

172014



鐵路施工新技术彙編

(二)

桥 梁

铁道部新建铁路工程总局編



人民鐵道出版社

鐵路施工新技术彙編

(二)

橋 梁

鐵道部新建鐵路工程總局編

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五八年·北京

鐵路施工新技术彙編共分鐵路綫路及房屋給水、桥梁、
隧道、通信信号、机具等五册，系選擇新建鐵路工程部門的
合理化建議及先進施工方法彙編整理而成。本册桥梁的主要
內容包括石拱桥施工、鉗梁及鋼梁制造和安裝、基础和墩台
的建築等各項行之有效的先進方法。

本書可供鐵路施工人員參考用。

鐵路施工新技术彙編(二)

桥 梁

鐵道部新建鐵路工程总局編

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第010号

新 華 書 店 發 行

人民鐵道出版社印刷厂印

(北京市建国門外七聖廟)

書号940 开本 $850 \times 116\frac{1}{2}$ 印張14 插頁12 字數349千

1958年5月第1版

1958年5月第1版第1次印刷

印數：0001—3,500册 定价(9)2.20元

目 录

石拱桥修建新法.....	1
23.9公尺予应力鋼筋混凝土梁.....	22
24公尺上承电焊鋼梁.....	46
鋼梁制造新法.....	65
高头錐体鉚釘鉚合厚鋼束的經驗.....	175
通風鉚釘窩头.....	197
拖拉架桥法.....	200
桥梁快速架設法.....	213
架桥經驗拾零.....	238
通車綫路下的小桥涵施工方法.....	251
装配式管柱基础施工法.....	259
桥梁墩台的成品制造及安裝.....	282
合預制工作中的經驗介紹.....	299
30公尺長鋼板樁拼接經驗.....	306
打水下鋼板樁送樁組和拔水下鋼板樁吊架組.....	314
空气吸泥机.....	315
水力吸石筒.....	325
KC 3 型万能浮鯨.....	327
簡便架空索道.....	329
沉井活动梯.....	365
鑽孔法拆除木沉井.....	368
桥涵基础竹条模型板.....	370
流动內模震动制鋼筋混凝土水管法.....	376

活动水管模板	386
铁路桥梁主体工程掺用加气剂經驗	392
挤漿法漿砌片石	412
脹鑼法开片石	430
料石开清	432

石拱桥修建新法

我国在第一个五年计划期间，铁路上所建成的长跨度石拱桥，不下 120 孔，其中如在石太线上建成 10 公尺以上的长跨度石拱桥 30 孔，跨度最大的是 36 公尺；在宝成线上建成 10 公尺以上的长拱桥 70 多孔，其中跨度最大的是 38 公尺，至于跨度在 6 公尺以下的小桥涵石砌的数量更多。

石拱桥的优点为美观，耐久，节省钢材及水泥，维修费用极微，但修建石拱桥也有一定的条件，如砂石运距若过远，基础土壤不好时，就不宜作大石拱桥等等；虽然如此，在我国生产的钢材不能满足需要的时候，如何利用天然资源就地取材，大量採用石拱桥来节省宝贵的钢材，将钢材用到最必需的地方去，有其特别重要的意义。

在修建成渝铁路时，由于缺乏施工经验，砌拱桥及拱涵发生事故者甚多，影响质量。宝成线修建一开始，党即号召坚决消灭这一缺点。在一系列的石拱桥砌筑实践过程中，第二工程局工程师吳成三、張浩、李炳章、王玉如、丁原壩等及第四工程局石工領工員樊选、李賀荣等同志，在党的领导下总结出一套石拱桥砌筑的先进方法。

现在将石拱桥施工经验中的主要部份分述于后，作为今后修建石拱桥施工的参考。

一、拱架的使用与拆除

拱架分为木拱架与钢拱架两种，其性质各不相同，兹分述如下：

1. 木拱架

拱橋暫架以沙筒為界，分為兩部份，以上稱為拱架，以下稱為排架。

(1) 排架基礎的處理：

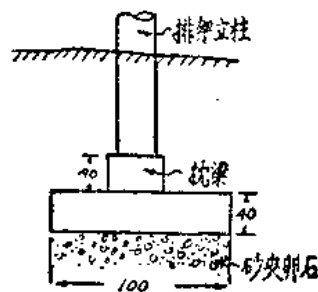
在砌拱時，最怕排架發生顯著的沉陷，排架基礎的沉陷，最大不得超過5公厘。普通所選擇的基礎形式如下：

① 石質基礎

根據寶成路修建的長跨度石拱橋，有5座排架直接放在石牆上，其辦法是將石質鑿成約60公分直徑的圓坑，內放排架的柱子，並用140級混凝土嵌緊，這樣的排架估算其沉陷為零。

② 枕梁式基礎

基礎土壤為緊密的沙夾卵石，可用枕梁式基礎，即在緊密沙夾卵石土壤上砌一層或二層石砌基礎，上置枕梁，枕梁上豎立排架的柱子。沙夾卵石土壤之沉陷可依照實際荷重試驗估計之。此種基礎絕不能受水沖刷。枕梁式基礎示意圖如圖一。



圖一 枕梁式基礎示意

③ 樁基

軟質土壤可採用樁基，其沉陷須以靜載試驗紀錄估計之，如工期緊迫，則可用沖擊試驗。砂質土壤可估計為3公厘，軟質土壤可估計為5公厘。

(2) 拱架排架的側向穩定：

拱架過高，須充分考慮風力、水的浮力和沖力，故須在排架上加斜撐，在拱架上加浪風繩，以穩定拱架的側向移動，這是很必要的（如圖二）。

(3) 預加高度：

拱石本身及拱架木料均為彈性體，荷重以後便會變形，因而拱架高度亦起變化而與設計不符，為此必須正確計算各種壓縮預

加於原設計的拱軸上，待拱橋完工，拱架拆除，使拱軸的位置恰與設計符合，這點很重要。

預加高度的計算（以老窩溝石拱橋為例）。

$$\textcircled{1} \text{ 拱圈自重所產生的彈性下彎量 } \delta_1 = \left(\frac{L}{2} \right)^2 + f^2 \left(\frac{\sigma}{E} \right)$$

L ——拱橋跨度

E ——拱圈石砌圬工的彈性模量 = 60,000 公斤/平方公分

σ ——拱圈圬工因自重所產生的平均壓力 公斤/平方公分
可在設計文件中查得。

f ——拱圈矢高

$L = 18$ 公尺 = 1800 公分

$f = 6$ 公尺 = 600 公分

$$\sigma = \frac{9.9 + 5.4 + 5.4 + 11.2}{4} = 8.22 \text{ 公斤/平方公分}$$

代入上式得 $\delta_1 = 3.7$ 公厘

$$\textcircled{2} \text{ 拱圈溫度變化下彎量 } \delta_2 = \left(\frac{L}{2} \right)^2 + f^2 \left[\alpha (t_2 - t_1) \right]$$

L, f 同上

t_1 ——一年中的平均溫度

t_2 ——利尖時的平均溫度

α ——拱石圬工的膨脹係數 = 0.000008

$t_2 = +22^\circ\text{C}$

$t_1 = 17.22^\circ\text{C}$

$$\delta_2 = \frac{(900)^2 + (600)^2}{600} \times 0.000008 \times (22 - 17.22) = 0.1 \text{ 公分} =$$

1.0 公厘

為了減少這項下沉，最好選利尖時的溫度與每年平均溫度接

近

③ 拱架排架承重后的彈性壓縮量 $\delta_3 = \sum \frac{\sigma l}{E}$

σ ——各立柱內的应力公斤/平方公分

l ——排架柱子及拱架柱子的長度 (公分)

E ——排架柱子的彈性模量, 木料用 80,000 公斤/平方公分

$\sigma_1 = 11$ 公斤/平方公分, $\sigma_2 = 8$ 公斤/平方公分。

$l_1 =$ 排架柱子高 = 8.5 公尺 = 850 公分 (实际量出)

$l_2 =$ 拱架柱子高 = 5.5 公尺 = 550 公分 (見圖二)。

$$\delta_3 = \frac{11 \times 850}{80,000} + \frac{8 \times 550}{80,000} = 0.2 \text{ 公分} \approx 2 \text{ 公厘}$$

④ 拱架排架在承重后非彈性壓縮量

$$\delta_4 = 3K_1 + 2K_2 + 2K_3$$

K_1 ——橫紋木料接头数目

K_2 ——順紋木料接头数目

K_3 ——金屬与木料接头数目

例如老窑溝石拱桥採用 $\delta_4 = 2.5K_1 + 2K_3$ (木料順紋与橫紋不分, 又因木作細致, 採用壓縮数值为 2.5)。

$$\delta_4 = 2.5 \times 8 + 2 \times 2 = 24 \text{ 公厘}$$

⑤ 砂筒內淨砂壓縮量

壓縮量根据压力的大小, 淨砂細度模量及砂筒徑与高而決定, 一般採用 4 ~ 6 公厘, 但在抄平之前, 应加以适当的震捣,

砂筒压力約 20 公吨, $\delta_5 = 4$ 公厘。

拱架的預加高度量 (即总壓縮量) = 3.7 + 1 + 2 + 24 + 4 = 34.7 $\div$ 35 公厘。

这 35 公厘是指拱頂的預加高度, 其他各节点应按公式

$$y = \frac{4\delta}{(l_0)^2} \cdot x \cdot (l_0 - x) \text{ 計算。}$$

y = 縱座标

x = 横座标

l_0 = 桥跨全长

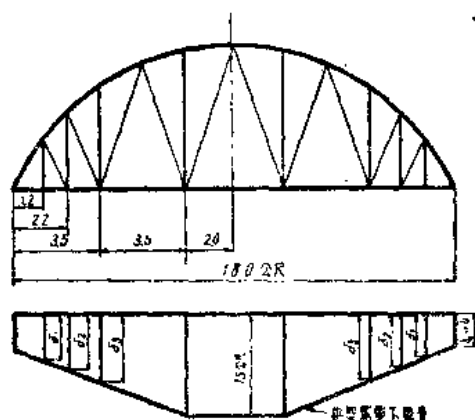
δ = 总压缩量

(4) 木拱架的拆除:

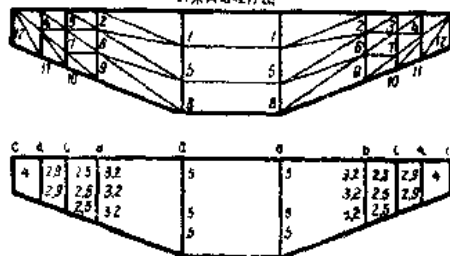
拱架降落以前, 上部圬工的重量絕大部份系由拱架承担, 拱架一經降落, 即轉变由拱圈本身負担, 所以要分成几个步驟降落, 讓拱圈逐漸受力, 以避免發生顫动, 影响圬工。

拱架預加高度中包括有彈性下沉量及非彈性下沉量兩部份, 非彈性下沉量已在砌拱过程中被压缩, 不須考虑, 仅以彈性下沉量为对象。因此降落数值 = 拱圈自重所产生的拱圈彈性下沉量 + 拱架排架的彈性压缩量。

以七里河石拱桥为例, 拱頂降落量为 15 公厘, 拱端採用 4 公厘, 当中各点以比例計算之, 如图三。先自中間的 (左, 右) 兩点 a 降起, 然后向兩端对称进行, a, b, c 各点分三次均匀降落, d 点分二次降落, e 点一次降落。



拱架降落程序图



七里河桥当全部沙筒均达其降落数值后, 表明拱圈業已發生作用, 即可拆模。在拆模之前, 將各沙筒均匀降落四公分。降落数值确定后, 即將每次放出的河沙体积算出, 用

特制的木盒量出应放出的沙子。

必須反对不經布置任意降落拱架的作法。如預加高度未經詳細計算，而系按 $0.003L \sim 0.003L$ 的經驗公式算出者（ L = 拱圈跨度），每次降落值在拱頂取其值 $\frac{1}{4}$ ，在拱座取其 $\frac{1}{16}$ 。根據經驗，降落時寧可取小的數值，重復地多做1次，不可一次落得太多，影响拱圈圬工。

（5）中間無支撐的木拱架：

大石拱橋的拱架一般均有标准圖，小石拱橋則無，尤其是在洪水季节砌拱，拱架中間不宜放置支撐，以防冲刷，茲介紹此种木拱架如圖四。此圖系指拱圈为9公尺的，經多次採用情况良好；十公尺及其以下均可參照採用，所用木料可作相应的增減。

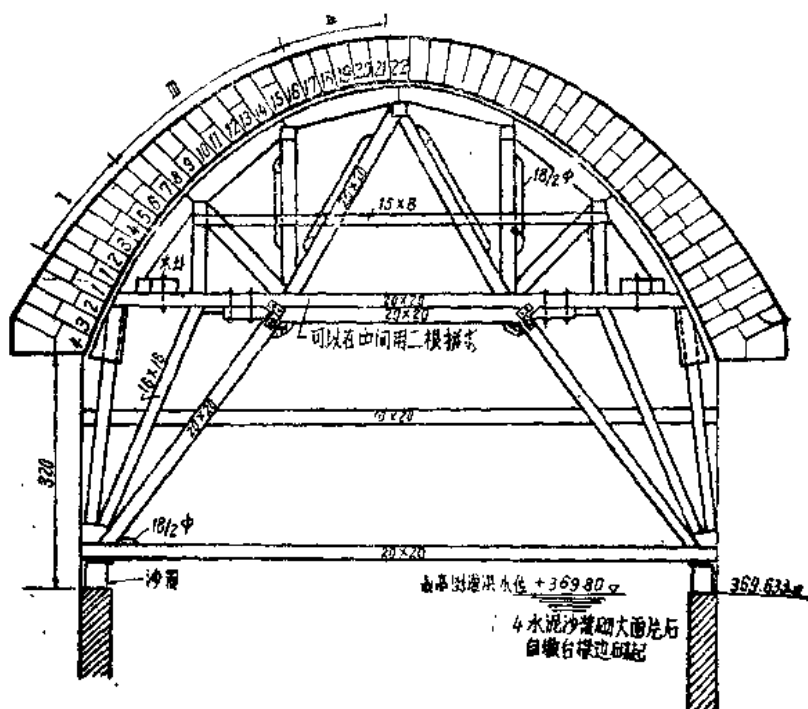
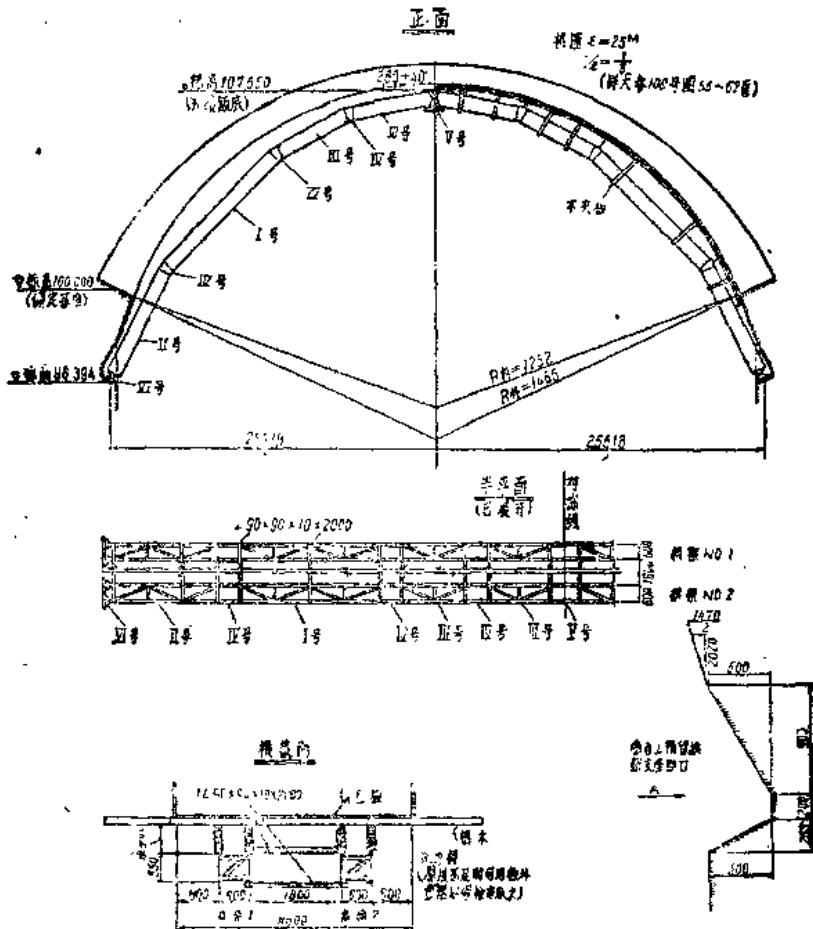


圖 四

2. 鋼拱架

(1) 鋼拱架的構造

宝成綫上所用的鋼拱架，是由軋制的工字梁所作成的三鉸架如圖五 結構簡單，並且經濟。拱架是由各个直綫形的工字鉄所作成的多边形，其接头使用螺栓，其上面的曲綫形狀則用弧形木作成。



(2) 鋼拱架的使用

① 採用鋼拱架砌拱時，應特別注意多留空縫，經過實踐，其分段及預留空縫的數目及位置，可參照表（一）施工。

表（一）

跨徑 (公尺)	拱度	各段長度 (公尺)			空縫部位（數字表示拱石排數）
		I	II	III	
25	$\frac{1}{3}$	7.9	3.7	3.4	起拱綫, 7-8, 20-21, 33-34, 40-41, 47-48, 54-55, 剝尖石兩側
22	$\frac{1}{3}$	6.2	3.5	3.4	起拱綫, 12-13, 26-27, 33-34, 40-41, 47-48, 剝尖石兩側
18	$\frac{1}{4}$	5.4	3.0	2.4	起拱綫, 11-12, 18-19, 26-27, 33-34, 剝尖石兩側
15	$\frac{1}{3}$	3.2	2.6	3.2	起拱綫, 6-7, 13-14, 20-21, 26-27, 31-32, 36-37
12	$\frac{1}{3}$	2.4	1.7	3.0	起拱綫, 10-11, 16-17, 22-23, 剝尖石兩側
10	$\frac{1}{3}$	2.0	1.8	2.5	起拱綫, 8-9, 18-19, 剝尖石兩側

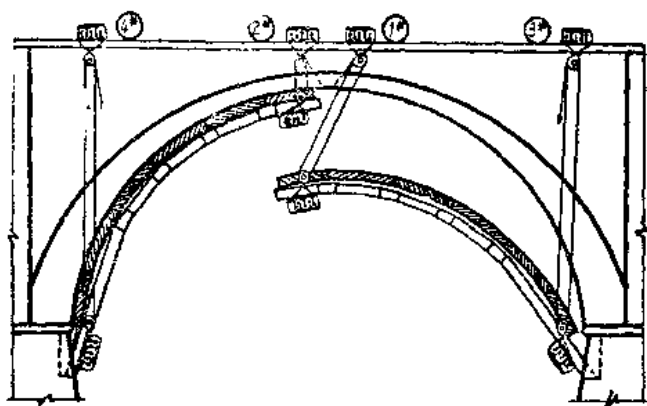
② 鋼拱架在熱天砌築時，用草蓆包上並不斷澆水濕潤，使其溫度不致發生大的變化。

(3) 鋼拱架的拆除

松落鋼拱架按定成路經驗，先在拱橋端牆上佈置鋼軌束，鋼軌束均用絞車絞緊，並將鋼軌束用鋼絲繩捆於鋼拱架基本節上，以免滑動，如圖六。然後把中心拆拱設備上 4 個螺絲松兩轉（降低 7~8 公厘）即放鬆絞車用錘敲松中心拆拱木；第二次搖緊，又將拆拱螺絲松兩轉，再放鬆絞車。如此一再松降，在中心螺絲松下 11~12 轉時，拱架即全部脫離拱圈，把大螺栓松完，拆除拆拱設備本體。

絞車，鉄滑車，卡環，鋼絲繩等主要工具在使用前應細致深入地檢查；並在拆除鋼拱架過程中要特別注意安全，以免造成事故。

(4) 鋼拱架的优缺点



圖六 拆卸鋼拱架的布置

鋼拱架為備品式結構，可以倒用多次，節省大批木料和勞動力，中間無支撐，免去設置基礎困難，不受洪水沖刷影響，特別適用於深谷或河流湍急的長跨度石拱橋；但正因為其中間無支撐，變形較大；又以鋼拱架比木拱架容易受溫度影響產生較大的變形，施工過程中應特別注意，必須參照上述第（2）點使用的辦法多留空縫及在熱天砌築時用草蓆包上並不斷的澆水。

二、砌拱的施工要点

1. 拱圈與拱石放樣

拱圈大樣系在樣台上比制；放大樣是一件細致的工作，通常採取下列方法進行的：

（1）樣台可選平地一塊，地面以小卵石夯緊，再平鋪 3 公分厚的水泥砂漿，如水泥缺乏，可用石灰三合土地坪以胆水磨面，可以保證其不開裂而光滑，或用 5 公分厚木板拼制，嵌實於地面上，並搭棚保護。

（2）拱圈放樣採用坐標放樣法，其步驟大致如下：

① 先在樣台適當位置定出拱頂拱弧軸心一點，用經緯儀放垂直的十字線作為坐軸線，經過核對，再在拱中心線上放出垂直

的起拱水平綫及 $A-A$, $B-B$, $C-C$, $D-D$ 等輔助綫，以資核對（如第 2 頁后圖七）。

② 照 O , O_1 及 O_1 , O_2 及 O_2 , O_3 與 O_3 , O_4 , 1 個圓心的縱橫坐標用經緯儀及鋼尺放出其位置，並以鋼尺量驗幾個圓心彼此間一定的幾何關係尺寸如 O 至 O_1 , O 至 O_2 , O_1 至 O_2 等，在圖上所列半徑尺寸經過計算，即得出其距離，如量驗無誤，即証明所放位置是正確的。內外弧圓心變化交界點均有坐標，用經緯儀及鋼尺一併放出，或不用經緯儀而在坐標綫及輔助綫上定出縱橫坐標，使用細鋼絲仔細地將各坐標點相互交出。

③ 每隔 8 排拱石（弧長約 2 公尺）計算內外弧坐標，在坐標軸綫及輔助綫上定出縱橫坐標，使用細鋼絲仔細地將各坐標點相互交出。

④ 已經定出的坐標點，均以內弧坐標點為依據放出輻射綫，以鋼尺或鋼絲從各相應的圓心划內外弧綫，因拱弧上已有許多精確的控制點，不怕拱弧變樣，再以彈秤控制鋼絲延伸的均一，並注意鋼尺或鋼絲前後移動的一致。

⑤ 划好弧綫后立即用紅油漆塗顯，以保持永久。然後根據拱石厚度及灰縫寬度，沿拱圈內弧用鋼尺將每一灰縫的中點點出，再經此點順相當的內弧半徑綫定出外弧綫上灰縫的中點，連此內外弧上的中點，即為灰縫之中綫，垂直此綫向兩邊各量出縫寬的一半兩綫，即得灰縫邊緣綫，亦即各層拱石的邊緣綫。再沿拱厚方向，根據規程要求的高厚比及錯縫長度划分出全部拱石，以鍍鋅平鐵片在大牆上剪出拱石樣板，樣板周圍鑲嵌木條，寫明各邊尺寸，號碼和長度，後面寫明地數，並按大樣圖拱石編號。

⑥ 拱石立面上的左右鄰層上下之錯縫，按規定不應小於 10 公分，兩輻射綫之間同一層之拱石分成兩塊以上安砌時，彼此間可不錯縫；平面上左右鄰近層間之錯縫也不應少於 10 公分。除了滿足以上要求外，並在設計拱石的尺寸時還應考慮到拱石的適當重量，以便抬運或適合起重設備能力。樣板制好後，應注意順輪

射方向的上下面，以使排队运上桥座时不致颠倒紊乱。

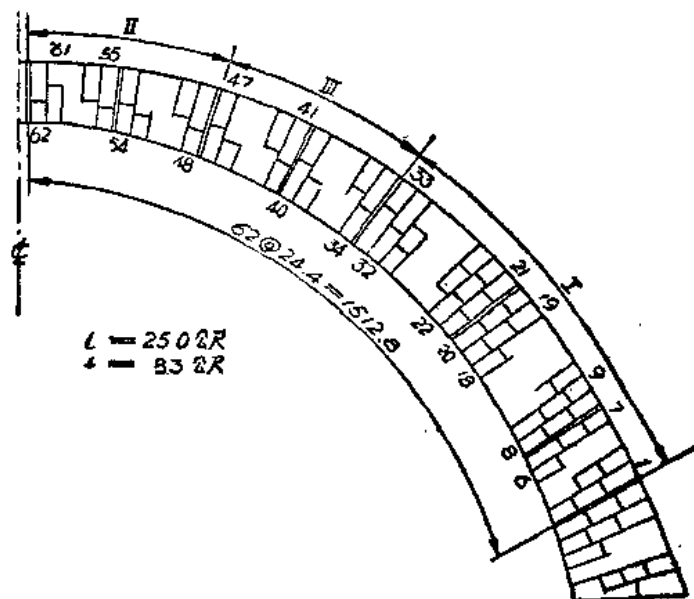
2. 拱圈砌筑

(1) 砌筑程序

按照第二工程局所做10公尺以上跨度石拱桥44孔的经验拱圈砌筑程序如下：

① 用钢拱架砌拱的程序

基本上将拱圈分为三段（即拱桥中線每边三段，全桥共六段）。I，II两段同时对称进行，其速度比例应保持在 2 : 1 左右，严格要求对称和均衡。几种不同跨度的拱圈砌筑程序见表（一）。又圖八系以25公尺为例，表示分段砌筑法及預留空縫的位置等。



圖八 用鋼拱架分段办法

② 用木拱架砌拱程序

拱圈仍可採用 3 段的办法进行（即在拱桥中線每边三段，全桥共六段）。空縫位置設於起拱綫及木拱架节点处，因为节点强

度較大，拱架變形成為一條折綫，節點即為轉折點，最容易使拱圈發生裂紋，故在節點外預留空縫。圖二系以25公尺石拱橋為例，表示用木拱架砌築的程序及空縫位置。

因此不論拱架採用何種材料，鋼的或木料，依照上述先進方法和砌築程序特別是在拱腳處預留空縫，根本消滅了裂紋。

(2) 灰縫大小

拱圈灰縫越窄，在理論上圬工的強度越高，但施工時很難灌滿灰漿，反而影響質量，達不到應有的應力，以致發生裂縫。因此灰縫應適當加寬，使灰漿飽滿。根據第二工程局的經驗認為：拱圈跨度在4至12公尺者，灰縫寬度應為10至15公厘；拱圈跨度在15至35公尺者，灰縫寬度應為12至20公厘，基本上與規程所規定的灰縫不應大於2公分相符。

(3) 空縫填塞

空縫是避免拱圈在砌築過程中因拱架變形而發生裂紋的措施。空縫可將灰縫擴大至3公分，但拱圈底面及兩側外露的空縫寬度不應擴大。留空縫時可以將兩邊拱石擴大，也可只鑿一邊。

跨度15~25公尺拱圈靠近拱腳的2、3條空縫用8~12公分長的 2×3 公分鑄鐵塊墊隔拱石，其餘空縫可用1:1水泥砂漿10~20公分長的 2×3 公分塊，或用140級混凝土塊墊隔。

填塞空縫是按照蘇聯謝茹爾愛方法進行的，這方法首先是水泥砂漿用半干松散的，其次是全拱空縫同時為固，再次是搗固時用大力槌夯實，並按薄層進行。夯實時，開始用鐵夯夯實，當到達縫隙的上部時，改用硬木夯，各層砂漿在搗固中呈現濕潤，搗固即行終了。

填塞空縫時，應先噴水清洗，使灰縫沒有雜物並在濕潤的環境下健全發育。

拱圈空縫的填塞，應同時進行。

(4) 利尖溫度

蘇聯對利尖溫度會有以下的規定：①法因著的石橋及混凝土