

寶 成 鐵 路 工 程 總 結
老 窖 溝 石 拱 橋

鐵 道 部
新建鐵路工程總局

第二工程局工程總結委員會編

老窖礐石拱橋總結

*

*

鐵道部新建鐵路工程總局
第二工程局工程總結委員會出版
(成都市通錦路局本部)

鐵道部第二工程局印刷所印刷
(成都市人民中路四號)

*

*

1955年7月第一版
印數：1——1000

寶成鐵路工程總結

老 窰 溝 石 拱 橋

目 錄

一、拱石備料及檢驗

- (一) 樣板的製造及分發
- (二) 開溝拱石的要求
- (三) 拱石檢驗
- (四) 拱石排隊

二、預加拱度

三、拱架與排架

- (一) 排架基礎之處理
- (二) 排架及拱架之安裝
- (三) 縱梁及下弦用鋼圈并接
- (四) 組合鐵鍊之使用
- (五) 防洪措施
- (六) 模型核校及拱石劃分

四、拱圈砌築

- (一) 膠砂的選定
- (二) 拱圈分段的改進
- (三) 預留空縫
- (四) 用三角樣板控制拱石安砌
- (五) 高架吊石
- (六) 拱圈合攏

五、拱上圬工的施工

- (一) 擋牆砌築程序
- (二) 冠石和預埋錨栓
- (三) 勾縫

六、拱架降落

七、圬工質量及其他

附錄：蘇聯專家吉洪諾夫與魯登科同志
對石拱橋改用混凝土問題的解答

寶成鐵路工程總結

老 壑 溝 石 拱 橋

老壑溝橋為 1—25 公尺石拱橋，拱度 $\frac{1}{4}$ ，兩端橋台均為 9 公尺跨徑帶洞式，全橋長度為 69.40 公尺，是寶成綫上 25 公尺跨度石拱橋最先砌築的一個。使用的拱架是木質的。

按照設計要求，在 25 公尺跨度以上的石拱橋，應調整拱圈應力，我局因設備欠缺，同時也考慮到以下的有利條件，故未予調整。

1. 調整應力的目的，是減少拱圈在溫度變化下產生之張力，按設計要求，砌拱膠沙是 250 級，但我們可以作出更強的膠沙（實際作到 300 級以上），以承受較大的張力；

2. 拱圈受張力最大是在溫度降到最低的時候，本橋完成後半年才到冬季，在此半年中，圬工的強度已大為增高；

3. 在以往修建的幾座大跨度石拱橋中，已取得一定的經驗，可以把質量更加提高，同時採用每平方公分一千公

斤以上強度的硬石料做拱石，在防寒和圬工質量上都提高一步。

本總結對拱圈和拱架之放樣、使用五角石和沙筒安裝等問題，因在平汝河石拱橋總結裏已作了介紹，本橋又無更新的經驗，故予從略。

本橋的修築是比較成功的，惟在施工過程中紀錄工作不夠細緻，因此也就不夠全面，茲就已經取得的一些經驗，作重點的總結，希讀者提出意見，以作今後之改進。

一、拱石備料及檢驗

(一) 樣板的製造及分發

拱石大樣放出後，即作為製做樣板的依據，樣板的材料，最好使用鐵皮（厚2公厘），以防變形或中途破裂，如不得已使用木料時，亦必須要求乾料，本橋樣板是使用2.5公分厚的木板製造，在開料過程中逐漸乾縮，經過4個月後（夏季），檢驗尺寸，乾縮2%。因此拱石的規格受到一定的影響，按原設計灰縫為15公厘，在安砌時，第四工程局示範組建議用18~20公厘，當時檢查拱石斷面尺寸，普遍較設計略小，故少加整修，就可達到20公厘的要求，但這不過是一種巧合，也就說明使用木料樣板的危險性，若使用鐵製樣板，不但對工程質量可以得到保證，而且便於攜帶，同時還可以多次使用，也很經濟，故用鐵製樣板，實屬必要。

拱石樣板分發給工人時，要注意以下幾點：

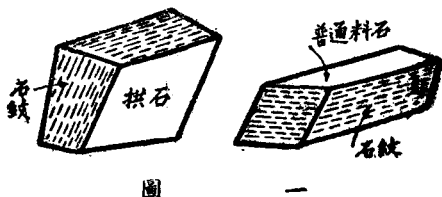
1. 按排號順序估算方數，把樣板分組分配給固定的石工小組，數量與規格由小組負責；
2. 建立收料登記簿，將清好的拱石立即登記，同時在拱石上寫上編號，並寫上工人的編號或姓名（最好用紅磁漆寫以免日久模糊），以免混亂；
3. 領工員除對規格、質量應常監督檢查外，並負有保證數量上準確的責任。

(二) 開清拱石的要求

1. 按規程拱石允許壓應力不得小於 600 公斤/平方公分，本橋料石係在川陝公路 310 公里處岳家山山場開採，石質係褐色硬砂岩，耐壓強度為 1000~1300 公斤/平方公分（ $7 \times 7 \times 7$ 試件），由於石質硬，清料時頗費時工；

2. 由於拱圈受軸心壓力，因此開料時必須立紋破料，與普通料石的平紋出料相反，如附圖（圖一）所示；

3. 有乾縫及顯著水紋的石料，禁止使用，有的石料有不同顏色的花紋，但並不一定是水紋，最簡單的辨



別方法為順紋錘擊，如不從紋上裂開，即不是水紋乾縫；

4. 清料時要求丁頭按樣板，拐角要正直，側面不彎翹，側面彎翹，會直接影響安砌的灰縫和質量，應多加注意；

5. 清料時各石面要求的銼細程度，應視各石面使用上的不同，在鑿時也有不同的要求，本橋拱石很硬，而設計上係毛方石，如果各石面普遍要求同樣銼細的程度，就會造成很多廢料或多費很多的工時，我們是照以下要求辦理的：

（1）底面扁口 2.5 公分，每公分一鉗紋，靠模板一塊拱石的底面不准有殘缺，鉗紋決不能高出扁口，在安砌時好使拱石與模板能夠密貼；

（2）側面及天面週邊細鑿 3 公分，中間鉗紋方向不規定，以打平為原則；

(3) 丁面露外者，不准有殘缺，以備安砌以前清扁口和蜂包。拱石長度較應有尺寸另加長 3 公分，丁面不露外者與側面同；

(4) 不露外面之缺角，在各邊方向的長度應不大於拱石邊長的 $\frac{1}{4}$ ，並不大於 8 公分。

如附圖（圖二）

（三）拱石檢驗

拱石檢驗是砌拱前主要的準備工作，因為拱石是按規定的數量和規格開採的，如有一塊石頭不合格，就會影響整個砌拱的進行，本橋拱石樣板共有 199 種之多，故在砌拱以前，必須對全部拱石詳細檢驗，這一工作是相當繁重的，要根據開清拱石要求的條件來進行，最主要的是彎翹和規格，在核對規格時，以樣板校對丁頭，以彎尺核校直角，如附圖（圖三），又附圖（圖四、五）所示，以鐵直尺核校 AC 及 BD 兩對角綫是否與石面密貼，以控制 A B

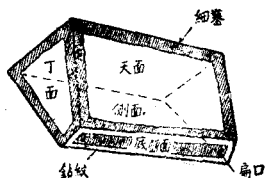


圖 二

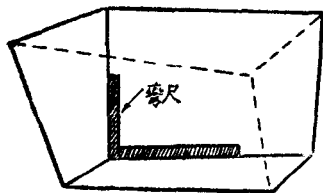


圖 三

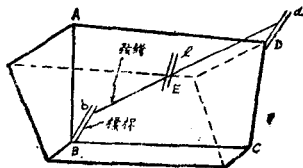


圖 四

C D 面的平順（不彎不翹），但由於石面粗糙，密貼的程度

不易觀察，最準確的辦法是用「捨馬」法，在AC及BD對角綫交點EB及D三點樹立小標桿(可以竹筷子代替)，在標桿上牽一弦綫，大致與石面平行，b及d爲固定點，此弦綫牽繫後交E點的標桿於e，幷作出記號，然後移BD兩標桿於ABC點，如石面平直，則弦綫與E點標桿之交點應仍爲e點，否則應以e爲根據，將石面重加修整，

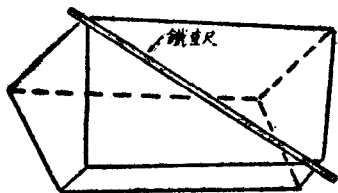


圖 五

此法在操作時，須二人合作，雖較費時間，但爲最準確的方法，清料時使用此法畫墨綫，則最爲可靠。

(四) 拱石排隊

由於拱石的種類很多，僅25公尺拱圈，就有拱石2700多塊，因爲安砌時每塊拱石都有它一定的位置，如拱石堆置混亂，就不可能保持安砌的正常進行，我們把拱石按照樣板順序號每塊樣板的拱石排成一組，插木牌書明編號，安砌時就按需要供應，井然有序。也只有排隊以後，才便於清點，如發現不合格者或有所短少，及時設法補充(並預爲儲備幾十塊大的毛料作爲備品)，以免耽誤安砌的進行。

二、

預加拱度

(一) 預加拱度之計算

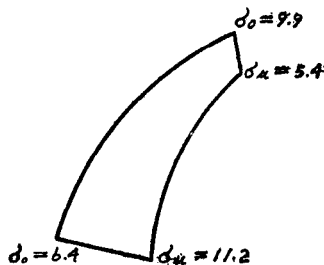
1. 拱環因靜載重下沉量

$$\Delta f = \frac{5^2 \times 2}{f E} = \frac{(\frac{1}{2})^2 + f^2}{f} \left(\frac{2}{E} \right) = \delta_D$$

$$2 = \frac{9.9 + 5.4 + 6.4 + 11.2}{4} = 8.22 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta_D = \frac{1250^2 + 830^2}{830} \left(\frac{8.22}{60000} \right) = 0.37 \text{ cm} = 3.7 \text{ mm.}$$

如附圖 (圖六)



註: σ_o 及 σ_u 由該聯設計說明上查得

l 為跨度 $= 2500 \text{ cm}$

f 為拱度 $= 830 \text{ cm}$

2. 拱環因溫度下沉量

$$\delta T = \frac{\left(\frac{1}{f}\right)^2 + f^2}{f} \left[\alpha (\delta_2 - t_1) \right]$$

註： t_1 為每年平均溫度。根據昭化文化站資料，1953 年平均溫度為 17.22°C 。

A_2 為剎尖時空氣溫度，預定為 22°C

由於夜間剎尖，井噴水散熱的結果，實際共利溫度為 21°C 。

$$\begin{aligned} \delta T &= \frac{1250^2 + 830^2}{830} \left[0.000008 (22 - 17.22) \right] \\ &= 0.1\text{cm} = 1\text{mm} \end{aligned}$$

3. 拱架和支架的下沉

(1) 彈性下沉

δ = 支柱單位應力 =

$$\frac{0.90 \times 4.95 \times 2.00 \times 2.5 \times 1000}{20 \times 20 \times 5} =$$

$$11\text{kg/cm}^2$$

支架立柱高 $AB = 8.5\text{M}$ 拱架立柱高 $BC = 5.5\text{M}$

$$\begin{aligned} \delta_a &\approx \frac{\delta \cdot l}{E} = \frac{11 \times 850}{80,000} + \frac{11 \times 550}{80,000} \\ &= 0.2\text{cm} = 2\text{mm} \end{aligned}$$

(2) 非彈性下沉

K = 木料與木料接頭數目

K^1 = 木料與金屬或圬工接頭數目

根據以往修建石拱橋的經驗，在本橋木工比較熟練和木料乾燥的條件下，選定木料與木料每一接頭處，下沉為 2.5mm ，木料與金屬或圬工接頭下沉為 2mm 。

模板與梳形木間	1 縫
梳形木與帽木間	" "
帽木與柱間	" "
柱與下弦木間	" "
下弦木與沙筒墊板間	" "
墊板與頂心木間	" "
沙筒下木墊板與縱梁間	" "
縱梁與排柱間	" "
K 共 計	8 縫
沙筒底與墊板間	1 縫
排柱與混凝土間	" "
K ¹ 共 計	2 縫

$$\delta_b = 2.5k + 2k^1 = 2.5 \times 8 + 2 \times 2 = 24\text{mm}$$

(3) 沙筒內河沙壓縮

根據七里河橋沙筒載重試驗結果，在 20T 以內下沉為 4 mm，但在抄平之前應加以適宜之震搗，否則將大於此數值。

(4) 基礎因載重的下沉

本橋排架基礎挖至岩層後，再從岩層砌毛方石基礎，並作混凝土帽，故下沉不計， $\delta_d = 0$

排架和拱架的下沉總量：

$$\delta_c = \delta_a + \delta_b + \delta_c + \delta_d = 2 + 24 + 4 + 0 = 30\text{mm}$$

預加拱度總計：

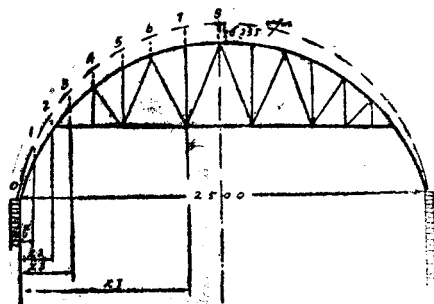
$$\Delta = \delta_D + \delta_T + \delta_c = 3.7 + 1 + 30 = 35\text{mm}.$$

(二) 預加拱度的分配

總的預加拱度為 35mm，以拋物綫公式計算，分配於各

~ 10 ~

個接點上。如附圖（圖七）



圖

七

$$x_1 = 103 \quad y_1 = 5 \text{ mm}$$

$$x_2 = 203 \quad y_2 = 10 \text{ "}$$

$$x_3 = 327 \quad y_3 = 16 \text{ "}$$

$$x_4 = 474 \quad y_4 = 22 \text{ "}$$

$$x_5 = 642 \quad y_5 = 27 \text{ "}$$

$$x_7 = 1039 \quad y_7 = 34 \text{ "}$$

$$x_8 = 1250 \quad y_8 = 35 \text{ "}$$

三、

拱架與排架

(一) 排架基礎的處理

本橋上層土壤爲細砂夾泥組織，鬆軟不能承重，泥層之下爲青色砂岩，石質良好，惟順橋孔方向石層傾斜角很大，南北兩台石層高差 6 公尺，在這樣的地層上，排架基礎通常使用樁基或挖至岩層的方法，但是打樁不僅機械運輸困難，且泥沙中含有大孤石，施工不便，若明挖至岩石後樹立排架，由於石層傾斜，排架高度相差的很大，預加拱度後的拱模變爲不規則的曲綫，在施工時不易控制，同時現場木料極缺，工期緊迫，在這種情形下，我們採取石砌單牆作排架基礎的措施，克服了困難。爲了增加單牆基礎的穩定性，在單牆之間，又作漿砌片石連結牆三條，並在砌築過程中與回填土配合進行，由於以上的措施，使排架木料高度一致，並減少接頭，因此預加拱度之計算更爲可靠。

排柱立好後，在基礎與排柱交接處灌築 140 級混凝土帽，以增加排腳之穩定，在 12 座單牆基礎中，中心的兩座，爲適應排柱木料的長度，較其他 10 座提高 33 公分。

(二) 排架和拱架的安裝

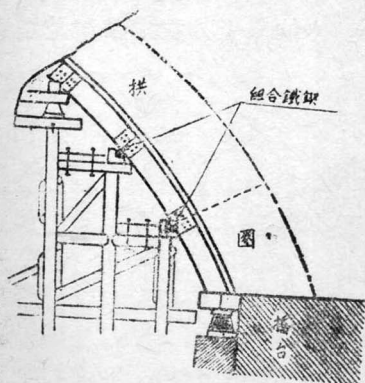
排架的安裝，首先由兩端向中心樹立排柱，靠近橋台的一排柱子，利用橋台作拔桿來樹立，此後依次以已經立好的排柱作拔桿來樹立臨近的排柱。在一排柱子立好後，隨即校正中綫，並上下加連繫木使其穩定，至於斜撐可在砌拱前陸

半(12.5公厘)，鋼圈納入凹槽，方木與夾板密貼後，再在鋼圈中心位置鑿螺栓孔(19公厘)上緊螺栓。

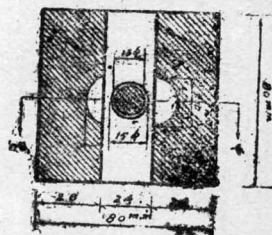
挖鑿此寬4公厘深12.5公厘的圓形凹槽時，使用一般的工具是不能勝任的，我們是用廢鐵條製成的圓鋸，鑿成凹槽，因此鑿槽的工作並無困難。

(四)組合鐵鑲之使用

本橋拱架係按照西南鐵路工程局參考圖080號(跨度25公尺 $\frac{1}{4}$ 拱度)施工，惟該圖的結構形式與其他跨度的拱架有所不同，即排架縱梁深入拱圈範圍之內，約在拱圈與拱座交接綫處，因此縱梁以下之梳形板接頭處，均無降落拱架之設備(木楔、砂筒、木馬等)，因為在這些結點上安置木馬或沙筒都不可能，所以我們使用組合鐵鑲嵌入帽木作為降落設備，因該處已靠近拱脚兩公分的降落距離已經足用，如附圖(圖九)。



圖九之一 組合鐵鑲安置位置



圖九之二 剖面
甲—甲