

121501

中等專業學校教學用書

鐵路橋隧建築物

下 册

H. B. 辽 林 著
T. M. 鮑格达諾夫



教師參考室

陳列圖書不得携出室外

人民鐵道出版社

344

551

121501

516/344

T 2 K

中等專業學校教學用書

鐵路橋隧建築物

下 冊

H·B·辽 林 著
T·M·鮑格达諾夫

同濟大學橋梁隧道教研室譯

人 民 鐵 道 出 版 社

一 九 五 七 年 · 北 京

本書系敘述鐵路橋隧建築物的構造、建築方法和運營方法的基本知識，並特出地介紹了蘇聯在橋隧建築物運營方面的先進經驗。原書經蘇聯交通部教育總局批准作為工人技術學校的教材。譯本分上下二冊出版，本冊包括石橋及混凝土橋、鋼筋混凝土橋、涵管、隧道及蘇聯鐵路橋隧建築物的維修組織等章。本書並可供擔任鐵路橋隧建築物方面工作的工程師、技術員、領工員等參考之用。

擔任本冊翻譯工作的為胡匡群、金成傑、張兆興、陸自立等。

鐵路橋隧建築物

下冊

ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

蘇聯 Н·Б·ЛЯЛИН, Т·М·БОГДАНОВ 著

蘇聯國家鐵路運輸出版社（一九五三年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1953

同濟大學橋梁隧道教研室譯

人民鐵道出版社出版

（北京市霞公府17號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印（北京市建國門外七聖廟）

1957年6月第1版

1957年第1次印刷

印數：0001—2,380冊

書號：772 開本：850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張5 $\frac{7}{8}$ 字數：180千 定價(10)1.00元

目 录

第五章 石桥及混凝土桥

§ 38. 石桥及混凝土桥的特性及使用范围	1
§ 39. 石桥和混凝土桥的材料。关于拱圈作用的概念	2
1. 材料性质	2
2. 关于拱圈作用的概念	6
§ 40. 石桥及混凝土桥的式样及构造	9
§ 41. 排水和防水层	12
§ 42. 石桥及混凝土桥的修筑	15
§ 43. 石桥及混凝土桥的运营	20

第六章 钢筋混凝土桥

§ 44. 钢筋混凝土桥的特性及其使用范围	23
§ 45. 钢筋混凝土的性质及其计算的概念	24
§ 46. 梁式钢筋混凝土桥的型式及构造	30
1. 板式桥跨结构的桥梁	30
2. T梁桥跨结构的桥梁	34
§ 47. 关于连续的、悬臂的、框架的、拱式的及其他的钢筋混凝土桥的概念	46
1. 连续梁桥及悬臂梁桥	46
2. 框架桥	48
3. 拱桥	51
§ 48. 预应力钢筋混凝土桥跨结构的概念	57
§ 49. 钢筋混凝土桥的建筑	63
§ 50. 钢筋混凝土桥的运营	71

第七章 涵 管

§ 51. 涵管的特性和应用的範圍·····	77
§ 52. 涵管的形式和構造·····	78
1. 概 述·····	78
2. 石涵管与混凝土涵管·····	82
3. 鋼筋混凝土涵管·····	85
4. 金屬涵管·····	93
5. 木涵管·····	94
§ 53. 小型过水建筑物的特別型式·····	95
§ 54. 涵管的建筑与改建·····	99
§ 55. 涵管的运营·····	103

第八章 隧 道

§ 56. 隧道概述·····	106
§ 57. 隧道開砌的材料、構造和形式·····	108
§ 58. 隧道的排水建筑物和其他的設備·····	113
1. 排水建筑物·····	113
2. 避險洞和避險室·····	114
3. 洞門和洞口·····	115
4. 通 風·····	116
5. 照明、通信和信号·····	116
§ 59. 隧道的修筑和改建·····	117
1. 总 則·····	117
2. 隧道挖进的方法·····	120
3. 隧道改建方法·····	123
§ 60. 隧道的运营·····	125

第九章 苏联铁路桥隧建筑物的維修組織

§ 61. 桥隧建筑物的运营原理·····	129
§ 62. 桥隧建筑物运营部門的組織·····	130
§ 63. 監理和修理的种类和期限, 技术文件·····	131

§ 64. 建築物的檢定和檢驗	134
1. 檢 定	134
2. 儀器測量和其他測量	138
3. 橋梁的檢驗	147
§ 65. 橋隧建築物狀態的評分	154
§ 66. 經常維修和修理的組織	154
§ 67. 流冰和洪水的通過	159
1. 水流狀況的觀察	159
2. 經常維修和修理的措施	161
3. 防洪準備的技術組織措施	163
4. 洪水期間的措施	165
5. 洪水後的措施	167
§ 68. 施工時安全的保證	168
§ 69. 技術監理	172
1. 技術監理的任務	172
2. 墩台建造	172
3. 混凝土及鋼筋混凝土構件的製造	173
4. 金屬橋跨結構製造及架設	175
5. 橋面設置	176
6. 橋頭填土	177
§ 70. 建築物驗收	177
附錄: 橋隧建築物大修用的平均修理周期	181

第五章 石桥及混凝土桥

§38 石桥及混凝土桥的特性及使用范围

从远古时期起，就已採用石塊來建築橋梁和其他的結構物。

作為個別石塊之間的結合物的水泥砂漿，按其強度來說，是接近於石塊的。因此，由堅硬的岩石（花崗石，沙石及石灰石）所建築的石橋以其更大的、以世紀來計量的耐久性，而不同於其他材料所建築的橋梁。同時石橋的運營費用是不大的。建築得很好的石橋在很長的時期內幾乎不需要修理。

石料當作建築材料，抗压很好，抗拉很差。相差達10—15倍。因此石橋的唯一構造式樣是以楔形石塊按輻向佈置砌縫而做成的拱形（圖 311）。在這樣的拱的斷面上主要引起的是壓應力，而這正是石料承受得很好的。

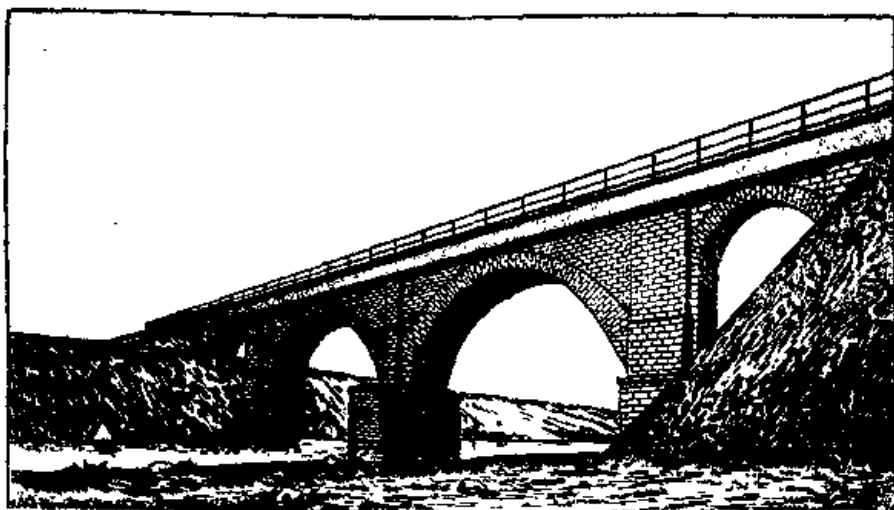


圖 311. 實體石拱橋

由於實體石拱橋本身重量很大，因此它所跨越的橋孔一般不超過50公尺，在極少情況下達到100公尺。

由於石橋的本身重量很大，活荷載對於它的影響一般就比較小，而活荷

載逐漸增加的影響則無關緊要。因此甚至在活荷載顯著增加時也不需要加固和改建。

石料可以很好地接受加工，而拱是美麗的建筑藝術形式之一，它可以賦予建築物輕型的外形，也可以賦予重型的外形。

石橋雖然有上述的優點，但在最近幾乎停止了石橋的建造，這是由於石塊開採工作和石塊砌筑的施工直到現在仍然是不能機械化的，因此石橋的建造需要很長的施工期限以及相當大的勞動力消耗。

石橋的造價通常比鋼橋和鋼筋混凝土橋高些。但是如果在建造橋梁的地區具備有質量良好的石料，並可能以機械化開採，同時倘若估計橋梁要使用幾世紀之久而石橋運營的費却化得很少，則建造石橋在許多情況下在經濟上可能是合理的。

石橋的缺點是它對於墩台的不均勻的沉陷很敏感，這墩台的不均勻沉陷能夠引起拱圈裂壞。

混凝土橋就構造形式和靜力性質來說和石橋是沒有區別的。

混凝土橋由混凝土塊造成拱或者就地澆築成混凝土拱。在第一種情形下，混凝土橋實質上同石橋沒有區別。在第二種情形下，混凝土橋具有較大的整體性，同時卻產生了嚴重的缺點，這就是由於混凝土的收縮（即混凝土在硬化過程中縮短）在混凝土內引起拉應力。但是因為混凝土抵抗拉力不好，因此由於收縮的緣故，可能在拱內發生裂縫。由預先澆制的混凝土塊造成的混凝土拱就沒有這個缺點。

溫度變化的影響和收縮的影響類似，對混凝土拱比對石拱大些，因為混凝土的線膨脹系數比砌石大25%。

建造混凝土橋的工作同石橋比較起來費工較少，因為混凝土的製造、運輸和澆築是可以機械化的，並且不需要極熟練的工人。

確定混凝土橋或石橋的形式及尺寸時它的抗拉能力略去不計，同時限制它的受拉範圍。

§39 石橋和混凝土橋的材料。關於拱圈作用的概念

1. 材 料 性 質

建造石橋應採用紋理均勻的天然岩石（花崗石，砂石，石灰石），不得有裂縫，不風化且耐凍。石料對壓力的機械強度應不小於400公斤/平方公

分。所用石料的耐冻性像它的强度一样，以相应的试验来规定。

对于拱採用下列形式的砌石：粗整料石，粗次料石，精选块石，块石，烧砖。

砌筑拱圈、拱上建筑及面饰的各个细整料石和粗整料石的长度应为其宽度的1.5~2倍，而块石则应为1.5~4倍，同时厚度应不小于20公分。

石桥的裸露表面（拱圈、拱上建筑及墩台）在气候严寒的地区以及由于美术上的理由，要像桥梁墩台一样的镶以强度较高的石块。

对于石块的砌筑採用200~400号的硫酸盐水泥和适合于ГОСТ970的要求的250~400号的火山灰质硫酸盐水泥（对于易受水的侵蚀性作用的部份）作为胶合剂。

砌筑用的水泥砂浆系由两部份组成——水泥和沙，它们体积上的相互关系，规定如1:3，1:4等的比例。

对于拱圈及桥梁在高水位以下的部份採用成份为1:3的水泥砂浆，对于高水位以上的部份則用1:4，水泥标号不得低於200。

水泥砂浆的稠度（滞度，流动性）决定於掺和的水量，它应该能讓水泥砂浆自由地填满石块之间的所有空隙。实际上水泥砂浆的标准稠度是这样来决定的，即水泥砂浆不能由罐上流出，而在掌中紧握后，虽放松手指亦不散开。比较准确地决定水泥砂浆的稠度用专门的实验室作试验。

对于混凝土桥採用人造石材料——混凝土，混凝土系由水泥、水、沙、砾石或碎石的混合物硬化而成。根据稠度和浇筑的方式（工作适合度），混凝土分为干硬的，塑性的和流注性的。

混凝土的成份以水泥、沙和砾石（或碎石）之间的重量比来表示，並指明水灰比——水的重量和水泥重量之比，例如：1:2:4， $\frac{B}{II}=0.6$ 。这就是說混合物由一份（重量的）水泥，两份沙和四份砾石（或碎石）组成。

水泥和水是混凝土中的活性成份，因为由於它们之间的化学反应而形成水泥石，並把它和填充料（惰性料）——沙和砾石或碎石联结起来。

所谓混凝土强度系指尺寸为20×20×20公分的混凝土小立方体的受压强度極限，小立方体系由混凝土制成並經28天的养生。混凝土受压强度的極限，称为混凝土标号。例如，标号140或170等等就意味着上述尺寸的混凝土小立方体經28天生养的受压强度極限。相应地为： $R_{28}=140$ 公斤/平方公分， $R_{28}=170$ 公斤/平方公分等等。

在混凝土桥採用的混凝土标号为：350，300，250，200，170，偶有用

140 ●。

混凝土的强度，如同它以许多次的试验所表明的，决定于水泥的强度及为了拌和而取用的水量。强度最高的混凝土是在这样的条件下获得的，此时掺用的水量仅够全部同水泥结合而形成没有空隙的水泥石。过多的掺水会降低混凝土的强度。但是为考虑到浇筑混凝土的施工条件，即为了使混凝土具有可塑性（例如灌注混凝土），往往不得不掺用过多的水。

在配合混凝土成份时，根据它的强度和稠度的需要决定一定的水灰比，因为在水灰比和混凝土强度之间存在着一定的关系。根据施工需要的最大水灰比 B/H 不得超过 0.65。

混凝土强度随水灰比 B/H 的增加而降低，如图表所示（图 312）。

影响混凝土强度的最重要的因素，是水泥的强度和份量。水泥的标号愈高，则在同一稠度下为了得到同样强度的混凝土而需用的水泥应该愈少。在水泥数量相同的情况下，它的标号愈高，则当其他条件相同时，混凝土的强度也愈高。

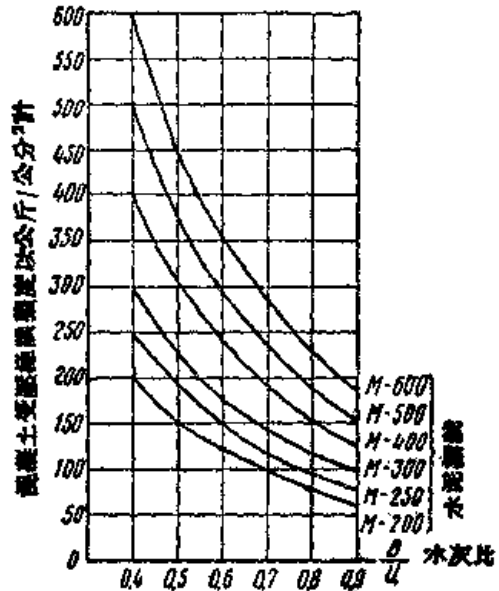


图 312. 各种水泥标号的混凝土的强度与水灰比 B/H 的关系

在混凝土桥采用 200~600 号的矽酸盐水泥，以及 250~500 号的火山灰质矽酸盐水泥和矿渣矽酸盐水泥，水泥的标号通常高于混凝土标号 1.5~2 倍。

拌合混凝土的水不得含有脂肪、植物油脂、糖份及游离的酸等。

填充料的颗粒形状和强度对于混凝土的强度也有若干影响。

混凝土的强度，在很大程度上决定于其制造和浇筑的精密性。采用混凝土拌和机以制造混凝土，遵守一定的拌和期限，浇筑混凝土时加以捣实与震盪等等，可以提高其强度。

混凝土硬化的环境对其强度也有影响。如果混凝土在潮湿的环境中硬化，则混凝土可达最大强度。所以在浇筑混凝土以后的最初一段时间必须用

● 最近标准规定的混凝土标号为 400, 300, 200 及 150。

水澆洒，並用潮湿的复盖物（帆布、麻袋布、潮湿的絮屑等等）覆盖，以防止干燥。

混凝土在空气中硬化的过程中同时缩小体积，就是说尺寸收缩。这个所谓混凝土的凝缩现象可延长到几年，而在硬化开始的时候收缩得快些，此后随强度的增长而逐渐微弱。

凝缩时尺寸的收缩一般可以达到每公尺0.2公厘。

凝缩在混凝土中引起拉应力，但因为混凝土抵抗拉应力不佳，因此在混凝土中，尤其是在其表层，可能出现裂缝，这是因为外层的凝缩发生得比内层强烈。

为了减少凝缩的影响，予以澆水並以潮湿的复盖物覆盖混凝土也是有好处的。为了防止可能发生的凝缩裂缝，把混凝土拱的澆筑安排成几个个别的部份，它们中间的缝隙则在其硬化以后再灌注混凝土。

混凝土发生硬化时的温度，同样强烈地影响其强度。能使水结冰的严寒（零度以下）会使得硬化作用停止。混凝土硬化的正常条件是温度零上 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 及空气的相对湿度为90~100%。

在增高的温度及足够的湿度下（在温度达 80° 的热水中，在温度 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 的潮湿蒸汽中），混凝土硬化较之於在普通条件下显著地加快。因此在制造混凝土块时，假如要求加快其硬化，则用蒸汽、热空气或电流将其加热。

除了增高温度使混凝土硬化加速的方法外，亦常采用化学的方法，就是在混凝土中掺入加速剂——份量为水泥重量的1.5~3%的氯化钙（ CaCl_2 ）。

对于遭受侵蚀性水（碳酸水，海水，含矿物质的地下水）的破坏作用的桥梁混凝土部份，采用火山灰质硫酸盐水泥或矿渣硫酸盐水泥，在水的侵蚀性颇大时，则用特殊的保护措施（用粘土层、板槽围护等保护混凝土表面）。

混凝土的密实性，决定於在澆筑好的混凝土内部没有空洞，这对于混凝土桥乃是最重要的因素，因为它关系於桥的使用期限，即建筑物对于空气和化学作用（严寒、侵蚀性水的作用）的坚固和耐久性及防水性。

在一定的 B/II 下，可在水泥和填充料的份量之间规定合理的比例来保证混凝土的密实性。为了保证足够的密实性，根据准则，在一立方公尺澆筑好的桥梁混凝土中的最低水泥含量，在用震捣器澆筑的情况下一般不应少于260公斤，用手工澆筑则不得少于230公斤。

合理的配合混凝土成份具有很大的经济上的意义，此在於可以减少单位体积混凝土内的水泥消耗，但仍能满足强度、密实性和可塑性等条件。

在施工现场，專門有混凝土試驗室配合混凝土成份，並执行檢驗已澆好的混凝土的質量。

對於石橋和混凝土橋，以及對於墩台圬工的容許應力的大小規定在橋涵建築及設計技術准則（ТУПМ—47）中。

2. 關於拱圈作用的概念

在石橋和混凝土橋，跨越墩台之間的空間的拱圈（圖 313）是橋跨結構的主要荷重部份。断面 1—1 叫做樞石或拱頂，而断面 2—2 叫做拱脚。拱圈以拱脚支承於墩台上。通过拱圈断面重心的綫，叫做拱軸。

拱脚重心之間的水平距离 l ，叫做拱的計算跨度，而墩台邊緣之間的距离 l_1 ，叫做墩距或淨跨度。拱脚接縫中心的联綫到拱頂中心的鉛垂距离 f 叫做拱矢。

显然，在同一个計算跨度 l 的情况下，矢高 f 可能是不同的，这就是說，拱圈可以是平緩的和陡峭的。

拱的扁平度的特性，可以矢高与跨度的比例 f/l 来表示。在鐵路桥梁中，这个比例採用为 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{8}$ 。

拱軸的外形及其扁平度严重地影响到在拱身断面上發生的計算应力及拱圈傳到桥梁墩台上的作用力。

今研討由个别楔塊所堆疊成的拱圈（圖 313）。每一楔塊在本身重量和荷載 P 、 P_1 、 P_2 、 P_3 的作用下，力圖沿接縫的平面落下。这个运动被相鄰的楔塊所阻止。因此，在楔塊之間沿着接縫平面就發生了压力 ΔS ，它依次地由一个楔塊傳到另一个楔塊，結果由拱圈墩台所承受。

接縫上压力的合力以 S' 、 $S'' \dots \dots S$ 表示。

拱脚接縫平面上的合力，可以分解成兩個方向的分力：鉛垂的和水平的。鉛垂分力 V 把拱圈緊压在墩台上，而水平分力 H ，叫做推力，則力圖把墩台推开，因此墩台应具有足够的穩定。

合力 S' 、 $S'' \dots \dots S$ 的作用点的連綫，叫做拱圈压力綫。如果楔塊間發生相等的压力，則合力 S' 、 $S'' \dots \dots S$ 作用在接縫平面的中心，則压力綫与拱軸重合。在这种情形下，拱圈的全部楔塊受到均匀的壓縮。但实际上，由於动荷載位置沿着跨度变化，接縫上的压力是不均匀的。

压力綫 Kmc （在圖 314 上以虛綫表示）對於拱軸的位置一方面决定了拱圈不同断面上所發生的应力性質，另一方面也决定了它分配的均匀程度。

在压力綫与拱軸相合（断面 $n-n$ ）的情况下，在輻射狀接縫上的应力等

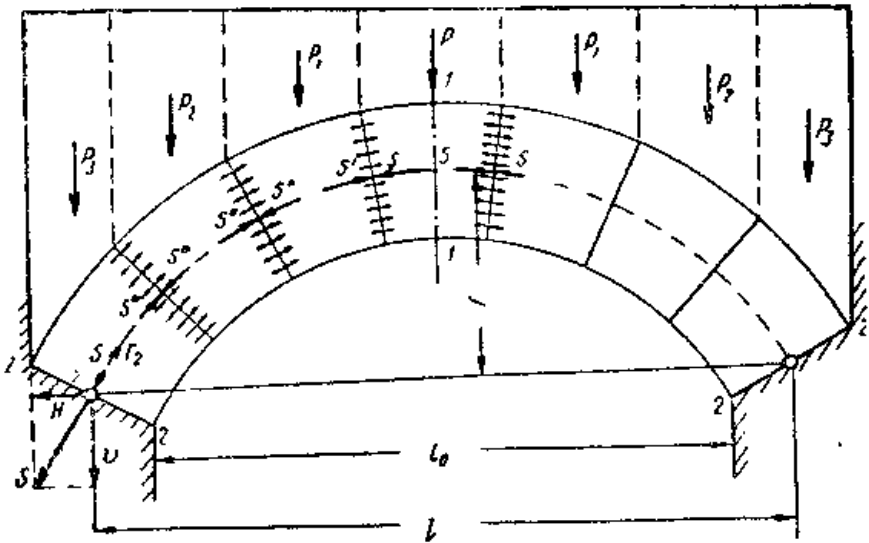


圖 313. 拱圈圖式

於

$$\sigma = \frac{S}{d}$$

式中 S ——接縫上相應的壓力；
 d ——單位寬的拱圈厚度。

倘壓力綫不通過接縫重心，則應力決定於偏心變壓的公式，與決定基礎底面壓力 (§34) 相同：

$$\sigma = \frac{S}{d} \left(1 \pm \frac{6e}{d} \right)$$

式中 e ——壓力綫與拱軸間的距離（偏心距），因此在比較靠近壓力綫的邊緣上達到壓應力的最大值。如果以對面邊緣沒有拉應力的條件為出發點，則必須滿足不等式：

$$1 - \frac{6e}{d} \geq 0$$

由此 $e \leq \frac{d}{6}$ 。

就是說，這個不等式提出一個條件，在這個條件下壓力綫不得越出拱圈斷面中央三分之一，即所謂斷面核心的範圍。

技術準則 (ТУИМ—47) 要求偏心距 $e \leq (0.25 \sim 0.30)d$ 。

为了滿足拱圈均匀受压的条件，在设计时按照静荷载（即拱圈本身重量及拱上填料的重量）的压力綫定出拱軸的形狀。石桥和混凝土桥上的活荷载在重量上對於静荷载来講是一个很小的部份，不会把压力綫从拱軸偏出很多。

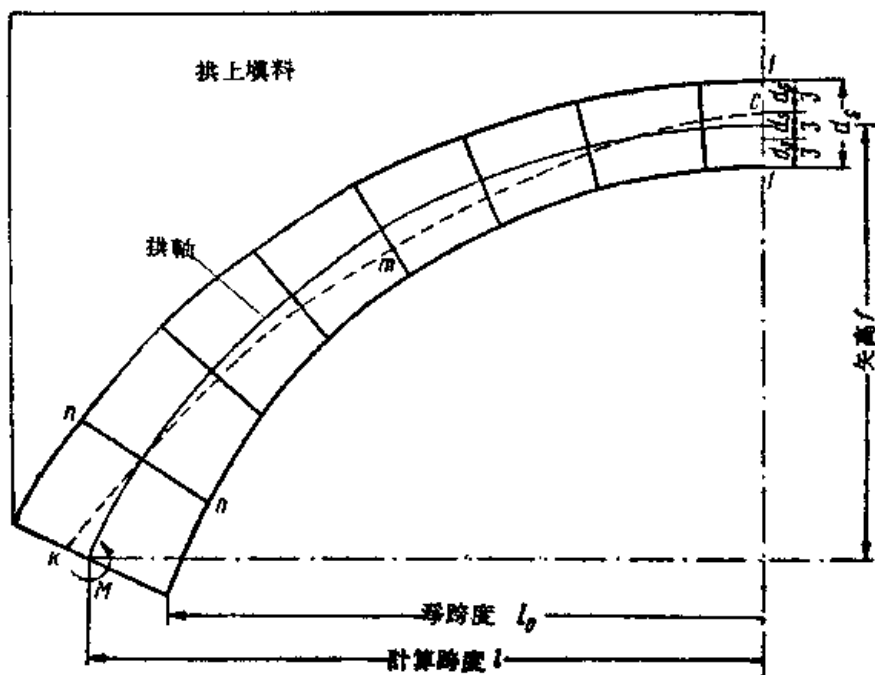


圖 314. 拱圈压力綫

可以由下式近似地定出拱頂处的弯矩：

$$M = V \frac{l}{2} - Hf,$$

而由於均佈荷载所引起的推力 H 的值可由下式定出：

$$H = \frac{\rho l^2}{8f},$$

式中 ρ ——在每公尺拱圈長度上的荷载；

l ——计算跨度；

f ——矢高。

由这公式得出結論：拱的跨度愈大及矢高愈小，則推力所达到的数值愈大。

在拱脚为刚性插砌的拱圈中（如实际上是这样存在的話）拱脚在荷载作用下不可能轉动，因此在拱脚中除压力 V 和推力 H 以外，还發生有弯矩。

§40 石桥及混凝土桥的式样及構造

石桥及混凝土桥（圖315）系由下列的基本部份組成：拱圈，桥墩台，拱上填料，边墙，防水層及桥道。

如果拱圈是由天然石或混凝土塊造成，則在拱圈的全部厚度上以垂直於拱圈内緣的輻射狀接縫做成砌筑分縫。在拱圈厚度很大或者現有的石塊尺寸很小时，則允許以各圈上輻射狀接縫數目不同的拱圈做成各圈的分縫，石塊的品質及尺寸應滿足 §39 中提出的要求。

拱圈的面飾分縫做成同拱身的砌筑分縫一樣。拱軸的形狀，如同我們上面所了解的，應該與壓力綫的形狀接近。對於跨度在25m 以下的鐵路桥梁拱圈，拱形恰似一個圓弧。拱脚設置在半徑方向，與水平綫組成 $25\sim 30^\circ$ 的角度。

有时根据建筑艺术的观点，把拱圈面飾用輻射狀的接縫做成半圓形。在这种情况下拱脚表面上是水平的（見圖 311），但它与結構上的拱脚並不符合。同样根据建筑艺术上的观点可以把拱圈面飾的厚度做得比拱圈实际的厚度小一些，並且在其全部長度上厚度相等。

拱圈在拱頂处的厚度，按結構上的观点以現有的實踐为基础来决定，並加以核算。

在中等跨度时（25m 以下），拱頂厚度为跨度的 $1/12$ 至 $1/20$ ，在大跨度时，則为跨度的 $1/30\sim 1/40$ 。拱脚厚度通常大50—80%。

拱頂的最小厚度，在用石塊砌筑时，不得小於0.5m；在用混凝土塊砌筑时不得小於0.3m。

拱頂上面的填料厚度应做成不小於1m。在这样填料厚度下，活荷載的冲击作用对拱圈的影响不大，可以不予顧慮。

拱圈与道碴槽之間的空間（拱上填料）从兩边用厚度为1~1.2m 的边墙圍护，而边墙之間的空間則用不受推力的貧混凝土或干砌片石填充。这样的構造叫做实体的拱上建筑。

为了防止拱的表面滲水，將由边墙及貧混凝土頂面所形成的道碴槽用防水層复盖（§41）。

在活荷載的作用下以及在温度降低时拱被弯曲，由此在拱脚上面的边墙中可能出現裂縫，而由於牆身在温度降低时的縮短，裂縫又会增長。

为了預防这个現象，在石拱和混凝土拱的跨度分別大於15m 及10m时，

特殊情況下才允許把拱脚設在高水位以下，但不得低於拱矢的一半，並須保證高水位到拱頂底面有不小於 1 m 的淨空。

在跨度大於 30~35 m 的石拱橋和混凝土拱橋中，特別是在高拱時，實體的拱上填料大大地增加了拱的荷載並增加了圬工體積。為了減少拱的荷載，設置用小拱跨度的孔洞（空格式的拱上建築，圖 316），小拱支承在橫牆上。

為了保證拱上建築在主拱的荷載和溫度影響下可以自由變形，把最靠近橋墩台的小拱做成三铰拱，並在三個鉸之上設置直通的縫。

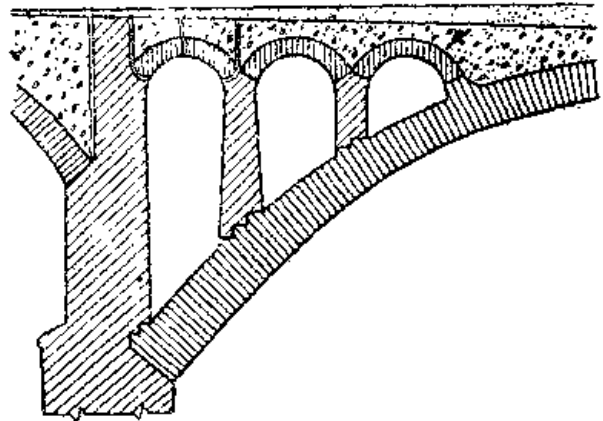


圖 316. 空格式拱上建築的拱

石橋的圬工體積也可以利用寬度較小的管拱來減少，但其寬度不得小於 3 m。在這種情況下必須設置鋼筋混凝土的道碴槽。這種橋的橫斷面示於圖 317 中，其拱圈寬度為

3 m 以代替平常的 4.4~4.5 m。拱圈寬度的縮減是借把人行道和道碴體體的边坡的位置放在車道部份的鋼筋混凝土懸臂上而得到的。但這樣的橋未獲得廣泛採用。

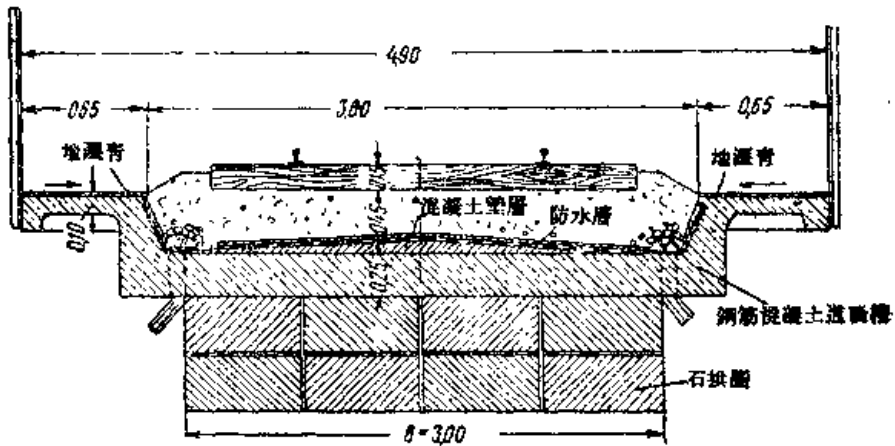


圖 317. 用管拱及鋼筋混凝土車道的橋梁橫斷面