

高等学校教学用书

桥梁教程

第三卷 第一册

Г·П·普列德列著

人民铁道出版社

高等学校教学用书

桥梁教程

第三卷 第一册

Г. П. 普列德列著

趙光震 秦尔文譯

人民铁道出版社

一九五六年·北京

本書系根据苏联 Г·П·普列德列院士著桥梁教程第三卷譯出。
本卷为叙述有关钢筋混凝土桥之結構、設計及計算、以及施工方面的
簡要介紹。本冊譯本为叙述钢筋混凝土桥之結構部分；作者列举了許
多实例以說明各种型式的钢筋混凝土桥的結構特点及其構造上的优点
和缺点。

本書除可供作高等学校教材外，並对桥梁設計工程师有很大参考
价值。

桥 梁 教 程

第三卷 第一册

КУРС МОСТОВ

ТОМ. 3.

苏联 Г·П·ПЕРЕДЕРИЙ 著

苏联國家鐵路運輸出版社（一九五一年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1951

趙光震 秦尔文 譯

人 民 鐵 道 出 版 社 出 版

（北京市霞公府 17 号）

北京市書刊出版營業許可証出字第 010 号

新 華 書 店 發 行

人 民 鐵 道 出 版 社 印 刷 厂 印

（北京市建國門外七聖廟）

1956 年 12 月初版第 1 次印刷

平裝印 1—2,835 册

書号：655 开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張 9 $\frac{5}{8}$ 字数218千 定价(10)1.40元

目 錄

自 序.....	1
----------	---

引 言

鋼筋混凝土桥式样的發展

I. 拱 桥

1. 实体拱及实体填充物的拱桥.....	3
2. 帶拱上橫牆的拱桥.....	6
3. 独立肋拱的桥.....	8
4. 下承式拱桥.....	16
5. 中承式拱桥.....	22
6. 剛性鋼筋的拱.....	24

II. 梁 式 桥

III. 框架桥及其他式样的桥梁

第一編 結 構

第一章 梁 式 桥

7. 总論.....	37
8. 簡支版的桥梁.....	38
9. 連續版及伸臂版.....	44
10. T形梁桥.....	45
11. 公路T形伸臂梁桥.....	53
12. 連續梁桥.....	62
13. 減荷桥台的桥梁.....	64
14. 下承式桥梁.....	67
15. 穿式桁梁.....	71
16. 明桥面的铁路桥.....	75
17. 跨綫桥.....	77

第二章 結構細節及方案

18. 桥台及桥墩·····	81
19. 梁式桥的支座·····	89
20. 桥面和排水·····	94
21. 桥面活动接头的盖复·····	96

第三章 框 架 桥

22. 框架跨綫桥·····	98
23. 棧桥·····	99

第四章 預 应 力 梁

24. 問題的本質·····	102
25. 在灌筑混凝土以前已拉伸鋼筋的結構·····	106
26. 混凝土凝結后再拉伸鋼筋的結構·····	108
27. 鋼筋置於混凝土外部的結構·····	110
28. 实例·····	111

第五章 拱 桥

29. 实体拱桥·····	118
30. 帶鉸拱桥和剛性筋拱桥·····	124
31. 肋拱的应用·····	129
32. 下承式拱桥·····	139
33. 系拱·····	144
34. 中承式桥·····	148
35. 帶剛性梁的柔性拱·····	151
36. 重要細節及各种方案。桥台。鉸·····	166

自 序

桥梁教程第一版是在1912年問世的。本版系第六版。對於每一新版（鉛印第五版除外），將書中內容加以改善，添入新的材料，而刪除其中的陈旧材料，作者認為是自己的責任。前一版到這一版已有二十年，因此本版特別加以整新。

作者認為应当說明，科学院候补院士 M·E·俾西臣及列寧格勒鐵路運輸学院教研組同人，對於本書原稿，提出了提高本書質量的很寶貴的意見。同时从批評中可以看出，几乎所有的批評者，對於本書的課題的了解是和作者有些不同的。因此認為對於這些課題有略加說明的必要。

教科書在現在这个字的意义上，是这样的一本書，它叙述坚定不移的、無可爭辯的像几何学、解剖学等科学的真理。这样一本書，學生們要了解它，學習其中的規律，以便能利用它在生活中解决实际問題。这就是全部對學生們所要求的东西。

這部書，我把它叫做教程，也就是這樣的書，它的課題就在於教會學生及年輕的工程師，用自己的創造性工作，作出最好的桥梁設計來。有些人可能對於所有的桥梁都知道，但是對於某一具体地点不会編制良好的單獨設計出來的桥梁設計。為了能作出獨立創造性的設計，应当使學生除了实际材料以外，更應使之了解『桥梁哲学』（假設能這樣講的話），這就能夠理解到桥梁的某一部分与其他一部分的互相關系，同时也應該使學生了解整个桥梁与当地情况甚至与時間的关系。應該能夠顧到桥梁的造价以及藝術上的要求。應該教會學生，不僅對於現有的桥梁能够加以分析，而且對於他們自己所設計的桥梁也能够加以分析。這樣的分析，無疑的應該是批判性的。

為了批判地分析桥梁，必須掌握某些从修建桥梁積累的全部經驗中總結出來的基本依据規律，簡單地說：須要在这方面作出若干的技術性的世界觀來。編出這樣世界觀的教科書，即可叫做教程。

教程中应当列有桥梁分析的例子，結構評論的例子。

在教程中也可以列有引言或附錄，本書中的附錄就是關於拱的計算原理等等。

根据这点，在教程中首先應給學生介紹这一部門中的精选材料，有指導意义的最完善的材料，这种材料可以作为工程師獨立工作的基礎，為將科學推向前進的依据材料。

这种材料，不是按照桥梁創造記錄的跨度比最長的桥梁还長10公尺來決定的。

主要的並不在於此。主要在於桥梁式样和它的結構零件是否新穎和有价值，主要在於是否可以減少桥梁的造价，縮減施工的期限，增加使用的年限，用簡單的材料使建筑物达到最大的美觀。

同样，桥梁在什么时候建筑的，这也是無關緊要的。重要的是桥梁設計的合理，構造最經濟，在形式或細節上值得作典范，比任何設計出來的桥梁，都適合於現行的技術規程。

最后對於科学院候補院士 M·E·俾西臣和列寧格勒铁路运输学院桥梁教研組，帮助將本書改善，致以謝意。

同样地對於 H·H·鮑格丹諾夫工程师在審查本教程上所作的長時間的帮助，致以謝忱。

1951年2月

科学院士 Г·普列德列

引 言

鋼筋混凝土桥式样的發展

1. 拱 桥

1. 实体拱及实体填充物的拱桥

当設計工程师須要按照一定的当地情况和一定的桥梁使用条件作出桥梁設計时，他要考慮作出一座能够滿足某些基本要求的桥，这些基本要求是：

- 1) 应使在道路上預計要通行的行人、車輛及其他等通过；
- 2) 跨越的河流、道路等的交通，所受的挤压程度为最小；
- 3) 桥梁应当是坚固的，穩定的，最耐久的美觀的；
- 4) 桥梁应当是最容易和最迅速建成的建筑物；
- 5) 在滿足一切上述要求外，桥梁应当是最省錢的。

从上古时代起，人們就知道用木料和石料作为建筑桥梁的材料。这里的第一种材料，可能發生腐朽和燃燒，因此它的寿命是暫短的和不可靠的，而孔徑愈長，則其可靠性愈小。实际上木桥最大的孔徑，不超过 120 公尺，而鉄路上的木桥則不超过 70 公尺。

至於石料，在建筑者运用中的有花崗岩、石灰岩和砂岩。它的寿命可以用百年計和千年計。这种材料是笨重的，不能作成大孔徑。实际上最大孔徑的石桥是 100 公尺；理論上可以作成 500 公尺。

如果以为石桥是最难作的，这是基本的錯誤。这种錯誤產生在：譬如鋼，送給修建桥梁人員时，已制成妥善的状态，不需要費劳动力。作为一种修建桥梁材料的石料，其缺点在於它不能承受任何較大的拉应力。桥孔僅能以沉重的拱、实体拱跨越。这就須要将拱置於路基之下，也就是僅能作成上承式。为此在大跨度的桥梁上，須要很大的高度，而这种高度在平原的河流，一般是沒有的。

此外，以为修建石桥的工作不能机械化的意見，也陈腐了。現在已有开採、鋸割、鑿平、运送及安砌石料的机器。

跨度在 100 公尺以下的石桥，可以說是最好的了。它們是最耐久的，比其他各種橋梁並不昂貴，但破壞後難於修復，因此在我們這個時代，跨度大於 30~40 公尺的石橋，未便介紹。

金屬中以鋼出現於橋梁上（最初為韌性熟鐵——Сварочное Железо）僅僅才一百年。對於各種橋梁式樣和各種荷載，它是富於伸縮性的；能製成長跨度的下承式橋，亦即低橋。但是有時這種材料是很珍貴缺乏的。

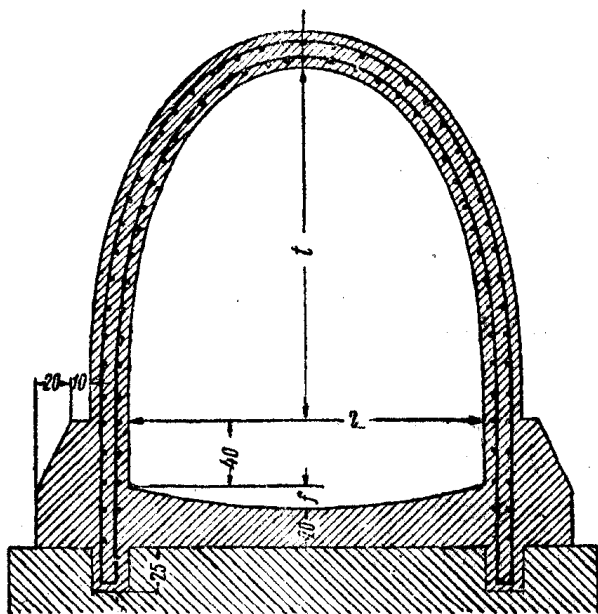
鋼筋混凝土是一種用適當排列在它內部的鋼筋來加強的人造石料（混凝土）。它能抵抗因受外力而發生於物體內部的各種內應力，特別是壓應力；這種性質在建築人員接觸到鋼筋混凝土時，首先就注意到，因此它在主要承受壓力的拱上得到了最先的應用。

在解決拱的厚度問題時，設計者考慮到鋼筋混凝土有抵抗折斷和撓曲的能力，因為在抵抗上述各力時，有善於抵抗拉力的鋼筋參加，沒有它，抵抗撓曲是不可能的。這種最重要的情況，就使鋼筋混凝土拱比石拱的厚度，可以縮減很多，因而也就減小了工作量和建築物的造價。在石拱需要 50~70 公分厚度的地方，鋼筋混凝土拱則僅需要 15 公分。在使用鋼筋混凝土作建築物較為適合的途徑中，設計者如僅僅想到拱的強度方面，很快地就遇到因為厚度太小，而失掉其穩定性的情況，這種情況表現於在各種方向都發生有致命性的裂縫，因而需要將厚度維持在一定的範圍內，因此對於設計中不能將容許應力全部利用的現象，不能加以苛求。

在這種情況下，很自然地，首批鋼筋混凝土橋與石橋一樣是用實體拱作成的。而鋼筋混凝土的實際

試驗（非試驗室內的試驗）首先也是朝着這個方向，主要是用拱來進行試驗的。

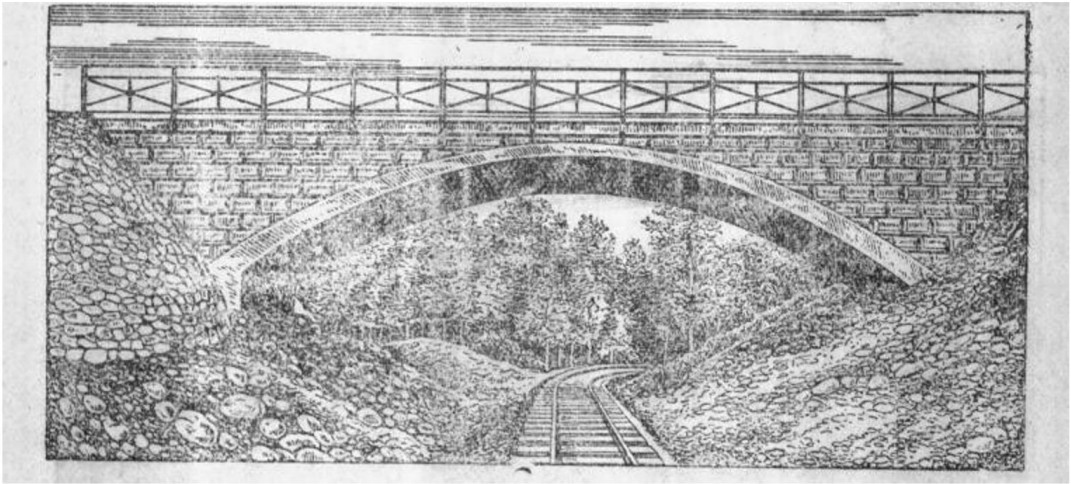
在我們有名的橋梁建築家 H·A·別列留博斯基教授（1845~1922）的領導下，1891 年在俄國作了這種實際試驗，在樓房中試用了跨度 4 公尺的拱兩個，以後又試用於直徑為 0.71 公尺的涵洞，最後試用於一孔跨度 17 公尺的公路橋梁上。而在 1892 年，在莫斯科—嘉桑間的鐵路線上修築了第一批鋼筋混凝土拱形涵洞。這種涵洞曾經在 1900~1902 年於修築維帖布斯克—日洛賓鐵路時，更有系統地加以應用。這種涵洞之一種的橫截面，列於第 1 圖。涵洞孔徑達 2.7 公尺，拱頂以上路基的最大高度達 9 公尺。孔徑為 1.28 公尺，拱頂路基高度為 6.6 公尺時，拱的最小厚度，



原始形式的結構

第 1 圖

亦即全部拱圈厚度，均为18公分。在孔径为2.7公尺，拱顶路基高度为8.8公尺时，拱的最大厚度为37公分。涵洞形状为直立的半椭圆形，其一轴等于涵洞孔径，而另一轴则等于其二倍。同时半椭圆形的下部为40公分高的长方形和作为洩水床用的弧形。此种形状的涵洞是不能用的：涵洞上部横截面的缩小，对于涵洞的洩水能力，有不利的影响。① 计算时所采用的容许应力：混凝土压应力为10公斤/公分²，钢筋的拉应力为450公斤/公分²。

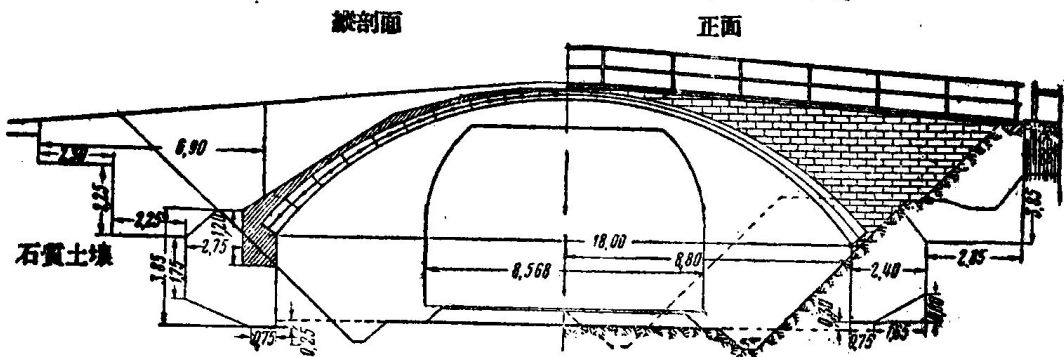


第 2 圖

混凝土的成份为1:3；仅使用砂子一项作为集料，其颗粒直径约0.5公厘，亦即细砂。这不是混凝土，而只是砂浆。

由这里我们可以看出，使用混凝土是很谨慎的：当时试验室的试验，经验的分析研究及实际应用还很少。谨慎是应当的。

在这个时候，根据当时的工程师普道尔斯基教授的倡议，从1902年在南高加索铁路线上，曾修建了乡村道路的跨线桥数座。其中一座的总图如第2图，另一座的纵剖面图如第3图。后者拱的跨度为18公尺，矢度为4.25公尺，拱顶厚度为20公分，拱脚厚度各为40公分。拱的宽度亦即全桥的宽度为4.25公尺。

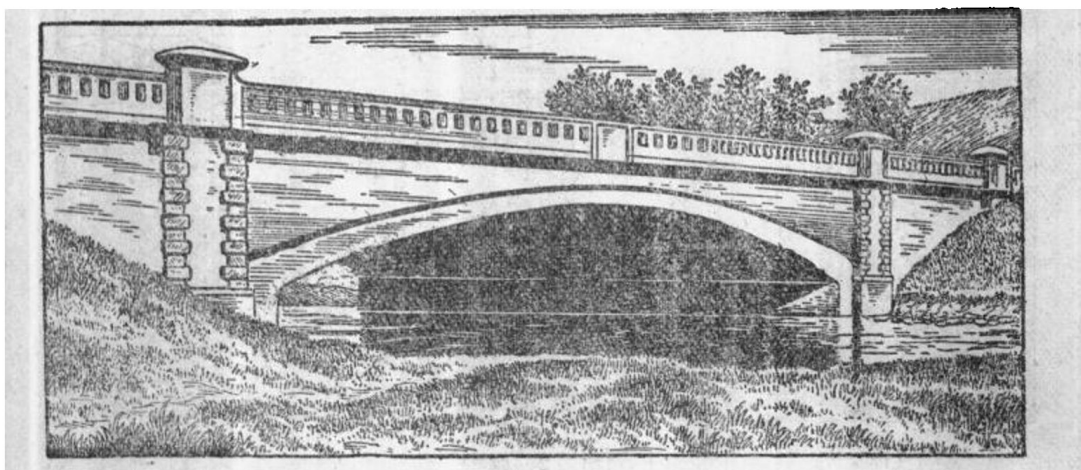


第 3 圖

① 見Г.П.普列德列著：桥梁教程第二卷，第二章。

在拱上，拱的兩边，用有規則的石塊作鑲面修筑了片石圪工边牆，以支承拱頂上面的碎石、卵石或磚头瓦塊構成的填充物，而在填充物上即鋪筑道路的路基。保护拱圈免受雨水浸湿的防水層，圖上並未繪入，但是它是应当有的^①。

鋼筋混凝土桥和石桥一样，在外表方面均易於作藝術加工。第4圖上的桥的外觀，就說明这一点。这座雄偉的桥梁，其跨度为21.3公尺。除桥孔兩旁立柱的四个角上的石料以外，桥的表面均为混凝土的。



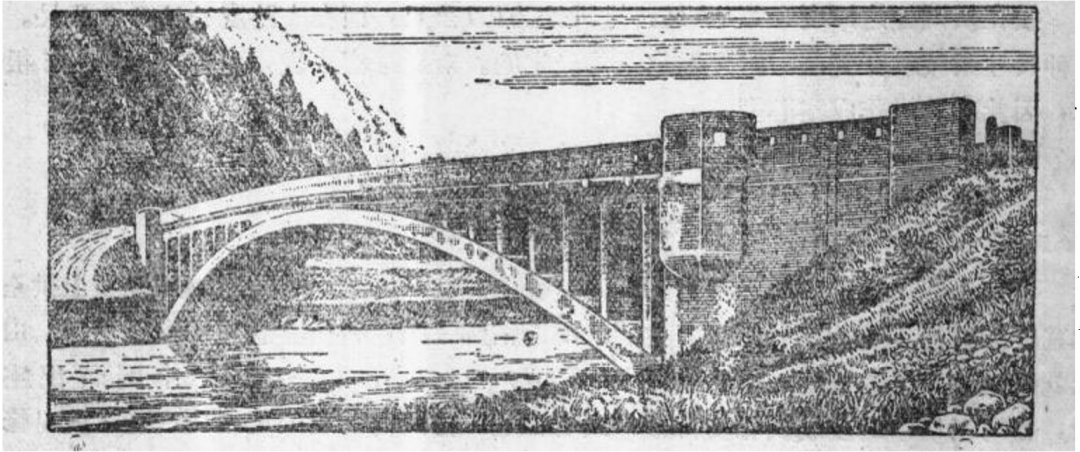
第 4 圖

2. 帶拱上橫牆的拱桥

在上述各种情况中，鋼筋混凝土桥在結構上系摹倣石桥的構造，其厚大的拱，使在一定的条件下，不另加很大的費用，即可承受拱上填充物的重載。而薄鋼筋混凝土拱，對於是項重載，即不完全適宜。随着跨度的增大，这个問題有着这样重大的意义，以致設計者想設法取消填充物，而用鋼筋混凝土的特別部分，像：整版和一系列的橫牆或一排一排的柱子以承托桥面。減輕恒載，不僅對於拱是重要的，而且對於桥台也是重要的，如果不減輕恒載，这些桥台必須支承更大的橫推力，如桥梁很高时，這項增加的費用是不不少的。

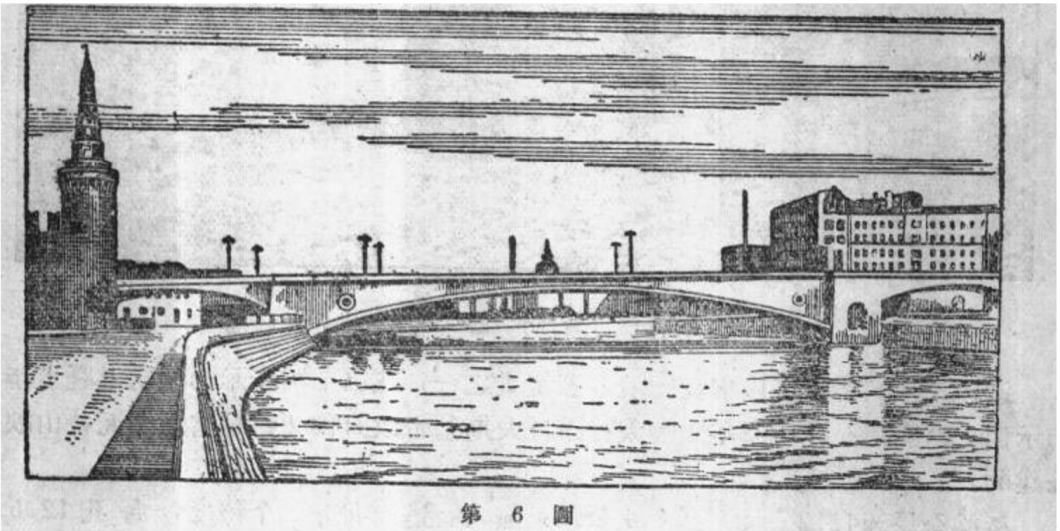
这样桥梁的代表作，見第5圖。它的跨度为50.4公尺，矢度为6.12公尺（跨度的 $\frac{1}{8}$ ）。拱上的填充物取消了，不需要边牆了。为了作成路面，設計了鋼筋混凝土版，下用橫牆支承，这些橫牆把路面的荷載，在其全部寬度上均衡地傳達於拱。为了使路面和採用橫牆相配合起見，路面也必須按全桥的寬度压在橫牆上，也就是橫牆之間的空間，用無梗部的普通版來复盖。在这种情况下，跨構即为拱、橫牆和版所組成。橫牆間的距离，不宜过大，以免使版的厚度太厚。第5圖所示之桥梁，橫牆間距为1.88公尺；版厚18公分。

^① 小桥結構是極原始形式的，例如在桥座拱脚部分。



第 5 圖

这种拱桥，后来得到了很大的应用和发展。属于这种桥的有在1938年修建的莫斯科河桥（第6圖）。全桥共有三孔。主孔即中间一孔在河上，跨度为92公尺，为三个平行的、宽9公尺的拱，拱与拱间的净距（空间）为5.7公尺。拱与空间共宽38.4公尺。路面宽40公尺，其中34公尺为汽车道。桥面用横墙及立柱支承在拱上。桥梁的侧面和全桥都用玫瑰色花岗石镶面。为了镶面在两旁修建了竖墙，以便於其上固定花岗石镶面版。



第 6 圖

大拱的桥墩为沉箱基础。拱的矢度为6.9公尺，即等於跨度的 $1/13.3$ 。

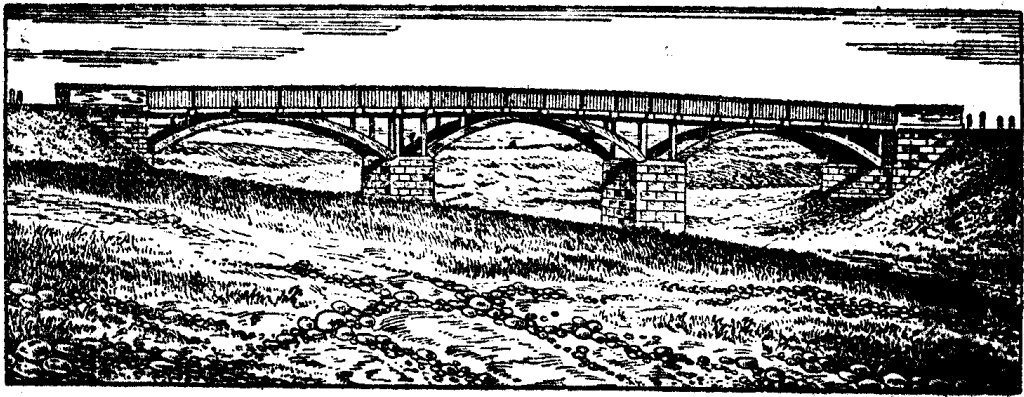
拱在拱脚处装有铰，因为极平的平拱不可能避免细微的变形（特别是在拱脚之处），以致拱上建筑物在这些地方可能发生裂纹，而在拱的本身则发生过大的应力。铰为钢制。修建拱桥时，在拆除拱的模型板以前，即便是第3个铰——在拱顶处的铰，也是起作用的。在拆除模型板时，须将第3个铰填筑起来，使拱变为双铰拱。

拱在拱頂處之厚度為2.1公尺，拱腳處為1.7公尺，而在 $\frac{1}{4}$ 跨度處為2.3公尺。這種尺寸系按拱在受壓力時之穩定條件決定的。對於強度來說，這種尺寸實在很大，因此應將拱作成空心型。

兩邊跨度各為42公尺，跨越沿河街道。某些詳細情況，列於第30節。

3. 獨立肋拱的橋

進一步減輕拱式跨構的努力，系由這樣的想法，即在中等跨度鋼筋混凝土拱全部寬部的材料難於全部利用而發生的；由於結構關係，得出非意想的安全係數。由此就想法縮小拱的寬度，倘它有很大的寬度，可將拱分為2~3條，中間留出空間，和圬工橋中的多肋拱相彷彿^①，或者在這一方面向前走的更堅決一些，就是修建數個和木拱一樣的，在其截面上寬度小於高度的，互相平行的，純粹的拱，用以代替寬拱。這種拱為了取得穩固性，以橫撐及對角撐互相聯結，或僅用固牢於拱內的橫撐聯結，以便在水平方向得出沒有斜撐的桁架。與拱平行之荷載，傳於相當寬度的橫牆或立柱上。在後者情況下，立柱上置有橋面之T梁，其上面荷載，則用梗部來傳遞。如此得出的跨構系由拱、立柱及T梁諸桿件構成。

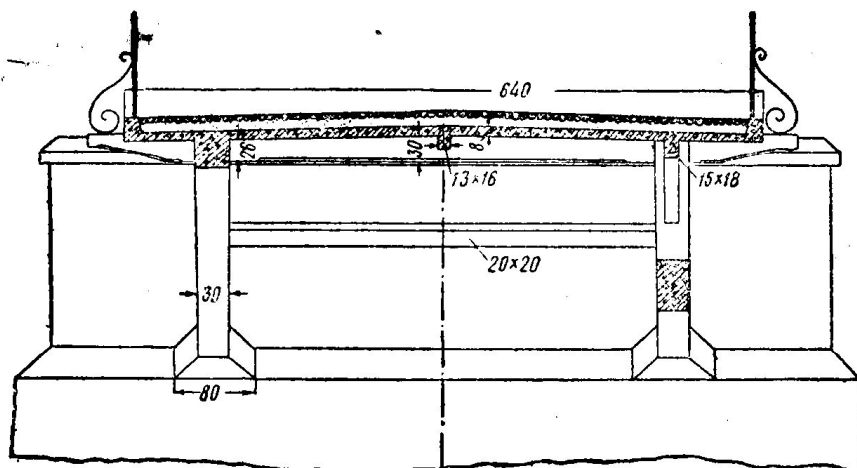


第 7 圖

這種式樣的橋梁可以拿我們最古老橋梁之一，在第7圖所示的鋼筋混凝土橋作為示例。這座橋是在1902年愛略太林諾拉夫斯基帝政時代為跨越喀敏諾瓦特山峽而修建的。

橋梁全長為42.2公尺，寬6.4公尺，無人行道。共分三個跨度，每孔12.5公尺，拱的矢度為2.13公尺。拱的寬度在全長上均為35公分。在拱頂處之高度為36公分，而在拱腳處為47公分。在全橋的寬度中共有兩個拱，相距4.26公尺。兩個拱用 20×20 公分²的橫撐相聯結（第8圖）。立柱的截面為 15×15 公分²。立柱支撐着 15×18 公分²的縱梁及截面 15×26 公分²的橫梁，在橫梁上放置中部縱梁及厚度僅8公分的版。在版上的砂層上鋪有石砌路面。

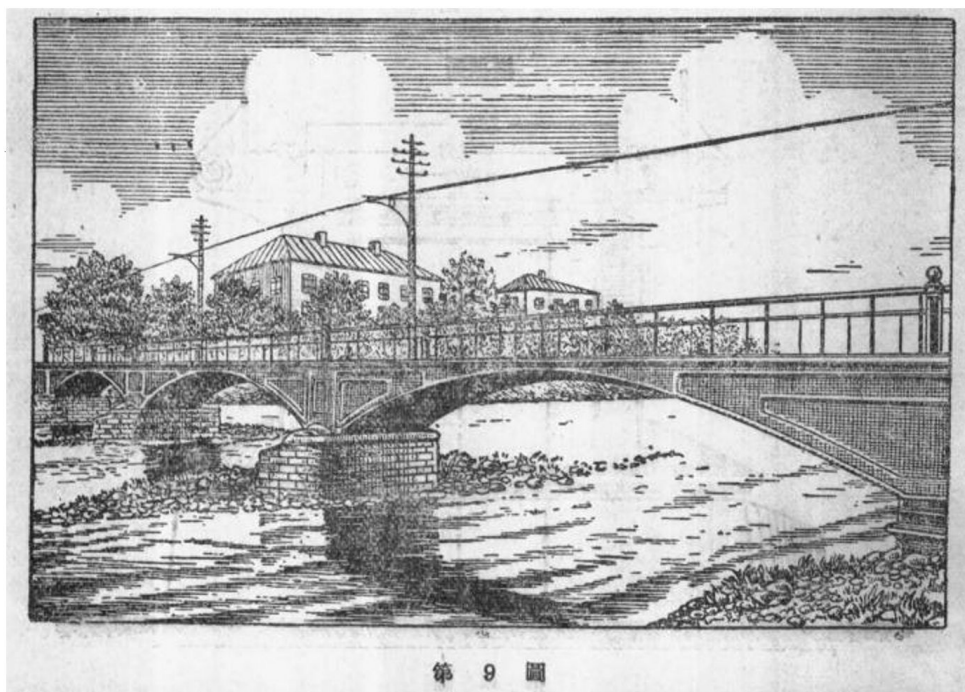
① 見Г·П·普列德列著：橋梁教程第一卷俄文本第35頁。



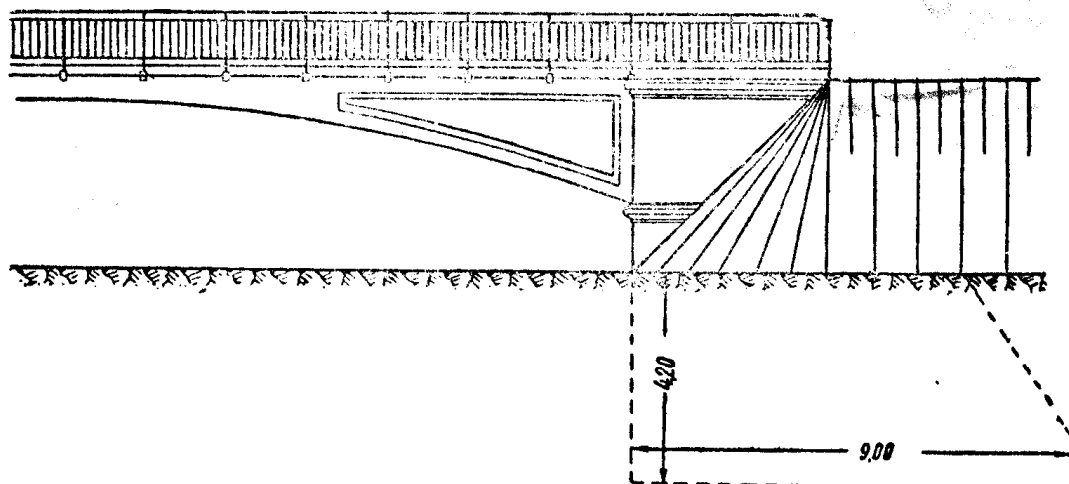
第 8 圖

此处修建的钢筋混凝土跨構系为代替已不能用的鋼梁，而石砌的墩台則仍为原有者。

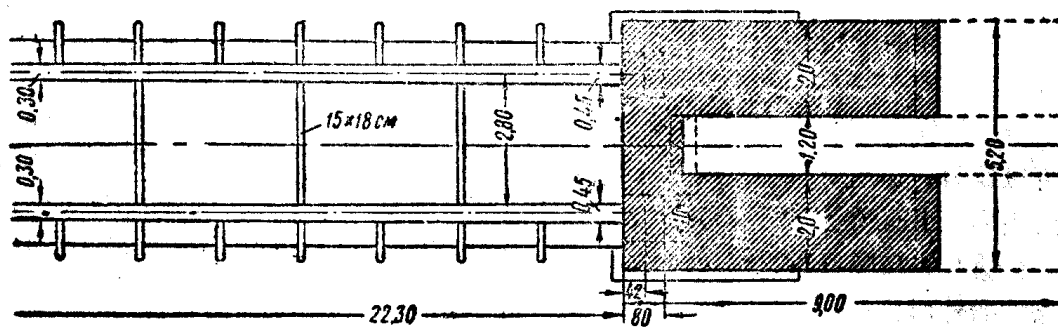
中小跨度在簡化拱式跨構的結構方面，較最后的桥梁式样再向前進已不可能。但可以致力於其他問題——簡化施工和縮短工期。按照我們的意見，用等厚、下面为曲綫形、上面为与路面平行的直綫形或曲綫形的实体垂直鈑梁，可以滿足这个目的。在第 9 ~ 12 圖上为約在 1904 年修建在弗拉迪高加索（藻吉考）跨过捷列克河电車路橋的外形及各截面圖。



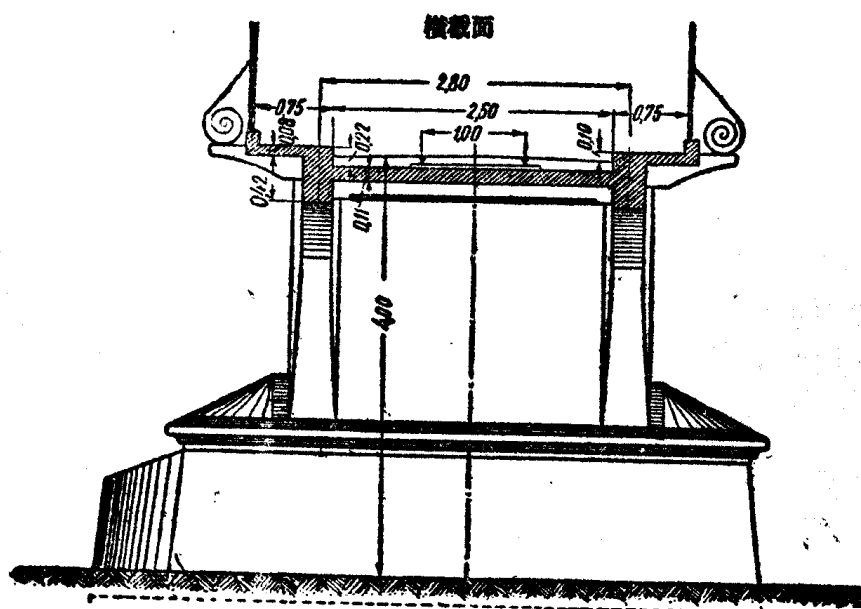
第 9 圖



第 10 圖



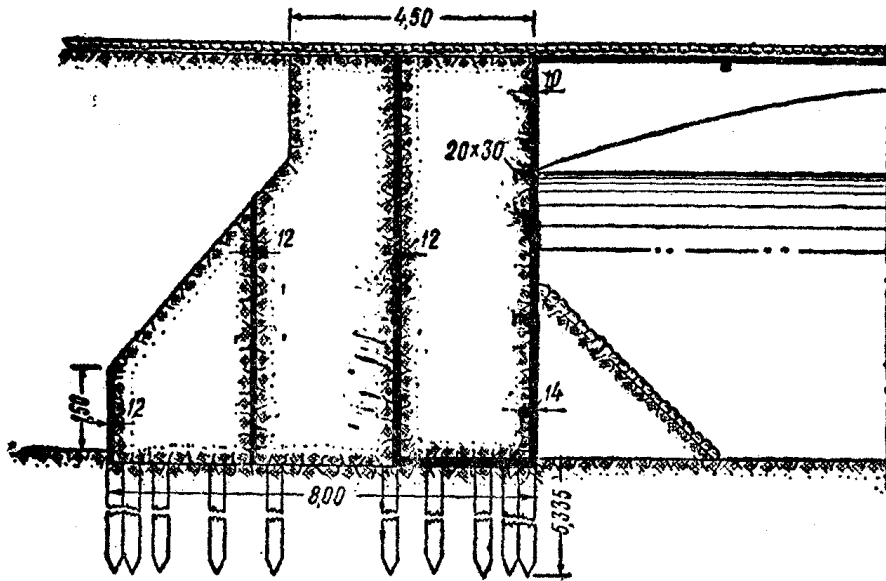
第 11 圖



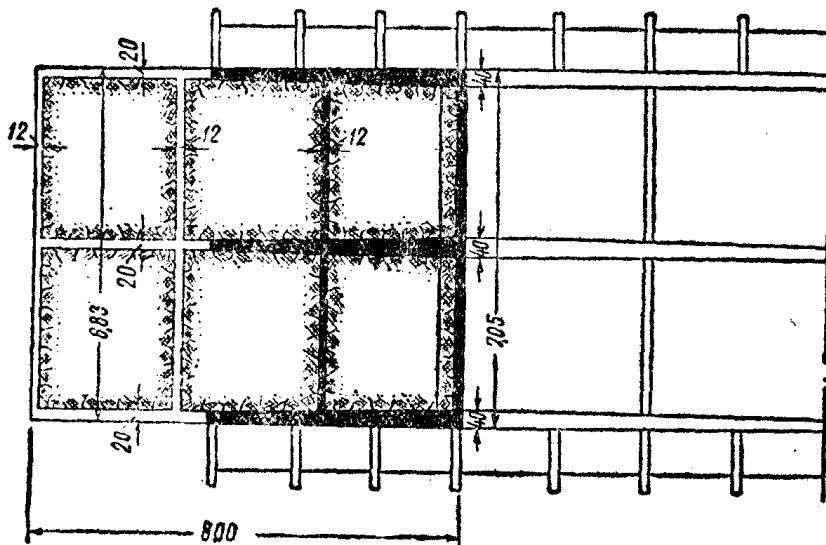
第 12 圖

从横截面圖（第12圖）可以看出跨構系由兩個中綫間相距 2.8 公尺的 鈑梁組成；在路面兩旁修有各寬 0.75 公尺的人行道。桥梁共長 72 公尺，分为三孔，每孔淨長 22.3 公尺。拱頂寬度为 30 公分（第 11 圖），拱脚为 45 公分。因为拱之淨矢度为 2.0 公尺 或跨度的 1/10，亦即很平緩，因此橫推力很大，需要修筑巨大的和昂貴的桥台。

当时这种桥梁，有叢生式的拱脚：假定拱用全部拱脚截面，在其全高支承於桥台上。上述例中拱脚將伸入桥台 80 公分（第 11 圖），其寬度並加至 1.0 公尺。拱鈑在桥墩上無縫地通过。此种結構的計算，僅能是概略的。



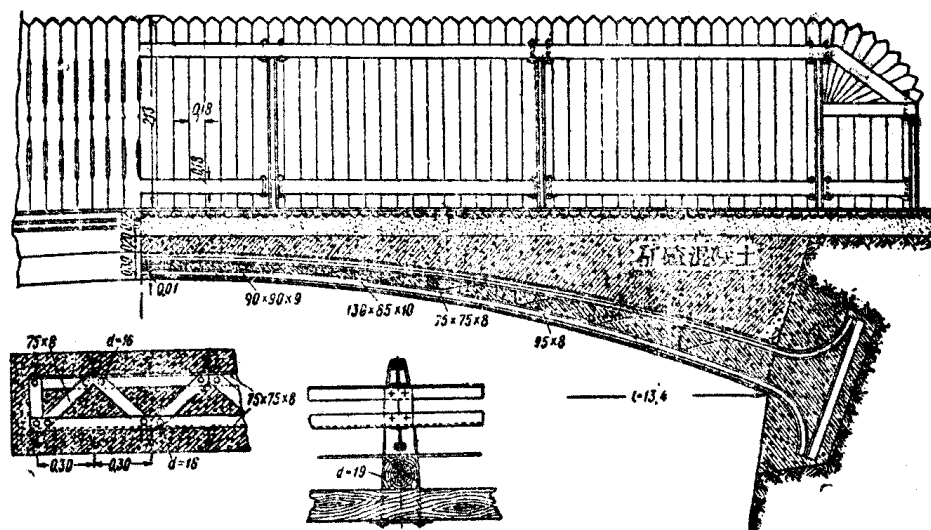
第 13 圖



第 14 圖

在第13—14圖上在桥台方面列有另外一种結構的桥梁。此地三个拱鈹，轉变为桥台的三个縱牆，桥台除三个縱牆外尚有橫牆4个。所構成之箱体，用卵石填实，在其縱橫牆的下面打有基樁。此种桥台造价低廉但不可靠。此为以前的威尔赫聶德涅泊罗卡斯克（德涅泊罗捷尔仁斯克）桥的桥台，建於1903年。

到現在为止，我們举了些拱桥的例子，其鋼筋系由个别的圓鋼筋組成。鋼筋互相帮紮起來，以便保持相互間之位置，但未構成能自行担負某种荷載的剛性骨架。在鋼筋混凝土桥可以使用剛性鋼筋，成为一种骨架，能担負自重及拱的尚未凝結混凝土的重量。使用这样的鋼筋，有不修贗架的可能，因而在桥梁跨越深谷或山峽或跨越使用中的道路而不將交通中断时，有很大的利益。約在1905年我們在南方鐵路之一，即用此种鋼筋建造了跨越岩石路塹的、跨度为13.4公尺的鋼筋混凝土跨綫桥（第15圖）。鋼筋是由鋼軌作成，並用角鋼、扁鋼及綫鈹連成为一个剛性骨架。混凝土的模型板系用直徑19公厘圓鉄制成的吊桿掛在骨架上。应当指出的是拿鋼軌作筋为極不經濟的材料，鋼軌所以用在这里，只因它們是沒处可用了（当然此处所說的，系指旧鋼軌而言，它們僅能重新鍍化了）。这里最適用角鋼和綫鈹制成桁梁，有如普通铆接結構一样，將來我們就会看見是这样的。



第 15 圖

上述形式的跨構可以將拱牆与薄鋼筋混凝土拱很好地联結起來，並將跨構与桥台明确地分开，甚且將拱置於鉸上，因而得到很大的改善。在拱脚上，为了联結拱牆，設置垂直橫牆。在跨構起主要作用的是拱。作为拱來講，起不正确作用的拱牆在很大的程度上消除了。得出一个封閉式的盒子，它在拱脚的半跨度上开有开口。因此形成了一个很有趣味的跨構，在1905年应用在淨跨度为51公尺，淨矢度为5.5公尺的桥梁上。版上的公路路面寬为3公尺；版中間厚12公分（第17圖）；縱向坡度1%；版用两个厚16公分的主要梁肋支承之，主要梁肋則支承在寬2.8公尺、中部