間較長係分節施築，完成時間各有異，其 β 值乃按情形分別取 0.2 及 0.3 兩種，以分別計算伸縮裝置之預壓量。且實際作業時必須預埋螺栓，因此必須配合預壓量修正螺栓之間距。

計算例及結果如下：

(1) 溫度變化

溫度變化按理論應按 1°C 之變化分別予以計算，惟如此非但繁雜且施工期間溫度變化無常，但小幅度之變化影響不大，為簡化作業，配合實情仍以每 5°C 為一階段計算。

設裝置時之溫度為 15°C ， ℓ 為 150^{M}

$$\Delta \ell_t = (\Delta \ell_{ave} - \Delta \ell) \cdot \alpha \cdot \ell$$

$$= (25 - 15) \cdot (10 \times 10^{-6}) \times (150 \times 10^3)$$

$$= -10 \cdot 0.01 \cdot 150 = -15 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{伸長 (一)}$$

(2) 潛變及乾縮

$$\text{設 } \sigma_p = 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 300,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta = 0.2$$

$$\Delta l_c + \Delta l_s$$

$$= \frac{\sigma_p}{E_c} \cdot \phi \cdot l \cdot \beta + 20 \times 10^{-5} \cdot l \cdot \beta$$

$$= 0.4 \cdot l \cdot \beta + 0.2 \cdot l \cdot \beta = 0.6 l \beta$$

$$= 0.6 \cdot 150 \cdot 0.2 = 18 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{縮短 (十)}$$

(3) 總預壓量 (調整量)

$$\Delta l_c + \Delta l_s + \Delta l_t$$

$$= 18 - 15 = 3 \text{ mm}$$

(4) 螺栓埋設間距

SR、6.5 A 之標準螺栓間距為 616 mm

埋設間距 = 標準間距 - 預壓量

$$= 616 - 3 = 613 \text{ mm}$$

(5) 其餘各型之計算結果如表 8 - 6

表 8 - 6 本橋伸縮縫預壓量及螺栓埋設間距表

分 類		SR 2.5 A						SR 4 A		SR 6.5 A		
伸 縮 量		± 32 mm						± 51 mm		± 83 mm		
跨 徑 (M)		17.5	35	48	60	83	96	109	73	150	118	
使用位置	11 標	ABUT	P ₁ P ₂ P ₃		P ₂ P ₄	P ₅	P ₁₃					
	12 標							P _N	P _S	P _{A-B}	P _{B-C} P _{C-D}	P _{D-E}
	13 標	ABUT	P _{1A} P _{2A}	P _{2S}	P _{3A}	P _{2N}						
材料修正 (縮)	6 月	3	6	9	11	15	17	20	13	27		21
	12 月										18	
溫度修正 (伸)	10°C	3	5	7	9	12	14	16	11	23	23	18
	15°C	2	4	5	6	8	10	11	7	15	15	12
	20°C	1	2	2	3	4	5	5	4	8	8	6
	25°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
應預壓力 (%)	10°C	0	1	2	2	3	3	4	2	4	- 5	3
	15°C	1	2	4	5	7	7	9	6	12	3	9
	20°C	2	4	7	8	11	12	15	9	19	10	15
	25°C	3	6	9	11	15	17	20	11	27	18	21
應埋螺距 (%)	10°C	279.3	278.3	277.3	277.3	276.3	276.3	494.5	496.5	612.0	621.0	613.0
	15°C	278.3	277.3	275.3	274.3	272.3	272.3	489.5	492.5	604.0	613.0	607.0
	20°C	277.3	275.3	272.3	271.3	268.3	267.3	483.5	489.5	597.0	606.0	601.0
	25°C	276.3	273.3	270.3	268.3	264.3	262.3	478.5	487.5	589.0	598.0	695.0
標準螺栓		279.3 mm						498.5		616.0		

6. 安 裝

6 - 1 應注意事項

爲達安裝後橋面之平坦性及堅固性以提高耐用年限及有效發揮機能，應注意下列各點：

- (1) 高程應保持正確。
- (2) 橫斷方向要與橋面橫坡符合。
- (3) 樁軸方向要與橋面縱坡符合。
- (4) 每片伸縮縫之銜接要確實，不宜有高低。
- (5) 預埋螺栓之位置、方向要正確，確實對準伸縮縫之螺栓孔。
- (6) 銜接之混凝土面要平整，且符合橋樑之縱橫坡度。
- (7) 橋面端部（伸縮裝置下方之混凝土）混凝土之鋼筋應排置正確，並適當的加強以免產生脆弱部位。

6 - 2 安裝準備

爲確實安裝伸縮裝置，橋面澆注作業時宜於其端部，就是伸縮裝置安裝部位保留約 1 公尺暫不施築，以供單獨辦理安裝作業，但鋼筋須按設計圖預留，（圖 8 - 6）。

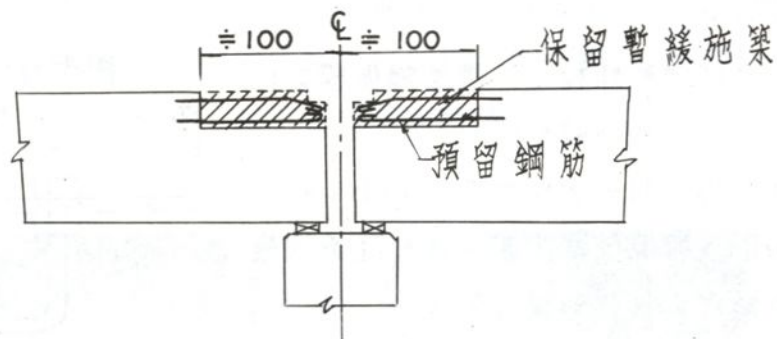
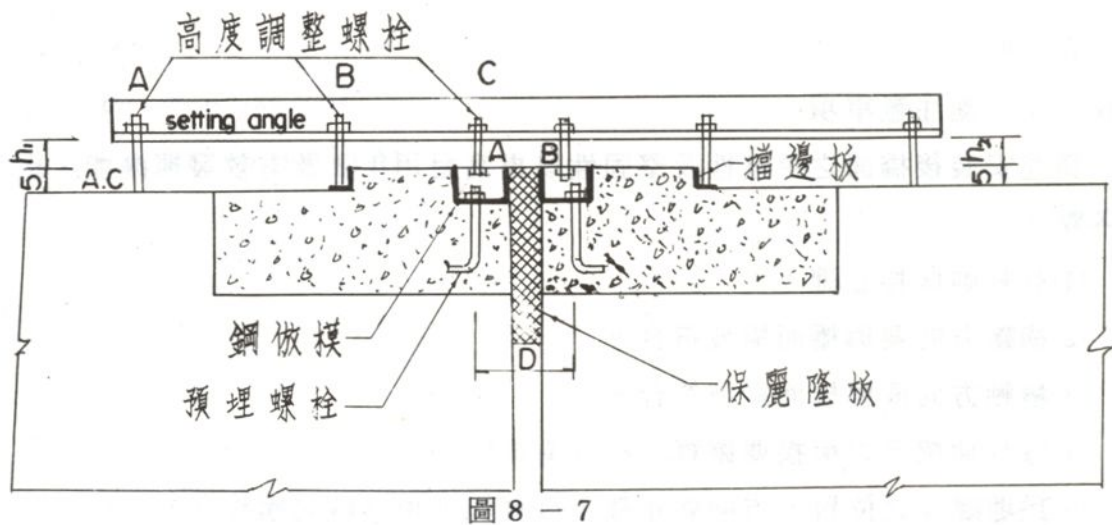


圖 8 - 6

6 - 3 模板安裝及澆注混凝土

- (1) 組立保留未澆注面板之底模。
- (2) 整直鋼筋，此時橋軸方向鋼筋末端宜設彎鉤，以加強端部強度，免生脆弱點。



(3) 安裝鋼做模 (圖 8 - 7)

鋼做模就是以鋼板做造與伸縮裝置一模一樣大小，螺栓孔位置也相同，惟將原為一片之伸縮縫分成 A、B 兩片，並於其中間留出空隙以供調整螺栓距，及施工期間仍保有伸縮機能之模做鋼模。

① 利用高度調整螺栓 A，調整安裝補助角鐵 (setting angle) 高度，保持 $h_1 = h_2 = 5\text{ cm}$ ，如此安裝補助角鐵將與縱坡度平行。

② 將預埋螺栓用上下螺帽夾鎖於鋼做模 (圖 8 - 8)。

③ 操作高度調整螺栓 C，調整鋼做模之位置，高度及預埋螺栓距。

④ 兩鋼做模中間夾放保麗龍 (Polylon board) 板以保持間距，惟應注意夾緊以防漏水而影響伸縮功能。

⑤ 詳驗預埋螺栓之位置，間距 (D) 垂直度是否妥當，是否穩固，否則以點焊固結於鋼筋。

⑥ 操作高度調整螺栓 B，以調整擋邊板。

⑦ 擋邊板內側劃出混凝土高度。

(4) 澆注混凝土

混凝土之品質與橋面相同，惟粗骨材宜稍細，坍度宜稍大，振動作業要特別細心，混凝土必須灌滿不應有蜂窩或有空洞情形以產生脆弱部，更應避免碰動鋼做模及預埋螺栓。

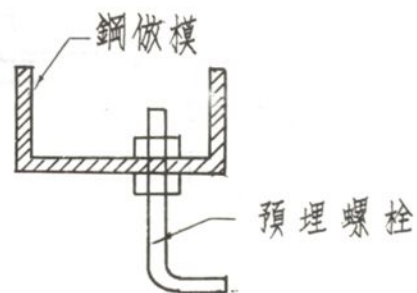


圖 8 - 8



照片 8 - 1 伸縮縫之安裝

露出混凝土面部分更應仔細粉平，務求與伸縮裝置及與A.C.面之銜接平順。

(5) 拆模：

24 小時後拆模，並隨即清除保麗龍夾板，如有漏漿情事應隨時排除。

6-4 安 裝

(1) 混凝土頂面鋪設 compressed sealant 帶（厚約 1 ~ 1.5 mm 之軟性膠帶）二 ~ 三層。

(2) 利用預壓器，按預壓量壓縮後裝入於預埋螺絲。

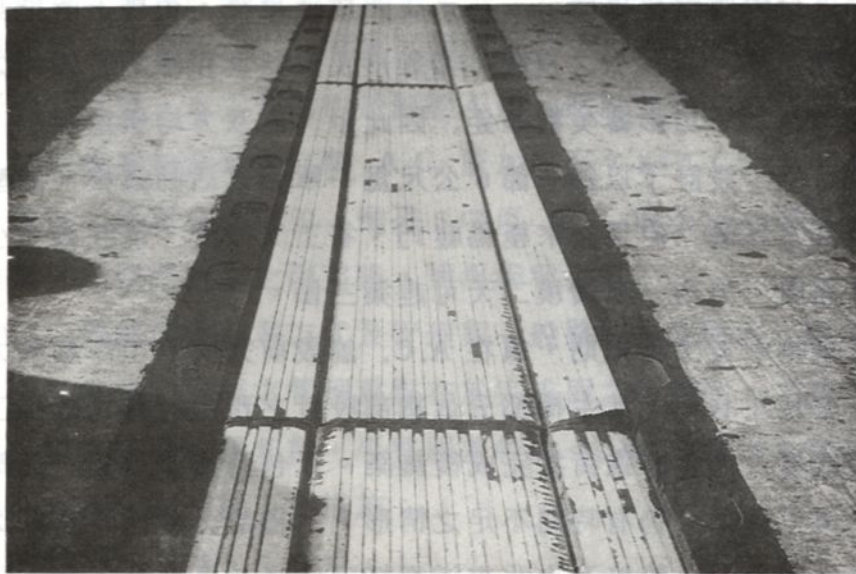
(3) 按順序鎖緊螺帽。

(4) 最上層之 Hole plug 可改灌注液性 sealant，本橋實施結果發覺灌注 Sealant 較可靠，乃全部改灌注 sealant。

(5) 伸縮裝置與混凝土之銜接面灌注 sealant。

6-5 檢 討

本橋對於伸縮縫之施工程序，甲、乙双方均極為重視，謹慎細心之辦理，堅固方面尚稱良好通車至今（66.12.31.~68.5.）已有一年半僅在主橋發現有一、二片有輕微之損傷，研判其原因似非施工不良所致，損壞情形如圖 8-9 所示，且並非位於車道受力嚴重部分而係位於路肩部，研判其可能原因係製造不良或此類伸縮裝置不適於懸臂式橋梁所致外，其餘部分均尚保持良好狀態，惟平順性則稍差，情況雖不比其他橋樑差，但尚未能令人滿意，施工方式尚有待改進。



照片 8-2

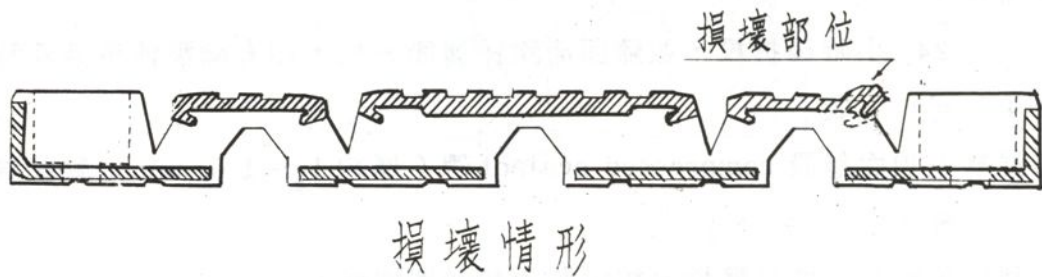


圖 8 - 9

檢討本路所有橋梁伸縮縫之平坦性以大直橋所裝設者為最好，通車至今已有兩年但仍保持極為良好之狀態，查究其原因固然甚多，但其最大之優點在於安裝施工法。其主要要領係先鋪 A.C. 面層，將預留暫緩施築（圖 8 - 6）部分，暫填砂石以便一起鋪設 A.C. 層，然後將此部份 A.C. 予以鋸除後再安裝伸縮裝置，如此將能獲得完全的平坦性。

本橋原亦擬採取此種先鋪 A.C. 法，惟因工期緊迫致未能採用，致採如上述之方法，雖已儘可能的謹慎從事仍無法獲得滿意的平坦性。

關於本伸縮縫之使用情形，於第十三章尚有進一步之檢討，請參考。

第二節 欄杆及中央分隔欄（Parapet, Median barrier）

欄杆及中央分隔欄位於橋面上，為完成開放通車後，由橋上所能見之僅有構造物，為衆人注視之的。其施工之良窳，如線形及形狀之正確，各線條之整齊，面層之光滑、平整、色彩等均影響美觀甚鉅。因此甲、乙双方均慎重從事，為達成美觀及迅速施工之目的，設計了以每一節 6 公尺為一單元之活動鋼模，僅配合以少數工人就可自動裝拆及移動。使用起來極為輕巧、省工又方便，澆注後 4 小時就拆模以便以人工磨光面層，平均一套鋼模二天可趕築三節。

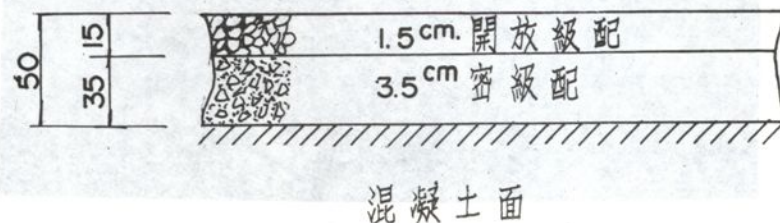
此項工作全集中於工程末期，須在 A.C. 鋪設前完成，工作量龐大，全橋總延長度在 5000 公尺左右，尤其主橋部分依細部設計之預拱計算，此項工作規定須在兩懸臂梁中央鉸接及南北車道銜接完成後施築。承包商為了趕築，雖準備了為數不少之活動模，但主橋部分仍有時間不足之情形，主橋部分總延長度約 2000 公尺。除中央分隔欄必須俟中央鉸接及南北車道銜接完成後始可施築，無法調整外，為配合工進，兩側欄杆部分，選擇對撓度影響較微之靠橋墩 $\frac{1}{3}$ 部分，在尚未施中央鉸接及南、北車道銜接前，先行施築。



照片 8 - 3 中央分隔欄之施工

第三節 瀝青混凝土面層

本橋按設計圖指示，在混凝土面上另鋪設 5 cm 厚之 A.C. 面層供為摩擦層，分為 3.5 cm 厚密級配底層及 1.5 cm 厚開放級配面層。該 A.C. 層之作用除供為摩擦層外



，尚具有填補混凝土橋面之不平整，以獲平順之面層以達舒適行車之目的。尤其主橋因係分節施築，如無此 A.C. 層施以彌補調整，由於預拱、撓度等複雜因素，實難達平整舒適之目標。本工務所由於經驗不足，原以為施工誤差非但在所難免，而可能偏大，曾要求原始設計人宜將 A.C. 層加厚至 7.5 cm (3")，但未蒙同意，仍維 5 cm 厚，致施工期間甚感壓迫，惟恐 5 cm 厚 A.C. 層不足於彌補，難於獲得平順之路面，惟實施結果經適當之調整後，情況尚稱良好。

橋面 A.C. 層鋪設之作業方式及管理與一般路基上之路面工程相同，並無特殊之處，本文不予贅述。本橋之管理重點在於完成面之平順性，尤其主橋部分如上所述，因混凝土之完成面較為粗糙，平整誤差較大，A.C. 層又不宜加厚以避免增加呆重 (Dead load)，乃採下列措施：

- (1) 頂層開放級配維持 1.5 cm 厚。
- (2) 底層 3.5 cm 厚之密級配，視混凝土完成面之高低，做適當之調整。

① 每車道 (南、北) 按混凝土完成面以每 5 公尺為一測站，分中心線、及左

、右兩側線，詳細測繪三條縱斷面。

②依據上項混凝土面，擬繪 A.C. 層完成面之縱斷面圖，惟應遵守下列原則。

(a)密級配層得有 $\pm 2\text{ cm}$ 之調整，則最小為 1.5 cm ，最厚為 5.5 cm 。

(b)必要時橫坡度得微小幅之調整，如原有 2% 橫坡者得調整為 $1.7\sim 2.3\%$ 。

(c) A.C. 之總重量，亦就是平均厚度不宜超出原設計過多，以 10% 以內為度。

(3)底層密級配鋪設完成後應予以檢測。



照片 8 - 4 瀝青混凝土面層之施工

第九章 工程進度

1. 預定進度

本工程原計畫以主橋之工作性及工作量為據，預定 910 日曆天完成。訂為自 63 年 9 月 8 日開工，應於 66 年 3 月 7 日完工。至於兩側引橋因構造簡單，工作量亦較少，在此期間配合施工，工期應很寬容。

2. 變更設計及工期展延

由於施工初期就發現橋墩 C 因地質與原始資料略有出入，不得不辦理變更設計，承包商雖曾配合趕辦夜工，但該墩下部結構仍延後半年始完成，由於該墩係最初開工，位於工作要徑（critical path），致該變更設計實質上影響全橋工期達半年以上。另又由於水工試驗之結論為配合防洪期，將 P_A 與 P_D 之施工順序對調，而 P_D 基礎亦因地質不符致辦理變更設計，此外為應台北市政府之要求兼辦，圓山提防之加強加高工程及士林防洪牆加固工程，另在本橋施工期內，台北市政府更於本工區內興辦松江橋及承德橋新建工程等，均增加本橋工作推進之複雜性，影響工進至鉅。最後經高速公路工程局衡量各種因素核定准延完工期限為 66 年 12 月 31 日。幸賴各方向面之通力合作，日夜趕工始能於核定期限內如限完工通車。

3. 實際施工進度

如圖 9 - 1 所示

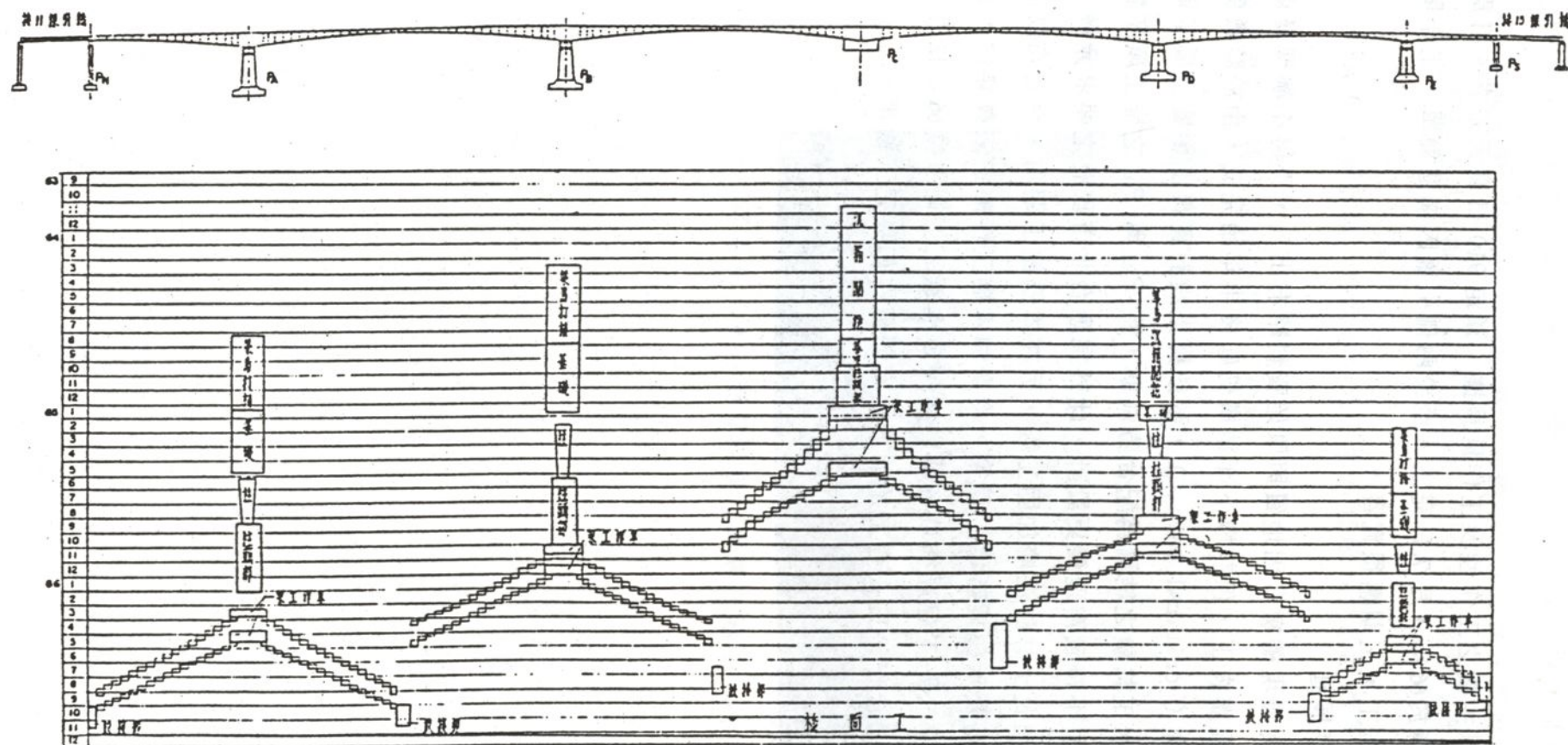


圖 9 - 1 實際進度表

第十章 測 量

第一節 概 況

本工程因位於台北交流道（第 10 標）及圓山交流道（第 14 標）中間，各標之承包商不同，監造單位雖同屬北區工程處，但均分設有工務所主其事。為避免各標間之銜接發生偏差於北工處另設有測量隊統辦控制測量事宜。由該隊測定並定期校正各主要控制點及水準點，供各施工單位施測放樣之依據。至於各標內之細部測量及放樣測量就由各承包商自行辦理，各工務所僅負校核之責。本工程因全為橋梁工程，橋墩位置為主要控制點，西端位於曲線內，東端為銜接圓山交流道既有加寬又因匝道而有反曲線，主橋橋墩位於基隆河中無法直接施測，墩位之測定及橋面高度之控制均極為複雜。承包商為辦理測量事宜亦組成了測量隊（為與北工處之測量隊有所區別稱為施測隊），專責細部測量及放樣測量，本工務所僅予以核測，惟為慎重計每遇重要階段均邀請本處測量隊會同辦理詳細之複測。

第二節 控制測量

1. 控制橋位之依據

高速公路之路線是以座標法控制，所採用的座標系統有三度分帶座標（基隆～內湖段及楊梅以南各段）及六度分帶座標（內湖～楊梅段）二種。本橋位於六度分帶三角點 $\triangle 66$ （設於圓山五百完人塚旁，就是 P_c 附近）與 $\triangle 61$ （設於大直橋東面垃圾堆積場）間之導線起點附近，因此宜以三角點 $\triangle 66$ 與導線點 $\frac{61}{66} - 1$ 之座標及方位角為控制橋位之依據，由於該兩點間之實測距離與導線計算配賦後之距離相差約 18 cm，若逕以此兩點之座標控制橋位，在橋位測量時可能招致許多困擾，乃裁定以三角點 $\triangle 66$ 之座標（2,774,327.3110，350,509.1200）及 $\triangle 66$ 至 $\frac{61}{66} - 1$ 之方位角為測定本橋橋位之依據。

2. 導線測量

橋位測量當初，此地區之地上障碍物均未清除，更由於地區特殊，雖遇有樹木遮攔視線亦不容隨時予以修剪或砍除，而且受地形地物限制，無法從 $\triangle 66$ 與 $\frac{61}{66} - 1$ 直接測定各墩位置，於是以 $\triangle 66$ 為中心向西及東各展設七點及八點之閉合導線，由於第一次測量設定之導線仍無法完全網羅所有橋墩，各經兩次修正後，始確定控制本橋之最後導線，如圖 10 - 1 及表 10 - 1，10 - 2。

導線及橋位測量所使用之主要儀器為 WILD T2 精密經緯儀（測微鼓直讀數

爲 1 秒，可估讀至 0.1 秒）及 WILD DI 10 紅外線光波測距儀（測微鼓直讀數爲 1 cm，可估讀至 1 mm）。導線角度以正倒鏡複測法觀測其右轉角四次以上，以求其平均值。距離則同一邊連續施測三次以上，而取其最相近三次平均值，加上大氣壓力及氣溫修正值 ΔD ， $\Delta D = 282 - \frac{0.387 P}{1 + 0.0037t}$

$$\Delta D = 282 - \frac{0.387 P}{1 + 0.0037t}$$

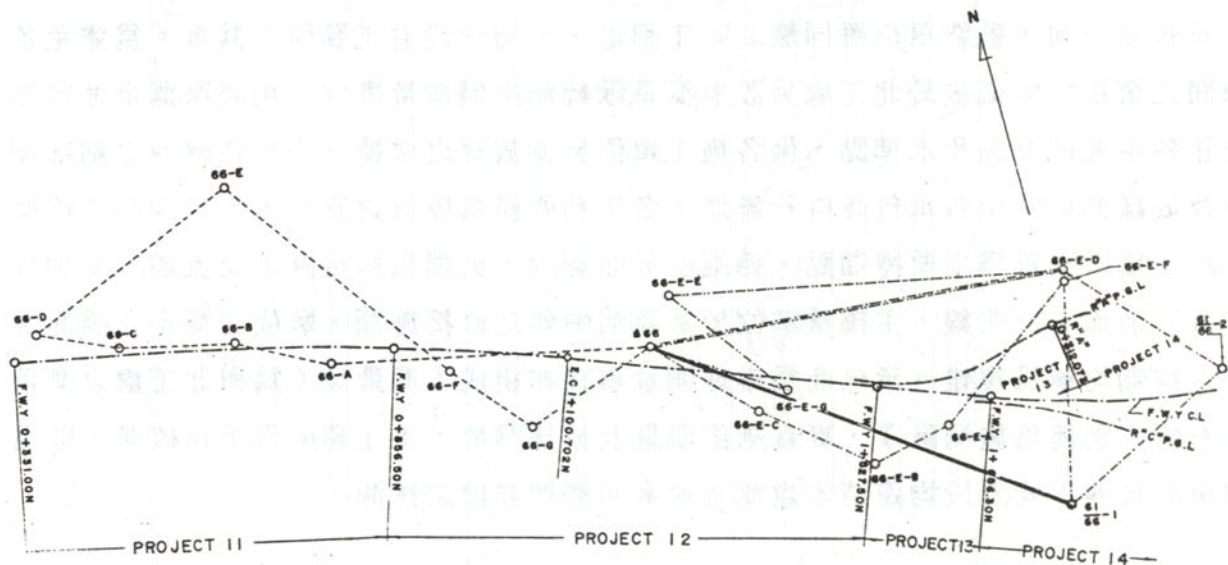


圖 10 - 1

表 10 - 1

PROJECT 11 & 12 TRAVERSE
STA. 0k+331N TO STA. 1k+224N

POINT	AZIMUTH	DISTANCE	COORDINATES N.	COORDINATES S.	ELEVATION
66-E-D			2,774,246.9253	351,083.4602	
△66	277°58'02"		2,774,327.3110	350,509.1200	
66-A	285°42'33"	436.565	2,774,445.5131	350,088.8616	
66-B	294°57'06"	187.702	2,774,524.6957	349,918.6789	
66-C	288°34'30"	102.499	2,774,557.3463	349,821.5193	
66-D	295°49'46"	127.469	2,774,612.8837	349,706.7851	
66-E	70°47'58"	333.447	2,774,722.5467	350,021.6837	
66-F	147°52'50"	401.046	2,774,382.8855	350,234.9141	
66-G	141°49'17"	137.928	2,774,274.4622	350,320.1697	
△66	74°22'26"	196.202	2,774,327.3110	350,509.1200	
66-E-D	97°58'02"		2,774,246.9253	351,083.4602	
REMARKS : $W_R = -0.0034$ $W(ANG.) = 00.0''$					
$W_E = -0.0004$ $L = 1/565,300$					

表 10 - 2

PROJECT 12 & 13 TRAVERSE
STA. 1k+224N TO STA. 1+700N

POINT	AZIMUTH	DISTANCE	COORDINATES N	COORDINATES S	ELEVATION
△ 66			2,774,327.3110	350,509.1200	
66-E-D	97°58'02"	579.938	2,774,246.9253	351,083.4602	
$\frac{61}{66} - 2$	137°23'22"	254.281	2,774,059.7815	351,255.6115	
$\frac{61}{66} - 1$	246°08'30"	283.645	2,773,945.0538	350,996.2043	
66-E-F	16°11'23"	309.106	2,774,241.9017	351,082.3883	
66-E-A	235°53'30"	257.891	2,774,097.2870	350,868.8603	
66-E-B	261°35'00"	116.698	2,774,080.2057	350,753.4196	
66-E-C	312°21'30"	173.990	2,774,197.4343	350,624.8503	
△ 66	318°17'47"	173.958	2,774,327.3110	350,509.1200	
66-E-D	97°58'02"				
REMARKS : $W_N = + 0.0155$ $W(ANG.) = + 05.7''$ $W_E = - 0.0088$ $L = 1 / 120,600$					
POINT	AZIMUTH	DISTANCE	COORDINATES N.	COORDINATES S.	ELEVATION
66-E-D			2,774,246.9253	351,083.4602	
△ 66	97°58'02"		2,774,327.3110	350,509.1200	
66-E-G	125°56'40"	199.957	2,774,209.9362	350,671.0026	
66-E-E	327°24'28"	210.087	2,774,386.9396	350,557.8377	
66-E-D	104°54'57"	543.951	2,774,246.9253	351,083.4602	
△ 66	277°58'02"				
REMARKS : $W_N = + 0.0006$ $W(ANG.) = + 00.2''$ $W_E = - 0.0116$ $L = 1 / 82,060$					

内 △D : 每 km之修正量

P : 大氣壓力 mm Hg

t : 氣溫 °C

導線計算表

CALCULATION TABLE OF TRAVERSE

測量名稱 第12,13標導線
NAME OF SURVEY 1+224N~1+700N

計算者
CALCULATOR

校核者
CHECKED BY

日期 63年6月18日
DATE

P 1 OF 1

點號 POINT	觀測角 OBSERVED ANGLE	配賦 W	方位角 AZIMUTH	方向角 BEARING	距離 DISTANCE M	COS θ	縱距 LATITUDE	配賦 W	SIN θ	橫距 DEPARTURE	配賦 W	縱座標 COORDINATES N.	橫座標 COORDINATES E.	高程 ELV.	點號 POINT
466			(62.9)		(579.9384)		+			+					
66-E-D	219 25 20.7	-0.7	97 58 01.5		579.9354		80 38 15	-4.2		574 3378	+2.4	2,774,327 3110	350,509 1200		
61			(21.9)		(254.2811)										
66-2	288 45 11.0	-0.7	137 23 21.5		254.2791		187 14 20	-1.8		172 1503	+1.0	2,774,246 9253	351,083 4602		
61			(30.1)		(283.6451)										
66-1	310 02 50.3	-0.7	246 08 31.8		283.6454		114 72 57	-2.0		259 4084	+1.2	2,774,059 7815	351,255 6115		
61			(22.6)		(309.1057)										
66-E-F	39 42 11.0	-0.7	16 11 21.4		309.1075		296 85 01	-2.2		86 1827	+1.3	2,773,945 0538	350,996 2043		
61			(29.9)		(257.8907)										
66-E-A	205 41 30.3	-0.7	235 53 31.7		257.8906		144 61 28	-1.9		213 5291	+1.1	2,774,241 9017	351,082 3883		
61			(34.5)		(116.6976)										
66-E-B	230 46 30.0	-0.7	261 35 01.3		116.6980		17 08 05	-0.8		115 4412	+0.5	2,774,097 2870	350,868 8603		
61			(30.0)		(173.9903)										
66-E-C	185 56 17.9	-0.7	312 21 30.6		173.9917		117 22 99	-1.3		128 5700	+0.7	2,774,080 2057	350,753 4196		
61			(47.3)		(173.9582)										
466	319 40 14.5	-0.8	318 17 47.8		173.9596		129 87 80	-1.3		115 7309	+0.6	2,774,197 4343	350,624 8503		
66-E-D			97 58 01.5		Σ D = 2149.5075		Δ L = +0.0155			Δ d = -0.0088		2,774,327 3110	350,509 1200		
Σ	1800 00 05.7						W = $\frac{\Delta L}{\Sigma D} \cdot D$			W = $\frac{\Delta d}{\Sigma D} \cdot D$					
	1800 00 00.0						例: $W = \frac{0.0155}{2149.5075} \times 579.9354$			例: $W = \frac{0.0088}{2149.5075} \times 579.9354$					
	Δ = 05.7						= 0.0042			= 0.0024					
	05.7"/8 = 0.7"x7+0.8"														
466			(01.8)		(579.9385)										
66-E-D	219 25 20.7	-0.7	97 58 01.5		579.9354		80 38 15	-1.1		574 3378	+3.0	2,774,327 3110	350,509 1200		
61			(22.5)		(254.2811)										
66-2	288 45 11.0	-0.7	137 23 21.5		254.2791		187 14 20	-2.7		172 1503	+0.9	2,774,246 9284	351,083 4608		
61			(30.3)		(283.6448)										
66-1	310 02 50.3	-0.7	246 08 31.8		283.6454		114 72 57	-1.6		259 4084	+1.4	2,774,059 7837	351,255 6120		
61			(22.5)		(309.1036)										
66-E-F	39 42 11.0	-0.7	16 11 21.4		309.1075		296 85 01	-4.2		86 1827	+0.5	2,773,945 0584	350,996 2050		
61			(29.8)		(257.8908)										
66-E-A	205 41 30.3	-0.7	235 53 31.7		257.8906		144 61 28	-2.1		213 5291	+1.1	2,774,241 9023	351,082 3882		
61			(00.7)		(116.6974)										
66-E-B	230 46 30.0	-0.7	261 35 01.3		116.6980		17 08 05	-0.2		115 4412	+0.6	2,774,097 2874	350,868 8602		
61			(29.7)		(173.9900)										
66-E-C	185 56 17.9	-0.7	312 21 30.6		173.9917		117 22 99	-1.7		128 5700	+0.7	2,774,080 2067	350,753 4196		
61			(46.8)		(173.9578)										
466	319 40 14.5	-0.8	318 17 47.8		173.9596		129 87 80	-1.9		115 7309	+0.6	2,774,197 4349	350,624 8503		
66-E-D			97 58 01.5				Δ L = +0.0155			Δ d = -0.0088		2,774,327 3110	350,509 1200		
Σ	1800 00 05.7						Σ L = 1087.9005			Σ D = 1,665.3504					
	Δ = 05.7						W = $\frac{\Delta L}{\Sigma L} \cdot L$			W = $\frac{\Delta d}{\Sigma D} \cdot D$					

督導工程師
INSPECTOR

例: $W = \frac{0.0155}{1087.9005} \times 20.3215 = 0.0011$

例: $W = \frac{0.0088}{1665.3504} \times 574.3378 = 0.0030$

交通部台灣區高速公路工程局
T A F C B

CALCULATION TABLE OF TRAVERSE

測量名稱 茅12, 13標導線

NAME OF SURVEY 1+224N ~ 1+700N

計算者

校核者

日期 1954.6.18

P 1 OF 1

站 號 POINT	觀 測 角 OBSERVED ANGLE	配 賦 W	方 位 角 AZIMUTH	方 向 角 BEARING	距 離 DISSTANCE M	COS 0	距 LATITUDE	配 賦 W	SIN 0	橫 DEPARTURE	配 賦 W	縱 座 標 COORDINATES N.	橫 座 標 COORDINATES E.	高 程 ELV.	點 號 POINT
			° ' "	° ' "			+ -	mm		+ -					
466			97.58	065	(579.7402)							2,774.327	3110	350.509	1200
66-E-D	219 25 20.7	-0.7			577.9354		80.3815	-0.6		574.3378	14.7				
61			137.23	21.5	(254.2839)					172.1503	+3.3	2,774.246	9289	351.083	4625
33-2	288 45 11.0	-0.7			254.2791		187.1420	-3.5				2,774.059	7834	351.255	6161
61			246.08	31.8	(283.6444)					259.4084	-0.9				
66-1	210.02 50.3	-0.7			283.6454		114.7257	-0.4				2,773.945	0573	350.996	2068
66-E-F	39 42 11.0	-0.7	16.11	21.4	(309.1019)	296.8501		-5.4		86.1827	-1.6				
			235.53	31.7	309.1075							2,774.241	9020	351.082	3879
66-E-A	205 41 30.3	-0.7			(257.8924)		144.6128	-1.0		213.5291	-1.5				
			261.35	01.3	257.8906							2,774.097	2882	350.868	8573
66-E-B	230 46 30.0	-0.7			(116.6977)		17.0805	0		115.4412	+0.3				
			312.21	30.6	(173.9585)	117.2299		-2.1		128.5700	+2.3	2,774.080	2077	350.753	4164
66-E-C	185 56 17.9	-0.7			173.9917							2,774.197	4355	350.624	8487
			318.17	47.8	(173.9563)	129.8780		-2.5		115.7309	+2.2				
466	319 40 14.5	-0.8			173.9596							2,774.327	3110	350.509	1200
66-E-D			97.58	01.5		Z = 2,149.5075	Δl = +0.0155			Δd = -0.0088					
	Σ = 1800.00 05.7														
	Δ = 05.7"														
	5.7"/8 = 0.7"x7+0.8"		S	L	D	L/S	L·D/S	D ² /S	M·L ² /S	N·L·D/S	WL	M·L·D/S	N·D ² /S	W·D	
			579.9354	-80.3815	+574.3378	11.1412	-79.6058	588.7942	-0.0002	-0.0004	-0.0006	+0.0016	+0.0031	+0.0047	
			254.2791	-187.1420	+172.1503	137.7311	-126.6976	116.5480	-0.0028	-0.0007	-0.0035	+0.0026	+0.0007	+0.0033	
			283.6454	-114.7257	-259.4084	46.4030	+104.9726	237.2424	0.0010	+0.0006	-0.0004	-0.0022	+0.0013	-0.0009	
			309.1075	+296.8501	+86.1827	285.0788	+82.7652	24.0287	-0.0059	+0.0005	-0.0054	-0.0017	+0.0001	-0.0016	
			257.8906	-144.6128	-213.5291	81.0920	+119.7370	176.7985	-0.0017	+0.0007	-0.0010	-0.0025	+0.0010	-0.0015	
			116.6980	-17.0805	-115.4412	2.5000	+16.8965	114.1979	-0.0001	+0.0001	0.0000	-0.0003	+0.0006	+0.0002	
			173.9917	+117.2299	-128.5700	78.9857	-86.6262	95.0059	-0.0016	-0.0005	-0.0021	+0.0018	+0.0005	+0.0023	
			173.9596	+129.8780	-115.7309	96.9667	-86.4045	76.9928	-0.0020	-0.0005	-0.0025	+0.0018	+0.0004	+0.0022	
						Σ = 739.8985	-55.0126	1409.6084			-0.0155				+0.0088
						739.8985M - 55.0126N = -0.0155 --- (1)									
						-55.0126M + 1409.6084N = +0.0088 --- (2)									
						解(1)、(2)方程式 得 M = -2.0544×10 ⁻⁵									
						N = +0.5441×10 ⁻⁵									

督導工程師
INSPECTOR

交通部台灣區高速公路工程局
T A F C B

設該邊之瞄準器中心至反射鏡中心（測點中心）斜距為 D ，則水平邊長 D_H 應為

$$L_H = D \cdot \cos \alpha + e \cdot \sin \alpha$$

內 d = 俯仰角

e = 經緯儀傾斜軸至瞄準器中心之偏心距

導線或測點間之距離完全依賴 DI 10 紅外線測距儀測得，因此 DI 10 所測距離之精度非常重要。為此除曾在第 11 標基隆河護岸設約三百公尺長的基線予以檢核外，63 年 8 月又以 Kern DM 1000 及 WILD DI 3 兩種紅外線測距儀檢測部分導線及中心線等之距離。其成果均與導線成果及中心線測定資料甚接近如圖 10-2，由此可證用 DI 10 測距儀所測得之距離得以信賴。

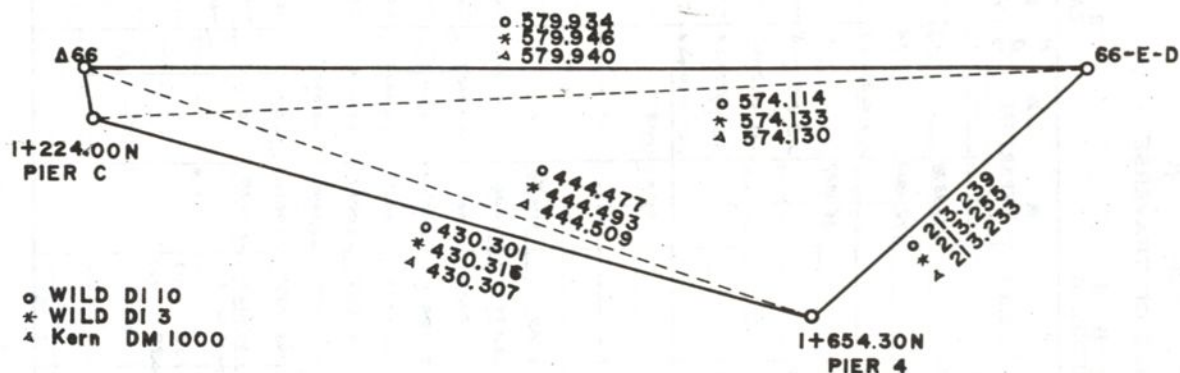


圖 10-2 WILD DI 10, DI 3 及 kern DM 1000 測距比較

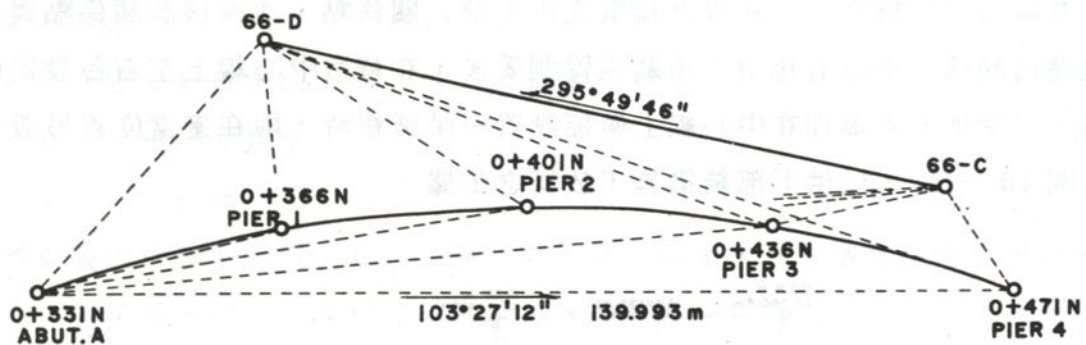
至於導線計算的縱橫距誤差配賦方法，一般有：

- (1) 依邊長比例配賦法。
- (2) 依縱距或橫距比例分別配賦法。
- (3) 方位角維持不變僅調整縱橫距之配賦法。

等三種。此三種配賦法中，第①種配賦法（如表 10-3 上半段）計算最簡單，且觀感上較均衡，故本橋的導線，採用了此計算法。第②種配賦法（表 10-3 下半段）與第①種配賦法略為相似，惟方位變化較大者受的影響較激烈，經上述二種配賦法所計算之座標，與原方位角及距離並不一致，因而若根據此方位角及座標放樣，前後所測得之點可能會不一致。因此必須將方位角及距離，根據座標修改為如表中之括弧內數字。至於第③種配賦法如表 10-4，誤差配賦後，依座標所計算之方位角與觀測所得之方位角相同，僅距離有所修正而已（放樣測量時，與導線距離無關），惟此配賦法之計算較為繁雜，所以本路的導線計算並未普遍採用。

3. 橋位測量

橋墩位置是根據最靠近之導線點座標與橋墩之路線中心樁號座標，求得導線點至測點之極距及方位角，而以測距儀或交會法測定，然後再自路線中心檢核其線形如圖 10-3 及表 10-5，其能以鋼尺丈量者，均以鋼尺核對各橋墩之距離。



橋位測量（自導線點 66-D 以測距儀測得 ABUT. A, PIER 1,
 , 4 後, 再自導線點 66-C 以同法檢核各點之位置, 然後自 ABUT.
 A 或 PIER 4 檢核線形)

圖 10 - 3

表 10 - 5 project NO11

DI 10 station		Reflector Station		△N	Azimuth	Distance
	N / E		N / E	△E		
△ 66-D	2,774,612.8837	ABUT.	2,774,585.6043	- 27.2794	235°09'23"	47.746
	349,706.7851	0 + 331.00 N	349,667.5990	- 39.1861		
		PIER 1	2,774,577.9089	- 34.9748	188°12'16"	35.337
		0 + 366.00 N	349,701.7424	- 5.0427		
		PIER 2	2,774,569.9150	- 42.9687	145°57'17"	51.857
		0 + 401.00 N	349,735.8172	29.0321		
		PIER 3	2,774,561.6233	- 51.2604	129°07'04"	81.247
		0 + 436.00 N	349,769.8207	63.0356		
		PIER 4	2,774,553.0343	- 59.8494	121°41'02"	113.948
		0 + 471.00 N	349,803.7503	96.9652		
△ 66-C		PIER 5	2,774,544.1488	- 68.7349	117°43'06"	147.777
		0 + 506.00 N	349,837.6036	130.8185		
		PIER 6	2,774,534.9675	- 77.9162	115°19'56"	182.103
		0 + 541.00 N	349,871.3777	164.5926		
		PIER 7	2,774,524.4167	- 88.4670	113°38'52"	220.555
		0 + 579.90 N	349,908.8194	202.0343		
		PIER 8	2,774,513.5024	- 99.3813	112°32'49"	259.182
		0 + 618.80 N	349,946.1567	239.3716		
	2,774,557.3463	ABUT.	2,774,585.6043	28.2580	280°24'11"	156.493
	349,821.5193	0 + 331.00 N	349,667.5990	- 153.9203		
△ 66-B		PIER 1	2,774,577.9089	20.5626	279°44'28"	121.529
		0 + 366.00 N	349,701.7424	- 119.7769		
		PIER 2	2,774,569.9150	12.5687	278°20'36"	86.619
		0 + 401.00 N	349,735.8172	- 85.7021		
		PIER 3	2,774,561.6233	4.2770	274°43'45"	51.875
		0 + 436.00 N	349,769.8207	- 51.6986		
		PIER 4	2,774,553.0343	4.3120	256°21'35"	18.285
		0 + 471.00 N	349,803.7503	- 17.7690		
		PIER 5	2,774,544.1488	- 13.1975	129°22'10"	20.806
		0 + 506.00 N	349,837.6036	16.0843		
△ 66-B		PIER 6	2,774,534.9675	- 22.3788	114°10'22"	54.650
		0 + 541.00 N	349,871.3777	49.8584		
		PIER 7	2,774,524.4167	- 32.9296	110°39'59"	93.304
		0 + 579.90 N	349,908.8194	87.3001		
		PIER 8	2,774,513.5024	- 43.8439	109°22'49"	132.124
		0 + 618.80 N	349,946.1567	124.6374		
		PIER 9	2,774,500.4242	- 56.9221	108°44'53"	177.092
		0 + 663.80 N	349,989.2141	167.6948		
		PIER 10	2,774,491.2700	- 66.0763	108°33'21"	207.635
		0 + 694.35 N	350,018.3603	196.8410		
△ 66-B	2,774,524.6957	PIER 6	2,774,534.9675	10.2718	282°15'07"	48.404
	349,918.6789	0 + 541.00 N	349,871.3777	- 47.3012		

4. 水準測量

根據經濟部水資會之報告，台北盆地附近以汐止 9528 及迴龍陸檢 010 兩處之水準點最爲可靠。經年累月之檢測並未發現有高程變動之情事。因此三重至內湖段本路之主要結構高程即以自此二水準點所引測之成果爲依據。依據自 62 年 12 月至 64 年 3 月，每隔 3 個月由汐止經本路至迴龍的水準檢測，顯示設於本橋附近，中山橋頭北安路邊之「高速 BM。」之高程甚爲穩定幾無變化，乃以 64 年 3 月檢測之「高速 BM。」之高程 10.9655^M 爲本橋施工期間高程控制之依據。

所謂放樣測量就是施工時依據北工處測量隊所測定的控制點，測定橋墩位置，橋面中心，以便放樣及控制高程，或分節施工時測定各節之位置及高程以辦理放樣之作業。此種放樣測量係由承包商之施測隊辦理，其作業步驟大致如下：

1. 水準測量

高程之測量較為單純，與一般工程並無不同之處，為求高程之統一，全橋均以「高速 BM₆」為控制基準。

1-1 下部結構

為克服因地盤下陷所引起之困擾及求作業之簡便，各橋墩施工時（包括主橋、引橋），先於各墩附近就近尋覓適當位置，設置臨時水準點，並每三個月施以檢測（由高速 BM₆ 引測）一次以機動調整其高程，各項基礎工程之高程就以此為準。俟基礎或墩柱高出地面或水面後，將臨時水準點移設於基礎面或墩柱，爾後該橋墩之高程就以此新設之臨時水準點為控制基準。橋墩完成後若發現有微小沉陷時，若係引橋則調整大梁下之水泥砂漿墊塊之高度以保持梁底高程之符合設計高程，若係主橋則調整柱頭部之高度以使橋面高程符合設計值。

1-2 上部結構

由於橋墩 C 柱頭部為全橋上部結構（橋面）最初施築及完成之部位，且該橋墩因基礎穩固非但絕無沉陷之虞，更由於墩體剛性大，不致受懸臂梁施築時撓度之影響，高程極為穩定，又位於全橋之中心，爾後之施測作業較為方便，乃決定於該橋墩柱頭部完成後隨即於面頂設一水準點 BM_c，並由「高速 BM₆」引測其高程，供為爾後橋面高程之控制依據。

1-3 懸臂梁預拱量之放樣

懸臂梁分節施工時，懸臂梁之先端由於所受載重量、預力量、混凝土之潛變、乾縮、尤其溫度變化之影響而產生撓度之不同，使其高度搖擺不定，在懸臂梁最長時（約 70 公尺），單因溫度之影響，其高度差可能在 10 cm 以上，因此高程甚難控制，為克服這些困難採下列步驟：（參照圖 10-5）。

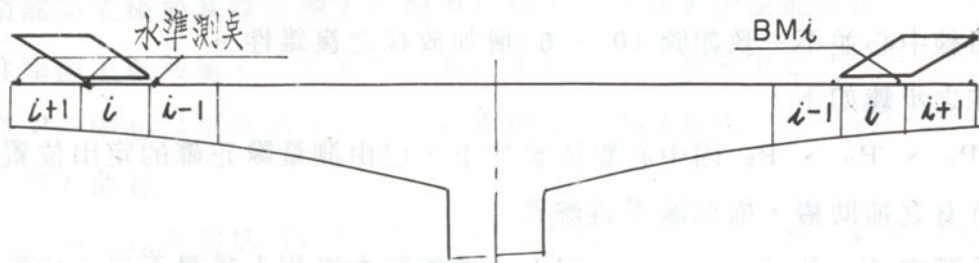


圖 10-5

(1) 設施工節為第 $(i+1)$ 節

(2) 於前一節即第 i 節之前端放一臨時水準點為 BM_i。

(3) 於工作車設置完成，施預力（第 i 節）完成後，於早晨 6~7 點種氣溫較為穩定時由 BM_c 引測 BM_i 之高程。

(4) 如 BM_i 在此時之實測標高與預計者有差誤時宜詳予檢討並做適當之修正。

(5) 第 $(i+1)$ 節之高程放樣以 BM_i 為基準。如此之做法使第 $(i+1)$ 節

之絕對高程雖將隨溫度等之變動而變動，但第 $(i + 1)$ 節與第 i 節之相對高程差可保持不變，而自動的消除因溫度等而產生搖擺不定的誤差。

(6) 第 $(i + 1)$ 節完成後同樣的於前端設 BM_{i+1} 以供第 $(i + 2)$ 節之基準。

1 - 4 懸臂梁撓度變化之檢測

於每工作階段如每節工作車移動後、澆注混凝土後、施預力後等階段，施測設於每節前端的 BM_i 群之高程變化，以觀察拱度亦就是撓度之變化情形，並隨時與預計值核對。

2. 平面線形之放樣

引橋因位於地面，各墩之間距僅有 30 ~ 40 公尺，雖部份位於曲線上，其平面測量及放樣均較為單純，不似予贅述，僅就主橋之放樣說明如下：

2 - 1 橋墩之放樣

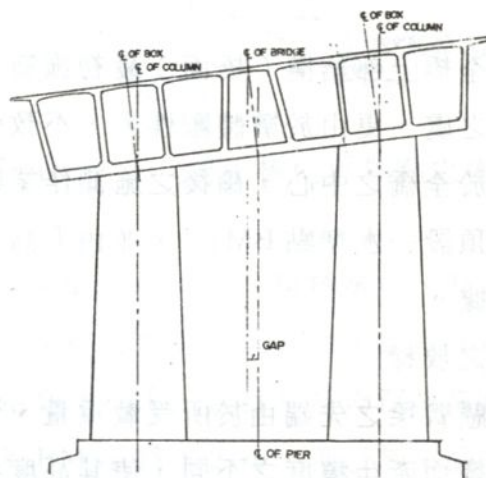


圖 10 - 6

橋墩 A、B 之中心點位於河中，又橋面箱梁因配合曲線超高而斜置，致橋墩之中心與路線中心並不一致如圖 10 - 6 增加放樣之複雜性。

放樣之步驟如下：

- (1) P_c 、 P_D 、 P_E 因中心點位於岸上，已由測量隊正確的定出位置並已訂好所有之補助樁，施測隊不再辦理。
- (2) 為測定 P_A 及 P_B 之中心，已有之導線點在應用上稍覺不足，由施測隊另設測點 66' 及 66 - x 2 處（如圖 10 - 7）。
- (3) 引用各導線點及控制點之座標及中心點之座標，計算各橋墩中心點與控制點之三角關係以交會法測出中心點之大致位置，以便辦理築島作業。
- (4) 築島完成後乃於島上以同樣方法訂出中心點後，將儀器置於中心點檢測中心線是否符合，如有偏差即重覆試測多次以修正；至於橋墩中間之間距因施測隊無紅外線光波測距儀，乃留由測量隊檢測。

(5)中心點確定後於路線方向（如係曲線即取切線方向）及直角方向設置適當之補助樁以供細部放樣。

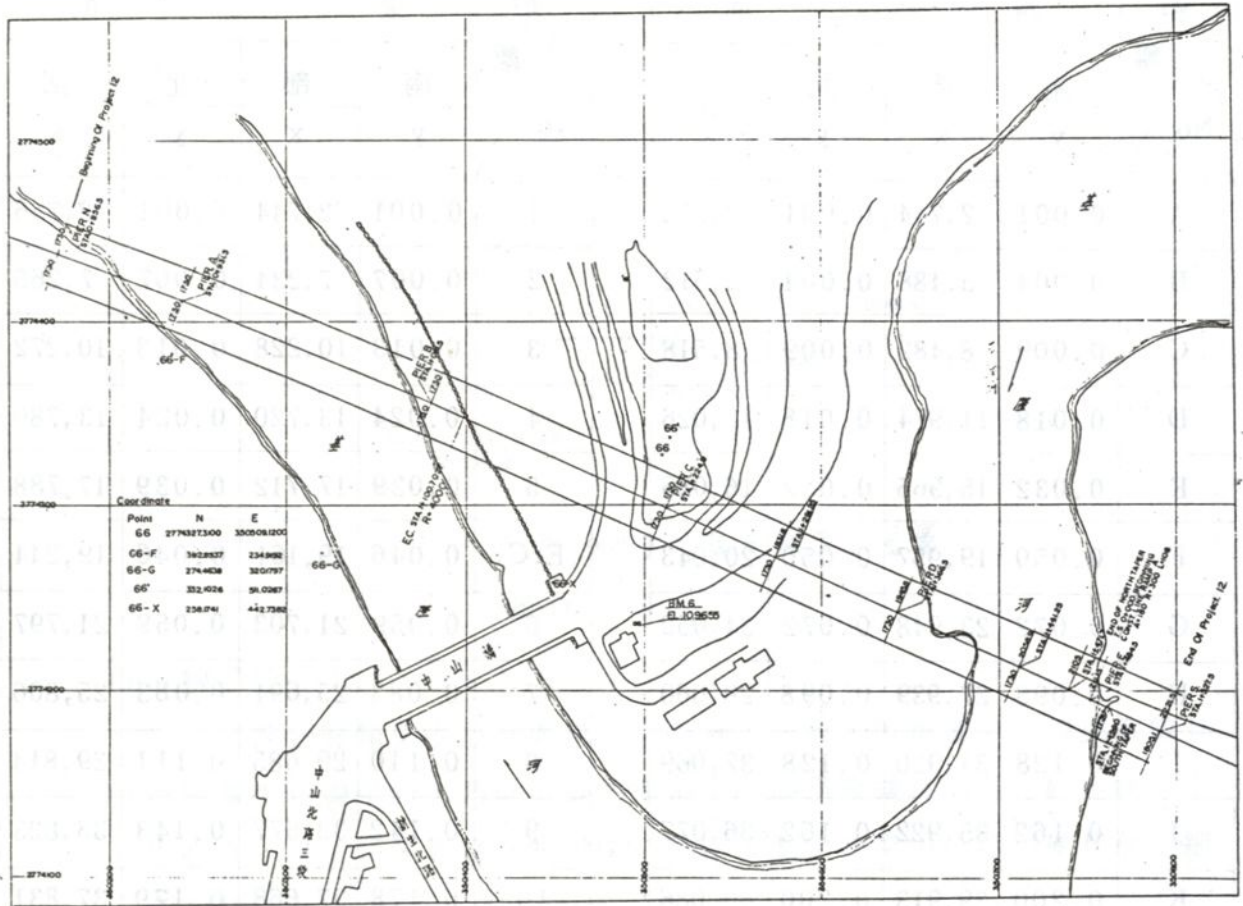


圖 10 - 7

2 - 2 分節施工橋面之放樣

(1)柱頭部完成後於其頂面測定路線中心線，並請測量隊複測確定。

(2)於柱頭部上以路線中心為基準，測定車道中心及箱梁中心。

①在 P_c 中心以東包括 P_A 及 P_B 車道中心線及箱梁中心點為一致，但大部分帶有曲線。

② P_c 中心以西包括 P_D 及 P_E 因匝道加寬使車道中心線及箱梁中心線分開，其中車道中心線為直線。

③各節之放樣。

(a)曲線部分（ P_A 及 P_B ）

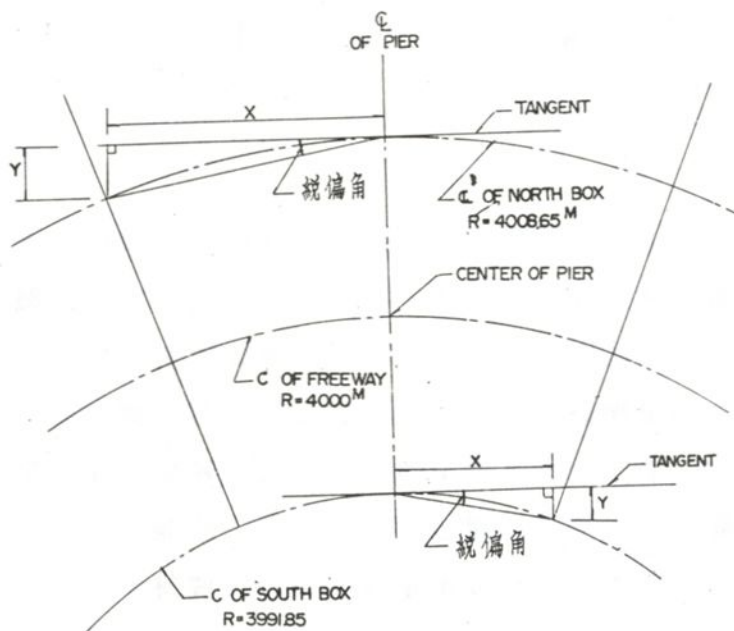
以柱頭部橋墩頂上箱梁中心點之切線為基準計算各節點之偏角以測定各節之箱梁中心點（與車道中心點相同），並另以支距法檢測之，中心點確定後以此點為基準做細部放樣，如圖 10 - 8 及表 10 - 5。

表 10 - 6

Pier "A" & "B" BOX 中心線支距表

距 離 No	西 面			
	南 部		北 部	
	y	x	y	x
A	0.001	2,744	0.001	2,756
B	0.004	5,488	0.004	5,512
C	0.009	8,482	0.009	8,518
D	0.018	11,974	0.018	12,026
E	0.032	15,965	0.032	16,035
F	0.050	19,957	0.050	20,043
G	0.072	23,948	0.072	24,052
H	0.098	27,939	0.098	28,060
I	0.128	31,930	0.128	32,069
J	0.162	35,922	0.162	36,077
K	0.200	39,913	0.200	40,086
L	0.241	43,904	0.243	44,094
M	0.287	47,895	0.289	48,103
N	0.337	51,886	0.339	52,111
O	0.391	55,877	0.393	56,119
P	0.449	59,868	0.451	60,127
Q	0.511	63,859	0.513	64,136
R	0.577	67,850	0.579	68,144
S	0.647	71,840	0.649	72,152
T	0.702	74,833	0.705	75,158

距 離 No	東 面			
	南 部		北 部	
	y	x	y	x
1	0.001	2,744	0.001	2,756
2	0.007	7,234	0.007	7,266
3	0.013	10,228	0.013	10,272
4	0.024	13,720	0.024	13,780
5	0.039	17,712	0.039	17,788
E.C.	0.046	19,161	0.046	19,244
6	0.059	21,703	0.059	21,797
7	0.083	25,694	0.083	25,806
8	0.110	29,685	0.111	29,814
9	0.142	33,677	0.143	33,823
10	0.178	37,668	0.179	37,831
11	0.217	41,659	0.218	41,840
12	0.261	45,650	0.262	45,848
13	0.309	49,641	0.310	49,856
14	0.360	53,632	0.362	53,865
15	0.416	57,623	0.418	57,873
16	0.476	61,614	0.478	61,881
17	0.539	65,605	0.542	65,889
18	0.607	69,596	0.609	69,897
19	0.660	72,589	0.663	72,903
20	0.702	74,833	0.705	75,158



PA & PB BOX 中心線支距法示意圖

圖 10 - 8

(b) 直線部分 (P_c 、 P_D 、 P_E)

此部分雖箱梁中心線與車道中心線不一致，但車道中心線為直線且與路線中心線平行，乃以直線的車道中心線為放樣基準，先確定此車道中心 A，再依預先算好之箱梁中心偏距 e 測定箱梁中心點以做其他之細部放樣。

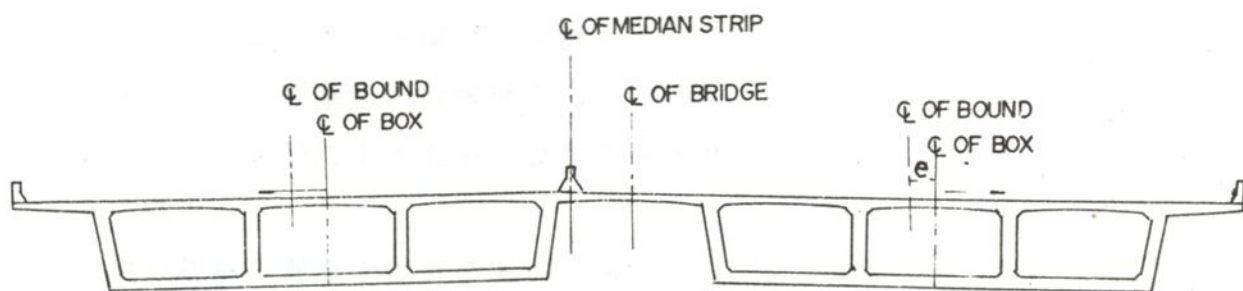


圖 10 - 9

四、檢測

承包商放樣後本工務所監造人員尚須做最後之核對，本工務所因限於人力，設備及時間，除重要部分均邀請測量隊會同辦理詳細複測外，經常之複驗工作僅就重點做簡單之檢測而已。

- (1) 水準檢測：與承包商所做之步驟大致相同，以就近之臨時 BM 檢測各控制點之高程。
- (2) 平面檢測：以中心線為準，量測各控制點之支距。

第十一章 混 凝 土

第一節 概 況

本橋工程龐大，全橋使用混凝土多達十萬立方公尺，由於主橋構造特殊，混凝土品質之要求較嚴，不容有差錯，如為利工進懸臂梁分節施工部分之混凝土非但要求早期強度，28天之強度如有未達標準情事將更難處理。依北區工程處之作業職責劃分，另成立材料試驗室專司品質管理作業，該室為慎重計，特成立特別小組專辦本橋之品管作業，有關混凝土之管理，如配比及試驗工作，以及拌合廠之管理均由該室負責。本工務所之監造人員僅負工地之簡易檢驗，如檢測坍度、製造試模、查驗出廠至使用之時間，核對出廠單記錄事項等之責，主要工作為注意澆注作業及養治工作之監督。

本工程混凝土之配合設計，依規定應由承包商按規範規定事項自行辦理配方後送請業主認可。本處試驗室乃依承包商所提之配方，會同辦理試拌合格後始准予使用。

第二節 混凝土工程品質之分析

1. 混凝土之種類

十一標、十三標：

- (1)反循環樁：混凝土設計強度 $240 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 。
- (2)基礎：橋墩、橋面、欄杆、混凝土設計強度 $fc' = 240 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 。
- (3)預力大梁：混凝土設計強度 $fc' = 350 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 。
- (4)十一標箱形預力梁：混凝土設計強度 $350 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 。

十二標：

- (1)預力基樁：混凝土設計強度 $420 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 。
- (2)基礎、沉箱、混凝土設計強度 $280 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 。
- (3)上部結構：混凝土設計強度 $350 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 。
- (4)士林防洪牆加固工程：混凝土設計強度為 $210 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 。
- (5)欄杆：混凝土設計強度 $240 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 。
- (6)回填用混凝土：強度 $140 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 。

2. 所使用混凝土之配比

因圓山橋工程複雜，所使用之混凝土種類繁多，加之早期強度、乾縮、潛變之要求也大不相同（例反循環樁添加緩凝劑，以利施工十二標上部結構則須在二天內

達到 240 kg/cm^2 ，否則影響工期）。因此本標所使用之配比除須適合一般配比之要求（足夠而穩定之強度、適宜之工作性、經濟之水泥用量、恰當之骨材最大粒徑、適合灌鑄施工方式等）外，尚須配合各結構之特性，諸如蒸氣養護之預力基樁配比、鉸接處之無收縮混凝土配比，皆在時間極為緊迫，資料與經驗相當缺乏情況下提出結果。故除每天監督各種配比之混凝土生產外，配比之研究及試拌亦為本室日常主要工作之一，每一正式使用之配比，皆經數次試拌，謹慎地校核其強度、工作性等始行採用，以期能獲得設計要求強度之結構，茲將圓山橋所用之混凝土配比彙列如表 11-1，骨材之級配規定如表 11-2 表 11-3。

表 11-1 圓山橋工程混凝土配合比

設計強度	最大粒徑 (in)	水泥 (KG)	水 (KG)	細骨材 (KG)	粗骨材 (KG)	附加劑 (%)	水灰比 (%)	空隙率 (%)	坍度 (CM)	使用結構物位置
420 kg/cm ²	¾	540	167.3	600	1034		31	3	5	十二標預力基樁
420 (*)	¾	575	185	575	1035		32.2	1	5	十二標預力基樁
△ 350	¾	437	180.6	655	1070		41.3	1	5.5	十二標鉸接處
350	¾	475	196	628	1036		41.3	1	9.5	十一、十三標預力樑
× 350	¾	500	203.4	645	979		40.7	1	13	十二標 Pier C 橋面
× 350	¾	513	206	606	1000		40.2	1	15	十二標橋墩
× 350	¾	549	216	626	950		39.3	1	17.5	十二標箱形樑
×△ 350	¾	475	176	681	1034		40	1	18	十二標 Pier C 橋面
△ 280	1 ½	350	178	699	1116	mighty C × 1%	51	1	8	十二標基腳沉箱
280	1 ½	375	183.3	661	1119		48.9	1	10.5	十二標基腳沉箱
× 280	1 ½	400	197.8	769	950		49.5	1	12.5	十二標基腳沉箱
280	1 ½	356	174	654	1134	elka(CPR) C × 0.2%	48.9	2	10.5	十二標基礎
△ 240	1 ½	350	183.3	679	1120		52.4	1	11	十一標基礎
× 240	1 ½	375	196.8	780	964		52.5	1	12.5	十一標基礎
× 240	¾	400	209	790	901		51.6	1	12.5	十一、十三柱子、枕樑
△ 240	1 ½	375	192.8	755	972	elka C × 0.2%	51.4	2	17	十一、十三標反循環橋
× 240	¾	367	189.6	762	980	elka(CPR) C × 0.25%	51.7	2	12	十一標基礎
△× 210	1 ½	348	198.7	781	1005		57.1	1	12	十二標防洪牆版
△ 210	1 ½	325	183.3	714	1105		56.4	1	10	十二標堤防面版
△ 210	1 ½	400	205	735	958		51	1	18	十二標載水牆
175	1 ½	280	194	748	1081		69.3	1	15.5	十二標保護壁
△ 140	1 ½	250	183.3	809	1072		73.3	1	10	十一、十二標 P、C

備註：一(△)水泥使用量等於或低於局供量。二(×)指泵送灌鑄使用之配比

表 11-2 細骨材之級配規定

篩號	通過重量百分率 %
¾"	100
# 4	95 ~ 100
# 16	45 ~ 80
# 50	10 ~ 30
# 100	2 ~ 10
FM: 2.5 ~ 3.0 含泥量 5 % 以下	

表 11-3 粗骨材之級配規定

骨材最大粒徑 1½"		骨材最大粒徑 ¾"	
篩號	通過重量百分率 (%)	篩號	通過重量百分率 (%)
2"	100	1"	100
½"	90 ~ 100	¾"	90 ~ 100
¾"	35 ~ 70	¾"	20 ~ 55
¾"	10 ~ 30	# 4	0 ~ 10
# 4	0 ~ 5	# 8	0 ~ 5

註一、蒸氣養護之流程如圖 11-1。

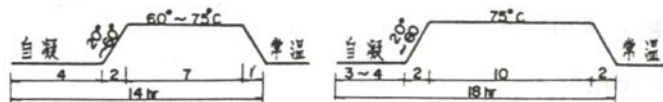


圖 11-1

註二：磨細水泥係改良 TYPE 1，其規格如下：

細度 3600 以下，抗壓強度三天 2300 psi 以上，廿八天 5000 psi 以上，餘同 TYPE 1 規格。

註三：為應將乾縮減至最低程度之要求，坍度，水泥用量均減至最低，坍度 5 cm，水泥每立方公尺用量 437 kg。

3. 混凝土強度及控制：

- (1) 影響混凝土強度之因素甚多，若欲得強度穩定之混凝土則必須控制各項因素使其維持於一定範圍中，故每次出料前均須測定骨材含水量以控制水灰比，篩分析以控制骨材級配，並不時按規範校正所使用之磅稱，務使能精確地計量各種骨材之重量，嚴格限制其含泥量與扁平率，以期生產強度均一之混凝土。

圓山橋大陸拌合廠，係採用西德 ELBA 廠牌拌合設備，電子全自動控制，拌合鼓容量每盤 0.5 M^3 ，生產能量每小時最大二十五立方公尺，但實際生產時最高只達每小時二十二立方公尺，為垂直式攪拌由控制室可清晰地查看混凝土攪拌情形，發生問題時可適時予以調整補救，骨材倉儲存量為 500 M^3 ，並設有噴洗設備，砂及 1 CM 粒徑石料堆置場均由承商搭建遮棚，防雨防曬，雨天防水可控制含水量，夏天遮陽，對混凝土溫度之降低有所幫助，另有砂石沖洗設備，石料進場前，均須利用此設備沖洗清潔方准倒入堆集。

- (2) 本橋特定條款中對混凝土抽樣頻率規定如下：每 50 M^3 混凝土須製試體一組，以供三天、七天、廿八天作抗壓試驗用，因強度及結構部位不同其每組試體之個數詳列如下：

十一、十三標

$fc' = 240 \text{ kg / cm}^2$ 強度混凝土：3 個（一個七天壓試，二個廿八天壓試）。

$fc' = 350 \text{ kg / cm}^2$ 強度混凝土：8 個（三個七天試壓，二個十四天壓試，四個廿八天壓試）。

十二標

$fc' = 280 \text{ kg / cm}^2$ 強度混凝土：三個（一個七天壓試，二個廿八天壓試）。

$fc' = 350 \text{ kg / cm}^2$ 強度混凝土：a 橋墩：三個（一個七天，二個廿八天壓試）。

b 橋面：十一個（二個七天，廿八天四個，一天二天各一個，三天個數視強度而定）。

$fc' = 420 \text{ kg / cm}^2$ 強度混凝土：六個（十四小時及十八小時一個，四個廿八天壓試）

混凝土品管作業程序上，因本橋之施工及控制異於一般工程，為應工地之實際需要，特將混凝土之抽樣及試體之灌鑄，委請工務所自行辦理，其餘之作業，如混凝土生產之控制，試體之養治，壓試，仍由本室負責。此為作業程序上別於其餘段所之處。

4. 試體強度之統計及評估：

(1) 上述依規定製作之試體其二十八天抗壓強度資料，即為統計之依據，其強度依序假設為 X_1 、 X_2 、 X_3 …… X_n ，並計算下列數值。

$$\text{平均值 } \bar{X} : \bar{X} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

$$\text{標準差 } \sigma : \sigma = \left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n \right]^{1/2}$$

$$\text{全距 } R : R = X_{\max} - X_{\min} \text{ (同組強度)} \quad \bar{R} \text{ (平均全距)} \quad \bar{R} = \sum_{i=1}^n R / n$$

$$\text{試驗內變量係數 } V_1 : V_1 = \frac{\bar{R}}{\bar{X}} \times d_2 \times 100$$

$$\text{最大平均全距 } \bar{R}_m : \bar{R}_m = V_1 d_2 f_{cr}$$

$n = 2$ $d_2 = 1.128$ $V_1 = 0.05$ 時為欲得良好控制時之最大值。

$n = 3$ $d_2 = 1.693$ f_{cr} 為配比設計強度 $f_{cr} = 1.15 f_c'$

$n = 4$ $d_2 = 2.059$

(2) 由計算所得之平均值 $\bar{X}$ ，可看出抗壓強度之集中趨勢，由變量係數，全距則可了解其分散趨勢之大小，亦即離中趨勢，愈大則控制愈差。茲將計算所得之 V 值依下表定其優劣。

表 10 - 4

Over all Variation	Excellent	Good	Fair	Poor
General Construction	$V < 10$	10 ~ 15	15 ~ 20	$V > 20$
Laboratory control	$V < 5$	5 ~ 7	7 ~ 10	$V > 10$
Within test Variations				
Field control	$V < 4$	4 ~ 5	5 ~ 6	$V > 6$
Laboratory control	$V < 3$	3 ~ 4	4 ~ 5	$V > 5$

5. 管制圖及評估：依強度、配比、位置、標別分別討論如下：

(1) 十一標

① 反循環樁：使用強度 $240 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 混凝土，為便於施工加緩凝劑 S I K A，平均強度 $\bar{X} = 305.3 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 超出配比強度 $276 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 達 $30 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，變量係數 $V = 12 \%$ ，屬良好之控制， $V_1 = 4 \%$ 為最佳之試驗控制。由管制圖知其強度出現尚稱穩定。六十五年一月後的強度已平均提高，但其全距亦加大，其直方圖與常態分配曲線尚稱符合。

② 十一標基礎、墩柱、帽梁、橋面

使用強度 $240 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 混凝土，平均強度 $\bar{X} = 343 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，較配比設計強度 $276 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 高出甚多，變量係數 $V = 11 \%$ ，試驗內變量係數 $V_1 = 4.1 \%$ ，二者皆為良好之控制，其強度之直方圖與常態分析曲線亦甚吻合，全距，強度趨勢尚為平穩。

③預力大梁：

使用強度 $350 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 之混凝土，平均強度 $\bar{X} = 435 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，較配比強度 $f_{cr} = 402 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 高，變量係數 $V = 9 \%$ 屬最佳控制，試驗內變量係數 $V_1 = 4.7 \%$ 屬良好控制，由直方圖得知強度偏高者較多，在施工末期其各組強度跳動甚大，移動全距也提高，經檢查改善後亦趨於穩定。

(2)十二標

①基礎：使用強度 $280 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 混凝土，平均強度 $\bar{X} = 342 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 高于配比強度 $f_{cr} = 322 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，變量係數 $V = 11 \%$ ，試驗內變量係數 $V_1 = 4.76 \%$ ，皆為良好之控制，管制圖上的強度季節性變化趨勢較明顯，強度堪稱穩定，僅二組之強度低於設計強度，全距在良好控制下者占大部分。

②墩柱：使用強度 $350 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 之混凝土，平均強度 $\bar{X} = 412 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，與配比強度 $f_{cr} = 402 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 極接近，變量係數 8% ，試驗內變量係數 $V_1 = 3.8 \%$ ，均屬最佳之控制，管制圖上最初 20 組強度甚穩定，維持在 f_{cr} 上下，後即一直低於 f_{cr} ，有接近 f_c' 之趨勢，即降低混凝土塌度採取較穩定之配比，藉以提高強度，確保結構之安全。後期全距增大，由直方圖知強度低於平均強度者較多，有偏低之現象，強度亦係受此影響。

③橋面：以橋墩為單位，分 A、B、C、D、E 五部分討論，皆使用強度 $350 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 之混凝土，為求三天內須達拉線強度 $240 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，經使用減水劑 (Mighty 150) 及磨細水泥後致使廿八天強度遠超過 $402 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，因此 $f_{cr} = 402 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 只供參考，無管制之意義。

(A) Pier A：使用水泥 $475 \text{ kg} / \text{m}^3$ 加 Mighty 150 之配比，平均強度 $\bar{X} = 487 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 變量係數 9% ，屬最佳之控制，試驗內變量係數為 4.8% ，平均全距 $\bar{R}$ 為 $49 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，全距最大者高達 $107 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，且其大部分皆高於平均全距。

(B) Pier B：平均強度 $\bar{X} = 520 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，變量係數 9% ，屬最佳控制，試驗內變量係數 $V_1 = 4.67 \%$ 僅為良好之控制，各組間強度跳動大，平均全距 $\bar{R} = 50 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，全距最大者高達 $170 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ，同樣使用

每 M^3 475 KG 水泥加附加劑 Mighty 150 之配比。

(C) Pier C : 全部試體強度之平均值 $\bar{X} = 436 \text{ kg / cm}^2$ ，變量係數 9%，試驗內變量係數 $V_1 = 3.5\%$ 亦為最佳，平均全距為 31 kg / cm^2 ，查其直方圖與常態分配不甚符合，係因後期幾組混凝土加附加劑 Mighty 150 者其強度與原使用配比之強度相差過鉅所致。茲就原每 M^3 500 KG 水泥用量配比混凝土強度計算，其 $\bar{X} = 427 \text{ kg / cm}^2$ ，變量係數 $V = 7\%$ ，試驗內變量係數 $V_1 = 3.93\%$ 皆屬最佳控制，管制圖上最後幾組強度起伏大，全距也漸增大。

(D) Pier D 與 Pier A、B 使用之配比相同，平均強度 $\bar{X} = 512 \text{ kg / cm}^2$ ，變量係數 $V = 9\%$ 屬最佳控制，試驗內變量係數 $V_1 = 4.37\%$ ，屬良好之控制，平均全距 $\bar{R} = 46 \text{ kg / cm}^2$ ，全距最大者為 136 kg / cm^2 。

(E) Pier E 與 Pier D 使用之配比相同，平均強度 $\bar{X} = 483 \text{ kg / cm}^2$ ，變量係數 $V = 7\%$ ，試驗內變量係數 $V_1 = 4.2\%$ 屬良好之控制，平均全距 $\bar{R} = 42.1 \text{ kg / cm}^2$ ，全距最大者 136 kg / cm^2 ，各組強度間之起伏大。

綜上情況，除 Pier C 外，其餘四墩橋面所使用之配比，皆為每 M^3 水泥用量 475 KG 加附加劑 Mighty 150 者，由強度管制圖上可看出，強度起伏大，全距大為該配比之特點，試驗之狀況也僅屬良好而已，究其原因，因該配比之坍度約在二十公分，灌鑄時骨材易生分離現象，而使全距加大。

④ 士林防洪牆加固工程

(A) 截水牆：使用強度 210 kg / cm^2 之水中混凝土，平均強度 $\bar{X} = 300 \text{ kg / cm}^2$ 超出配比強度 $f_{cr} = 242 \text{ kg / cm}^2$ 甚多，變量係數 $V = 11\%$ ，試驗內變量係數 $V_1 = 4.11\%$ 皆為良好控制，平均全距 $\bar{R} = 14 \text{ kg / cm}^2$ ，強度及全距尚稱穩定。

(B) 面版及牆：使用強度 210 kg / cm^2 之混凝土，平均強度 $\bar{X} = 284 \text{ kg / cm}^2$ ，高于配比強度 242 kg / cm^2 ，變量係數 $V = 12$ ，試驗內變量係數 $V_1 = 4.93$ 皆屬良好之控制，強度尚稱平穩，直至末期強度之起伏稍大，有一組強度低於 $f_{c'} = 210 \text{ kg / cm}^2$ ，平均全距 $\bar{R} = 16 \text{ kg / cm}^2$ 。

⑤ 預力基樁：

使用強度 420 kg / cm^2 混凝土，原設計為 350 kg / cm^2 混凝土，為免除打樁時樁頭有破裂情況發生，將混凝土強度提高，以應實際要求，採先拉法施工，為求及早裁線採蒸氣養治法，提高其早期強度，平均廿八天抗壓強度 $\bar{X} = 450 \text{ kg / cm}^2$ ，低於配比強度 $f_{cr} = 481 \text{ kg / cm}^2$ ，變量係數

$V = 6\%$ ，試驗內變量係數 $V_1 = 3.44\%$ ，皆屬最佳之控制，由其直方圖與常態分配曲線可看出強度有過度集中，不大相吻之現象，管制圖上強度移動平均曲線有數處不相平行之處，究其原因不外乎養護、管理不良，從 115 組至 151 組間其強度起伏大而不及格試體之發生頻繁，達 25 次之多位預力基樁不及格試體總數（41 個）之 60%，係蒸氣養護不當影響所致，經承商檢討加強管理後，強度始又恢復穩定。不及格試體 41 個占總數 181 個之 5.2%，可見蒸氣養護之舉足輕重，管理之優劣關係非同小可。

(3) 十三標

- ① 反循環樁：使用強度 240 kg/cm^2 之水中混凝土，平均強度 $\bar{X} = 314 \text{ kg/cm}^2$ ，超出配比強度 276 kg/cm^2 ，變量係數 $V = 11\%$ ，試驗內變量係數 $V_1 = 4.66\%$ ，皆為良好之控制，各組強度間起伏大，平均全距 $\bar{R} = 16 \text{ kg/cm}^2$ 由移動全距圖來看，其趨勢雖有起伏，鮮有超出控制者。有一組強度低於 $f_c' = 240 \text{ kg/cm}^2$ 者，為便於施工，於混凝土中加緩凝劑 S I K A 為水泥量之 0.2%。
- ② 基礎、墩柱、帽梁、橋面：使用強度 240 kg/cm^2 之混凝土，平均強度 $\bar{X} = 340 \text{ kg/cm}^2$ ，遠超出配比設計強度 276 kg/cm^2 ，變量係數 $V = 13\%$ ，試驗內變量係數 $V_1 = 4.88\%$ ，尚屬良好之控制，平均全距 $\bar{R} = 18.7 \text{ kg/cm}^2$ ，移動全距大部分變化不大，後期強度起伏大。
- ③ 預力大梁：使用強度 350 kg/cm^2 之混凝土，平均強度 $\bar{X} = 456 \text{ kg/cm}^2$ ，高出配比強度 402 kg/cm^2 ，變量係數 $V = 8\%$ ，屬最佳控制，試驗內變量係數 $V_1 = 4.3\%$ 屬良好控制，二者不能相符，其強度之直方圖與常態分配曲線不很吻合，有雙峯現象，究其原因有二，一為拌合設備使用過久，零件未及時換新，二為後期使用竹東磨細水泥，其強度較一般水泥高。

結論：

混凝土工程之成敗，除有賴於預拌廠能生產品質穩定之混凝土外，拌合車之功能亦須正常，並於運送途中不加水，至於工地之澆置方法及養護處理也同樣決定結構物之成敗。在眾多之因素中非得甲乙双方合作密切配合才得以完成是項工作，本橋混凝土工程施工長達三年，骨材等雖穩定，但偶而亦會逐漸地發生偏異，故必須隨時加以調整在規範內，雖然難免有不及格試體發生，但為數極少，移動平均強度皆在 f_c' 上，整個控制情況尚屬良好之上；並達到規範之要求差堪告慰。

第三節 乾縮試驗之分析

本處試驗室因無乾縮試驗設備，均委請台灣大學試驗，結果如表 11 - 5

表 11 - 5 乾 縮 試 驗 紀 錄

編號	混 凝 土 每 M ³ 之 配 比					水 泥 類 別	達 到 260kg/cm ² 強度時間	乾 縮 量		乾 治 相 對 濕 度		乾 治 氣 溫	
	水 KG	砂 KG	石 KG	水泥 KG	附加劑			試驗結果	規範規定	實 測	規 範	實 測	規 範
A	203.4	645	979	500	無	台泥蘇沃 廠產品	4 天	224 × 10 ⁻⁴	500 × 10 ⁻⁴	89 ± 4%	50 ± 4%	24 ± 1°C	23 ± 1.1°C
B	203.4	645	979	500	無	台泥竹東 廠產品	4 天	615 × 10 ⁻⁴	500 × 10 ⁻⁴	65 ± 0%	50 ± 4%	18 ± 2°C	23 ± 1.1°C
C	172.2	718	986	500	水泥用量 之 1% Mighty 150	台泥竹東 廠產品	2 天	700 × 10 ⁻⁴	500 × 10 ⁻⁴	65 %	50 ± 4%	18 ± 2°C	23 ± 1.1°C

按規範乾縮試驗須依 ASTM C 157 之規定辦理，該規定之養治相對濕度應為 50 ± 4 %，惟台大實際驗之相對濕度因受設備之限制為 89 ± 4 % 及 65 %，與規範有所不符，其所得之結果應如何修正才能符合規範規定，商請原設計顧問工程司 T. Y. Lin 公司，轉請有關專家解釋如下

RE : Effect of Relative Humidity
on Drying Shrinkage of Concrete

Dear Mr. Yang:

As you requested I have made an evaluation of the effect of the relative humidity of air on the drying shrinkage of concrete. Specifically the question raised was to determine what would be the magnitude of drying shrinkage of concrete test specimens exposed to a relative humidity (R.H.) of 85 % as compared to the shrinkage of these specimens at 50 % R.H., which is the standard humidity called for in ASTM or State of California methods of test for drying shrinkage of concrete. The shrinkage specimens in question were moist cured for 7 days and then exposed to drying for a period of 21 days.

As is to be expected the drying shrinkage at 85 % R.H. will be significantly lower than at 50 % R.H. The approximate relationship between R.H. of air and shrinkage of concrete test specimens is given in the attached Figure 1. (11 - 2) As shown in this figure the drying shrinkage of 3x3x11-in. specimens stored at R.H. of 85 % is only about one half the drying shrinkage of specimens stored at 50 % R.H.

The size of specimens also has a significant effect on the drying shrinkage. Moisture diffusion is a function of the square (or logarithm) of the cross-sectional dimension of the test specimen. This relationship is demonstrated in Figure 2, (11 - 3) which is a plot of the observed drying shrinkage against the logarithm of the average end-area dimension. The data plotted are actual laboratory results.

Very truly yours,

Milo Polivka

FELLOW POLIVKA Consulting Engineer

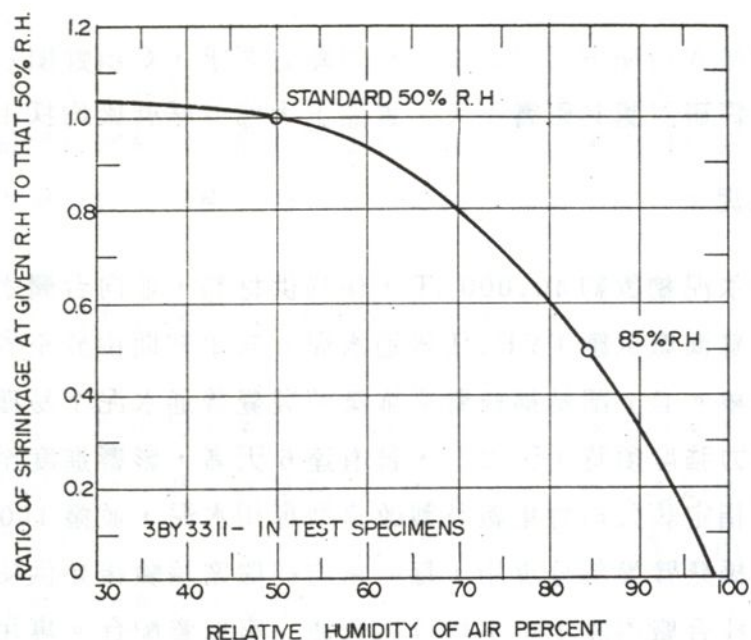


圖 11 - 2 EFFECT OF RELATIVE HUMIDITY OF AIR ON DRYING SHRINKAGE OF CONCRETE

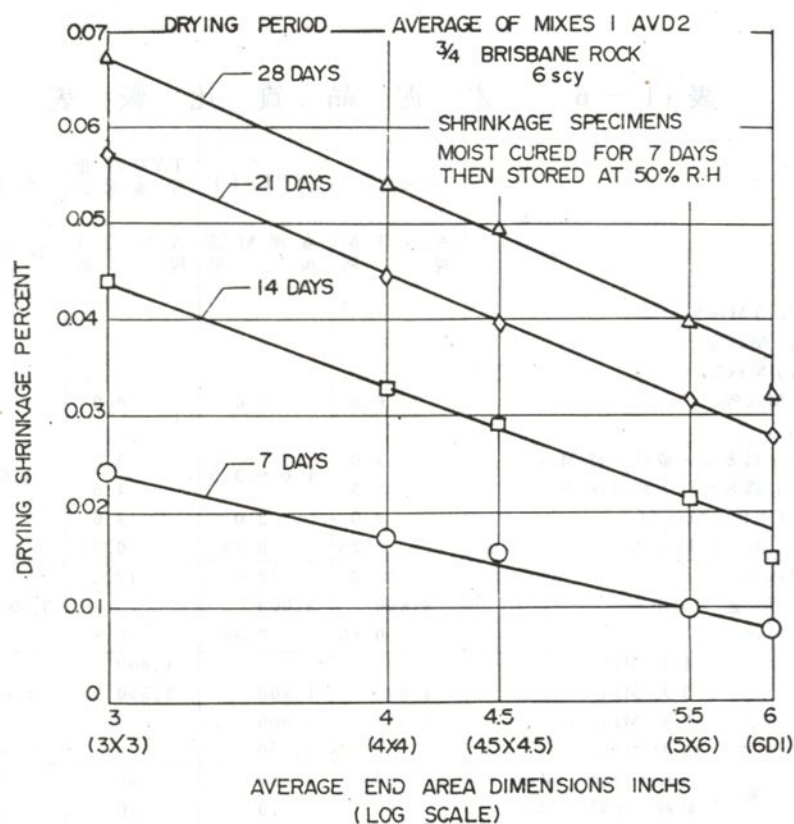


圖 11 - 3 EFFECT OF SPECIMEN SIZE ON DRYING SHRINKAGE.

經換算結果僅 A 項配方可附合本工程規範之要求，C 項雖顯示乾縮量略大，惟為縮短工期，並經研討認其影響不大，實際上大部分懸臂梁均採用 C 項配方。

第四節 磨細水泥

本工程所用水泥總數約 40,000 T，係局供材料，並向台灣水泥公司獨家採購，該公司乃指定蘇澳廠供應 TYPE I 普通水泥。施工初期由於全省性的水泥缺貨，時有供應不繼現象。且上部結構懸臂梁施築時發覺普通水泥不易獲得所需的早期強度，要達到施預力強度須時 4 天以上，曾有達 6 天者，影響進度至鉅。經商得台灣水泥公司同意，指定該公司竹東廠特製改良型專用水泥，並撥 1000 噸級倉庫（silo）一座為本橋懸臂梁部分專用，每一窖均經嚴密檢驗後始供使用。為配合專用水泥的供應更於拌合廠內設 100 T 級專用倉庫一座以資配合。專用水泥之總供應量為 8,000 T。實施結果甚為良好，供應穩定，品質均一，雖乾縮量有稍大之嫌，但僅需二天即可達到施預力強度，對於工程進度裨益甚多改良型水泥與普通水泥之比較如表 11 - 6。

表 11 - 6 水 泥 品 質 比 較 表

項 目	普通水泥 (TYPE-I)		TYDE-III 早強水泥	改良型專用水泥	
	A.S.T.M 規 格	臺 泥 製 造 規 格	A.S.T.M 規 格	製 造 規 格	試 驗 結 果
化 學 成 分	二氧化矽 (SiO ₂) Min %	—	—	—	20.7 - 21.9
	氧化鋁 (Al ₂ O ₃) Max %	—	—	—	5.5 - 6.7
	氧化鐵 (Fe ₂ O ₃) Max %	—	—	—	3.4 - 4.1
	氧化鎂 (MgO) Max %	6.0	6.0	6.0	1.0 - 1.4
	三氧化硫 (SO ₃)	—	—	—	—
物 理 性 質	當 3CaO·Al ₂ O ₃ 為 8 %，或以下時 Max %	3.0	3.5	1.6 - 3.5	1.8 - 2.0
	當 3CaO·Al ₂ O ₃ 為 8 % 以上時 Max %	3.5	4.5	—	—
	燒失量 (Ig. LOSS) Max %	3.0	3.0	3.0	0.6 - 0.9
	不容殘渣 (InS. ReS) Max %	0.75	0.75	0.75	0.14 - 0.41
物 理 性 質	煨料空氣含量 Max %	12.0	12.0	12.0	10.5 - 11.6
	細度比面積 (cm ² /g) Min %	2,800	3,000	3,000 - 3,600	3,261 - 3,459
	健度：熱壓膨脹 Max %	0.80	0.80	0.80	0.009 - 0.045
	1 天 Min.	—	1,800	—	—
質 量	抗壓強度 (p.s.i.)	1,800	1,900	2,300	2,383 - 2,825
	3 天 Min.	2,800	3,000	—	—
	7 天 Min.	—	4,500	5,000	—
	28 天 Min.	—	—	—	—
質 量	凝 結 時 間	初凝 (分鐘) Min.	60	60	150 - 230
		終凝 (小時) Max.	10	10	4.5 - 6.5
	假凝結 (False Set) Min. %	50	50	50	72.2 - 91.2

五、承包商之品質管理

承包商於工程進行中對於混凝土之品質管理，極為重視與慎重。除自行成立試驗室邀請專家為顧問以辦經常之品管作業外，尚委請台灣大學代辦基本研究工作。

台大代辦基本研究後提出研究報告為「骨礫及混凝土配合設計試驗」一份如附錄（六）。

承包商試驗室亦編有品管報告一份如附件（七）。

六、澆注成果

本工程之混凝土作業由於，承包商、材試室、及工務所等各方面之慎重處理及密切合作，有令人滿意之成果。就混凝土之強度而言，極大部均能達到規範要求，偶有一、二件稍遜亦在 95 % 以上，不損於結構安全。懸臂梁分節施築部分更均能達兩天施預力之目的，促進工進頗有裨益。

更由於澆注作業之謹慎，所有混凝土表面均極為光滑平整，極少有蜂窩現象，使雖未另加修飾但外表仍極為美觀，其模板接縫形成之紋路呈現良好的自然美。

第十二章 造價分析

第一節 概 說

本工程如前所述，於民國61.年底～62.年初辦理設計。至62年8.～9.月間分爲第11、12、13之標分別公開招標。因時值全球性第一次石油能源危機，物價工資等頗爲不穩定，致均超出底價甚多而未能決標，後將重要材料（鋼筋、水泥）改爲供應，並將三標合併爲一合併標，且加訂依物價指數調整條款、重新調整預算，於63年3.月再度公開招標，始在略超出底價情形下決標。

由於本工程規模浩大及艱鉅，施工地點位於市區繁華又爲交通要衝之特殊地區，影響施工之因素甚多，實甚難以正確的估計工程費。由開標之結果與原編之預算比較，如就個別項目而言，雖有相差達一倍以上者，但就總標價而言，以預算（底價）爲基數，低價者（得標者）約爲110.4%，高標者約爲119.6%，可見各方之估價相當接近，應屬相當合理。

合約單價爲尊重得標者之估價，就各項而言雖與原預算有相當之出入，但均未予任何調整而以其報價爲合約價。但就實際施工經過而觀察，承包商對於下部結構之估價似有偏低，而上部結構有偏高之嫌就此點而言似以本處之原預算較爲合理。致施工初期因收支不平衡而有假虧損之現象，至中期以後隨上部結構之進展始逐漸有改善。

因此以下之分析爲求能反映實情，擬參照原預算略予調整各部分之單價。

表 12-2 主要材料用量

材 料 名 稱	單 位	結 算 數 量	合 約 應 量	實 際 使 用 情 形			合 約 損 耗 率	實 際 損 耗 率	備 註
				實際供應量	承包自購量	實際消耗量			
水 泥	T	40,363	40,363	44,753	1,573	46,326	—	14.8 %	
鋼 筋	T	10,019	10,905	10,934	750	11,684	8 %	16.6 %	
鋼	½" φ 鋼絞線	T	1,650*		1,418	1,418	2 %		
	¾" φ 鋼絞線	T	104		106	106	5 %	7 %	
	φ 7 mm 鋼線	T	502		575*	575	2 %	14.5 %	
鍵 鋼 棒		635			81	81	2 %		
鋼 板 樁	片				491	491	—		
鋼 板	T				464	464	—		
錨 碇	12-½" 用	個			3,570	3,570	1 %		
	12-7 mm φ 用	個			7,930	—	1 %		
sheath 用 鐵 皮	T				180	—	2 %		

表 12 - 1 主要工作數量

工 作 項 目			單位	11 標	12 標	13 標	堤 防	合 計
混 土	上部結構	350 kg/cm ²	M ³	6,566	20,767	2,590		29,923
		240 "	M ³	4,348	728	2,062		7,138
	下部結構	350 "	M ³		3,842			3,842
		280 "	M ³		7,815			7,815
		240 "	M ³	10,180	2,636	3,125		15,941
		210 "	M ³	367			7,108	7,475
		140 "	M ³	429	2,400		18	2,847
	基 樁	350 "	M ³		2,590			2,590
		反 循 環 樁	M ³	12,570	1,156	5,070		18,796
		擋 土 牆	M ³				1,182	1,182
	合 計		M ³	34,460	41,934	12,847	8,308	97,549
鋼 筋	上部結構	f _y = 2400 kg/cm ²	T		293			293
		f _y = 2800 kg/cm ²	T	966	2,660	431		4,057
	下部結構	f _y = 4200 kg/cm ²	T		207			207
		2800	T	1,361	1,335	415	191	3,302
	2800	T	1,360	150	500	150	2,160	
	合 計		T	3,687	4,645	1,346	341	10,019
鋼 腱	鋼 絞 線	φ 1/2"	T	42	1,376			1,418
		φ 7/16"	T		104			104
	鋼 線		T	342		160		502
	鋼 棒		T		81			81
基 樁	預 鑄 樁	□ 40 × 40 cm	M		14,453			14,453
		H 鋼 樁	M		1,895			1,895
	場 鑄 樁	φ 150 cm	M			836		836
		φ 127 cm	M	3,451				3,451
		φ 102 cm	M	8,207	1,221			9,428
		φ 76 cm	M			6,039		6,039
	φ 40 預 壘 樁		M		1,868			1,868
	鋼 鉚 樁 (19.5 M 長)			片		490		490
伸 縮 縫	No 650		M		141			141
	No 400 A		M		72			72
	No 250		M	348		215		563
瀝 青 混 凝 土			M ³	1,076	1,145	477		2,698
開 挖			M ³	3,968	21,000	4,463	25,964	55,395
模 板 鉚	上 部 結 構		M ²	62,900	73,300	27,000		163,200
	下 部 結 構		M ²	13,300	14,600	4,100		32,000
	堤 防		M ²				6,900	6,900
	預 鑄 樁		M ²		19,400			19,400
	合 計		M ²	76,200	107,300	31,100	6,900	231,500

表 12 - 3 工 程 費 分 析

單位：新台幣元

	說 明	合 計	11 標		12 標		13 標		提 防	備 考
			上 部 結 構	下 部 結 構	上 部 結 構	下 部 結 構	上 部 結 構	下 部 結 構		
工 作 費	預算金額 ①	549,499,237	72,894,420	54,845,320	244,263,522	122,569,520	30,659,305	24,267,150		$(C) = \frac{① + ②}{2}$ $d = \frac{③}{②}$ $d \times ④$ $⑥ = ⑤ \times \frac{①}{⑤} *$ $⑥ * : \text{實際完成金額加物價指數調整金額} (33,895,594)$
	(a) (100%)	(13.27)	(9.98)	(44.45)	(22.31)	(5.58)	(4.41)			
	合約金額 ②	609,334,456	88,683,494	53,860,400	278,330,678	121,197,530	38,014,214	29,248,140		
	(b) (100%)	(14.55)	(8.84)	(45.68)	(19.89)	(6.24)	(4.80)			
	合約金額調整 (c)	(13.91)	(9.41)	(45.05)	(21.10)	(5.91)	(4.61)			
	③ 609,334,456	84,758,421	57,338,371	224,256,131	128,569,550	36,011,665	28,090,318			
	合約完成金額 ④	608,149,332	90,468,781	57,174,615	276,596,484	123,927,607	39,472,295	29,384,516		
費	第一項修正比 (d)	1	95.56 %	106.46 %	98.65 %	106.08 %	94.73 %	96.04 %		$⑥ = ⑤ \times \frac{①}{⑤} *$ $⑥ * : \text{實際完成金額加物價指數調整金額} (33,895,594)$
	第一次修正金額 ⑤	617,258,000*	86,452,000	60,868,000	272,862,000	131,462,000	37,393,000	28,221,000		
	第二項修正 ⑥	642,044,926*	89,924,000	63,313,000	283,818,000	136,741,000	38,894,926	29,354,000		
	加計提防費 ⑦	(673,163,588)	89,924,000	63,313,000	283,818,000	136,741,000	38,894,926	29,354,000	31,118,662	
供應材料	水 泥	52,183,490 (56,368,130)	6,878,160	12,543,624	14,584,010	10,964,808	2,717,568	4,495,320	4,184,640	$⑥ * : \text{實際完成金額加物價指數調整金額} (33,895,594)$
	鋼 筋	105,775,292 (109,498,292)	10,548,000	29,820,000	32,235,292	18,475,000	4,706,000	9,991,000	3,723,000	
合計總工程費 (包括提防)		800,003,708 (839,030,010)	107,350,160	105,676,624	330,637,302	166,180,808	46,318,494	43,840,320	39,026,302	
			213,026,784		496,818,110		90,158,814			
造價分析	橋梁面積	52,140 m ²	19,540		23,800		8,800			
	每 M ² 造價	15,343 (16,092)	5,494	5,408	13,892	6,982	5,263	4,982		
			10,902		20,874		10,245			

第二節 主要工程數量

1. 主要工作數量

如表 12 - 1 所示。

2. 主要材料數量

如表 12 - 2 所示。

3. 工程費分析

如表 12 - 3 所示。

第三節 檢 討

由上述工程數量、材料數量統計、及工程費分析，有下列幾個特點：

1. 關於工作數量

(一)本工程所用混凝土總共約為 10 萬 M^3 ，如以工期三年計平均每日之使用量尚不到 100 M^3 。雖由於工程特殊，為加強品質控制，規定必須設立專用拌合廠。承包商為工程曾設了 25 M^3/hr 產量之拌合廠一座，就經濟性而言雖有浪費之嫌，但本工程進行過程中，主橋幾座橋墩基礎因須連續澆築 1,400 M^3 ，致因自備拌合廠能力不足而不得不採由外廠支援之權宜措施。今後規劃類似工程時應特別留意。

(二)本工程於第二次招標時，以三標為合併標，交由同一承包商施工，由於工作量龐大，又屬於同類之橋梁工程，且工程費增大，以決算金額 8 億 3 千 9 百萬元（包括堤防及物價指數調整）而計，平均每日工程費達 839,000 元，每月達 2,500 萬元。如僅以發包費計，亦高達每月 2,000 萬元，對於承包商之人員、材料、機具調度、施工管理、場地獲得，以及降低成本均有極大幫助。

2. 關於材料耗量

本工程按原計畫（第一次招標時），係比照高速公路前期發包之各標，規定所有材料均由承包商自理，並按該原則編擬底價。後因為因應石油危機，為減輕承包商之風險，於第二次招標時始改為主要材料中之鋼筋及水泥兩項改為供應（高速公路後期之各標供應項目更擴大至，高拉力鋼腱、預力端錨、橋梁支墊、伸縮縫等）。由於作業時間緊迫，一時難以將有關規範與設計圖說配合妥善的修改，並基於下列理由：

(一)本工程之大部分設計，尤其是預力構造及基樁構造係均提示基本設計，至於施工工方式及細部設計則留由承包商自由選擇。

(二)預力構造物：不論主橋或預力梁，均規定斷面形狀及尺寸與所需之有效預力，

而預力方式（爲先拉法或後拉法，或施預力及錨碇方式）則留由承包商自由選擇，由於方式之不同，各種材料之使用量將有所不同。

(三) 基樁：僅規定有標準斷面及承載量並提示宜爲場注樁或預鑄樁，至於細部設計及施工方式則留由承包商自由選擇，尤其是場鑄樁由於細部設計及施工方式之不同，影響材料之數量將較預力梁更甚。

因此，材料之供應方式係依原編製預算時以假想施工方式所估計之材料用量，配合工作項目訂定各計價項目之供應量（詳表 4）稱爲最高供應量。如有漏列或短少部分則規定應由承包商貼補，以簡化作業，因如此作法：

(一) 編製預算及底價僅就原預算刪除最高供應量之價格即可。

(二) 承包商之報價亦可依據最高供應量減除原擬定報價即可。

(三) 依上列兩方式不必修改原有圖說及有關規範。

致結果乃有如表所示，實際損耗率偏高之情形。其原因雖有如上所述可能由於施工方式之不同或難免有漏列之情況，但經檢討這些原因所占之比例不大，因承包商所採用之施工方式大致與業方原先估列數量時之構想一致，至於漏列之情形亦不應太嚴重，而其主要原因爲：

(一) 關於水泥

(1) 原最高供應量並未列入應有損耗，（另以管理費形態列入工作費），此類損耗量按已往經驗應爲 3 ~ 5 %。

(2) 主橋上部結構部分之最高供應量僅訂爲 $475 \text{ kg} / \text{m}^3$ ，但由於品管嚴格，且構造特殊，惟恐如有差錯將無法彌補，承包商爲慎重計，情願加用水泥以提高品質（強度及施工稠度），致實際配合比已超出 $475 \text{ kg} / \text{m}^3$ 。

(3) 由於品管嚴格，致因到場時間趨過時限或坍度不符而遭棄用者頗多。

(4) 因係採用混凝土泵澆注（在本省橋梁工程尙屬大規模之首次採用，本工地共備有三部），但由於本省產製之碎石，形狀及粒料級配均不理想，爲不影響混凝土強度亦即不改變水灰比下，爲達到混凝土泵所需之稠度（亦即坍度），惟有降低石子最大尺寸及加用水泥。

(5) 由於採用混凝土泵施注，但受地形之限制輸送管較長，致每次潤管用泥漿，及事後留存管內之廢棄量均相當可觀。

(6) 每單元之澆注量不多，（有時僅爲數 10 M^3 ），但因通訊設備不甚靈活，且拌合廠至工地亦須 20 ~ 30 分鐘，惟恐輸送量不足導致不良後果，而採寧可多送之方式，致每次均有不可忽視之剩量。

曾有場鑄樁因施工不良致遭廢樁處分，須重新補樁，及預鑄梁因拖、吊梁不慎而損壞至重鑄情事，這些重做部分均應由承商負責提供，致未計入供應量

中而列入損耗，惟數量有限，應不致影響到過多之損耗量。

(8)所有臨時性設施及工程所用水泥均由承包商負擔，而均計入損耗內。

無論如何在如此大規模之工程下，水泥之損耗量高達 14.8 %，實為驚人之事。值得在預算編製方面，品管方面，以及施工管理方面多加檢討。尤其是由於施工機具之發達及人工費之日益高昂，今後在混凝土泵之採用方面，省工與加用水泥之比較，及損耗量之控制，以及預拌混凝土輸送量之控制，如何正確之預估需要量等，以防水泥之浪費，以減少損耗量應為今後施工管理上之重要課題。

(二)關於鋼筋

鋼筋之損耗量過多之原因，除與水泥相同當初訂最高供應量時為簡化作業未詳核算，及所有鋼筋用量計量，僅對於設計圖說載明之構造接頭給予搭接量外，如承包商為施工方便或配合其施工機具設備（場鑄樁尤甚）而設之接頭均未予計量外，可能尚有如下之原因：

- (1)本工程使用粗鋼筋量（ ϕ 1" 以上者）所占比例甚高，而對這些粗鋼筋原估列之損耗量有偏低之嫌。
- (2)本工程場鑄樁用之鋼筋量甚多，原供應量係按每節鋼筋籠長度 14 ~ 15 公尺分攤為每公尺用量計量（由於樁底的鋼筋量較疏，致每支樁長愈長，供應量對承商愈有利），但實際上施工時樁長略有減短，及承包商採用反循環樁施工法時，並未另備較高吊車，而以原鑽樁用吊架吊放鋼筋籠，致每節鋼筋籠僅有 8 ~ 9 公尺長，增加搭接處次而加重損耗量。
- (3)鋼筋工為省工，未將鋼筋妥善處理，如分支量測以做最有效之裁斷，而以整捆燒斷方式裁斷，致有非但兩頭，而中間之彎曲部分亦予以棄用之情事，增加了短料。
- (4)由於工地管理不善，未能將鋼筋加工作業集中管理，致有散落各地情事。
- (5)由於下部結構多採用粗鋼筋，而配筋複雜，為施工方便加設了為數不少之接頭。

無論如何鋼筋之實際損耗量高達 16.6 %，實為驚人之數值。除正常之損耗量應予適當之調整（本工程原預估時之平均損耗量為 8.5 %）外，產生鋼筋損耗之原因不外為：

- ①單位重量之誤差。
- ②裁斷短頭之損耗。
- ③搭接用損耗。
- ④因管理不善而產生之遺失。

茲分別就本工程之情形檢討如下：

①單位重量之誤差

按規定單位重量之誤差應有正負兩面，理應可互相抵銷，但本局因品管及檢驗嚴格，致有偏高（亦即偏重）之情事（一般政府機構皆然）。

②裁斷短料之損耗

此種短料如管理妥善，應得以下腳料方式收回，本工程原預估可收回4%，但實際收回量僅為3%而已，似有偏低之嫌，但實際上並非產生之短料偏低而係管理不善所致。

由於生活水準提高，工資不斷升高，如以用料之觀點而言，鋼筋之裁斷應宜以按支做最佳之搭配裁斷以減少零頭損耗量，惟如以工費而言，整捆以燒斷裁切方式處理自得以達到省工之目的，但勢必增加零頭損耗，究以何者為經濟，合理，有待現場工作人員之策劃。

如能配合圖說，採用定尺（定長）鋼筋，除可節省裁斷工資外，更可使零頭損耗達到0%，應為最理想之方法。以本工程為例，用於反循環樁之鋼筋，種類簡單、既粗又多，且箍筋配合口徑，主筋配合機具設備，長度為一定，具有最符合採用定尺鋼筋之理想條件。用於主橋之鋼筋因為每4M一節亦具有很理想之採用定尺條件。本所曾與供應商接洽提供定尺鋼筋之可能性，據說須加收每T 400元之附加費，依當時之料價約為4%。惟由於合約精神，如要訂製此項費用，理應由承包商負擔，雖經本所分析利害得失，屢次向承包商建議，但由於各種原因致未被採納。事後檢討當初如能採用定尺，其所能節省損耗量及人工費當不止於4%。

③搭接用損耗

此種損耗多數產生於場鑄樁及高橋墩墩柱，為節省搭接損耗必須減少搭接處所，亦就是宜增長每節之長度，因此必須配備有效之以吊車為主之重機械。應就、機具費、工作效率，工資方面詳予檢討比較，以本工程為例，因其樁及橋墩頗多，如能配以吊車作業當可節省甚多搭接損耗。

致於墩基之水平鋼筋因受地形、工作場地之限制，有時反而不得不減短每節長度而增設搭接量，本工程為此，曾有部分採用瓦斯壓接方式。結果就經濟性分析曾節省不少費用，惟由於對於壓接之效能尚有存疑，至未能大量採用，有待今後之開發。

④管理不善之遺失

本工程因施工地點特殊，又受基隆河之二次裁斷，致工地分為數段而未能覓適當地點以集中管理鋼筋之加工（原先有此構想），且由於甲、乙

方（業方與承方）觀念未完全溝通，甲方以材料既已交由乙方應由乙方負全責保管管理，致未過於干涉，致有遺落各地致散失者。

對於鋼筋之合理損耗量及定尺化有數點建議，茲分述如下：

(1)關於鋼筋之合理損耗量之調整

表 5

鋼 筋 尺 寸	原 訂 供 應 損 耗 量	建 議 修 正 損 耗 量
ϕ 29 mm 以 上 者	10 %	12 ~ 13 %
ϕ 22 ~ ϕ 25	8 %	10 %
ϕ 16 ~ ϕ 19	8 %	8 %
ϕ 13 以 下 者	5 %	5 %

(2)鋼筋之定尺化

- ①建議以 CNS .或由製造廠商，規定數種標準長度，以免在此定尺項下另收附加費。
- ②設計時宜儘量使之定尺化，則鋼筋用量雖可能偏高，但實際費用反而會節省。
- ③雖無①項內之定尺品，但如同一工程有某種程度之定尺量時，宜與製造廠商協調，以儘量減收附加費。

(3)關於預力鋼腱

由於本工程之預力結構部分之細部設計係由承包商自由選擇，且材料係由承包商自購，致表列數據恐稍有出入。其中 ϕ 7 mm 鋼線表列損耗雖高達 14.5 %，但此種材料本省用途極為廣泛，恐有剩料移用於他處。至於鋼棒因原估計時是以 BBRV 之鋼線估列致有較大之出入。

就一般施工情況而言，預力鋼腱之損耗率，以下列標準估列應相當合適：

表 6 預力鋼腱損耗率

說 明	損 耗 率
鋼 絞 線 或 鋼 線 先 拉 法	5 %
鋼 絞 線 或 鋼 線 後 拉 法	2 %
鋼 棒	0.5 ~ 1 % *

註：鋼棒因通常係訂製品理應無損耗可言，但由於可能因運輸，保管時之變形等情事，故仍須略列損耗為宜。

3. 工程費分析

如分析表所列本工程費分析係按下列原則將各單元之造價略予調整：

- (1)將單價按原預算與投標價平均調整。
- (2)原預算及投標價均含有按日計酬費，但實際上並未動用，乃將之除外未予計列。
- (3)堤防工程因係獨立工程與主體工程無甚大關連，乃未予合併計列。
- (4)按物價指數調整額，因係實際支付全額仍予以計列。

經調整後之分析結果

- (1) 11 標及 13 標之普通高架橋部分，每 M^2 造價分別為 10,900 元及 10,200 元，極為接近，且上、下部結構各約占一半，尚稱甚為合理之設計與估價。
- (2)主橋（第 12 標），每 M^2 之總造價為 20,900 元，為普通高架橋之約兩倍，而上部結構約占 $\frac{2}{3}$ ，下部結構約占 $\frac{1}{3}$ 。就長跨徑橋樑而言，上、下部結構所占之比側尚稱合宜，但總造價高達普通高架橋之二倍，雖因地點、構造、及施工條件特殊，惟是否合宜，尚待檢討。

第十三章 預留鋼腱之施拉與伸縮縫之調整

第一節 概 說

本橋於民國66年12月底完工開放通車後，於67年夏季（7～9月間）曾於橋墩A、B及D、E間鉸接處之伸縮縫（以下簡稱 $J_{A.B}$ 及 $J_{D.E}$ ）有數片因受擠壓而損壞情事。當時因尚在承包商養護期間，且正值盛夏氣溫最高時期，乃以為可能係由於施工當時裝設不慎，及溫度之昇高使混凝土膨脹、伸長而發生擠壓所致，除請承包商予以換裝外並未予特別深入研討。至68年夏季該伸縮縫受擠損之程度顯有擴大之勢，且懸臂梁之撓度有顯著之下垂，始察覺情形之嚴重，乃展開全面之調查與檢討。經查完工後因混凝土之乾縮、潛變及鋼腱之鬆弛等導致之撓度下垂，至69年初雖已趨緩和，但69年2月份檢測之資料最大之撓度下垂量已有比設計標高低達13cm者，為避免伸縮縫再遭擠損及改善縱坡以確保行車之舒適，乃擬定下列改善步驟：

- (1)於69年度夏季前先調整 $J_{A.B}$ 及 $J_{D.E}$ 伸縮縫之有效伸縮量。
- (2)接著辦理施拉預留鋼腱以抬高下垂度。
- (3)俟撓度更趨穩定後辦理加鋪瀝青混凝土以改善縱坡度。

第二節 觀測與檢討

1. 觀 測

當發覺如上之現象後，為探討可能之原因以謀適當對策，除連絡原設計者T.Y. Lin公司請提供意見，及辦理各種必要之測量與觀測外，並搜集有關資料以供研判之參考。就一般之預力混凝土結構而言，所有預力構材，由於混凝土之乾燥收縮與潛變及鋼腱之鬆弛，隨材齡之增加應逐漸縮短，且於初期為甚，於二年後應逐於穩定，此亦為所謂預力損失之原因之一。此外除因溫度變化發生之伸縮外不應再有較大之變化。

本橋伸縮縫之裝設期間係在66年11～12月間，雖非氣溫最冷季節但應屬較冷季節，且混凝土之材齡早期施工者（Pc）雖已有一年多，但後期施築者如 P_A 及 P_E 平均材齡尚不足半年，按當時之估計衡量乾縮、潛變等現象，往後構體只有縮短而絕不至有伸張之可能，換言之，伸縮縫只有被拉開而不致有受壓擠之可能，因此安裝時除兩相接之混凝土面距離予以保留4cm外，所有伸縮縫均按混凝土之材齡及裝設當時之溫度分別予以0.5～2公分（詳伸縮縫安裝第八章第一節）之預壓，以適應往後之拉張。因此當連續兩年於夏季產生此種受擠之反常現象，雖時值夏季氣

溫較高之混凝土膨脹時期，實乃令人難以相信之現象，使一時曾懷疑是否因於69年初發生過之較大地震，使地盤受影響而導致橋墩傾斜或向 P_c 移動所致。為探究可能原因，乃辦理如下各項之觀測與調查：

- (1) 橋墩之垂直度。
- (2) 兩端橋墩 P_N 與 P_S 之是否有移動或傾斜。
- (3) 各伸縮縫之變化狀況。
- (4) 各鉸接點之下垂量與縱坡之變化。

2. 關於橋墩之垂直度

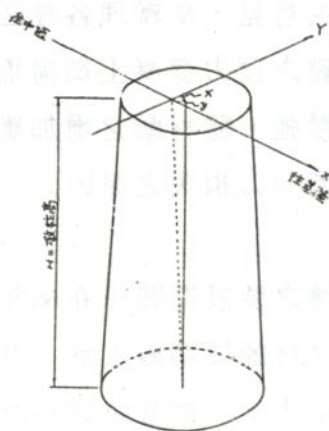
橋墩產生傾斜之可能原因有，由於因受有偏重之力矩導致之傾斜，應為拋物線形之變曲，及因基樁之不穩定或承載力不足致發生單邊之下陷引起之傾斜。本工程因完工後並未設置為檢測此類情況之觀測點，且施工時難免有施工誤差，致目前雖無法觀測出正確之答案，但由表 13 - 1 之觀測結果研判。

- (1) 依基礎構造而言 P_D 因非樁基，不應產生傾斜。
- (2) 以最大 X 值而言，如傾斜理應使 P_D 與 P_E 拉開而使伸縮縫 P_D-E 張開，但實際上係受擠壓。
- (3) Y 值雖較大但就橋墩之構造而言，在此方向似不應發生傾斜，且 P_A 、 P_B 及 P_E 均位於路線曲線處，為配合路面超高，本來就有偏心，所以表上之數 cm 偏差恐係施工時就存在者。

由以上之研判，橋墩似不應有導致不良後果之傾斜現象。

表 13 - 1

座 標 橋 墩	日期	68 12 5			
		x (cm)	y (cm)		
A $H = 17.98^M$		+ 0.8	- 6.3		
B $H = 17.39^M$		+ 0.2	+ 5.9		
D $H = 12.36^M$		- 0.9	- 0.6		
E $H = 15.80^M$		+ 2.9	+ 7.7		



3. 關於 P_N 及 P_S

P_N 及 P_S 徑觀測及調查 (表 13 - 2, 表 13 - 3)

- (1) 兩墩間之距離與原施工者並無顯著之差異。
- (2) 兩墩均無傾斜之跡象。

(3)兩墩之伸縮縫現狀尚屬正常。

(4)兩墩隣近之 11 標及 13 標高架橋之伸縮縫亦無不正常之變狀，（如該兩墩有移動，隣近伸縮縫必有異狀）。

(5)兩墩之固定拉桿均有傾斜現象。

(6)兩墩之繫拉鋼腱並無拉緊或其他異狀。

由以上之結果除(5)項外均足可證明 P_N 及 P_S 既無移動亦無傾斜情事，至於(5)項固定拉桿之傾斜，因該拉桿裝設時已非以垂直的安裝，而由於乾縮及潛變亦可能產生傾斜。

表 13 - 2 橋墩 N 之觀測資料

位 置	箱梁淨高	伸 縮 縫 間 隙	固 定 拉 桿 外 露 高	固 定 拉 桿 傾 斜	備 註
第一孔 (Cell)	1.36 m	頂版 10.0 cm	右側 1.13 m	右 4.5 cm	向 P_A 傾 斜
		底版 10.0 cm	左側 1.10 m	左 2.6 cm	
第三孔 (Cell)	1.33 m	頂版 11.8 cm	右側 1.03 m	右 4.0 cm	"
		底版 11.8 cm	左側 1.05 m	左 5.7 cm	
第四孔 (Cell)	1.33 m	頂版 12.4 cm	右側 1.10 m	右 7.0 cm	"
		底版 12.4 cm	左側 1.06 m	左 6.0 cm	
第六孔 (Cell)	1.40 m	頂版 12.0 cm	右側 1.13 m	右 6.2 cm	"
		底版 12.0 cm	左側 1.10 m	左 5.0 cm	

註：1.本箱梁內部檢查日期：68.12.14.
2.每孔位置係自圓山飯店方向起算
3.表內左、右側，係表示面向本路南端箱梁之兩側

表 13 - 3 橋墩 S 之觀測資料

位 置	箱梁淨高	伸 縮 縫 間 隙	固 定 拉 桿 外 露 高	固 定 拉 桿 傾 斜	備 註
第一孔 (Cell)	1.40 m	頂版 11.8 cm	右側 1.12 m	右 1.5 cm	向 P_S 傾 斜
		底版 11.8 cm	左側 1.09 m	左 5.5 cm	
第三孔 (Cell)	1.38 m	頂版 11.5 cm	右側 1.15 m	右 6.5 cm	"
		底版 11.5 cm	左側 1.15 m	左 5.5 cm	
第四孔 (Cell)	1.36 m	頂版 11.0 cm	右側 1.12 m	右 4.9 cm	"
		底版 11.8 cm	左側 1.12 m	左 5.0 cm	
第六孔 (Cell)	1.37 m	頂版 10.7 cm	右側 1.11 m	右 5.9 cm	"
		底版 11.5 cm	左側 1.13 m	左 3.8 cm	

註：1.本箱梁內部檢查日期：68.12.14.
2.每孔位置係自圓山飯店方向起算
3.表內左、右側，係表示面向本路南端箱梁之兩側

4. 關於伸縮縫之變狀

- (1)除 P_N 及 P_S 之伸縮縫並無大變化外，其餘各伸縮縫均有受擠壓現象，而並無一被拉開之現象。此亦可說明並無橋墩傾斜之情事，因如因橋墩之傾斜而產生擠壓，另一端必然有被拉開之現象。受壓之情形以 P_{A-B} 及 P_{D-E} 較為嚴重，甚至部分性的已被擠壞。按理論該伸縮縫（No 650）具有 8 cm 之有效壓擠量，假定安裝時已先預壓 2 cm，亦尚有 6 cm 之可壓擠量，應不至於擠壞。
- (2)鉸接處亦即兩懸臂梁先端之混凝土面，施工時是以 4 cm 間隔為標準，以垂直平行的施築，但經測量結果已變為下寬上窄之八字形，如表 13-4 及圖-1 所示，且頂端寬度與底部寬度之平均值仍為 4 cm 以上外，頂版（窄方）部分亦鮮有 4 cm 以下者。由此可知整個頂壓構材仍有因潛變及乾縮而縮短現象。
- (3)伸縮縫間距之實測紀錄，請詳表 13-4，由於施工完成後並未保留觀測標記以供對照，所以本紀錄僅能供參考。

表 13-4 鉸接部分之觀測資料

位 置	箱 梁 淨 高	伸 縮 縫 間 隙	備 註
H_{A-B}	右側 1.33 m	右側：底版 9.0 cm 頂版 3.8 cm	
	左側 1.31 m	左側：底版 9.0 cm 頂版 5.0 cm	
H_{B-C}	右側 1.33 m	右側：底版 13.5 cm 頂版 8.2 cm	
	左側 1.33 m	左側：底版 14.5 cm 頂版 10.0 cm	
H_{C-D}	右側 1.36 m	右側：底版 13.8 cm 頂版 7.8 cm	
	左側 1.35 m	左側：底版 14.0 cm 頂版 4.0 cm	
H_{D-E}	右側 1.33 m	右側：底版 6.8 cm 頂版 4.0 cm	
	左側 1.31 m	左側：底版 7.5 cm 頂版 3.5 m	

註：表內左右側係表示面向本路南端橋樑之兩側

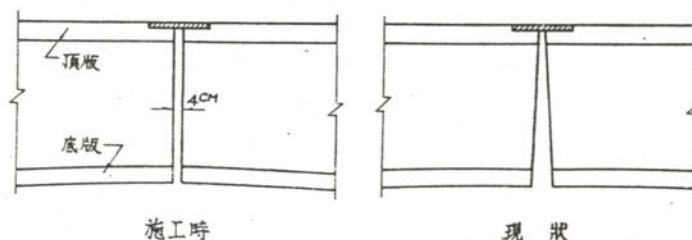
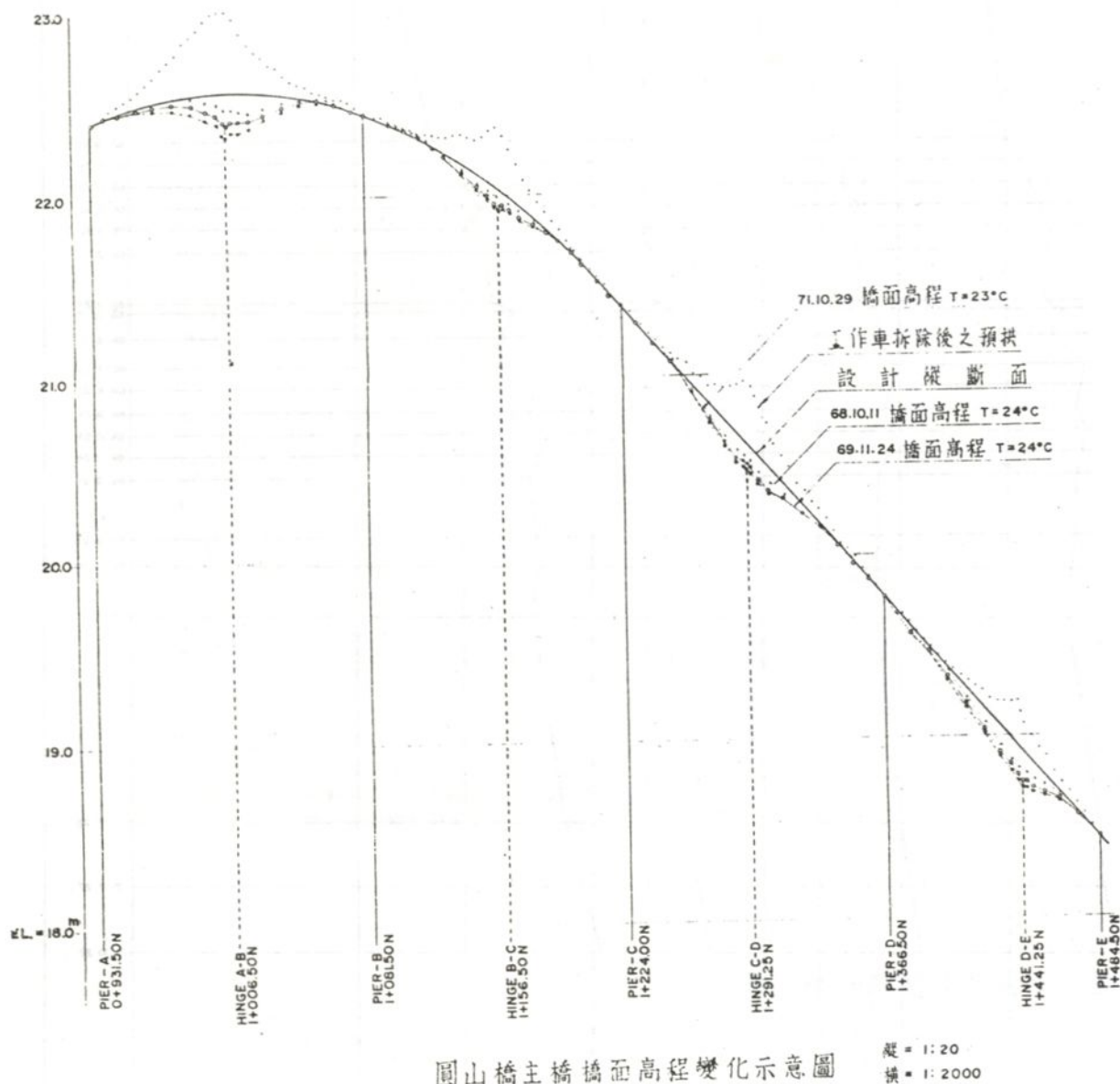


圖 13-1

至於進一步之檢討擬於第三節一併討論。

5. 關於各鉸接點之下垂量

此種測量於完工後自67年2月就開定期性之觀測與記錄，惟至68年初以後因高速公路工程局之改組，各級人事之變動至曾中斷，至68年9月才再繼續觀測，其結果如表13-5、圖13-2、圖13-3所示。



圖山橋主橋橋面高程變化示意圖

縱 = 1:20
橫 = 1:2000

圖 13-2

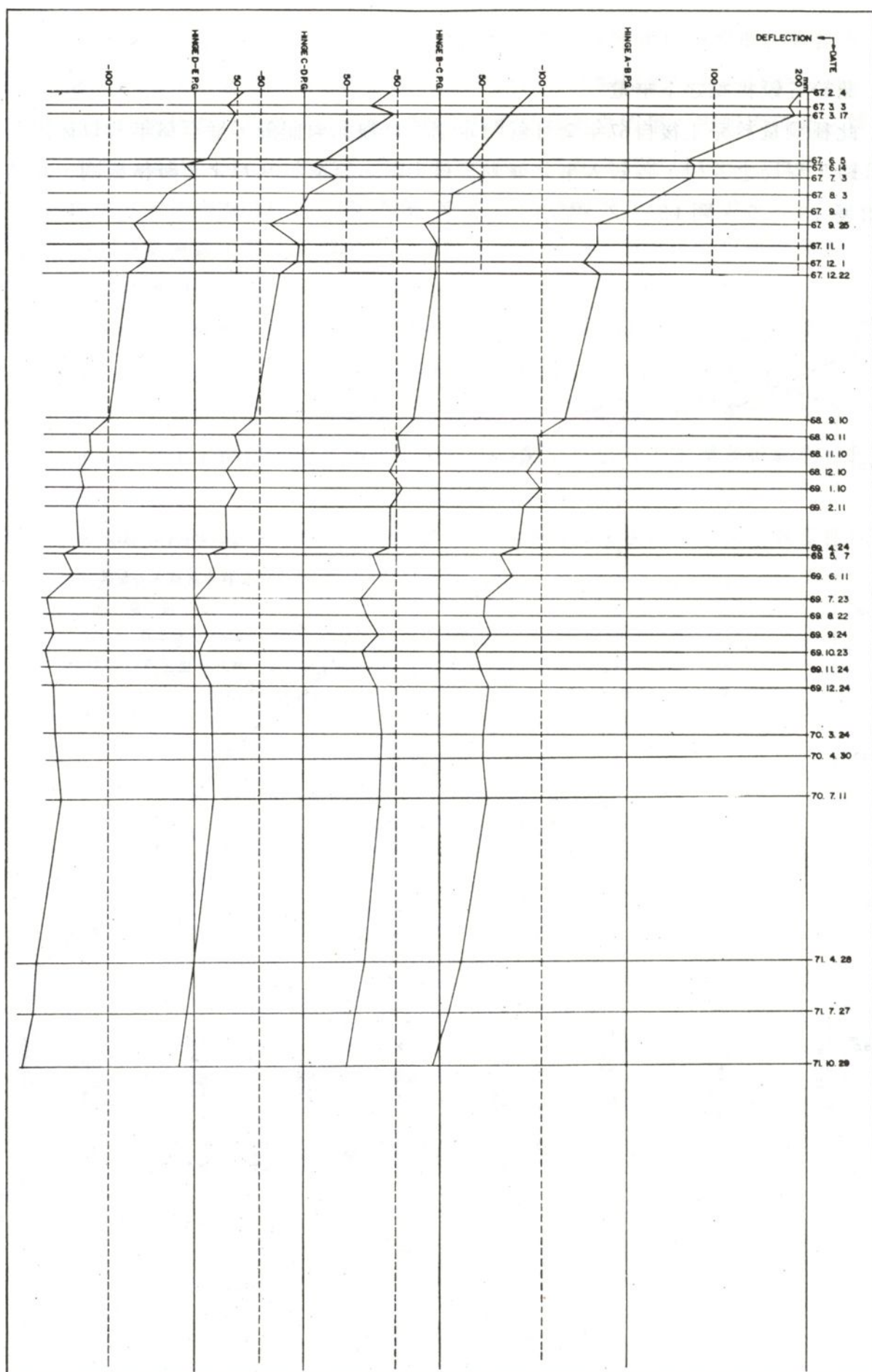


圖 13 - 3

表 13-5(a) 圓山橋主橋橋面高程變化檢測表 (第一頁)

[illegible]

附註：72.7.20資料中（ ）下格係圓山橋縱坡改善封層後，重新定點之橋面高，（ ）欄內係依據加鋪厚度推算之資料。

圓山橋伸縮縫間距實測紀錄

日期	温度 ℃	BR-4.0				BR-5.5				BR-7.0				BR-8.5				BR-10.0				中壢	a		
		a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d				
09.9.5	30.0				58.8	02.5			03.0	07.8			07.0	00.2			07.7	00.0		00.2	00.5		00.0		
09.9.10	32.0	59.2	59.1	58.7	59.1	02.5	07.0	03.3	02.9	07.9	07.8	07.5	07.0	00.1	05.6	07.3	07.3	00.0	03.7	03.5	00.1	00.3	59.9	00.4	59.8
09.10.1	24.0	00.6	00.4	00.4	00.6	00.5	04.6	04.5	00.9	70.1	09.9	09.9	08.9	00.3	07.9	09.5	09.8	05.4	05.3	05.0	00.1	00.4	00.9	00.1	00.9
09.11.1	18.0	01.3	01.2	01.2	01.2	05.1	05.5	05.2	05.1	71.1	71.0	70.6	09.8	09.0	08.6	70.2	70.6	00.1	00.1	05.0	00.2	00.1	01.7	01.7	01.7
09.11.11	19.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	72.0	72.1	71.7	70.7	09.0	09.4	71.4	71.7	00.8	00.7	07.3	07.1	02.5	01.9	02.0	00.0
09.12.1	16.0	00.3	00.0	00.0	00.0	00.4	00.2	00.2	00.2	72.1	71.9	71.7	70.8	09.0	09.4	71.4	71.8	00.9	00.8	07.0	07.0	00.2	01.5	01.5	00.8
09.12.11	22.0	00.9	03.0	02.0	03.1	07.0	00.0	05.8	07.5	72.2	72.2	72.6	71.4	70.6	09.5	70.8	71.0	00.5	07.0	07.0	00.9	00.2	01.5	01.5	00.8
09.12.15	25.0	00.5	00.0	00.0	00.0	05.0	05.0	00.8	00.0	73.0	71.3	70.4	71.2	70.9	08.2	70.0	09.5	00.0	00.7	00.0	00.0	00.7	01.0	02.5	05.5
09.01.1	32.0	00.1	00.8	00.1	01.0	00.0	00.0	00.3	00.5	00.7	00.3	00.1	00.4	00.9	00.8	00.5	07.8	03.1	03.0	03.3	03.5	59.7	59.6	01.0	59.7
09.7.3	10.0					00.5	70.7	07.8	09.2									70.0	08.5	08.1	07.7				
09.7.23	30.0	00.9	00.0	00.1	00.0	00.3	70.4	07.4	00.9	09.0	09.0	08.5	08.7	00.0	00.7	08.0	08.4	09.5	08.3	08.4	07.0	03.0	02.2	02.1	03.5

基礎

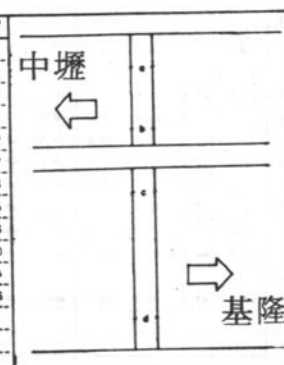
表 13-5(b) 圓山橋主橋橋面高程變化檢測表 (第二頁)

日期	01.01.25	01.02.25	01.03.25	01.04.25	01.05.25	01.06.25	01.07.25	01.08.25	01.09.25	01.10.25	01.11.25	01.12.25	01.01.26	01.02.26	01.03.26	01.04.26	01.05.26	01.06.26	01.07.26	01.08.26	01.09.26	01.10.26	01.11.26	01.12.26	01.01.27	01.02.27	01.03.27	01.04.27	01.05.27	01.06.27	01.07.27	01.08.27	01.09.27	01.10.27	01.11.27	01.12.27	01.01.28	01.02.28	01.03.28	01.04.28	01.05.28	01.06.28	01.07.28	01.08.28	01.09.28	01.10.28	01.11.28	01.12.28	01.01.29	01.02.29	01.03.29	01.04.29	01.05.29	01.06.29	01.07.29	01.08.29	01.09.29	01.10.29	01.11.29	01.12.29	01.01.30	01.02.30	01.03.30	01.04.30	01.05.30	01.06.30	01.07.30	01.08.30	01.09.30	01.10.30	01.11.30	01.12.30	01.01.31	01.02.31	01.03.31	01.04.31	01.05.31	01.06.31	01.07.31	01.08.31	01.09.31	01.10.31	01.11.31	01.12.31	01.01.32	01.02.32	01.03.32	01.04.32	01.05.32	01.06.32	01.07.32	01.08.32	01.09.32	01.10.32	01.11.32	01.12.32	01.01.33	01.02.33	01.03.33	01.04.33	01.05.33	01.06.33	01.07.33	01.08.33	01.09.33	01.10.33	01.11.33	01.12.33	01.01.34	01.02.34	01.03.34	01.04.34	01.05.34	01.06.34	01.07.34	01.08.34	01.09.34	01.10.34	01.11.34	01.12.34	01.01.35	01.02.35	01.03.35	01.04.35	01.05.35	01.06.35	01.07.35	01.08.35	01.09.35	01.10.35	01.11.35	01.12.35	01.01.36	01.02.36	01.03.36	01.04.36	01.05.36	01.06.36	01.07.36	01.08.36	01.09.36	01.10.36	01.11.36	01.12.36	01.01.37	01.02.37	01.03.37	01.04.37	01.05.37	01.06.37	01.07.37	01.08.37	01.09.37	01.10.37	01.11.37	01.12.37	01.01.38	01.02.38	01.03.38	01.04.38	01.05.38	01.06.38	01.07.38	01.08.38	01.09.38	01.10.38	01.11.38	01.12.38	01.01.39	01.02.39	01.03.39	01.04.39	01.05.39	01.06.39	01.07.39	01.08.39	01.09.39	01.10.39	01.11.39	01.12.39	01.01.40	01.02.40	01.03.40	01.04.40	01.05.40	01.06.40	01.07.40	01.08.40	01.09.40	01.10.40	01.11.40	01.12.40	01.01.41	01.02.41	01.03.41	01.04.41	01.05.41	01.06.41	01.07.41	01.08.41	01.09.41	01.10.41	01.11.41	01.12.41	01.01.42	01.02.42	01.03.42	01.04.42	01.05.42	01.06.42	01.07.42	01.08.42	01.09.42	01.10.42	01.11.42	01.12.42	01.01.43	01.02.43	01.03.43	01.04.43	01.05.43	01.06.43	01.07.43	01.08.43	01.09.43	01.10.43	01.11.43	01.12.43	01.01.44	01.02.44	01.03.44	01.04.44	01.05.44	01.06.44	01.07.44	01.08.44	01.09.44	01.10.44	01.11.44	01.12.44	01.01.45	01.02.45	01.03.45	01.04.45	01.05.45	01.06.45	01.07.45	01.08.45	01.09.45	01.10.45	01.11.45	01.12.45	01.01.46	01.02.46	01.03.46	01.04.46	01.05.46	01.06.46	01.07.46	01.08.46	01.09.46	01.10.46	01.11.46	01.12.46	01.01.47	01.02.47	01.03.47	01.04.47	01.05.47	01.06.47	01.07.47	01.08.47	01.09.47	01.10.47	01.11.47	01.12.47	01.01.48	01.02.48	01.03.48	01.04.48	01.05.48	01.06.48	01.07.48	01.08.48	01.09.48	01.10.48	01.11.48	01.12.48	01.01.49	01.02.49	01.03.49	01.04.49	01.05.49	01.06.49	01.07.49	01.08.49	01.09.49	01.10.49	01.11.49	01.12.49	01.01.50	01.02.50	01.03.50	01.04.50	01.05.50	01.06.50	01.07.50	01.08.50	01.09.50	01.10.50	01.11.50	01.12.50	01.01.51	01.02.51	01.03.51	01.04.51	01.05.51	01.06.51	01.07.51	01.08.51	01.09.51	01.10.51	01.11.51	01.12.51	01.01.52	01.02.52	01.03.52	01.04.52	01.05.52	01.06.52	01.07.52	01.08.52	01.09.52	01.10.52	01.11.52	01.12.52	01.01.53	01.02.53	01.03.53	01.04.53	01.05.53	01.06.53	01.07.53	01.08.53	01.09.53	01.10.53	01.11.53	01.12.53	01.01.54	01.02.54	01.03.54	01.04.54	01.05.54	01.06.54	01.07.54	01.08.54	01.09.54	01.10.54	01.11.54	01.12.54	01.01.55	01.02.55	01.03.55	01.04.55	01.05.55	01.06.55	01.07.55	01.08.55	01.09.55	01.10.55	01.11.55	01.12.55	01.01.56	01.02.56	01.03.56	01.04.56	01.05.56	01.06.56	01.07.56	01.08.56	01.09.56	01.10.56	01.11.56	01.12.56	01.01.57	01.02.57	01.03.57	01.04.57	01.05.57	01.06.57	01.07.57	01.08.57	01.09.57	01.10.57	01.11.57	01.12.57	01.01.58	01.02.58	01.03.58	01.04.58	01.05.58	01.06.58	01.07.58	01.08.58	01.09.58	01.10.58	01.11.58	01.12.58	01.01.59	01.02.59	01.03.59	01.04.59	01.05.59	01.06.59	01.07.59	01.08.59	01.09.59	01.10.59	01.11.59	01.12.59	01.01.60	01.02.60	01.03.60	01.04.60	01.05.60	01.06.60	01.07.60	01.08.60	01.09.60	01.10.60	01.11.60	01.12.60	01.01.61	01.02.61	01.03.61	01.04.61	01.05.61	01.06.61	01.07.61	01.08.61	01.09.61	01.10.61	01.11.61	01.12.61	01.01.62	01.02.62	01.03.62	01.04.62	01.05.62	01.06.62	01.07.62	01.08.62	01.09.62	01.10.62	01.11.62	01.12.62	01.01.63	01.02.63	01.03.63	01.04.63	01.05.63	01.06.63	01.07.63	01.08.63	01.09.63	01.10.63	01.11.63	01.12.63	01.01.64	01.02.64	01.03.64	01.04.64	01.05.64	01.06.64	01.07.64	01.08.64	01.09.64	01.10.64	01.11.64	01.12.64	01.01.65	01.02.65	01.03.65	01.04.65	01.05.65	01.06.65	01.07.65	01.08.65	01.09.65	01.10.65	01.11.65	01.12.65	01.01.66	01.02.66	01.03.66	01.04.66	01.05.66	01.06.66	01.07.66	01.08.66	01.09.66	01.10.66	01.11.66	01.12.66	01.01.67	01.02.67	01.03.67	01.04.67	01.05.67	01.06.67	01.07.67	01.08.67	01.09.67	01.10.67	01.11.67	01.12.67	01.01.68	01.02.68	01.03.68	01.04.68	01.05.68	01.06.68	01.07.68	01.08.68	01.09.68	01.10.68	01.11.68	01.12.68	01.01.69	01.02.69	01.03.69	01.04.69	01.05.69	01.06.69	01.07.69	01.08.69	01.09.69	01.10.69	01.11.69	01.12.69	01.01.70	01.02.70	01.03.70	01.04.70	01.05.70	01.06.70	01.07.70	01.08.70	01.09.70	01.10.70	01.11.70	01.12.70	01.01.71	01.02.71	01.03.71	01.04.71	01.05.71	01.06.71	01.07.71	01.08.71	01.09.71	01.10.71	01.11.71	01.12.71	01.01.72	01.02.72	01.03.72	01.04.72	01.05.72	01.06.72	01.07.72	01.08.72	01.09.72	01.10.72	01.11.72	01.12.72	01.01.73	01.02.73	01.03.73	01.04.73	01.05.73	01.06.73	01.07.73	01.08.73	01.09.73	01.10.73	01.11.73	01.12.73	01.01.74	01.02.74	01.03.74	01.04.74	01.05.74	01.06.74	01.07.74	01.08.74	01.09.74	01.10.74	01.11.74	01.12.74	01.01.75	01.02.75	01.03.75	01.04.75	01.05.75	01.06.75	01.07.75	01.08.75	01.09.75	01.10.75	01.11.75	01.12.75	01.01.76	01.02.76	01.03.76	01.04.76	01.05.76	01.06.76	01.07.76	01.08.76	01.09.76	01.10.76	01.11.76	01.12.76	01.01.77	01.02.77	01.03.77	01.04.77	01.05.77	01.06.77	01.07.77	01.08.77	01.09.77	01.10.77	01.11.77	01.12.77	01.01.78	01.02.78	01.03.78	01.04.78	01.05.78	01.06.78	01.07.78	01.08.78	01.09.78	01.10.78	01.11.78	01.12.78	01.01.79	01.02.79	01.03.79	01.04.79	01.05.79	01.06.79	01.07.79	01.08.79	01.09.79	01.10.79	01.11.79	01.12.79	01.01.80	01.02.80	01.03.80	01.04.80	01.05.80	01.06.80	01.07.80	01.08.80	01.09.80	01.10.80	01.11.80	01.12.80	01.01.81	01.02.81	01.03.81	01.04.81	01.05.81	01.06.81	01.07.81	01.08.81	01.09.81	01.10.81	01.11.81	01.12.81	01.01.82	01.02.82	01.03.82	01.04.82	01.05.82	01.06.82	01.07.82	01.08.82	01.09.82	01.10.82	01.11.82	01.12.82	01.01.83	01.02.83	01.03.83	01.04.83	01.05.83	01.06.83	01.07.83	01.08.83	01.09.83	01.10.83	01.11.83	01.12.83	01.01.84	01.02.84	01.03.84	01.04.84	01.05.84	01.06.84	01.07.84	01.08.84	01.09.84	01.10.84	01.11.84	01.12.84	01.01.85	01.02.85	01.03.85	01.04.85	01.05.85	01.06.85	01.07.85	01.08.85	01.09.85	01.10.85	01.11.85	01.12.85	01.01.86	01.02.86	01.03.86	01.04.86	01.05.86	01.06.86	01.07.86	01.08.86	01.09.86	01.10.86	01.11.86	01.12.86	01.01.87	01.02.87	01.03.87	01.04.87	01.05.87	01.06.87	01.07.87	01.08.87	01.09.87	01.10.87	01.11.87	01.12.87	01.01.88	01.02.88	01.03.88	01.04.88	01.05.88	01.06.88	01.07.88	01.08.88	01.09.88	01.10.88	01.11.88	01.12.88	01.01.89	01.02.89	01.03.89	01.04.89	01.05.89	01.06.89	01.07.89	01.08.89	01.09.89	01.10.89	01.11.89	01.12.89	01.01.90	01.02.90	01.03.90	01.04.90	01.05.90	01.06.90	01.07.90	01.08.90	01.09.90	01.10.90	01.11.90	01.12.90	01.01.91	01.02.91	01.03.91	01.04.91	01.05.91	01.06.91	01.07.91	01.08.91	01.09.91	01.10.91	01.11.91	01.12.91	01.01.92	01.02.92	01.03.92	01.04.92	01.05.92	01.06.92	01.07.92	01.08.92	01.09.92	01.10.92	01.11.92	01.12.92	01.01.93	01.02.93	01.03.93	01.04.93	01.05.93	01.06.93	01.07.93	01.08.93	01.09.93	01.10.93	01.11.93	01.12.93	01.01.94	01.02.94	01.03.94	01.04.94	01.05.94	01.06.94	01.07.94	01.08.94	01.09.94	01.10.94	01.11.94	01.12.94	01.01.95	01.02.95	01.03.95	01.04.95	01.05.95	01.06.95	01.07.95	01.08.95	01.09.95	01.10.95	01.11.95	01.12.95	01.01.96	01.02.96	01.03.96	01.04.96	01.05.96	01.06.96	01.07.96	01.08.96	01.09.96	01.10.96	01.11.96	01.12.96	01.01.97	01.02.97	01.03.97	01.04.97	01.05.97	01.06.97	01.07.97	01.08.97	01.09.97	01.10.97	01.11.97	01.12.97	01.01.98	01.02.98	01.03.98	01.04.98	01.05.98	01.06.98	01.07.98	01.08.98	01.09.98	01.10.98	01.11.98	01.12.98	01.01.99	01.02.99	01.03.99	01.04.99	01.05.99	01.06.99	01.07.99	01.08.99	01.09.99	01.10.99	01.11.99	01.12.99	01.01.100	01.02.100	01.03.100	01.04.100	01.05.100	01.06.100	01.07.100	01.08.100	01.09.100	01.10.100	01.11.100	01.12.100	01.01.101	01.02.101	01.03.101	01.04.101	01.05.101	01.06.101	01.07.101	01.08.101	01.09.101	01.10.101	01.11.101	01.12.101	01.01.102	01.02.102	01.03.102	01.04.102	01.05.102	01.06.102	01.07.102	01.08.102	01.09.102	01.10.102	01.11.102	01.12.102	01.01.103	01.02.103	01.03.103	01.04.103	01.05.103	01.06.103	01.07.103	01.08.103	01.09.103	01.10.103	01.11.103	01.12.103	
----	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	--

附註：72.7.20資料中（ ）下格係圓山橋縱坡改善封層後，重新定點之橋面高，（ ）欄內係依據加鋪厚度推算之資料。

圓山橋伸縮縫間距實測紀錄表

日期	温度 ℃	JH				JH-8				JH-9				JH-10				JH-11				JH-12				JH-13				JH-14				JH-15				JH-16				JH-17				JH-18				JH-19				JH-20				JH-21				JH-22				JH-23				JH-24				JH-25				JH-26				JH-27				JH-28				JH-29				JH-30				JH-31				JH-32				JH-33				JH-34				JH-35				JH-36				JH-37				JH-38				JH-39				JH-40				JH-41				JH-42				JH-43				JH-44				JH-45				JH-46				JH-47				JH-48				JH-49				JH-50				JH-51				JH-52				JH-53				JH-54				JH-55				JH-56				JH-57				JH-58				JH-59				JH-60				JH-61				JH-62				JH-63				JH-64				JH-65				JH-66				JH-67				JH-68				JH-69				JH-70				JH-71				JH-72				JH-73				JH-74				JH-75				JH-76				JH-77				JH-78				JH-79				JH-80				JH-81				JH-82				JH-83				JH-84				JH-85				JH-86				JH-87				JH-88				JH-89				JH-90				JH-91				JH-92				JH-93				JH-94				JH-95				JH-96				JH-97				JH-98				JH-99				JH-100				JH-101				JH-102				JH-103				JH-104				JH-105				JH-106				JH-107				JH-108				JH-109				JH-110				JH-111				JH-112				JH-113				JH-114				JH-115				JH-116				JH-117				JH-118				JH-119				JH-120				JH-121				JH-122				JH-123				JH-124				JH-125				JH-126				JH-127				JH-128				JH-129				JH-130				JH-131				JH-132				JH-133				JH-134				JH-135				JH-136				JH-137				JH-138				JH-139				JH-140				JH-141				JH-142				JH-143				JH-144				JH-145				JH-146				JH-147				JH-148				JH-149				JH-150				JH-151				JH-152				JH-153				JH-154				JH-155				JH-156				JH-157				JH-158				JH-159				JH-160				JH-161				JH-162				JH-163				JH-164				JH-165				JH-166				JH-167				JH-168				JH-169				JH-170				JH-171				JH-172				JH-173				JH-174				JH-175				JH-176				JH-177				JH-178				JH-179				JH-180				JH-181				JH-182				JH-183				JH-184				JH-185				JH-186				JH-187				JH-188				JH-189				JH-190				JH-191				JH-192				JH-193				JH-194				JH-195				JH-196				JH-197				JH-198				JH-199				JH-200				JH-201				JH-202				JH-203				JH-204				JH-205				JH-206				JH-207				JH-208				JH-209				JH-210				JH-211				JH-212				JH-213				JH-214				JH-215				JH-216				JH-217				JH-218				JH-219				JH-220				JH-221				JH-222				JH-223				JH-224				JH-225				JH-226				JH-227				JH-228				JH-229				JH-230				JH-231				JH-232				JH-233				JH-234				JH-235				JH-236				JH-237				JH-238				JH-239				JH-240				JH-241				JH-242				JH-243				JH-244				JH-245				JH-246				JH-247				JH-248				JH-249				JH-250				JH-251				JH-252				JH-253				JH-254				JH-255				JH-256				JH-257				JH-258				JH-259				JH-260				JH-261				JH-262				JH-263				JH-264				JH-265				JH-266				JH-267				JH-268				JH-269				JH-270				JH-271				JH-272				JH-273				JH-274				JH-275				JH-276				JH-277				JH-278				JH-279				JH-280				JH-281				JH-282				JH-283				JH-284				JH-285				JH-286				JH-287				JH-288				JH-289				JH-290				JH-291				JH-292				JH-293				JH-294				JH-295				JH-296				JH-297				JH-298				JH-299				JH-300				JH-301				JH-302				JH-303				JH-304				JH-305				JH-306				JH-307				JH-308				JH-309				JH-310				JH-311				JH-312				JH-313				JH-314				JH-315				JH-316				JH-317				JH-318				JH-319				JH-320				JH-321				JH-322				JH-323				JH-324				JH-325				JH-326				JH-327				JH-328				JH-329				JH-330				JH-331				JH-332				JH-333				JH-334				JH-335				JH-336				JH-337				JH-338				JH-339				JH-340				JH-341				JH-342				JH-343				JH-344				JH-345				JH-346				JH-347				JH-348				JH-349				JH-350				JH-351				JH-352				JH-353				JH-354				JH-355				JH-356				JH-357				JH-358				JH-359				JH-360				JH-361				JH-362				JH-363				JH-364				JH-365				JH-366				JH-367				JH-368				JH-369				JH-370				JH-371				JH-372				JH-373				JH-374				JH-375				JH-376				JH-377				JH-378				JH-379				JH-380				JH-381				JH-382				JH-383				JH-384				JH-385				JH-386				JH-387				JH-388				JH-389				JH-390				JH-391				JH-392				JH-393				JH-394				JH-395				JH-396				JH-397				JH-398				JH-399				JH-400				JH-401				JH-402				JH-403				JH-404				JH-405				JH-406				JH-407				JH-408				JH-409				JH-410				JH-411				JH-412				JH-413				JH-414				JH-415				JH-416				JH-417				JH-418				JH-419				JH-420				JH-421				JH-422				JH-423				JH-424				JH-425				JH-426				JH-427				JH-428				JH-429				JH-430				JH-431				JH-432				JH-433				JH-434				JH-435				JH-436				JH-437				JH-438				JH-439				JH-440				JH-441				JH-442				JH-443				JH-444				JH-445				JH-446				JH-447				JH-448				JH-449				JH-450				JH-451				JH-452				JH-453				JH-454				JH-455				JH-456				JH-457				JH-458				JH-459				JH-460				JH-461				JH-462				JH-463				JH-464				JH-465				JH-466				JH-467				JH-468				JH-469				JH-470				JH-471				JH-472				JH-473				JH-474				JH-475				JH-476				JH-477				JH-478				JH-479				JH-480				JH-481				JH-482				JH-483				JH-484				JH-485				JH-486				JH-487				JH-488				JH-489				JH-490				JH-491				JH-492				JH-493				JH-494				JH-495				JH-496				JH-497				JH-498				JH-499				JH-500				JH-501				JH-502				JH-503				JH-504				JH-505				JH-506				JH-507				JH-508				JH-509				JH-510				JH-511				JH-512				JH-513				JH-514				JH-515				JH-516				JH-517				JH-518				JH-519				JH-520				JH-521				JH-522				JH-523				JH-524				JH-525				JH-526				JH-527				JH-528				JH-529				JH-530				JH-531				JH-532				JH-533				JH-534				JH-535				JH-536				JH-537				JH-538				JH-539				JH-540				JH-541				JH-542				JH-543				JH-544				JH-545				JH-546				JH-547				JH-548				JH-549				JH-550				JH-551				JH-552				JH-553				JH-554				JH-555				JH-556				JH-557				JH-558				JH-559				JH-560				JH-561				JH-562				JH-563				JH-564				JH-565				JH-566				JH-567				JH-568				JH-569				JH-570				JH-571				JH-572				JH-573				JH-574				JH-575				JH-576				JH-577				JH-578				JH-579				JH-580				JH-581				JH-582				JH-583				JH-584				JH-585				JH-586				JH-587				JH-588				JH-589				JH-590				JH-591				JH-592				JH-593				JH-594				JH-595				JH-596				JH-597				JH-598				JH-599				JH-600				JH-601				JH-602				JH-603				JH-604				JH-605				JH-606				JH-607				JH-608				JH-609				JH-610				JH-611				JH-612				JH-613				JH-614				JH-615				JH-616				JH-617				JH-618				JH-619				JH-620				JH-621				JH-622				JH-623				JH-624				JH-625				JH-626				JH-627				JH-628				JH-629				JH-630				JH-631				JH-632				JH-633				JH-634				JH-635				JH-636				JH-637				JH-638				JH-639				JH-640				JH-641				JH-642				JH-643				JH-644				JH-645				JH-646				JH-647				JH-648				JH-649				JH-650				JH-651				JH-652				JH-653				JH-654				JH-655				JH-656				JH-657				JH-658				JH-659				JH-660				JH-661				JH-662				JH-663				JH-664				JH-665				JH-666				JH-667				JH-668				JH-669				JH-670				JH-671				JH-672				JH-673				JH-674				JH-675				JH-676				JH-677				JH-678				JH-679				JH-680				JH-681				JH-682				JH-683				JH-684				JH-685				JH-686				JH-687				JH-688				JH-689				JH-690				JH-691				JH-692				JH-693				JH-694				JH-695				JH-696				JH-697				JH-698				JH-699				JH-700				JH-701				JH-702				JH-703				JH-704				JH-705				JH-706				JH-707				JH-708				JH-709				JH-710				JH-711				JH-712				JH-713				JH-714				JH-715				JH-716				JH-717				JH-718				JH-719				JH-720				JH-721				JH-722				JH-723				JH-724				JH-725				JH-726				JH-727				JH-728				JH-729				JH-730				JH-731				JH-732				JH-733				JH-734				JH-735				JH-736				JH-737				JH-738				JH-739				JH-740				JH-741				JH-742				JH-743				JH-744				JH-745				JH-746				JH-747				JH-748				JH-749				JH-750				JH-751				JH-752				JH-753				JH-754				JH-755				JH-756				JH-757				JH-758				JH-759				JH-760				JH-761				JH-762				JH-763				JH-764				JH-765				JH-766				JH-767				JH-768				JH-769				JH-770				JH-771				JH-772				JH-773				JH-774				JH-775				JH-776				JH-777				JH-778				JH-779				JH-780				JH-781				JH-782				JH-783				JH-784				JH-785				JH-786				JH-787				JH-788				JH-789				JH-790				JH-791				JH-792				JH-793				JH-794				JH-795				JH-796				JH-797				JH-798				JH-799				JH-800				JH-801				JH-802				JH-803				JH-804				JH-805				JH-806				JH-807				JH-808				JH-809				JH-810				JH-811				JH-812				JH-813				JH-814				JH-815				JH-816				JH-817				JH-818				JH-819				JH-820				JH-821				JH-822				JH-823				JH-824				JH-825				JH-826				JH-827				JH-828				JH-829				JH-830				JH-831				JH-832				JH-833				JH-834				JH-835				JH-836				JH-837				JH-838				JH-839				JH-840				JH-841				JH-842				JH-843				JH-844				JH-845				JH-846				JH-847				JH-848				JH-849				JH-850				JH-851				JH-852				JH-853				JH-854				JH-855				JH-856				JH-857				JH-858				JH-859				JH-860				JH-861				JH-862				JH-863				JH-864				JH-865				JH-866				JH-867				JH-868				JH-869				JH-870				JH-871				JH-872				JH-873				JH-874				JH-875				JH-876				JH-877				JH-878				JH-879				JH-880				JH-881				JH-882				JH-883				JH-884				JH-885				JH-886				JH-887				JH-888				JH-889				JH-890				JH-891				JH-892				JH-893				JH-894				JH-895				JH-896			
----	---------	----	--	--	--	------	--	--	--	------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--	--------	--	--	--



當本局於68年夏季發覺伸縮縫之異狀及下垂度有稍大之嫌後曾洽詢原設計者 T. Y. Lin 公司之意見，經其初步判斷認為從坡度之變化程度尚在安全範圍內，並不認係異常現象。惟本局與之進一步研判，下垂度之有較預計者稍大與稍快之情形，可能係起因於下列原因：

- (1) 施工時因限於設備而未正確的辦理潛變與乾縮之試驗，僅就現有設備之試驗結果予以推算，可能與實際情形有出入。
- (2) 本工程之混凝土曾摻用 Mighty 150，並使用磨細水泥可能影響乾縮及潛變。
- (3) 後期工程（ P_D 以後）為趕工除改用磨細水泥外，將一節之施工時間縮短為 7—8 天，並曾有 5 天之紀錄，亦可能影響乾縮與潛變之過程。
- (4) 為配合全橋之工期及高速公路基內段之通車， P_A 及 P_E ，於懸臂梁完成後，未如其他各墩之有等待期間，隨即辦理鉸接作業，更增加各墩材齡之不一致性，影響各鉸接點之下垂量。
- (5) 承受正彎矩之附加鋼腱，為配合施工程序，配置上略有更動，由原設計之配合施工先後採不同配置改為各墩均一配置，可能影響之尾端之撓度。
- (6) 為配合洪水期，各墩之施工順序並未按原設計時之構想，而有所調整，預拱量雖曾予以配合調整，但施工初期由於工作之不熟練，後期由於趕工，致各墩之施工期間與完成間隔均與原預計者有較大之出入，但預拱量並不能配合及時調整，亦可能有影響。

以上之各點由最後完成之 J_{A-B} 及 J_{D-E} 之下垂量及伸縮縫之變狀均較其他各點為嚴重，可窺知之其可信性。

第三節 伸縮縫之改裝

經如上之調查與說明，雖有下垂量（亦即撓度）稍大之嫌，但混凝土之乾縮及潛變尚屬正常，橋墩亦無移動或傾斜之跡象，按理伸縮縫非但不應有過分擠壓之現象，更不應有擠壞之情事。但事實上竟發生有此種現象，經各方面詳細檢討，可能係起因於下列因素：

由於此種懸臂式工法在構造上，其先端亦就是鉸接處附近因：

- (1) 斷面較小，亦就是梁高較薄，本橋如前述較一般情形為薄，僅有 1.8 m。
 - (2) 由於混凝土之材齡較短，受乾縮及潛變之影響將較大。
 - (3) 抗負彎矩之主鋼腱較少，而抗正彎矩之附加鋼腱非但較多，而又均於最後階段同時施拉預力，使預力之緣壓力，偏向於下緣，致下緣受潛變影響較大。
- 等原因，導致完工後端部產生之下垂量加大，使得整個懸臂梁之下垂拋物線，顯示

尾端部分特別陡峻，此種現象於後期完成之 J_{A-B} 及 J_{D-E} 更為明顯。因此整個懸臂梁雖因混凝土之乾縮及潛變而縮短，但尾部因產生迴轉作用使頂面向前傾斜而靠攏如圖 13-4 所示，使位於頂面之伸縮縫受意料外之擠壓。此種現象由位於橋面上較伸縮縫更為高位置之欄杆，有些已因緊靠甚而壓碎，可獲更明確之證明。此種現象實為施工當時所未料及而未予採適當對策所致。

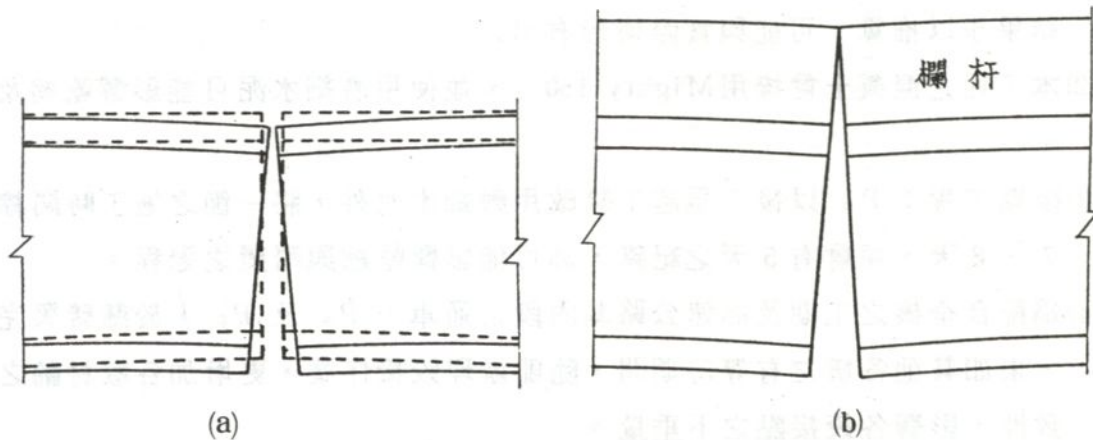


圖 13-4

為矯正這種現象，使伸縮縫保持應有功能，並提高行車之舒適性，乃決定先就情形較為嚴重之 J_{A-B} 及 J_{D-E} 兩邊伸縮縫予以調整，以解除受擠現象。

調整方法係將伸縮縫一邊之螺栓予以鬆開，解除壓力後另行施打膨脹螺栓予以固定，並修補混凝土。

至於全部伸縮縫之調整（包括高度）則擬留至施拉預留鋼腱，全面調整縱收時一併辦理。

第四節 預留鋼腱之施預力

由以上之檢討，雖認為對於結構之安全應無虞，但為行車之平坦及舒適性，乃決定提早施拉預留鋼腱，並為增加施預力量以期增加增高量，決定將原安裝之每股 7 條 mono strand，予以抽換改為每股 12 條之普通 $\frac{1}{2}$ " ϕ 鋼絞線，雖亦曾考慮如有可能將改用具更高強力之鋼腱，但經查目前尚無更高強度之鋼腱應市。

1. 施工前之討論

本次預留鋼腱之施預力係由本局自行策劃，為慎重計曾就下列數項提出與 T. Y. Lin 公司研討；

(1) 擬將原有 7 條 mono strand 換裝為 12 條普通鋼絞線部分。

① 問：為減少抽換時之摩擦阻力，擬使用水溶性油潤滑，是否恰當？

結論：應無問題，惟應注意洗淨工作。

② 問：抽換時可能會擦傷套管，應如何實施？

結論：不宜強行抽換，惟使用水溶性油後，摩擦阻力應不致太大。

③問：如僅部分能抽換，而部分則否，對結構之影響如何？

結論：因鋼絞線數量相差不大，且每箱梁之二股預留鋼腱之間隔亦不甚大，對結構應無不良影響，惟抽換時不得拉斷鋼腱。

(2)施預力部分：

問：該橋之施預力原係由承包商轉請 JBSI 計算，本次預留鋼腱之施預力，是否需由 JBSI 計算後送請 T. Y. Lin 公司審查？

結論：由高公局仿以往之計算方式辦理即可。

2. 施預力順序

由於鋼腱之抽換及施預力必須在維持正常之交通情形下辦理，為避免對鉸接或左右兩箱梁有不良影響，規定施預力之順序如圖 13 - 5。

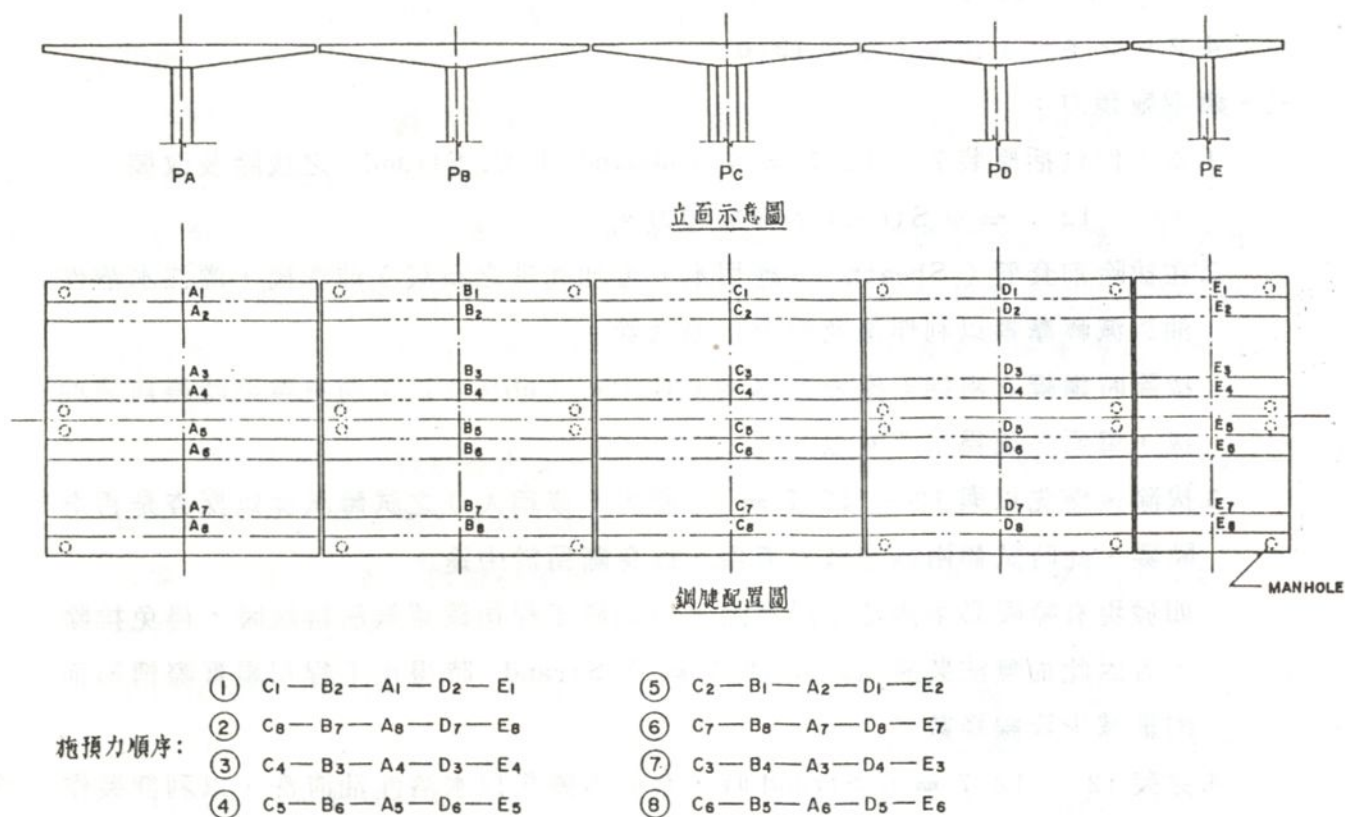


圖 13 - 5 施拉順序

3. 施工說明書

本作業因尚無先例可循，惟為確保施工之確實與安全以達預期目標及維持交通之安全暢通，訂定施工說明書如下：

高速公路圓山橋預留鋼腱施預力施工說明書

一、施工範圍：

1. 將預留鋼腱 (Reserve Cable) 原預裝之每股七條 $12.7\text{ mm } \phi$ Unbound P.C.Strand 拔除，改裝 $12 - 12.7\text{ mm } \phi$ Strand 並預以施加預力。
2. 施加預力後如因其撓度對伸縮縫 (Expansion Joint) 有不良影響時應依工程司之指示將伸縮縫作適當調整。

二、適用範圍：

除本說明書另有規定外，應按下列規範之有關規定辦理：

1. 南北高速公路施工標準規範：
2. Special Provisions for North - South Freeway Chungking North Road To Neihu Section Project No. 11 - 12 - 13 Combination (YUAN SHAN BRIDGE) SECTION F (後附影本)
3. AASHO 1969
4. フレシネー工法施工基準 1976

三、鋼腱施預力：

1. 本工作包括原裝 $7 - 12.7\text{ mm } \phi$ Unbound P.C. Strand 之拔除及改裝 $12 - 12.7\text{ mm } \phi$ Strand 並施加預力。
2. 在拔除前套管 (Sheath) 應用水 (可加適量之石灰) 沖洗後，灌注水溶性油以減輕摩擦以利作業及避免損傷套管。
拔除時鋼腱之兩端均應連結導索 (Guide Cable) 以便遇有障礙時得前後抽拔，導索必須為 $\frac{5}{8}'' \phi$ 以上。
3. 拔除後應先以與 $12 - 12.7\text{ mm } \phi$ 同大 (或稍大) 之試體試穿以探查是否有障礙，此時試體兩端應具有導索，以免斷留於中途。
如發現有障礙必須設法予以排除，但如經工程司確認無法排除時，得免排除，若因此而無法裝設 12 條 $12.7\text{ mm } \phi$ Strand 時得由工程司視實際情形而酌量減少絞線條數。
4. 穿裝 $12 - 12.7\text{ mm } \phi$ Strand 時，套管內應先以水溶性油清洗，以利穿裝作業及減少施預力時之摩擦損失。
穿裝時繫結導索處可用電焊固結之。但該電焊作業必須在橋面上 (視野清楚) 工程司監督下施做，應避免電花 (Spark) 之產生，如有電花現象，該股 Strand 應廢棄不得使用，由於使用材料已計有損耗，應廢棄之鋼腱將不作任何補償。
5. 本工程為求與原始施工方式一致，施預力方式採用法西奈式 (Freyssinet

System)，並須具備三部以上之千斤頂（備份一部以上）。

6. 原圖端錨為 Freyssinet Mono - Group System 為配合改用 12 - 12.7 mm ϕ Strand 應做適當之整修，原裝端錨如因施工誤差而未保持 5° 之傾斜度者，宜以加鐵片之方式或調整為 5°。

7. 施預力：

- ① 施預力前，千斤頂及壓力錶均應先行校正，並將校正結果送甲方工程司認可。

- ② 損失計算：

摩擦損失假定 $\mu = 0.3$ k = 0.0056 per m

- ③ 由於本橋已完工兩年多，故潛變及乾縮均可不計，僅考慮鋼腱鬆弛 (relaxation) 及彈性壓縮 (Elastic Shortening) 即可。

- ④ 固定時之 Pull in 以 15 mm 計。

3. 固定時以再拉法 (Retensioning) 以儘量降低 Pull - in 量。

9. 記錄：

乙方應派人詳細記錄預力與伸長量之關係，並按甲方所提出之表格記錄，記錄後並應予整理再送予甲方保存。

10. 為避免清洗時之廢水，灌洗水溶性油之廢油，以及灌漿的剩餘泥漿，沿懸臂梁底版之底面散流而污染以致影響構造體之外觀，承包商應做適當有效之防備設施（設計圖提供有參考方案）送請工程司核可後實施，所需費用已包括工作費內不另給價。

11. 灌漿之配比應依有關規範辦理，設計後送請工程司認可，為增加其工作性得摻用經認可之混合劑 (Admixture)。

12. 拔除之鋼腱及剩餘之鋼腱應整理後運送至甲方指定之地點，其費用已計入工作費用內不另給價。

13. 工程係以 Freyssinet System 12 - 12.7 mm ϕ 為原則，惟承商如另有不同 System，而其所能產生之預力效果在同樣之情況，如摩擦損失 (μ 及 k 值) 相同下，能與原訂 System 相同或以上，而經甲方工程司核可時得採用之。

14. 以上規定如有未盡事宜，得依通常施預力應有之規定，由甲方工程司指示辦理，乙方不得拒絕。

15. 計算與計價：

本工作以每股為計量單位，每股之費用包括拔綫，清洗，穿綫，施預力及灌漿等一貫作業，除新裝鋼腱及端錨另計外，其他為完成本工作之一切人工費

，材料費（如水泥，水溶性油）及折舊費均包括於本單價內。

四、人孔打開及恢復：

1. 爲施工之方便，設於橋面上之人孔均得以打開。
2. 爲儘量保持交通之暢通及安全，人孔之打開及恢復時間均應擬具實施時間送請工程司核可。
3. 人孔打開後，恢復前，除工作中派有專人看顧外，均隨時以原有蓋板或另設鐵板覆蓋以保安全。
4. 恢復作業應按一般規定作業程序辦理。
5. 收費及計價。

本工作以處爲計價單位，每處單價包括打開，開放中之維護及恢復所需之一切費用。

五、交通維持：

1. 作業中之交通維持應依高速公路局之有關規定辦理。
2. 施工中爲減少橋梁之振動應限制行車速率，其速率由工程司規定之。
3. 施工期間承包商應提出交通管制計畫送由工程司核可並派出交通指揮人員。
4. 計量及計價：

本工作以一式計價，除所需交通錐標誌由甲方借用完工後完好歸還甲方（惟運費由承包商負擔及損害者必須賠償）外，爲維持交通所需之一切器材（包括警示燈等）均包括於一式費用內。

六、法西奈端錨（12 T 12.7）

1. 以套爲計價單位，每套包括承壓板，雌錐及雄錐，雄錐之可能損耗，承包商應預先估入每套單價內，不得要求額外補償，按實做數量計量，如有因故損傷而棄置不用者，承包商應自行負擔，不得要求補償。
2. 承包商如改用他種 System 時，仍應按原訂單價並按實做股數，每股兩套計量，不得要求額外補償。

七、12.7 ϕ 鋼絞綫

1. 可使用經甲方核准之國內產品。
2. 以 T 爲計價單位，每 T 單價包括運費，數量係按實際使用數量加 10 % 計量，惟因有火花現象而棄用時應按三 4 項規定處理。
3. 剩餘之下腳料應交還甲方，並運送至指定之地點。
4. 承商如改用他種 System 時，得按實質產生之有效預力量之換算（單價 $\times$ 數量）計價之。

八、伸縮縫調整：

重加施預力後如由於拱度之變化，經工程司認為有必要調整時，承包商應按指示辦理之。

調整之方式，係將原有螺絲鬆開並移開後於底面（混凝土頂面）加鋪適當之填材（鉛板或 Epoxy Mortar）後重裝之，以保持伸縮縫之良好功能。

本工作以道為單位，按實做數量計付之，每道之工作範圍為每一單向車道（北向或南向，亦就是每三隔間箱梁）約 17.3 m，其單價包括為完成上列工作之一切工料費。

九、由於原有鋼腱安裝已久，恐有因套管生銹致使拔線及穿綫作業產生困難情事，為避免因上述原因致使無法抽換鋼腱而影響整個作業之進行，應按下列順序作業：

1. 最初之 3 ~ 5 條為試辦性應俟先作業之抽換鋼腱作業完成後始可抽拔第二股鋼腱。
2. 如每股套管無法裝進 12 條 12.7 mm ϕ 鋼絞綫時，得經工程司之許可視情形略為減少條數。
3. 俟試辦之 3 ~ 5 條順利完成後，為提高工作效率簡化作業，以促工進，經工程司之同意後，可改以 3 ~ 5 條為一組分組進行，俟先行作業之一組完成換裝（不必施預力）後，進行第二組之抽拔作業。

十、如上述原因並經嘗試抽換作業，而經工程司判定無法進行鋼腱換裝作業時，工程司應報請上級核准後停止換裝作業，而以原裝之鋼腱辦理施預力，惟所需費用應重新議價之。

十一、本工程限於開工之日起 120 日曆天全部完工。

4. 施預力及撓度計算

4-1 預力計算

(1) 預力損失

由於工程已完成二年餘，混凝土之乾縮及潛變似均可忽視不計，至於鋼腱鬆弛損失參照 JBSI 原先之估計如下圖 13-6。

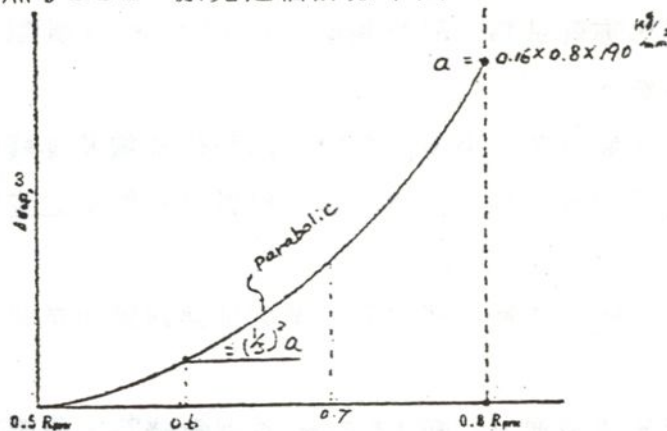


圖 - 13 - 6

由於預力損失較小，最大預力估計為 $0.7f'_s$ 。且由於鋼腱甚長，估計橋墩中心位置之瞬時最大預力為 $0.5f'_s$ ，平均以 $0.6f'_s$ 計

$$\text{則鋼腱之鬆弛預力損失} = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \times 0.16 \times 0.8 \times 190 = 70 \text{ kg/mm}^2$$

4-2 摩擦損失

由於工程完工已久，套管生銹情形可能相當嚴重，雖擬以水溶性油沖洗，但暫定仍以施工時之估計值 $\mu = 0.35$ $k = 0.0056 / \text{m}$ （實際施工時較此值為低）計算摩擦損失，至於錨碇錨錐時之滑動量即取 16 mm，錨錐之摩擦損失為 1%。

4-3 預力計算

橋墩 A、B、D

$$\ell_1 = (148.32/2) - 0.46 - 4.36 = 69.43 \text{ m}$$

$$\ell_2 = 4.36 \text{ m} \quad \alpha = 5^\circ = 0.08727 \text{ rad.} \quad R = 50 \text{ m}$$

$$\ell_3 = 0.46 \text{ m}$$

$$f_1 = e^{0.0056 \times 69.43} = 1.47448$$

$$f_2 = e^{(0.35 / 50 + 0.0056) \times 4.36} = 1.05647$$

$$f_3 = e^{0.0056 \times 0.46} = 1.00258$$

假設千斤頂之初期拉力施加至 $0.8f'_s$

$$\text{則 } f_D = 190 \times 0.8 \times 0.99 = 150.48 \text{ kg/mm}^2$$

$$f_C = 150.48 \times e^{-0.0056 \times 0.46} = 150.09 \text{ kg/mm}^2$$

$$f_B = 150.09 \times e^{-(0.0056 \times 4.36 + 0.80 \times 0.08727)} = 142.69 \text{ kg/mm}^2$$

$$f_A = 142.69 \times e^{-0.0056 \times 69.84} = 96.77 \text{ kg/mm}^2$$

滑動後最大應力（圖 13-7 之 P 點）之檢核

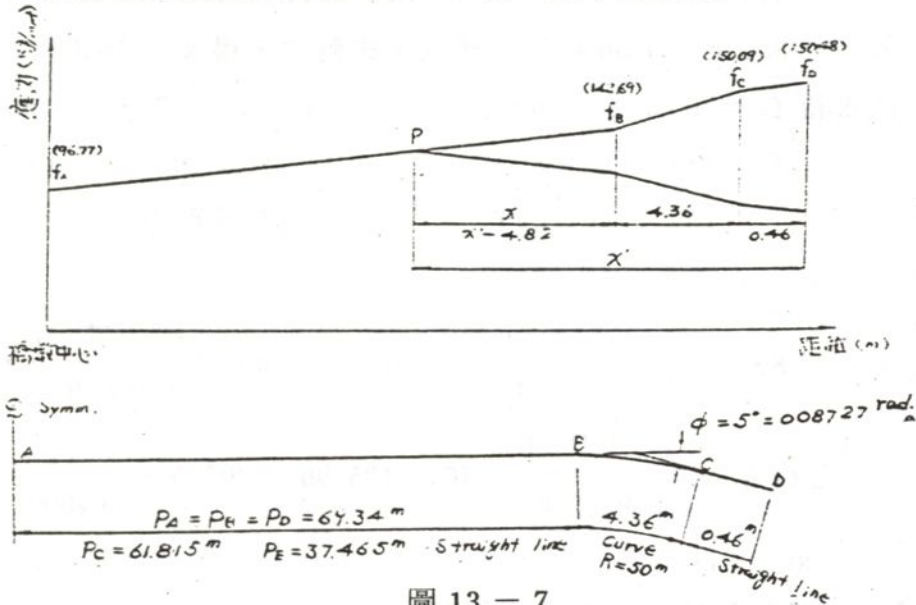


圖 13-7

$$\therefore \Delta = \frac{fs \cdot \ell}{Es} \quad \therefore \Delta \cdot Es = fs \cdot \ell$$

設 $Es = 20,000 \text{ kg/mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{由 } 0.015 \times 20,000 &= (150.48 - 150.09) \times 0.46 + (150.09 - 142.69) \\ &\times (4.36 + 0.46 \times 2) + \frac{x}{69.34} \times (142.69 - 96.77) \\ &\times \{x + (4.36 + 0.46) \times 2\} \end{aligned}$$

$$x^2 + 9.64x - 393.73 = 0$$

$$x = 15.60 \text{ m}$$

$$\text{得 } f_{p(\max)} = 142.69 \times e^{-0.0056 \times 15.60} = 130.75 \text{ kg/mm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{p.e.} \text{ (p 點有效預力)} &= 130.75 - 2.70 = 128.05 \text{ kg/mm}^2 > 114.00 \\ \text{kg/mm}^2 &= 0.6 fs' \end{aligned}$$

因此千斥頂之初期應力應予降低。

今以 p 點之最大容許初期應力 $f_{si(\max)} = 0.6 \times 190 + 2.70 = 116.70 \text{ kg/mm}^2$ 求其餘各點之應力。

設 p 點之初期應力為 p_{si}

$$\text{則 } f_B = f_{si} \cdot e^{kx} = f_{si} (1 + kx)$$

$$f_C = f_B \cdot e^{4.36k + \mu\alpha} = f_{si} \cdot e^{kx + 4.36 + \mu\alpha} \doteq f_{si} (1 + kx + 4.36k + \mu\alpha)$$

$$f_D = f_C \cdot e^{0.46k} = f_{si} \cdot e^{kx + 4.82k + \mu\alpha} \doteq f_{si} (1 + kx + 4.82k + \mu\alpha)$$

將上列各式代入 $\Delta \cdot Es = fs \cdot \ell$ 並予簡化得

$$x^2 + 9.64x - \frac{\Delta \cdot Es}{f_{si} \cdot k} + \frac{5.28 \mu \alpha}{k} + 23.2324 = 0 \dots\dots\dots(1)$$

以 $\Delta = 0.015 \text{ m}$, $Es = 20,000 \text{ kg/mm}^2$, $f_{si} = 116.70 \text{ kg/mm}^2$,

$\mu = 0.30$, $k = 0.0056$ 等值代入上式解之, 得 $x = 16.022 \text{ m}$

因此求得 $f_A = 86.57 \text{ kg/mm}^2$ $f_B = 127.65 \text{ kg/mm}^2$

$f_C = 134.27 \text{ kg/mm}^2$ $f_D = 134.62 \text{ kg/mm}^2$

$f_j = 135.98 \text{ kg/mm}^2$ (千斤頂之初期應力)

總伸長量 $\Delta \ell$ 為

$$\begin{aligned} \Delta \ell = & (86.57 \times \frac{e^{0.388304} - 1}{0.388304} \times 6934 + 127.65 \times \frac{e^{0.050597} - 1}{0.050597} \times 436 + \\ & 134.27 \times \frac{e^{0.002576} - 1}{0.002576} \times 46 + 135.98 \times 30^*) \times \frac{1}{20,000} \times 2 \\ = & 80.1 \text{ cm} \end{aligned}$$

* 記號為假設量計點離端錨為 30 cm。

為施預力時之管理, 以 $\mu = 0.20$, $k = 0.0040 / \text{m}$ 及 $\mu = 0.40$

$k = 0.0072$ 代入(1)式求各值如下。

$\mu = 0.20$, $k = 0.0040 / \text{m}$ 時:

$f_A = 95.83 \text{ kg/mm}^2$ $f_B = 126.46 \text{ kg/mm}^2$

$f_C = 130.95 \text{ kg/mm}^2$ $f_D = 131.19 \text{ kg/mm}^2$

$f_j = 132.51 \text{ kg/mm}^2$ $\Delta \ell = 83.2 \text{ cm}$

$\mu = 0.40$, $k = 0.0072 / \text{m}$

$f_A = 78.00 \text{ kg/mm}^2$ $f_B = 128.51 \text{ kg/mm}^2$

$f_C = 137.32 \text{ kg/mm}^2$ $f_D = 137.77 \text{ kg/mm}^2$

$f_j = 139.16 \text{ kg/mm}^2$ $\Delta \ell = 77.0 \text{ cm}$

同樣的可求得橋墩 C 及 E 之值如表 13 - 6

表 13 - 6 施預力管理表

橋 墩	A、B、D		C		E	
	f_j	$\Delta \ell$	f_j	$\Delta \ell$	f_j	$\Delta \ell$
	kg/mm ²	cm	kg/mm ²	cm	kg/mm ²	cm
$\mu = 0.30 \quad k = 0.0056$	135.98	80.1	135.98	73.4	135.98	49.9
$\mu = 0.20 \quad k = 0.0040$	132.51	83.2	132.51	75.9	132.51	50.6
$\mu = 0.40 \quad k = 0.0072$	139.16	77.0	139.16	71.0	139.16	49.0

註:

f_j : 千斤頂處之鋼鍵所受應力(設使用 270 K Fyeysinet 12 T 13 鋼紋線), 已考慮錨錐滑動損失 1%。

Δ : 為鋼鍵總伸長量, 包括兩端為施預力所保留 30 cm 長鋼鍵之伸長量。

5. 撓 度

5 - 1 各橋墩端點之單位重撓度

依原計算各橋墩端點之單位重撓度如下所示：

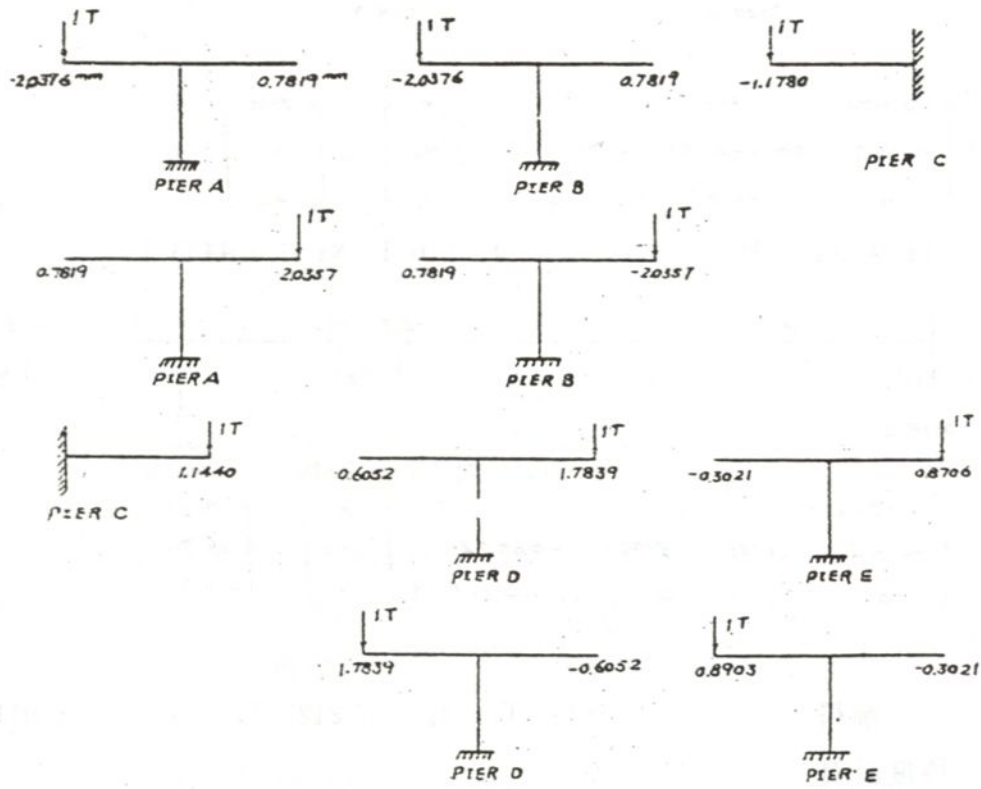


圖 13 - 8

5 - 2 各橋墩最後一節之主鋼腱所產生之撓度

依原施工計算，各橋墩最後一節之主鋼腱所產之撓度如下表（13 - 7）：

表 13 - 7

橋 墩	A		B		C		D		E	
主鋼腱股數	6		6		8		6		8	
主鋼腱施預力之變位	+ 44.7	+45.0*	+44.7	+45.0*	+31.5	+ 29.0	+ 44.1*	+ 41.5	+18.0	+16.5
預留、鋼腱施預力之變位	+ 29.8	+30.0	+ 29.8	+30.0	+15.8	+14.5	+ 29.4	+ 27.7	+ 9.0	+ 8.3

註：各橋墩之預留鋼腱均 4 股（12 - 12.7 mm ϕ ），上表變位值除有記號者外均為估計值，惟誤差在 ± 1 mm 內。

5-3 產生於鉸接之剪力計算

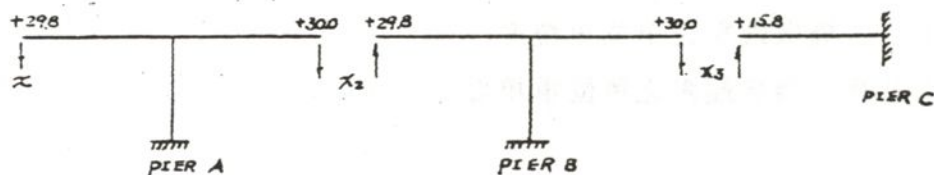


圖 13-9 (a)

$$\begin{bmatrix} 2.0376 & -0.7819 & 0 \\ -0.7819 & (2.0376+2.0357) & -0.7819 \\ 0 & -0.7819 & (1.1780+2.0357) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 29.8 \\ 0.2 \\ 14.2 \end{bmatrix}$$

解得 $x_1 = 16.2412 \text{ T}$ $x_2 = 4.2116 \text{ T}$ $x_3 = 5.4433 \text{ T}$

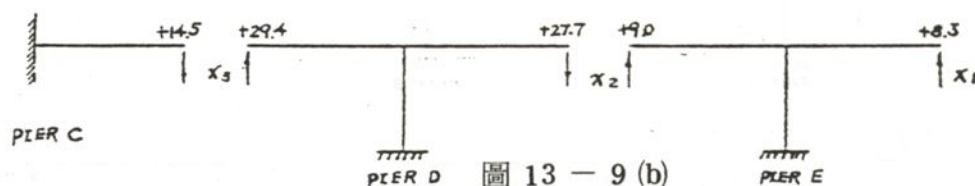


圖 13-9 (b)

$$\begin{bmatrix} 0.8706 & -0.3021 & 0 \\ -0.3021 & (1.7839+0.8903) & -0.6052 \\ 0 & -0.6052 & (1.1440+1.7839) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -8.3 \\ 18.7 \\ -14.9 \end{bmatrix}$$

解得： $x_1 = -7.7250 \text{ T}$, $x_2 = 5.2122 \text{ T}$, $x_3 = -4.0116 \text{ T}$

5-4 撓度計算

橋墩 N： $-2.0376 \times 16.2412 + 0.7819 \times 4.2116 + 29.8 = 0.00 \text{ mm}$

鉸接 A~B：1, $-2.0357 \times 4.2116 + 0.7819 \times 16.2412 + 30.0 = 34.13 \text{ mm}$

2, $2.0376 \times 4.2116 + (-0.7819 \times 5.4433) + 29.8 = 34.13 \text{ mm}$

鉸接 B~C：1, $0.7819 \times 4.2116 - 2.0357 \times 5.4433 + 30.0 = 22.21 \text{ mm}$

2, $1.1780 \times 5.4433 + 15.8 = 22.21 \text{ mm}$

鉸接 C~D：1, $-1.1440 \times (-4.0116) + 14.5 = 19.09 \text{ mm}$

2, $-0.6052 \times 5.2122 + 1.7839 \times (-4.0116) + 29.4 = 19.09 \text{ mm}$

鉸接 D~E：1, $-1.7839 \times 5.2122 + 0.6052 \times (-4.0116) + 27.7 = 15.97 \text{ mm}$

2, $-0.3021 \times (-7.7250) + 0.8903 \times 5.2122 + 9.0 = 15.97 \text{ mm}$

橋墩 S： $0.8706 \times (-7.7250) - 0.3021 \times 5.2122 + 8.3 = 0.00 \text{ mm}$

6. 施工經過

鋼腱之抽換及施預力作業於69年11月正式開工，於計劃時為顧及該預留鋼腱已放置二年多之套管可能生銹而影響抽換作業及施預力時已摩擦損失，乃如施工說明書所規定，抽拔Mono-Strand 之前，預先以清水沖洗並灌注水溶性油以減輕摩擦阻力。惟實際作業時曾發現有多股無法灌通清水，當然亦無法灌注水溶性油。經研判確認大部分係由於當時施灌橫隔梁時（按原始之施工順序係於穿裝預留鋼腱後才施灌橫隔梁），由於水泥漿由受損之套管流入套管內以塞滿空隙所致。致有7股未能抽出原裝之Mono Strand 另有3股雖免強抽出但未能重裝 $12 \sim 12.7 \text{ mm } \phi$ 之鋼絞綫，經反覆試穿但僅能穿裝 10 條而已，這些股乃不得不分別僅於7條或 10 條予以施預力，實際換裝情形示如圖 13 - 5。

本工程之鋼腱原施工者為法西奈（Freyssinet）工法，因此預留鋼腱之施工雖亦以採用法西奈法為原則，但規定經高工局同意後得改用其他施工法，由於得標之太亞營造公司僅具備有BBRV工法之千斤頂，乃要求准予改用BBRV工法，經查兩者之主要差異在於施預力後錨碇時之錨錐滑動量（pullin），前者有 16 mm，但後者僅有 6 mm，經以始拉應力為 $f_{s1} = 0.75 f_s'$ 核算滑動後之最大應力，後者較前者約大 4.5 % 應不致影響鋼腱之安全，乃予以同意更改。

BBRV之錨碇構造如圖 13 - 10 所示

依據前節計算及實際抽換時部分未能完全換裝為 $12 - 12.7 \text{ mm } \phi$ 鋼絞綫，預測施預力後之抬高量及實際抬高量之比較如下：

表 13 - 9 預估抬高量與實際抬高量之比較表 (單位：mm)

鉸接點	J _{A-B}	J _{B-C}	J _{C-D}	J _{D-E}
計算值	34	22	19	16
修正值	30	20	18	15
實測值	14	19	16	19

由上表除 J_{A-B} 外其餘 3 處均與預估值頗為接近，應可認為已收預計效果

7. 施工檢討

- (1)本工程自橋墩 E 之編號 E 1 鋼腱開始抽換。該股鋼腱經以水及水溶性油灌洗後即行抽拔，在初期之抽出情形非常順利，惟抽出 10 m 左右即出現塑膠裹皮被套管刮破之痕跡，至 43 m 左右就無法再抽出，乃由另一

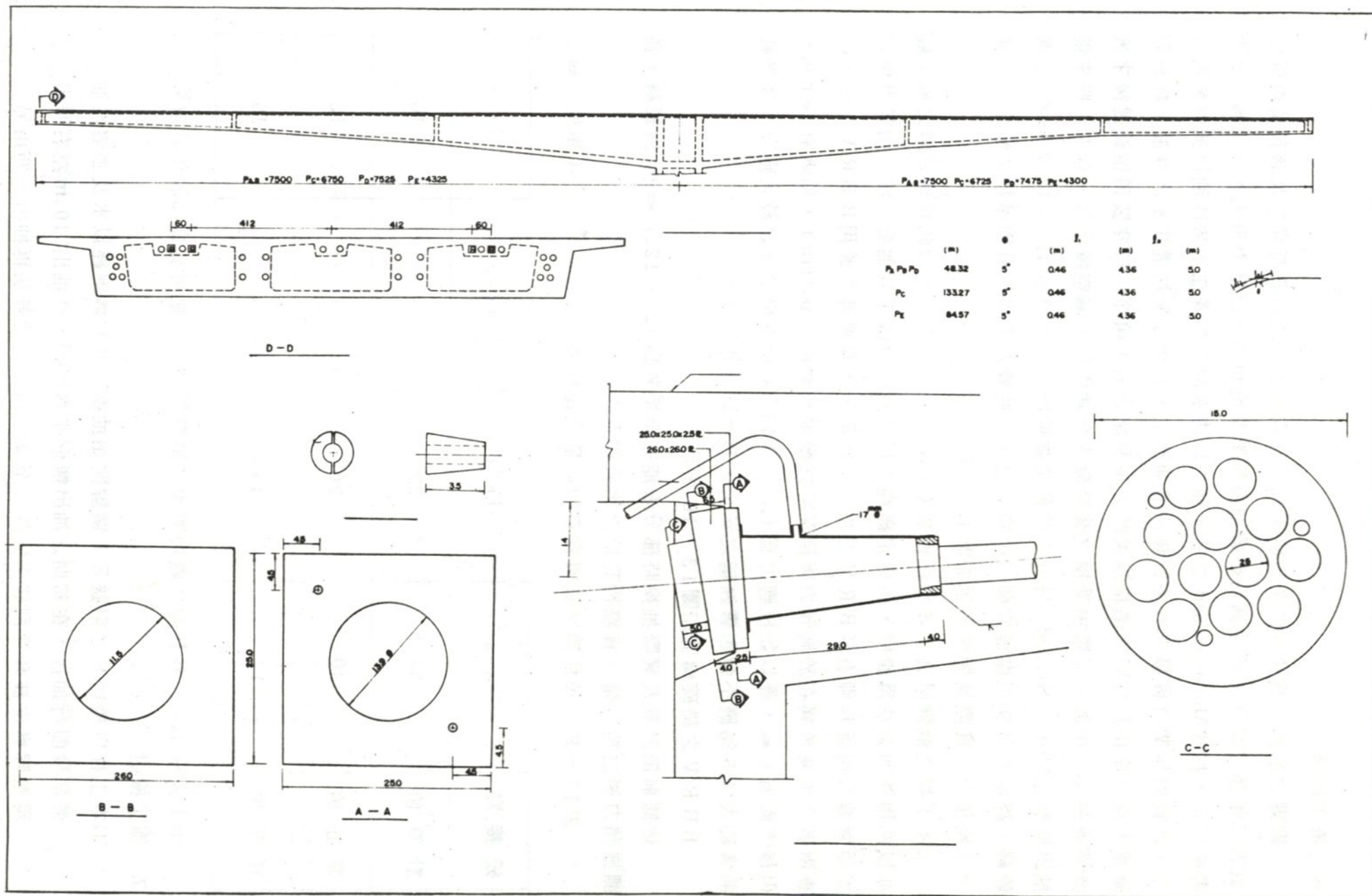


圖 13 - 10 (A)

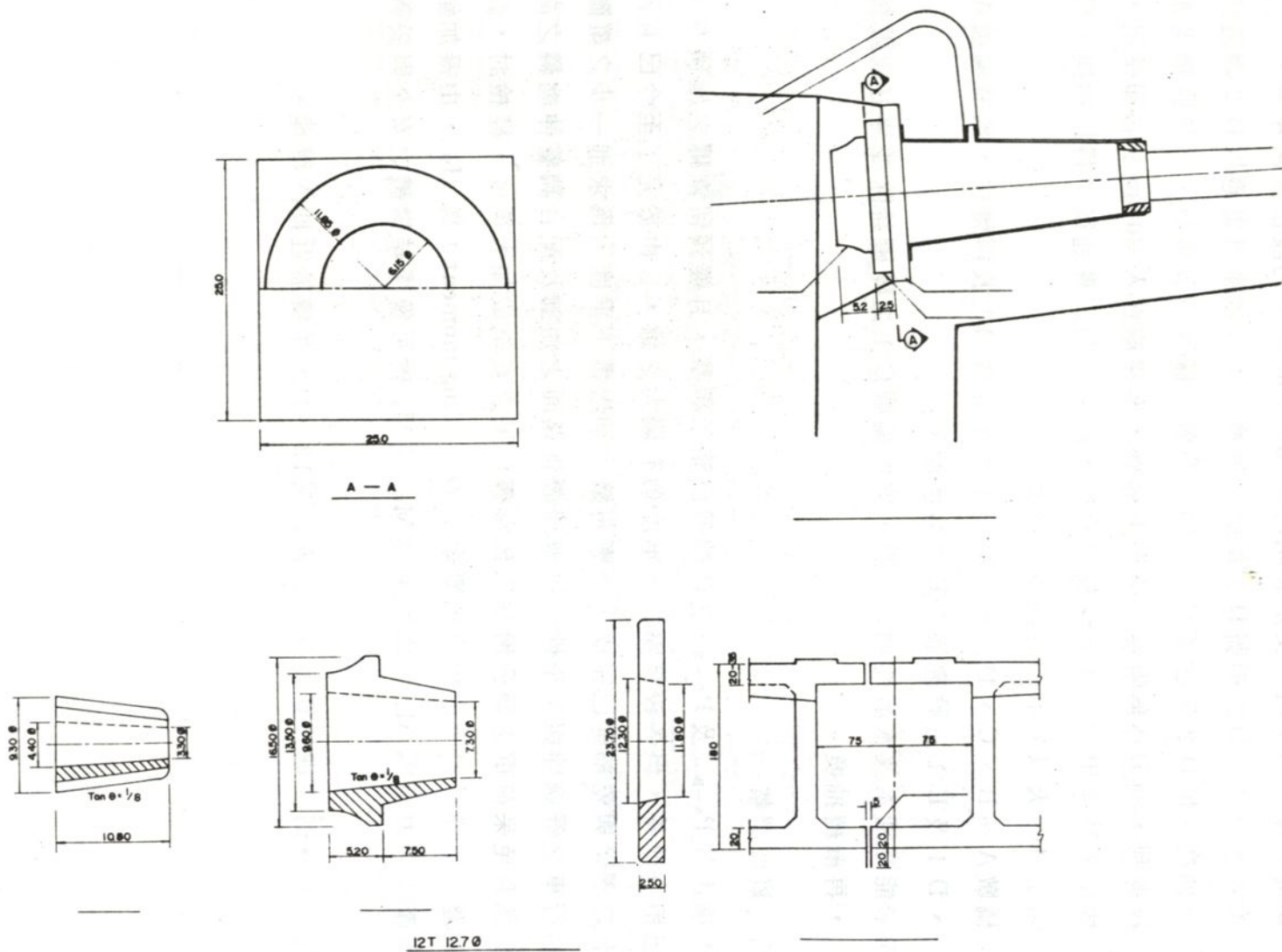


圖 13 - 10 (B)

端抽回原位。

- (2)編號 E 1 鋼腱抽回原位後，進行橋墩 C 之編號 C 1 鋼腱之灌洗，此股鋼腱自兩端灌水及水溶性油均無法灌通，經抽拔結果尚順利整股抽出，惟抽出後在南端 43 m 附近發現漏漿現象，雖以刮刀及 $12 - 12.7 \text{ mm } \phi$ 鋼腱試穿，均受阻。受阻範圍約為 50 cm 長，乃設法排除障礙。
- (3)接着進行橋墩 D 之編號 D 1 鋼腱之抽換。本橋墩原計畫應以 D 2 鋼腱先行抽換，惟 D 2 無法灌通水及油，乃暫時擱置而改做 D 1。該股鋼腱抽拔順利，刮刀亦無阻礙之情形下通過，惟穿線進入 30 m 左右即受阻，拔出來時帶出約 30 cm 長之套管，經再以刮刀貫通後，得以抽換，為開工 40 天以來第一股抽換成功者。
- (4)橋墩 A、B、C、D 及 E 之編號 1 及 2 之共 10 股鋼腱中，祇有編號 A 1、D 1 及 E 1 三股灌通水及水溶性油。
- (5)未能灌通水及水溶性油之各股，均俟編號 C 1 之障礙排除並穿好鋼腱後，再繼續抽換。

第五節 縱坡調整

本橋由於 P_{A-B} 及 P_{D-E} 之伸縮縫已略予調整，且經預留鋼腱之施預力後縱斷面雖已稍有改善，但各鉸接點之下垂度仍有偏大之嫌，且由於完工至今已有四年，混凝土之潛變與乾縮應已完成，不應再擴大而影響下垂度，為求進一步之縱斷平坦性以達行車之舒適性與安全性，以辦理瀝青路面之加鋪及配合調整伸縮縫之高度為宜，惟為避免呆荷重之過分增加以致影響結果之安全或加大撓度，經檢討，設本項預留鋼腱之施加預力所產生之抗彎矩 (resisting moment) 為 H_R ，由擬加鋪之瀝青料所產生之力矩為 M_a ，如能保持 $M_R > M_a$ 應可獲得結構體之安全與妥善之結果。

按上列原則詳細核算後擬具改善如圖 13-11，並擬於近期內辦理。

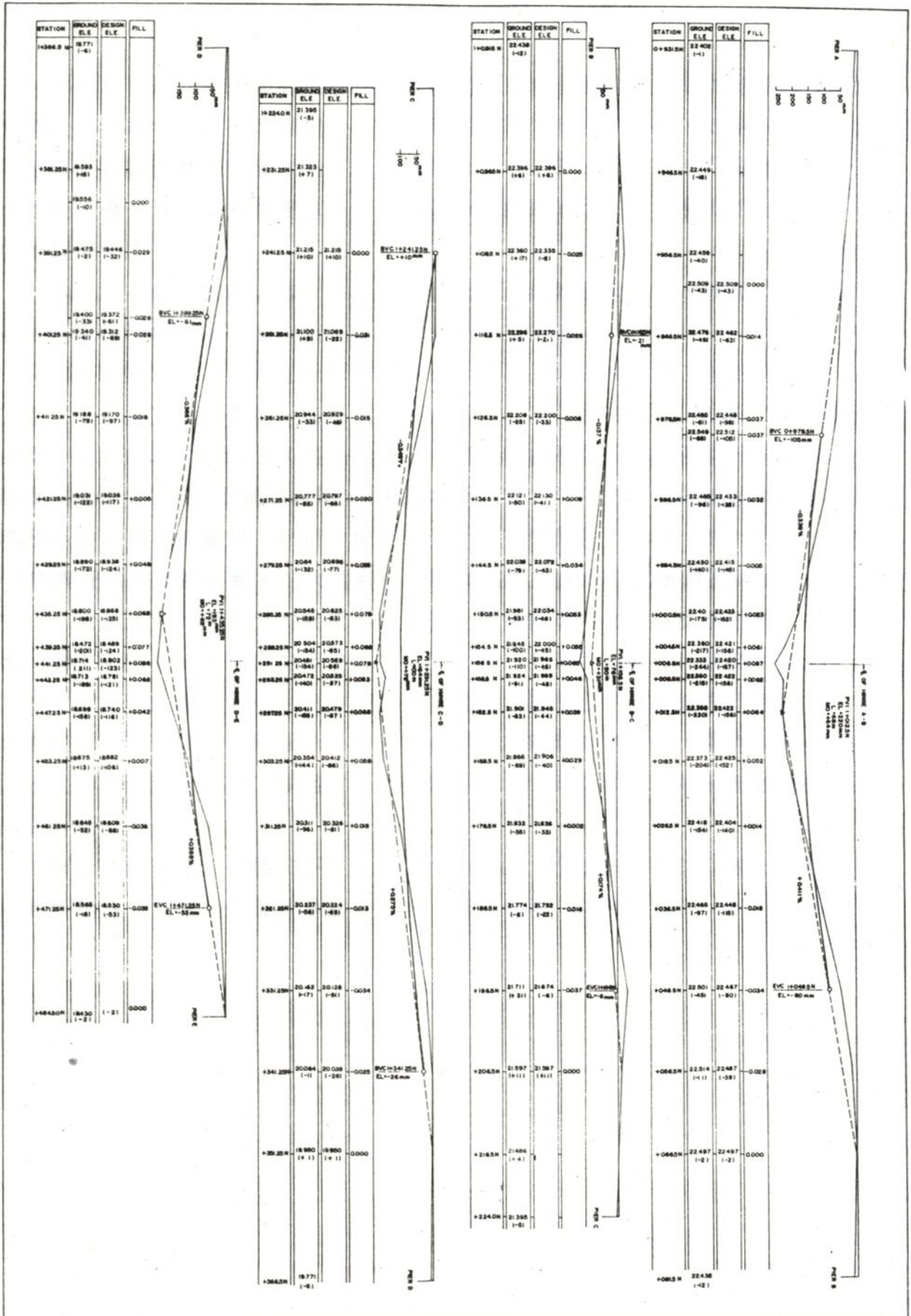


圖 13 - 11 縱坡改善圖

第十四章 結 語

本工程由於設計新穎必須解決之技術問題甚多，加以施工地區特殊，必須維持交通及保持環境清潔，又爲配合防洪，除河中施工受有限制外，更由於增辦圓山堤防重建工程與士林防洪牆加強工程，此外台北市政府另於本工區內同時興建承德路橋及松江橋。致施工期間屢遭困擾，幸賴各有關單位之正確指導及鼎力協助，始能如限圓滿完成。

本工程幸蒙 總統之關懷，於65年12月31日親臨工地視察、鼓勵，各級長官亦經常蒞臨指導督促，使我全體工作同人深覺無上光榮。

施工期間承高速公路工程局前胡局長，王局長均屢次蒞臨工地面授機宜、督促工進，李前總工程司楚芑，楊技術組長欽耀、（現任副總工程司兼二高工程處副處長），北工處前處長中光（現任局長兼二高工程處長）、王主任工程司振芳（現任副總工程司兼二高工程處副處長）、林副處長炳方（現任二高工程處結構組長）之指導及協助，林同棧顧問工程司，楊裕球先生、陸恂如先生、Mr W. J. Jurkovich 之建議及協助解決疑難，台大有關研究機構亦經常應本處之邀請提供適當之建言及支援，承包商大陸工程公司殷董事長之浩、何總經理開藩，吳副理保障、康政雄先生、簡重宗先生、王文吉先生之鼎力合作，及該公司所聘請日籍顧問 J B S I 之猪股俊司博士，界博信先生、田中正昭先生及清水建設公司今井雅先生之助言，北工處測量隊巫隊長燐暨全體隊員、材試室葉主任和瑞暨全體工作人員之精誠合作與支援，以及本工務所全體工作同仁（附各單一份）之同心協力、始能圓滿達成任務，謹表謝意。

筆者才疏學淺，經驗又不足，匆促撰寫本文，遺漏錯誤、不周之處在所難免，謹請惠予指正。又本文之圖表承蒙林光賢、鄭進龍兩先生協助繪製，特表謝意。

追 記：

中山高速公路自六十七年底全綫開通迄今已近十年，由於此期間國內經濟之突飛猛進，生活環境之日益提升，該公路已趨於飽和，政府為加速交通建設以疏解日益嚴重之交通擁塞，乃有興建第二條高速公路之議。其中北部地區路段已規劃就緒，即將開工。由於此第二條高速公路多數係沿中央山脈山麓地帶興築，致隧道，橋梁等結構體特多。其中跨越新店溪之碧潭橋，由於位處特殊地區，與本圓山橋同樣係委請林同棧顧問工程司設計，非但規模浩大，主跨徑更較圓山橋為長，計劃中之橋型，係採長跨徑預力混凝土複合式拱橋設計，位於曲綫上，設計新穎，國內尚屬首創，舉世亦少見。就其規模，複雜性，施工難度以及工程費而言，均不遜於圓山橋。

圓山橋就中山高速公路而言，應屬該路最艱巨之工程為衆認之事，施工中之謹慎，成果之良好亦為衆認之事實。值茲第二條高速公路即將開工之前夕，蒙石局長之鼓勵，重新整理當年辦理圓山橋之經過，公諸於各先進，如能得以借此提供些許經驗與資料，以資第二條高速公路各工程，尤其是橋梁工程之參考，實為筆者之微望也。

賴 景 波

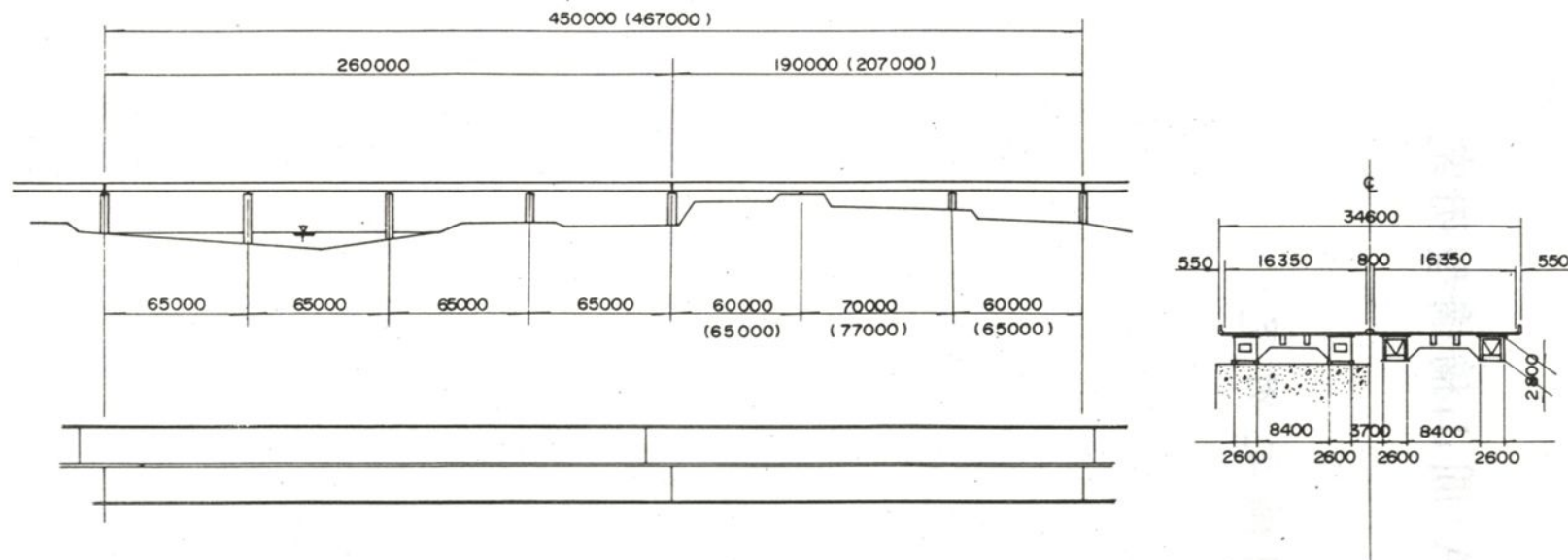
民國 77 年 2 月

高速公路北區工程處圓山工務所工作人員名冊

姓	名	職	稱	工	作	期	間
賴	景	波	正工程司兼主任	62. 8. ~	完工		
鄭		恒	正工程司兼副主任	63. 7. ~	完工		
許	宗	裕	副工程司	64. 9. ~	完工		
韋	勝	雄	副工程司	63. 11. ~	65. 11.		
張	長	海	副工程司	65. 10. ~	66. 5.		
程	經	華	幫工程司	63. 5. ~	67. 1.		
楊	儒	先	幫工程司	63. 5. ~	完工		
李	泰	明	工程員	64. 8. ~	完工		
馬	湘	台	工程員	63. 8. ~	完工		
朱		栴	工程員	63. 7. ~	完工		
林	光	賢	工程員	63. 7. ~	完工		
姚	義	雄	工程員	63. 6. ~	67. 1.		
葉	聖	龍	繪圖員	63. 7. ~	66. 5.		
鄭	成	志	材料員	64. 1. ~	67. 1.		
胡		淮	材料員	63. 5. ~	66. 5.		
謝	芳	遠	約聘助理工程師	63. 7. ~	67. 9.		
莊	明	煥	約聘助理工程師	63. 9. ~	66. 12.		
周	民	有	約聘助理工程師	63. 9. ~	67. 6.		
陳	伯	康	約聘助理工程師	63. 7. ~	66. 11.		
吳	仁	傑	約聘助理工程師	63. 7. ~	67. 5.		
陳	清	全	約聘助理工程師	63. 7. ~	完工		
劉	國	杼	約聘助理工程師	63. 7. ~	67. 4.		
陳	仁	華	約聘助理工程師	65. 5. ~	66. 6.		
石	義	品	約聘助理工程師	63. 7. ~	66. 8.		
劉	鎮	濤	約僱工務員	63. 7. ~	66. 8.		
于	兆	圭	約僱工務員	63. 7. ~	67. 4.		

附錄一 (A) 圓山橋橋型研究

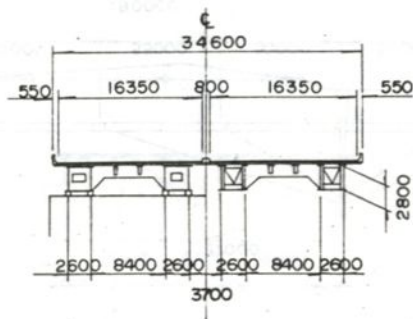
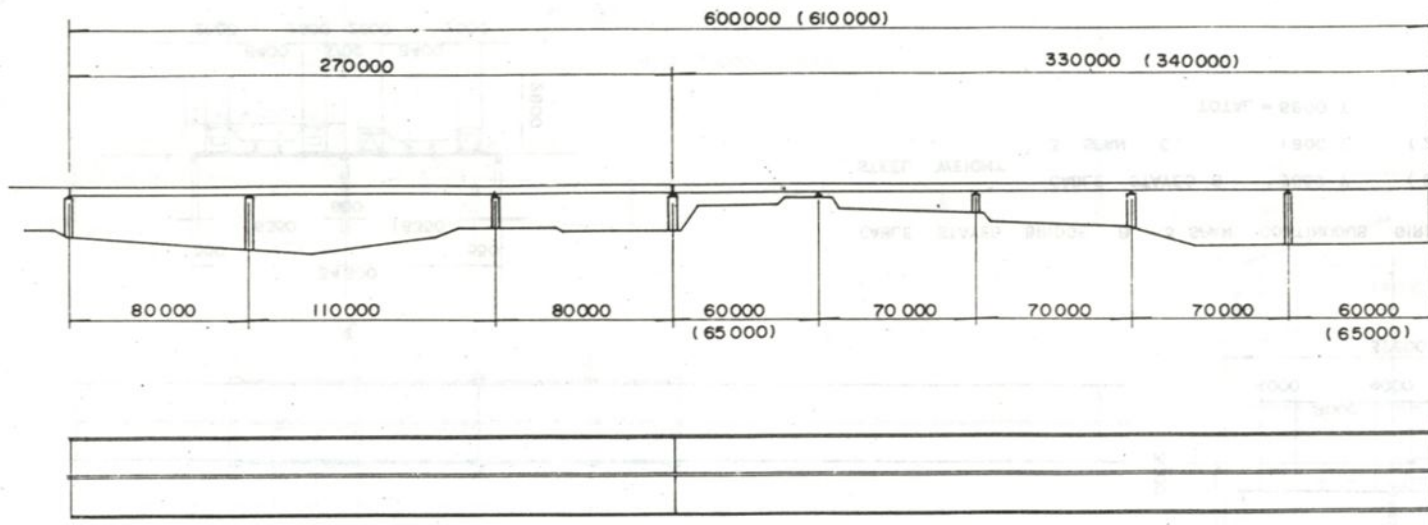
鋼橋之研究



3-4 SPAN CONTINUOUS GIRDER.

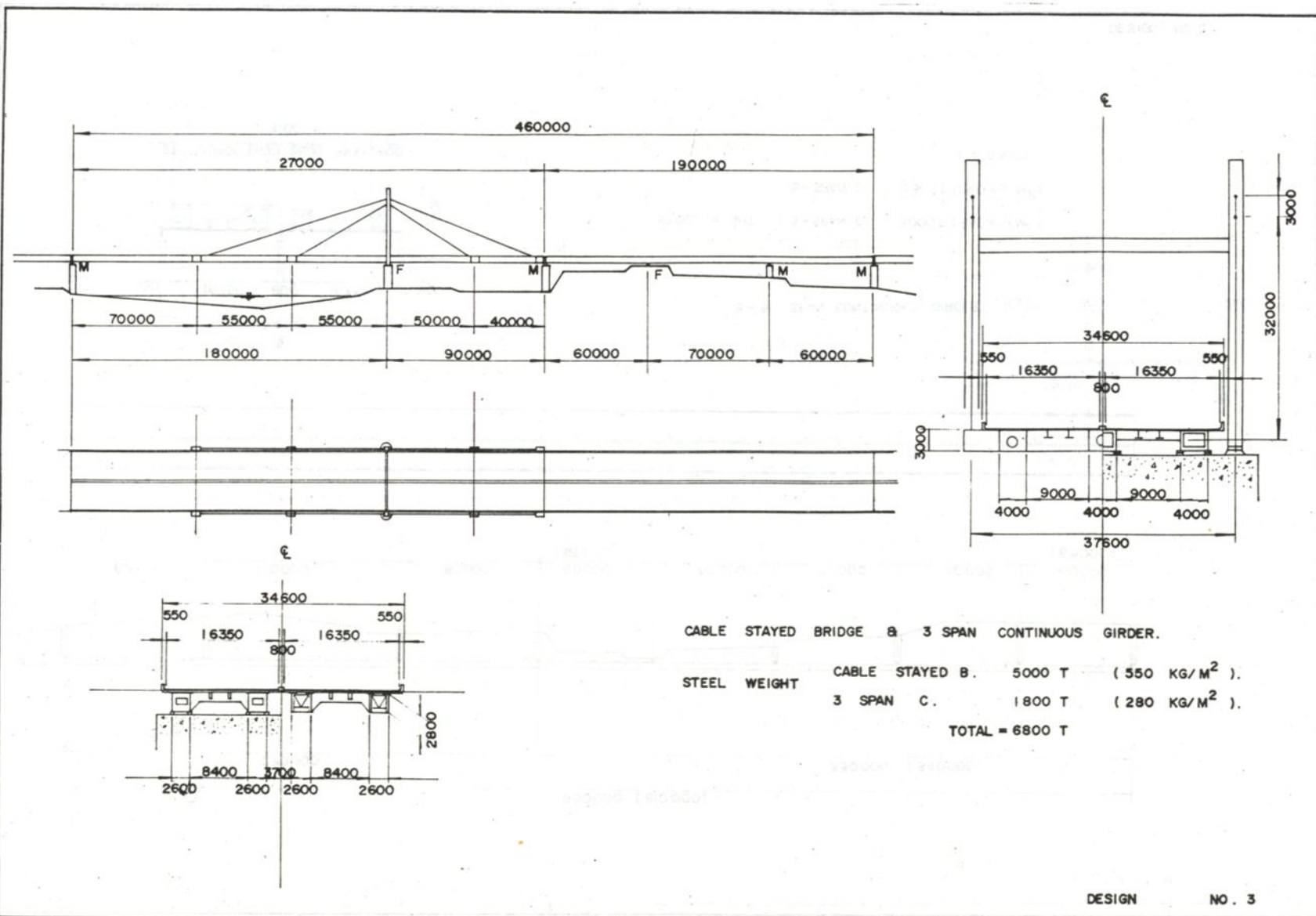
STEEL WEIGHT 4300T (280 KG/M²)

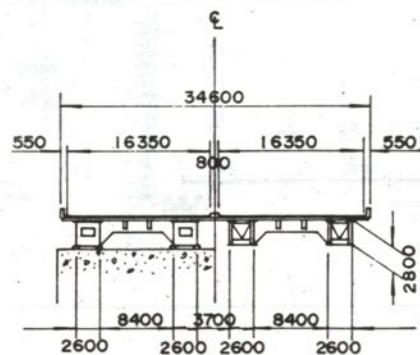
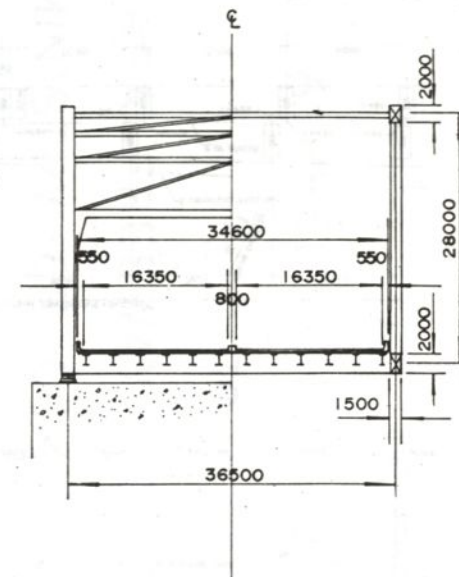
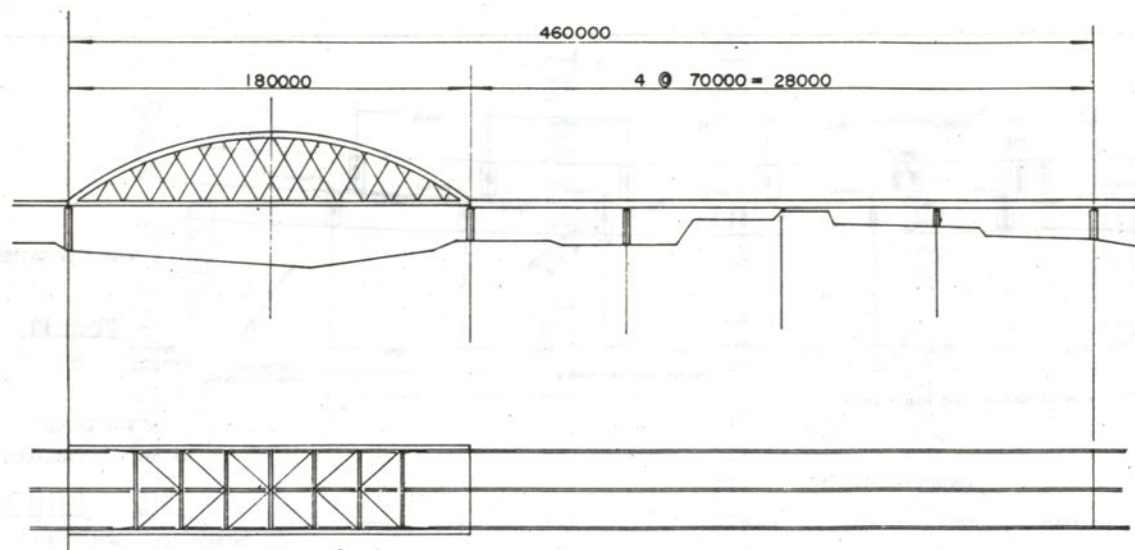
DESIGN NO. I



3-5 SPAN CONTINUOUS GIRDER.

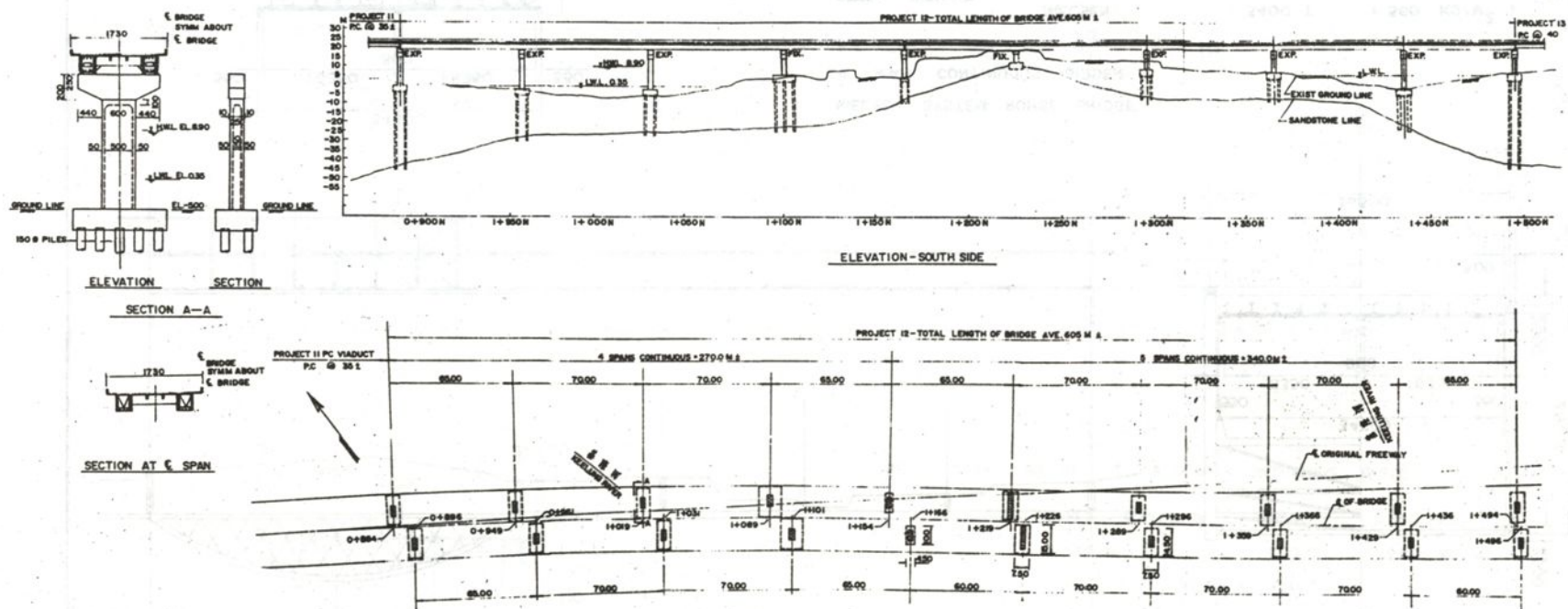
STEEL WEIGHT	3- SPAN. C	3000T (330 KG/M ²)
	5- SPAN. C	3300T (290 KG/M ²)
		Σ = 6300T





NIELSEN SYSTEM ROHSE BRIDGE
4 SPAN CONTINUOUS GIRDER

STEEL WEIGHT	NIELSEN	3400 T	(560 KG/M ²).
	4 SPAN	2700 T	(290 KG/M ²).
		TOTAL = 6100 T	

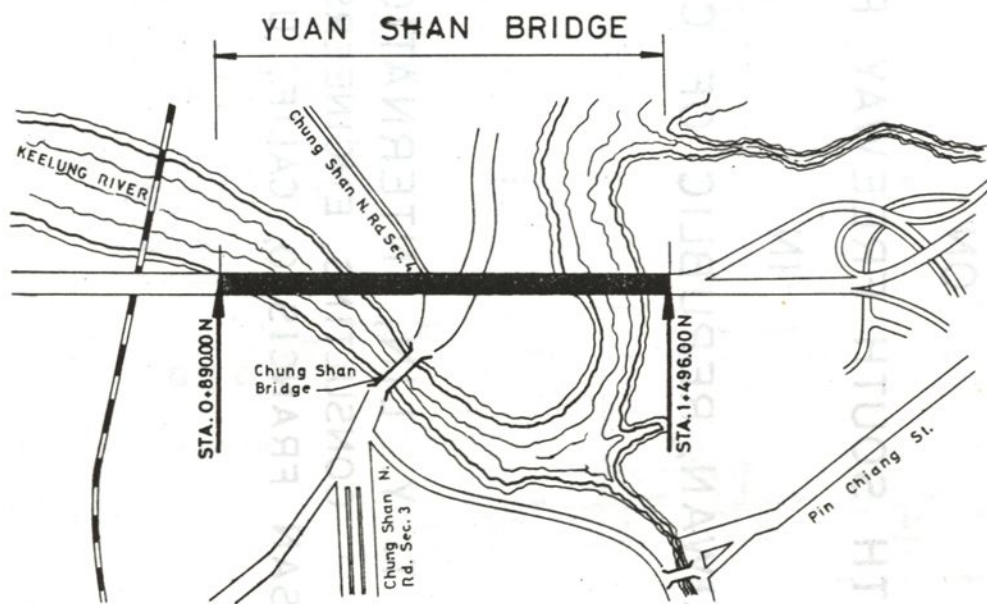


Design No. 5

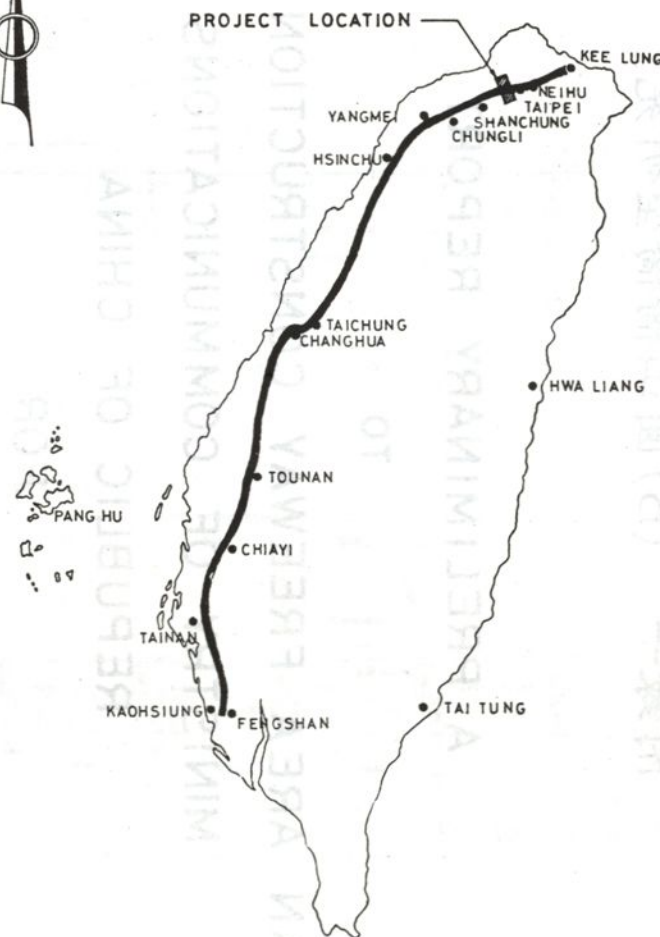
附錄一 (B) 圓山橋橋型研究

A PRELIMINARY REPORT
TO
TAIWAN AREA FREEWAY CONSTRUCTION BUREAU
MINISTRY OF COMMUNICATIONS
REPUBLIC OF CHINA
FOR
YUAN SHAN BRIDGE
ON
NORTH SOUTH FREEWAY PROJECT
IN
TAIWAN, REPUBLIC OF CHINA

T. Y. LIN, INTERNATIONAL
CONSULTING ENGINEERS
SAN FRANCISCO, CALIF., U. S. A.



SITE PLAN



LOCATION MAP

YUAN SHAN BRIDGE

PRELIMINARY DESIGN REPORT

SECTION I

Introduction

The purpose of this preliminary study and design is to obtain an optimum layout for the bridge. Since no schematic design was conducted previously, this study includes the so-called schematic design extending into preliminary studies. The main purpose is to present several feasible layouts and designs so that proper evaluation can be made and the best design can be decided on.

As is usual with all projects of this type, the main considerations are economy and aesthetics while satisfying the functional and safety requirements of the structure. In addition, speed of construction is a major consideration, it being intended that the total construction time will not be more than two years.

- a. Minimum interference with existing traffic.
- b. Minimum obstruction to river flow both during construction and after completion.
- c. Attention to foundation conditions with soft deposits of varying depth overlaying soft rock strata.

d. Maximum use of local materials with minimum imports.

e. Utilization of available local labor and equipment.

f. Use of new techniques in design and construction, if they can be properly executed.

g. Location of piers to minimize relocation of existing physical facilities.

This study is limited to the main spans which cross the river two times. Approaches to the main spans are to be designed by the Taiwan Area Freeway Construction Bureau itself. It is realized that the layout of these two portions must be harmonized in order to achieve a good looking and economic design.

The exact location of the bridge and its vertical alignment have been specified (Fig. 1-6). It is our understanding that changes cannot be permitted except perhaps minor adjustment on the main spans which do not affect the approaches.

Traffic requirements, which determine the cross-section of the bridge, are also specified. The bridge accommodate three lane of automobile traffic in each direction plus shoulders and median strip totalling a width of 34.6 meters as shown on Fig. 1-6.

This report presents various schemes, all using prestressed concrete. Conventional reinforced concrete construction is ruled out as being too heavy and uneconomical for the range of span length which can be reasonably considered for this bridge. Steel construction is deemed inadvisable on account of the excessive amount of import required. In addition, a steel structure would require painting and maintenance throughout its life.

Four major layouts are proposed in this report. Most layouts have more than one alternates, hence a variety of structures are presented for choice.

The quantities of materials computed for each layout are believed to be sufficiently accurate for purposes of comparison. While the total cost estimate is believed to be correct within a few percent, large differences for individual items may exist. These will be ironed out in the final design as is the usual practice.

Unit price for materials and construction were obtained from the Taiwan Area Freeway Construction Bureau Authority.

No escalation has been provided. It is assumed that prices are pretty stable and should be so for the next two years. However, as a safety measure a 5 or 10% escalation factor may be added.

SECTION II

SCHEME 1

Continuous Layout, Medium Spans

This scheme 1 follows a conventional pier layout which was recommended by the TAFCB and adopted by a previous bidding firm. Piers are located to avoid disturbance to existing roadway and other physical facilities. However, three piers are located amid river channels, since medium spans of 70 meters are not long enough to span the entire width of the river.

A conventional method of construction pouring all concrete in place on forms and using full falsework is assumed for purpose of estimating and comparison. It is realized that this scheme can also be constructed using precast segmental construction, or precast beams to be erected with steel launching trusses. Since there are different ways for precasting and erecting, it would be logical to permit contractors to submit such alternate methods rather than to specify a pre-determined method which may not fit the capabilities of all contractors.

Two designs are studied for this scheme as follows:

Scheme 1-A

A bridge of uniform depth is proposed for this design in order to simplify formwork. From previous experience with

Scheme 1-A - Contd.

similar spans, it is known that the "T" shape is the most economical because it employs the road surface to serve as the compression flange while adding only thin webs to carry shear and to house tendons. Near the piers negative moments are high, hence box sections are provided so that the bottom flange will carry compression in that area.

Scheme 1-B

In order to eliminate the cost of additional bottom flanges required for box sections, this alternate has curved soffit so that the "T" section can be maintained for the entire structure. It is believed that this curved soffit may look better than the straight one. Since this scheme 1-B costs about the same as Scheme 1-A, the choice should be based on consideration of aesthetics.

The main advantage of Scheme 1 is its extremely economical super-structure and its lower total cost of construction, as determined from the quantity of materials. The main disadvantage is the presence of three piers in the middle of the channels. These will always obstruct river flow and may create disturbances. Probably because of this, Scheme 1 has a mediocre aesthetic appearance although it is by no means ugly.

One important consideration concerning the cost of Scheme 1 is the requirement of full falsework across river channels, in addition to pier construction in the midst of the river. In view of high water seasons and possible floods, there is always a possibility of delay during construction. It may be questioned whether such mid-river construction can be completed within the allotted two years limit. Contractors may either take chances hoping for favorable weather conditions or they may raise their bids abnormally in order to cover such contingencies. In either case, should adverse conditions exist, loss and delay may become unavoidable.

It is our opinion that while Scheme 1 is a feasible scheme and the most economical one on the surface, it is not the best from aesthetic point of view and as far as speed of construction is concerned.

SECTION III

Scheme 2-A

Cantilever Layout, Long Spans

This scheme 2 requires no falsework over the river portions. It has no piers in the main channels of the river. A proven method of horizontal slip forming Scheme A-A is recommended for this scheme with a main span of 150 meters. This method has been used in Germany and Japan for spans exceeding 200 mts.

Scheme 2-A - Contd.

Our firm designed the Río Higuamo Bridge for the Dominican Republic with a span of 190 meters, which is being completed this month. The smooth execution of this bridge in a country not as technically advanced proved the feasibility of the method. In Taiwan, this same method has been used for spans of 100 meters.

As an alternate to the above Scheme 2-A, Scheme 2-B using segmental construction can be used to build the same structure. This consists of precast segments about 17 meters wide and 3 meters long to be raised into position and tightened with post-tensioning. This method was first developed in France and recently applied in other countries including some long bridges in Switzerland. Our firm has developed similar segmental construction for the San Francisco Airport Bridge, although they are of much shorter spans.

It is recommended that Scheme 2-A be detailed for construction and Scheme 2-B be permitted for submission by contractors subject to the engineers' approval. This will encourage international competition. Although segmental construction has not been executed in Taiwan there may be contractors who are willing to apply the method probably with some outside expert help.

As mentioned previously, Scheme 2 has two excellent features. It has no river obstruction during construction and after completion. It requires no falsework, thereby its construction is independent of weather conditions and it can be built within a reasonable and contemplated period. Needless to say, the absence of mid-channel piers and the slender curved girders of the main spans make this an outstanding and extremely good looking structure.

The main objection to Scheme 2 is its higher quantity of materials for the super-structure.

But the excess in cost per linear meter of bridge is only 3.5% above Scheme 1. Another objection to this scheme is the possible high cost of the steel slip forms probably 8 of which will be required. If using Scheme 2-B, its segmental construction does mean a new technique to be introduced into Taiwan.

By avoiding pier construction in mid channel, contingency cost for this scheme is reduced. This may eventually be reflected in the bidding price.

In order to obtain a proper layout for Scheme 2, the main portion of this bridge has to be extended some 56 meters into the approach portions. It may be argued that these 56 meters will now have higher unit cost per square foot compared to the original approach type of construction.

Scheme 2-A - Contd.

However, there appears to be little additional material required. For purpose of comparison, these additional 56 meters will be figured on their original cost as being part of the approaches and this cost will be deducted from the total estimate of Scheme 2.

Scheme 2 requires a slightly deeper beam near the pier at the summit. In order that these beams will clear the traffic below, it may be necessary to raise the bridge deck near the summit by about one meter. This should not affect the approach layouts.

Because of the method of construction for this scheme, it is not desirable to build skew piers which would require skew super-structure. Since the main piers lie on the banks of the river, skew layout is not considered necessary for this scheme.

It is noted that this cantilever construction will avoid falsework over the busy road traffic which is otherwise required for Schemes I, III & IV. We believe that this scheme is the most desirable from many points of view and is recommended as the best layout.

SECTION IV

Scheme 3-A

Cable-Stayed Layout, Long Spans

This scheme has about the same pier locations as Scheme 2. It offers no obstruction to the river during construction and after completion. The small shifts of the pier locations are made to accommodate uniform panel length desired for this scheme. As a result, the main span is slightly lengthened, thus giving even less obstruction to river flow. Scheme 3-A presents a right angle bridge while Scheme 3-B a skew bridge. These two alternates have practically identical quantities. However, the skew design requires more details and will cost a little more. It is our opinion that with the long main spans clearing the river channel, skew construction is not really necessary. We only present it to call your attention to such a possible alternate.

While the super-structure of this scheme can be totally cast in place using falsework across the river, precasting the major part of the super-structure will save forming as well as falsework. Therefore it is proposed that temporary bents be erected at each panel point - 6 for the longer crossing and 4 for the shorter one. The cross girders will be poured in place on top of these bents. Precast tees

Scheme 3-A

Cable-Stayed Layout, Long Spans - Contd.

34 meters long and weighing 70 tons a piece (using two 50-ton cranes) will be made at a precasting yard to be erected into position, then a topping slab of 6 inches thick will be poured in place.

Many similar cable-stayed bridges of steel or concrete have been built throughout the world. The longest concrete span exceeds 250 meters. It is an accepted type of construction and is believed to be economical for long spans at certain locations.

This Scheme 3 requires some falsework during construction to be erected over the river portion, hence it is not as desirable as Scheme 2 from that point of view. But it does not require full falsework as in Scheme 1.

After completion, this layout offers the least river obstruction. In this sense it is much better than Scheme 1 though only slightly better than Scheme 2.

The aesthetic appeal of this layout may be somewhat controversial. Some people may not like the high towers rising above the roadway. On the other hand, these towers emphasize the river channels and present a unique feature which has offered distinction to similar structures, particularly those along the Rhine River in Germany.

Although this scheme has the added cost of towers and cables, the quantity of material thus involved is relatively small. There is some saving in the deck materials. The main feature is actually the precasting of the "T" beams and the use of some falsework during construction. The cost differential between this scheme and Scheme 2 is almost negligible.

Although this scheme deserves careful consideration, it is our opinion that Scheme 2 possesses a simplicity and clarity not equaled by this one.

SECTION V

Scheme 4.

Y-Pier Layout, Long Spans

This scheme has essentially the same pier locations as Scheme 2, but employs an entirely different type of construction and a special pier layout. By using Y-shaped piers, the actual span of the super-structure is greatly shortened with respect to the span between center line of piers foundations. The Hegenberger Bridge, a similar bridge, with a center span of 90 meters, designed by the consultants has been built for the City of Oakland, 1971.

Scheme 4

Y-Pier Layout, Long Spans - Contd.

Its attractive and grand looks has been adored by many.

This scheme meets well with our aesthetic requirements.

Two ways to build this scheme can be considered. The

first one is to employ precast waffles, like the

Hegenberger Bridge. These waffles were described in

Engineering News-Record as upside-down bath tubs, having

size of about 12' x 14' and a depth of 5'6", with a con-

crete thickness of only 2-1/2". These were successfully

and economically employed.

The other way to build this scheme is to cast the bridge

entirely in place. Since waffles are not necessary for

this bridge on a straight line, cost can be saved by using

T-girder construction. While it is possible to precast the

tee elements, it may be easier to use in-place construction

for the local conditions.

Cost estimate for this scheme indicates that it is comparable

to that of Schemes 2 and 3, slightly higher by about 1%. It

offers no obstruction to river flow after completion, and

has no deep-water pier construction. However, falsework is

required during construction.

SECTION VI

Foundation

A study of the foundation explorations indicates two possible methods both supported on the rock stratum. First, the use of piles driven through the rock is an obvious solution. However, frictional capacity is limited for piling through soft deposits, hence the piles will be essentially developed in bearing. They are sufficient for medium-span piers. Since it is easy to obtain large bearing areas with caissons, this becomes the better solution for long-span piers. Also, for lateral resistance, large caissons would behave better than individual piles driven through soft layers.

We were informed by TAFCB that the ultimate strength of the bearing rock was 143 tons per square meter. Consultation with our soil mechanic expert indicates that this should be more nearly the allowable bearing capacity. It is further pointed out that the meaning of the so-called "ultimate capacity" may differ so that although it was claimed to be the ultimate capacity, it may in fact be close to the allowable capacity.

For the purpose of our preliminary designs, we are assuming an allowable capacity of 75 tons per square meter.

SECTION VI

Foundation - Contd.

It is fully realized that a more reasonable and accurate assessment should be made of the allowable bearing pressure. We strongly recommend that an expert foundation engineer be engaged to scrutinize the foundation conditions and to come up with an economic and safe recommendation. The amount of fee required for such a study will far outweigh the saving which can be affected.

SECTION VII

MISCELLANEOUS ITEMS

Earthquake Design

We were given an earthquake force of 15% gravity to design for this structure. This is certainly a safe value. In the United States, AASHO specifications require only 6% which we believe is too low for Taiwan. In order to reach a reliable value, a dynamic study of soil-structure interaction should be conducted for that particular site. This would yield a more reliable lateral force and also improve our design. Additional safety and economy obtained by such a study will more than justify the additional expenses involved.

SECTION VII

MISCELLANEOUS - Contd.

Approaches

In this preliminary design we have not had time to negotiate with TAFCB engineers concerning the design of the neighboring piers and approach spans. We wish to emphasize that these must be in harmony with the main structure and a smooth transition should be established between the approaches and the main structure.

Other Essential Structural Features

Many essential structural features such as expansion joints, end bearings, provisions for shrinkage and temperature changes, deflection expenditures, have not been studied in detail. However, they do not affect the purpose of this report which is to make a comparative study and to come up with a chosen scheme.

Details

Details of the bridge such as drainage, lighting, road surface, curbs and railings have not been included in this report for the same reason as stated in other "Essential Structural Features" above.

SECTION VIII

CONCLUSION

This is an unusual bridge, which has to be constructed over busy roadways and main river channels, on poor foundation conditions. It is a large bridge requiring long spans which must be built within a short period. It is located in an area where aesthetics is a predominant consideration. Hence we have come up with several alternates to meet these various requirements.

It is obvious from the above discussion that each scheme has advantages and disadvantages. The quantities of materials and construction are listed for each scheme in the appendices and the cost of construction was summarized thereon. However, there are considerations beyond the matter of cost such as aesthetics, river obstruction, speed of construction and possible risk involved.

All considered, we recommend Scheme 2 as the best choice, with 2-A as the basic design permitting 2-B as alternates to be submitted. This recommendation is based on the superior aesthetic qualities, less obstruction to river flow, complete absence of falsework, minimum use of formwork, and easy pier construction away from the main channel.

Scheme 1 looks the most economical on paper. On the other hand, it has three piers in mid-stream which require dewatering and construction during low water season. At the same time, the super-structure may need full falsework and a lot of forming, which should be avoided during high water season. In other words, there are more risks involved with this design unless precasting is extensively employed, and the limited construction time of two years may not be sufficient. Scheme 3 does not totally avoid falsework construction. When completed, it will have no piers in the main stream. Scheme 4 is a good layout except it does require a lot of falsework during construction.

In concluding, we wish to call your attention to our recommendations concerning foundation design, earthquake design and approach design, as mentioned in Sections VI and VII. We wait for your deliberation and decision before proceeding with the final design.

OUTLINE SPECIFICATIONS

YUAN SHAN BRIDGE

GENERAL

This set of outline specifications may be modified depending upon which of the proposed schemes will be adopted.

Super-structure

All the super-structure schemes are prestressed concrete construction. It could be poured-in-place construction or precast construction or a combination of precast and poured-in-place. Also it could be a combination of pre-tensioning and post-tensioning.

The shape of the structure varies from straight "T" to curved soffit "T" Section. Various schemes are composed of box sections with multiple cells or the combination of box sections and "T" Sections.

Most of the schemes have used the continuity of the structure for economy and for aesthetic reasons.

Substructure

All the piers and abutments are of reinforced concrete construction. In the transverse direction post-tensioned tendons may be added to compensate for stresses produced by eccentric loading and earthquake forces.